קורס מלא לבגרות בפיזיקה 5 יחידות

תוכן העניינים:

פרק 1 - הקדמה מתמטית לקורס 1

פרק 2 - מבוא 3

פרק 3 - קינמטיקה - תנועה בקו ישר- לפי המיקוד של 2026 לא תהיה שאל... 5

פרק 4 - נפילה חופשית וזריקה אנכית 22

פרק 5 - וקטורים 28

פרק 6 - קינמטיקה - תנועה במישור 36

פרק 7 - תרגילים לחזרה עד חלק זה 42

פרק 8 - דינמיקה - תנועה בהשפעת כוחות - לפי המיקוד של 2026 לא יהי... 44

פרק 9 - עבודה ואנרגיה 76

פרק 10 - תרגילים לחזרה עד עבודה ואנרגיה כולל 90

פרק 11 - תנועה מעגלית-לפי המיקוד של 2026 לא תהיה שאלה עם כבישו... 94

פרק 12 - מתקף ותנע- לפי המיקוד של 2026 לא תהיה שאלה על מתקף א... 105

פרק 13 - תנועה הרמונית- הפרק ירד במיקוד של 2026 116

פרק 14 - כבידה 127

פרק 15 - פתרון בגרויות במכניקה 131

פרק 16 - מבנה החומר 301

פרק 17 - הכוח החשמלי - חוק קולון- לפי המיקוד של 2026 לא תהיה שאל... 301

פרק 18 - השדה החשמלי-לפי המיקוד של 2026 לא תהיה שאלה עם שימו... 304

פרק 19 - חוק גאוס (ברמה איכותית בלבד מספיק לרמה של הבגרות)- לפ... 308

פרק 20 - חוק גאוס (ברמה כמותית ובהרחבה מעבר לרמה הנדרשת בבגר... 311

פרק 21 - מוליכים 314

פרק 22 - תנועה בשדה חשמלי אחיד 314

פרק 23 - מתח, פוטנציאל ואנרגיה פוטנציאלת חשמלית- לפי המיקוד של... 316

פרק 24 - זרם מתח והתנגדות 328

פרק 25 - אנרגיה והספק במעגל החשמלי 332

פרק 26 - חיבור נגדים וחוקי קירכהוף 335

פרק 27 - חומרים דיאלקטריים 345

פרק 28 - קבלים-הפרק ירד במיקוד של 2026 346
פרק 29 - השדה המגנטי 359
פרק 30 - הכוח המגנטי 361
פרק 31 - חוק פארדיי והשראות מגנטית 371
פרק 32 - פתרון בגרויות בחשמל ומגנטיות 374
פרק 33 - חקר- מעבדת חקר ושאלון חקר-בקיץ 26 במעבדת החקר- יופיע 374 שאלות על 2
פרק 34 - אופטיקה גיאומטרית-כל הפרק ירד מבחינת הבגרות במיקוד קיץ 2026 374
פרק 35 - גלים מכניים חד ממדיים 412
פרק 36 - גלי מים (גלים דו ממדיים) 423
פרק 37 - התאבכות גלי אור 434
פרק 38 - גלי אור- גלים אלקטרו-מגנטיים 454
פרק 39 - האפקט הפוטואלקטרי 454
פרק 40 - האטום- התפתחות הסטורית ומודל האטום של בוהר 474
פרק 41 - גרעין האטום, אנרגיית הגרעין ורדיואקטיביות 493

קורס מלא לבגרות בפיזיקה 5 יחידות

פרק 1

הקדמה מתמטית לקורס

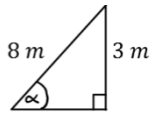
הקדמה מתמטית לקורס 1

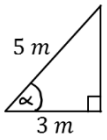
הקדמה מתמטית לקורס:

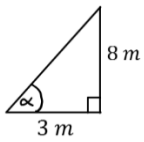
שאלות:

1) חישוב אלפא

חשב את הזווית אלפא במקרים הבאים:

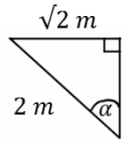
א. 

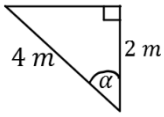
ב. 

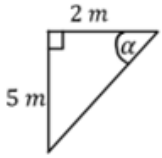
ג. 

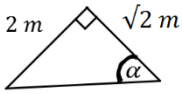
2) משולשים שמסורטטים אחרת

חשב את הזווית אלפה במקרים הבאים:

א. 

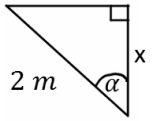
ב. 

ג. 

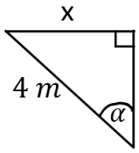
ד. 

3) מציאת ניצבים

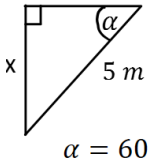
חשב את x במקרים הבאים:

א. 

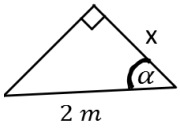
$\alpha = 30^0$

ב. 

$\alpha = 45^0$

ג. 

$\alpha = 60^0$

ד. 

$\alpha = 40^0$

4) משוואת הישר משתי נקודות

א. מצא את משוואת הקו הישר העובר דרך שתי הנקודות: $(4,-2)$, $(-1,3)$.

ב. שרטט איור עבור הקו על גבי מערכת צירים.

5) פרבולה

נתונה הפרבולה הבאה: $y=-x^2+2x+3$.

א. מצאו את נקודות החיתוך עם הצירים ואת נקודת הקודקוד של הפרבולה.

ב. קבעו האם הפרבולה מחייכת או עצובה, ושרטטו איור מקורב של הפרבולה לפי הנתונים שקיבלתם.

תשובות סופיות:

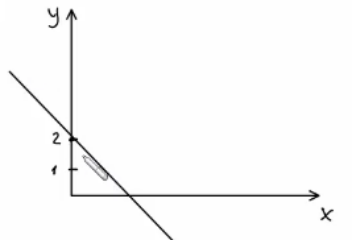
1) א. $\alpha = 22°$ ב. $\alpha = 53°$ ג. $\alpha = 69°$

2) א. $\alpha = 45°$ ב. $\alpha = 60°$ ג. $\alpha = 68.2°$ ד. $\alpha = 55°$

3) א. $\sqrt{3m}$ ב. $2\sqrt{2m}$ ג. $\frac{5\sqrt{3m}}{2}$ ד. $1.53m$

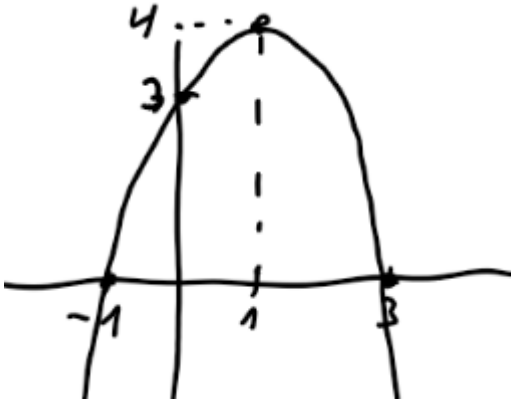
4) א. $y = -x + 2$

ב.



5) א. חיתוך עם הציר האנכי: $(0,3)$, נקודות חיתוך עם הציר האופקי: $(3,0)$ $(-1,0)$,
נקודת הקודקוד: $(1,4)$.

ב. עצובה



קורס מלא לבגרות בפיזיקה 5 יחידות

פרק 2

מבוא

מבוא 3

מבוא:

שאלות:

1) תרגיל

נתון: $A=2m\cdot sec\ ,B=3m^2\ ,C=1\frac{kg}{sec}\ ,D=2\frac{kg}{m}$.

בדוק האם הפעולות הבאות חוקיות.

במידה והן חוקיות, חשב את התוצאה שלהן:

א. $\frac{A}{B}+CA$.

ב. $\frac{AC}{B}+D$.

ג. $\frac{C}{D}A+B$.

2) דוגמה 1

נתון: $A=2km\ ,\ B=10gr$.

מצא את $C=A\cdot B$ ביחידות של $m.k.s$.

3) דוגמה 2

נתון: $A=2m^2\ ,\ B=3gr\ ,\ C=5cm\cdot s$.

חשב את הגדלים הבאים ביחידות של $m.k.s$:

א. $D=2\cdot A$.

ב. $E=\frac{5\cdot B\cdot C}{A}$.

4) מעבר יחידות בחזקות

מצא את הגדלים הבאים, ביחידות של ס"מ:

א. $A=1m^2$.

ב. $B=1m^3$.

5) סנטימטר בשלישית

הבע את הערכים הנ"ל ביחידות של $c.m^3$:

א. $5\cdot 2m^3$.

ב. $320mm^3$.

ג. $0.0054km^3$.

6) דיסקה עם חור

א. מצא את הצפיפות של דיסקה בעלת רדיוס R ומסה M.

ב. בדיסקה קדחו חור ברדיוס r.

מצא את המסה שהוצאה מהדיסקה.

7) צפיפות אטום המימן

חשב פי כמה גדולה צפיפות הפרוטון מצפיפות אטום המימן המורכב מפרוטון ואלקטרון בלבד. מסת הפרוטון: $1.67\cdot10^{-27}\,kg$, מסת האלקטרון: $9.11\cdot10^{-31}\,kg$, קוטר הפרוטון: $3\cdot10^{-15}\,m$, קוטר אטום המימן: $10^{-10}\,m$.

תשובות סופיות:

1) א. פעולה לא חוקית. ב. $2.66\frac{kg}{m}$. ג. $4m^2$.

2) $20m\cdot kg$.

3) א. $4m^2$. ב. $37.5\cdot10^{-5}\frac{sec\cdot kg}{m}$.

4) א. 10^4cm^2. ב. 10^6cm^3.

5) א. $5.2\cdot10^6cm^3$. ב. $0.32cm^3$. ג. $5.4\cdot10^{12}cm^3$.

6) א. $\frac{M}{\pi R^2}$. ב. $M\left(\frac{r}{R}\right)^2$.

7) $3.71\cdot10^{13}$.

קורס מלא לבגרות בפיזיקה 5 יחידות

פרק 3

קינמטיקה - תנועה בקו ישר- לפי המיקוד של 2026 לא תהיה שאלה עם תאוצה משתנה

קינמטיקה - תנועה בקו ישר 5

קינמטיקה – תנועה בקו ישר

שאלות

העתק

1) כדור

חשב את ההעתק של כדור המתחיל תנועתו ב- $x = 2\text{m}$, ומסיים את תנועתו ב- $x = 1\text{m}$.

מהו כיוון תנועתו של הכדור?

2) דני ודנה

הבתים של דני ודנה נמצאים ברחוב ישר. דני בחר את ראשית הצירים בסוף הרחוב, ואת הכיוון החיובי ימינה.

הבית של דני נמצא ב- $x = -50\text{m}$, והבית של דנה ב- $x = -20\text{m}$, ביחס לראשית.

מה ההעתק שביצע דני בהלוך ומה ההעתק שיבצע בדרך חזרה?

מה כיוון ההעתק בכל אחד מהמקרים?

3) העתק ודרך

מכונית נוסעת מת״א לחיפה, וחוזרת חזרה לת״א. המרחק בין הערים הוא 100 ק״מ.

מצא את ההעתק שביצעה המכונית ואת הדרך שעשתה.

(הנח שהכביש המחבר בין הערים ישר).

תנועה במהירות קבועה:

4) יוסי מאחר לשיעור

יוסי מאחר לשיעור, ביתו נמצא בקו ישר ממול שער הכניסה לאוניברסיטה.

המרחק בין ביתו לשער הוא 100 מטרים.

מצא את מהירות ריצתו של יוסי, אם הוא הגיע תוך 20 שניות מביתו לשער האוניברסיטה.

5) מיקומו של גוף

מיקומו של גוף ב- $t = 2\text{sec}$ הוא $x = 3\text{m}$. לאחר 4 שניות מיקומו הוא: $x = -2\text{m}$.

מצא את מהירותו, אם ידוע שהיא קבועה.

6) תנועה ביחס ל-A

גוף נע בקו ישר במהירות קבועה של: $v=5\frac{\text{m}}{\text{sec}}$. ברגע $t=0$ הגוף חולף בנקודה A.

א. מהו מיקומו של הגוף ברגעים: $t=2\text{sec}$ ו- $t=8\text{sec}$ ביחס לנקודה A?

ב. כעבור כמה זמן חלף הגוף במרחק 200 מטר מהנקודה A?

7) גוף חולף דרך שתי נקודות

גוף נע במהירות קבועה לאורך קו ישר, ברגע $t=2\text{sec}$ מיקומו הוא $x=2\text{m}$,
וברגע $t=6\text{sec}$ הוא חולף בנקודה ששיעורה $x=10\text{m}$.

א. מהי מהירות הגוף?

ב. היכן יהיה הגוף ברגע $t=0$?

ג. מצא את הנוסחה עבור מיקום הגוף כפונקציה של הזמן.

ד. מתי יהיה הגוף בראשית הצירים?

ה. כמה העתק ביצע הגוף מהרגע שבו $t=0$ עד לרגע שבו $t=10\text{sec}$?

8) גוף נע שמאלה

גוף נע בקו ישר במהירות קבועה שגודלה $6\frac{\text{m}}{\text{sec}}$.

ברגע $t=0$ מיקום הגוף הוא: $x=50\text{m}$.

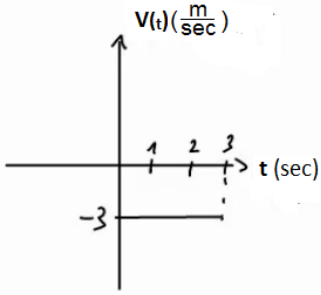
בחר את כיוון ציר ה-x ימינה והנח שהגוף נע שמאלה.

א. מהו מיקום הגוף כתלות בזמן?

ב. היכן נמצא הגוף ב- $t=2\text{sec}$ וב- $t=3\text{sec}$?

ג. מתי יהיה הגוף במרחק $x=20\text{m}$ מהראשית ומתי יהיה במרחק של $x=-10\text{m}$?

9) מהירות שלילית



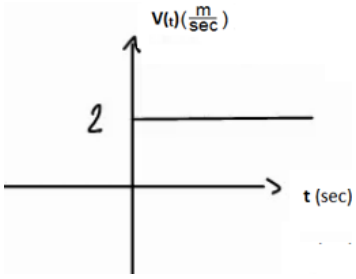
נתון הגרף הבא של מהירות של גוף כתלות בזמן.

א. מצא את ההעתק של הגוף בין הזמנים $t=1\text{sec}$ ל- $t=3\text{sec}$.

ב. מצא נוסחה למיקום, כתלות בזמן של הגוף,
אם ידוע שב- $t=0$ מיקומו היה $x=2\text{m}$.

ג. שרטט גרף מקום כתלות בזמן של הגוף.

10) מיקום שלילי

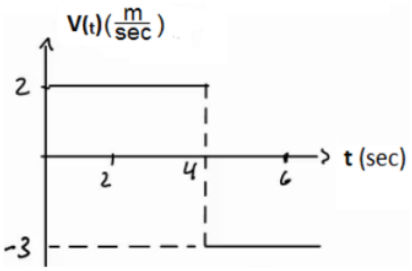


נתון הגרף הבא של מהירות של גוף כתלות בזמן.

א. מצא נוסחה למיקום כתלות בזמן של הגוף,
אם ידוע שב- $t=2\text{sec}$ מיקומו היה $x=-4\text{m}$.

ב. שרטט גרף מקום כתלות בזמן של הגוף.

11) מהירות מתחלפת



נתון הגרף הבא של מהירות של גוף כתלות בזמן.

א. מצא את ההעתק של הגוף בין הזמנים: $t=1\text{sec}$ ל- $t=6\text{sec}$.

ב. מצא נוסחה למיקום כתלות בזמן של הגוף אם ידוע שב- $t=0$ מיקומו היה $x=2\text{m}$.

ג. שרטט גרף מקום כתלות בזמן של הגוף.

12) שתי מכוניות זו לקראת זו

שתי מכוניות נעות זו לקראת זו לאורך כביש דו נתיבי ישר.

מכונית א' יוצאת מנקודה המרוחקת 140 מטר מימין לראשית, ונעה במהירות: $8\frac{\text{m}}{\text{sec}}$,

ומכונית ב' יוצאת מנקודה המרוחקת 40 מטר משמאל לראשית ונעה במהירות: $10\frac{\text{m}}{\text{sec}}$.

א. מתי חולפות המכוניות זו על יד זו? ומהן מיקומן ביחס לראשית ברגע זה?

ב. מתי המרחק בין המכוניות יהיה 40 מטר?

13) מכונית נוסעת מת"א לירושלים

מכונית נוסעת מתל אביב לירושלים במהירות של 90 קמ"ש, חונה בירושלים למשך שעה אחת, וחוזרת לתל אביב במהירות של 45 קמ"ש.
המרחק בין הערים תל אביב וירושלים הוא 45 ק"מ.
לשם הפשטות, נניח כי התנועה מתנהלת לאורך קו ישר.

א. שרטט גרף מקום-זמן של תנועת המכונית.
איזה גודל פיסיקלי מייצגים שיפועי הישרים?

ב. רשום נוסחת מקום-זמן של תנועת המכונית.

ג. שרטט גרף מהירות-זמן.

14) אופנוע ומכונית מת"א לאילת

אופנוע יוצא לדרכו מת"א לאילת במהירות קבועה שגודלה 80 ק"מ לשעה.
חצי שעה לאחר צאת האופנוע יוצאת מכונית מאילת לת"א במהירות קבועה של 120 ק"מ לשעה.
המרחק בין שתי הערים הוא 340 ק"מ, ונניח שהכביש המחבר ביניהם הוא ישר.

א. הגדר ציר מיקום עבור תנועת האופנוע והמכונית.

ב. כתוב נוסחת מיקום-זמן עבור תנועת האופנוע.

ג. כתוב נוסחת מיקום-זמן עבור תנועת המכונית.

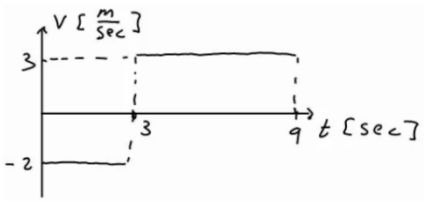
ד. כמה זמן לאחר צאת האופנוע לדרכו הוא יחלוף על פני המכונית?
מה מיקומם של האופנוע והמכונית ברגע זה?

מהירות ממוצעת:

15) דני נוסע מחיפה לטבריה

דני נסע ברכבו מחיפה לטבריה. הוא התחיל בנסיעה במהירות של 80 קמ״ש, נסע במשך חצי שעה, ואז עצר לאכול צוהריים למשך שעה. לאחר מכן, המשיך בנסיעה במהירות של 100 קמ״ש במשך שעה, עד אשר הגיע לטבריה.
מהי מהירות הנסיעה הממוצעת של דני?

16) מהירות ממוצעת מתוך גרף



מהירותו של גוף נתונה בגרף הבא.
מהי המהירות הממוצעת בה נע הגוף?

תאוצה:

17) מטוס מאיץ בתאוצה קבועה

מטוס מתחיל להאיץ ממנוחה בתאוצה קבועה.
לאחר 10 שניות הגיע המטוס למהירות 150 מטר לשנייה.
מהי תאוצת המטוס?

18) משאית מאיצה

משאית נוסעת במהירות של 70 קמ״ש ומאיצה תוך 10 שניות למהירות של 90 קמ״ש.
מהי תאוצת המשאית?

19) אופנוע מאיץ ממנוחה

אופנוע מתחיל את נסיעתו ממנוחה, בתאוצה של 2 מטר לשנייה בריבוע.

א. מצא את נוסחת מהירות-זמן עבור האופנוע.
ב. מה תהיה מהירותו לאחר 7 שניות?
ג. מתי תהיה מהירותו 20 מטר לשנייה?

20) אופנוע מאיץ אחרי מכונית

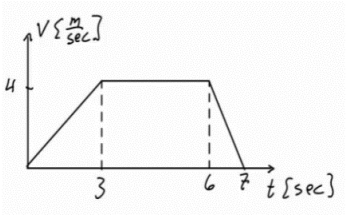
מכונית נוסעת במהירות קבועה של 20 מטר לשנייה.
ברגע מסוים מתחילה המכונית להאיץ בתאוצה קבועה של 2 מטר לשנייה בריבוע.
אופנוע מתחיל את תנועתו שנייה לאחר המכונית ומאיץ בתאוצה של 3 מטר לשנייה בריבוע, ממנוחה.
מתי תהיה מהירות האופנוע שווה למהירות המכונית?

21) תאוטה

לפניך מספר מקרים בהם רכב משנה את מהירותו.
מצא בכל מקרה את תאוצת הרכב וציין האם הרכב האיץ או שהרכב נמצא בתאוטה:

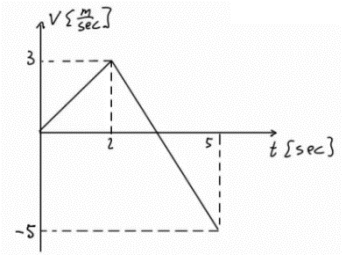
א. רכב משנה את מהירותו ממהירות של 20 מטר לשנייה,למהירות של 10 מטר לשנייה, תוך 5 שניות.
ב. רכב משנה את מהירותו ממהירות של 20 מטר לשנייה למהירות של 10 מטר לשנייה, תוך 4 שניות.
ג. רכב משנה את מהירותו מ-5 מטר לשנייה ל-15 מטר לשנייה תוך 2 שניות.
ד. רכב משנה את מהירותו מ-5 מטר לשנייה ל-15 מטר לשנייה תוך 5 שניות.
ה. רכב משנה את מהירותו מ-10 מטר לשנייה ל-5 מטר לשנייה, תוך 4 שניות.

22) גרף מהירות



בגרף הבא מתוארת מהירותו של גוף, כתלות בזמן.
מצא את התאוצה בכל אחד מחלקי התנועה
ושרטט גרף עבור התאוצה כתלות בזמן.
ציין עבור כל חלק האם הגוף מאיץ או נמצא בתאוטה.

23) גרף מהירות שלילית



בגרף הבא מתוארת מהירותו של גוף כתלות בזמן.
מצא את התאוצה בכל אחד מחלקי התנועה
ושרטט גרף עבור התאוצה כתלות בזמן.
ציין עבור כל חלק האם הגוף מאיץ או נמצא בתאוטה.

24) דנה רצה בתאוצה קבועה

דנה מתחילה לרוץ ממנוחה בתאוצה קבועה השווה ל-2 מטר לשנייה בריבוע.

א. מצא את המהירות של דנה לאחר 1 , 2 ו-3 שניות.
ב. מצא את המיקום של דנה לאחר 1 , 2 , 3 ו-4 שניות.
ג. שרטט על גבי ציר את המיקום של דנה בכל אחד מהרגעים.

25) אופנוע משיג מכונית

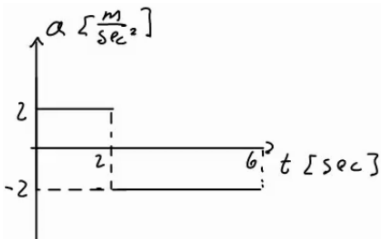
מכונית נוסעת במהירות קבועה של 30 מטר לשנייה. ברגע מסוים המכונית חולפת על פני אופנוע הנמצא במנוחה. שתי שניות לאחר מכן מתחיל האופנוע נסיעה בתאוצה קבועה של 4 מטר לשנייה בריבוע. מתי ישיג האופנוע את המכונית?

26) דני ודנה רצים זה לקראת זו

דני ודנה רצים זה לקראת זו. שניהם מתחילים לרוץ ממנוחה. דני רץ בתאוצה של 0.5 מטר לשנייה בריבוע ודנה בתאוצה של 1 מטר לשנייה בריבוע. המרחק ההתחלתי ביניהם הוא 50 מטר.

א. מתי והיכן יפגשו דני ודנה?
ב. מה מהירות כל אחד מהם ברגע המפגש?

27) גרפים של תאוצה, מהירות ומיקום



גוף מתחיל לנוע ממנוחה מראשית הצירים.
תאוצתו של הגוף נתונה בגרף הבא:

א. מצא נוסחת מהירות–זמן עבור הגוף.
ב. מצא נוסחת מיקום–זמן עבור הגוף.
ג. שרטט גרפים עבור המהירות והמיקום, כתלות בזמן.

28) מסלול המראה של סיסנה

מטוס סיסנה צריך להגיע למהירות של 150 קמ"ש על מנת להמריא.
חשב מה אורך מסלול ההמראה הדרוש למטוס, אם תאוצתו היא 5 מטר לשנייה בריבוע.

29) מרחק בלימה

יוסי נוסע במכוניתו במהירות של 100 קמ"ש.
לפתע הוא מבחין באוטובוס המשתלב בנתיב התנועה שלו.
האוטובוס נוסע במהירות של 60 קמ"ש.
מהו "מרחק הבלימה" (המרחק הדרוש ליוסי בשביל להאט ל-60 קמ"ש), אם הוא מאט בקצב של 4 מטר לשנייה בריבוע?

30) עומר עוצר לפני רמזור

עומר נסע במכוניתו במהירות של 50 קמ"ש. לפתע הבחין כי הרמזור שלפניו התחלף לאדום. עומר התחיל לבלום את רכבו, עד שהגיע לעצירה מוחלטת.
הנח שהעצירה נעשית בקצב קבוע.

א. מהי המהירות הממוצעת במהלך העצירה?
ב. ברגע העצירה היה מרחקו של עומר מהרמזור 35 מטר.
הזמן שלקח לעומר להגיע לעצירה מוחלטת היה 5 שניות,
האם יספיק עומר לעצור לפני הרמזור?

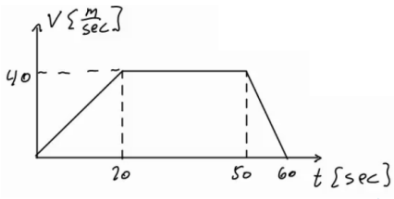
תרגול:

31) מאפס לארבעים בעשר שניות

מכונית מתחילה לנסוע ממנוחה לאורך כביש ישר. המכונית מאיצה בתאוצה קבועה, כך שלאחר 10 שניות היא מגיעה למהירות של 40 מטר לשנייה.

א. מהי תאוצת המכונית?
ב. מצא את ההעתק שביצעה המכונית בזמן ההאצה.
ג. מהי המהירות הממוצעת של המכונית בזמן ההאצה?
ד. האם ההעתק שמבצעת המכונית בחמש השניות הראשונות גדול, קטן או שווה להעתק בחמש השניות האחרונות?
ה. מתי יהיה מיקום המכונית 32 מטר מהנקודה ממנה יצאה?
ו. מהי מהירות המכונית לאחר שעברה 60 מטרים?

32) גרף של מהירות אופנוע בזמן



בגרף הבא נתונה מהירותו של אופנוע כתלות בזמן.
האופנוע נע על קו ישר.
קבע את ראשית הצירים במיקום ההתחלתי של האופנוע.

א. תאר את סוג התנועה של האופנוע בכל אחד מקטעי התנועה.
ב. מצא את תאוצת האופנוע כתלות בזמן.
ג. מהי מהירות האופנוע ברגעים $t=15,\ 40,\ 55$?
ד. מצא את מיקום האופנוע באותם רגעים של סעיף ג'.

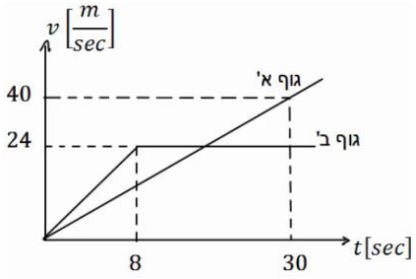
33) דני שכח את הפלאפון

דני רץ בקו ישר במהירות קבועה שגודלה 14 מטר לשנייה.
ברגע מסוים מבחין יוסי כי דני שכח את הפלאפון שלו.
באותו רגע נמצא דני כבר במרחק של 64 מטר מיוסי.
יוסי מתחיל לרוץ אחר דני ממנוחה בתאוצה קבועה של 8 מטר לשנייה בריבוע.

א. מצא ביטוי למהירות כתלות בזמן עבור דני ויוסי.
שרטט גרפים עבור שני הביטויים שמצאת על אותה מערכת צירים.
ב. מתי מהירותו של יוסי שווה לזו של דני? האם הוא משיג את דני ברגע זה?
ג. מצא ביטוי למיקום כתלות בזמן עבור דני ויוסי.
שרטט גרפים עבור שני הביטויים שמצאת על אותה מערכת צירים.
ד. מתי ישיג יוסי את דני? כמה מרחק עבר יוסי עד אז?

34) גרף מהירויות של שני גופים

בגרף הבא מתוארות המהירויות של שני גופים, כתלות בזמן.
הנח ששני הגופים נעים לאורך קו ישר ויוצאים מהראשית.



א. תאר את תנועתו של כל גוף.
ב. רשום נוסחת מקום זמן לכל גוף.
ג. מצא את המרחק בין הגופים
ברגעים: $t=3\text{sec},\ 24\text{sec}$,
וציין מי מקדים את מי.
ד. מתי מהירויות שני הגופים שוות?
ה. מתי מיקום שני הגופים זהה?

35) גרף מהירות זמן בקו ישר

מהירותו של גוף הנע לאורך קו ישר נתונה על ידי הגרף שבאיור.

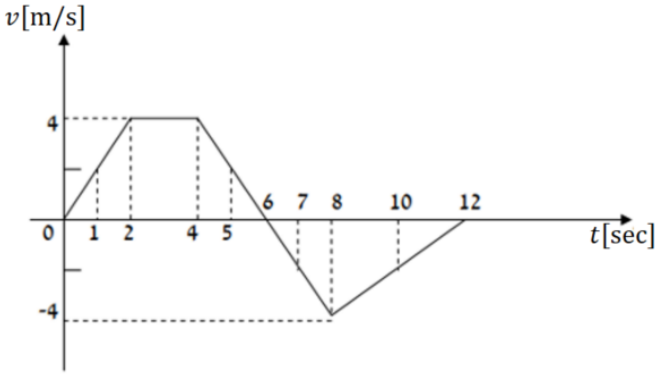
א. האם תאוצתו של הגוף בזמן $t=1\sec$ שווה בגודלה ובכיוונה לתאוצתו בזמן שניות $t=5\sec$?

ב. האם בזמן $t=10\sec$ מרחק הגוף מנקודת מוצאו גדול יותר מאשר בזמן $t=2\sec$?

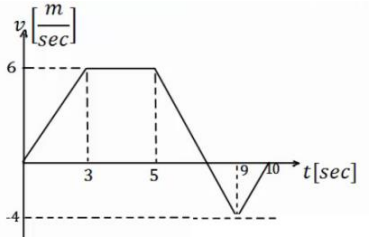
ג. האם תאוצת הגוף בזמן $t=5\sec$ שווה בגודלה אך הפוכה בכיוונה לתאוצתו בזמן $t=7\sec$?

ד. האם המרחק של הגוף מנקודת מוצאו מקסימלי בזמן $t=12\sec$?

ה. האם בזמן $t=8\sec$ מרחק הגוף מנקודת מוצאו גדול יותר ממרחקו בזמן $t=5\sec$?



36) תרגיל עם הכל



הגרף הבא מתאר את מהירותו של גוף הנע בקו ישר.
הנח שהגוף מתחיל את תנועתו מהראשית.
הגוף נע במשך 10 שניות ונעצר.

א. תאר את התנועה של הגוף במילים.
חשב ושרטט גרף של התאוצה כתלות בזמן של הגוף.

ב. מתי נמצא הגוף במרחק הגדול ביותר (בכיוון החיובי) מהראשית?
מהו מרחק זה?

ג. מהו המרחק הכולל שעבר הגוף?

ד. מהו ההעתק הכולל שעשה הגוף?

ה. מהי המהירות הממוצעת של הגוף בתנועה?

ו. מהו מרחק הגוף מהראשית ב- $t=6\sec$?

ז. מתי נמצא הגוף במרחק 12 מטרים מהראשית?

ח. שרטט גרף של מיקומו של הגוף כתלות בזמן.
אין צורך לסמן ערכים בציר האנכי של הגרף.

37) שני נתונים בזמנים שונים

גוף נע בקו ישר בתאוצה קבועה.
ב- $t = 2\sec$ מהירותו היא 15 מטרים לשנייה ומיקומו 5 מטרים מהראשית,
בכיוון החיובי. ידוע גם שב- $t = 4\sec$ מהירותו היא 21 מטר לשנייה.

א. מצא את תאוצת הגוף.
ב. מצא נוסחת מיקום זמן של הגוף.
ג. מהו מיקום הגוף ב- $t = 0$, ומתי יהיה בראשית?
ד. מצא נוסחת מהירות זמן עבור הגוף.
ה. מהי המהירות בה הגוף התחיל את התנועה (מהירות ב- $t = 0$)?

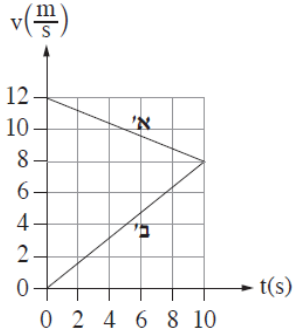
38) שוטר רודף אחרי מכונית

שוטר נמצא בניידת משטרה. מכונית חולפת ליד הניידת במהירות של 150 קמ"ש.
זמן התגובה של השוטר בניידת הוא 3 שניות ולאחר מכן הוא מתחיל לנסוע
ממנוחה בתאוצה של $2\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$. המהירות המקסימלית של הניידת היא 180 קמ"ש.

א. באיזה מרחק מתחילת התנועה יתפוס השוטר את המכונית?
ב. שרטטו על אותה מערכת צירים את הגרפים של המהירות כתלות בזמן של המכונית והניידת מהרגע בו חולפת המכונית ליד הניידת.

39) שאלה 1 מהבגרות בקיץ 2024

1. שתי מכוניות, א' ו־ב', נסעו על כביש ישר. ברגע $t = 0$ שתי המכוניות היו בנקודה $x = 0$. הגרפים בתרשים שלפניכם מתארים את המהירויות של המכוניות א' ו־ב' כפונקצייה של הזמן, החל מרגע $t = 0$ ועד רגע $t = 10s$. הכיוון ימינה מוגדר חיובי.



א. חשבו את התאוצה (גודל וכיוון) של כל אחת משתי המכוניות בפרק הזמן $0 < t < 10s$. (8 נקודות)

ב. ענו על שני התת־סעיפים (1) ו־(2) עבור הרגע $t = 10s$.

(1) קבעו אם שתי המכוניות נעו באותו כיוון או בכיוונים מנוגדים. נמקו את קביעתכם.

(2) קבעו אם המרחק של מכונית א' מן הנקודה $x = 0$ היה גדול מן המרחק של מכונית ב' מנקודה זו, קטן ממנו או שווה לו. נמקו את קביעתכם.

(6 נקודות)

לאחר רגע $t = 10s$, מכונית א' המשיכה לנוע באותה התאוצה כפי שחישבתם בסעיף א, עד שהגיעה לתחנת אוטובוס ונעצרה.

ג. (1) חשבו את המרחק של תחנת האוטובוס מן הנקודה $x = 0$.

(2) חשבו את משך הזמן שעבר מרגע $t = 0$ ועד לרגע שמכונית א' הגיעה לתחנת האוטובוס.

(8 נקודות)

ברגע $t = 10s$, מכונית ב' התחילה להאט בתאוצה קבועה עד שנעצרה באותה תחנת אוטובוס שבה נעצרה מכונית א'.

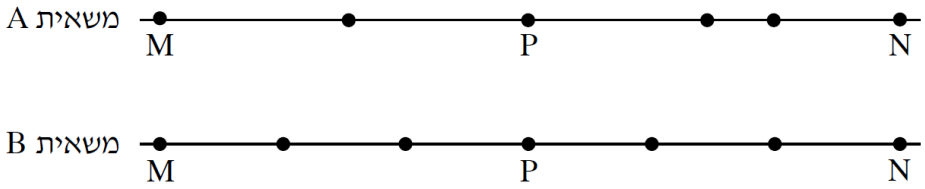
ד. חשבו כמה זמן עבר מרגע שנעצרה מכונית א' בתחנת האוטובוס, ועד הרגע שנעצרה בה מכונית ב'. (7 נקודות)

ה. בתחתית מכונית ב' קרוב מאוד לכביש, הורכב התקן מיוחד ששיחרר טיפת צבע לכביש בהפרשי זמן קבועים, טיפה אחת בכל פעם.

קבעו איזה מבין האיורים 1 – 4 שלפניכם מתאר באופן הטוב ביותר את תרשים העקבות שהתקבל מטיפות הצבע במהלך תנועתה של מכונית ב' **מרגע** $t = 0$ ועד הרגע שנעצרה בתחנת האוטובוס. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

40) שאלה 1 מהבגרות בקיץ 2022 מועד מיוחד לנבצרים

שתי משאיות A ו-B נכנסות באותו הזמן לשני מסלולים מקבילים זה לזה בקטע כביש ישר. בכל אחת מהמשאיות מותקן מכשיר המחשב בהפרשי זמן שווים את מיקומה (GPS). הנקודות בתרשים שלפניכם מייצגות את מיקומי המשאיות A ו-B לאורך הקטע MN שאורכו 189 ק"מ. נקודה P היא אמצע הקטע MN.



היעזרו בתרשים וענו על סעיפים א-ה שלפניכם.

א. נתון כי זמן הנסיעה של משאית B מנקודה M לנקודה N היה 3 שעות.
חשבו את מהירות הנסיעה הממוצעת של משאית זו בקטע MN.
בטאו את התשובה ביחידות של $\frac{km}{hr}$ וגם של $\frac{m}{sec}$.

ב. קבעו אם מהירות הנסיעה הממוצעת של משאית A בקטע MN גדולה ממהירות הנסיעה הממוצעת של משאית B בקטע זה, קטנה ממנה או שווה לה. <u>נמקו בלי לחשב</u>.

ג. חשבו את מהירות הנסיעה של משאית A במחצית הראשונה של קטע הנסיעה (הקטע MN).

נתון כי גודל מהירות הנסיעה של משאית A בקטע <u>השלישי</u> של נסיעתה קבוע, והוא שווה למהירות הממוצעת שחישבתם בסעיף ג. כמו כן, נתון כי גודל

מהירות הנסיעה של משאית A בקטע האחרון של נסיעתה קבוע, והוא שווה למהירות הממוצעת של משאית B בקטע האחרון של נסיעתה (ראו תרשים).

ד. חשבו את התאוצה הממוצעת של משאית A בקטע הרביעי של נסיעתה.

ה. קבעו אם יש רגע שבו המהירות הרגעית של שתי המשאיות שווה. נמקו.

41) זמן מינימלי לסיים מסלול**

מכונית יכולה להאיץ מאפס ל-100 קמ"ש תוך 10 שניות, כאשר ניתן להניח שקצב ההאצה קבוע. אותה מכונית יכולה לבלום בקצב של 0.5g.
מהו הזמן המינימלי לעבור מסלול של 3 ק"מ אם המכונית מתחילה ממנוחה ומסיימת בעצירה מוחלטת. (רמז: השתמש בגרף מהירות זמן).

42) כמה זמן הרכבת נסעה במהירות קבועה**

רכבת יוצאת מיישוב א' אל יישוב ב'.
בשליש הראשון של הדרך הרכבת מאיצה בתאוצה קבועה.
בשליש של הדרך הרכבת נוסעת במהירות קבועה.
בשליש האחרון של הדרך הרכבת מאטה בקצב קבוע עד לעצירתה בישוב ב'.
זמן הנסיעה הכולל הוא T.
כמה זמן נסעה הרכבת במהירות קבועה?

תשובות סופיות

1) -3m

2) בדרך הלוך: 30m, הכיוון חיובי; בדרך חזור: -30m, הכיוון שלילי.

3) העתק: $\Delta x=0$, דרך: $s=200$.

4) $5\frac{\text{m}}{\text{sec}}$

5) $-\frac{5}{4}\frac{\text{m}}{\text{sec}}$

6) א. $x(t=8)=40\text{m}$, $x(t=2)=10\text{m}$ ב. $t=40\,\text{sec}$

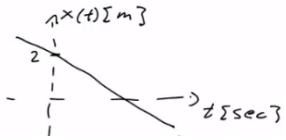
7) א. $2\frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ב. $x_3=-2\text{m}$ ג. $x(t)=2+2(t-2)$

ד. $t=1\text{sec}$ ה. $\Delta x=20\text{m}$

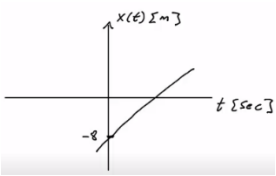
8) א. $x(t)=50-6t$ ב. $x(t=2)=38\text{m}$, $x(t=3)=32\text{m}$

ג. $t(x=20)=5\text{sec}$, $t(x=-10)=10\,\text{sec}$

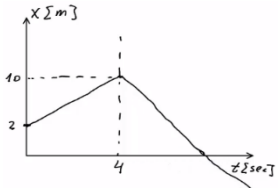
9) א. $S=-6\text{m}$ ב. $x(t)=2-3t$ ג. שרטוט:



10) א. $x(t)=-8+2t$ ב. שרטוט:



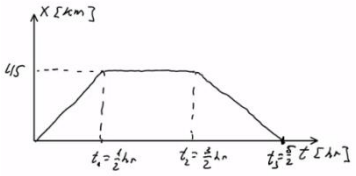
11) א. $\Delta x=0$ ב. $x(t)=\begin{cases}2+2t & 0\le t\le 4\\ 22-3t & t\ge 4\end{cases}$ ג. שרטוט:



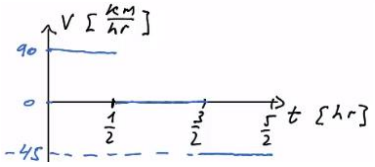
12) א. חולפות ב- $t=10\,\text{sec}$, ומיקומן הוא $x_{a,b}(t=10)=60\text{m}$.

ב. $t_1\approx 7.78\text{sec}$ או $t_2\approx 12.22$

13) א. השיפועים מייצגים מהירות. ב. $x(t)=\begin{cases}90t & 0\le t\le\frac{1}{2}\\ 45 & \frac{1}{2}\le t\le\frac{3}{2}\\ 45-45\left(t-\frac{3}{2}\right) & \frac{3}{2}\le t\le\frac{5}{2}\end{cases}$.



ג. שרטוט:



14) א. נגדיר את ראשית הצירים בת"א $x=0$, ואת הכיוון החיובי לאילת.

ב. $x(t)=80t$ ג. $x(t)=340+(-120)\left(t-\frac{1}{2}\right)$ ד. $t=2\text{hr}$; $x=160\text{km}$

15) $\bar{V}=56\frac{\text{km}}{\text{hr}}$

16) $\bar{V}=1.33\frac{\text{m}}{\text{sec}}$

17) $15\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$

18) $0.5\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$

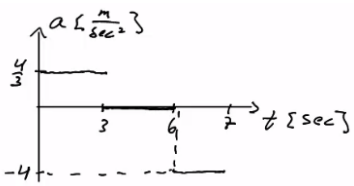
19) א. $V(t)=2\cdot t$. ב. $14\frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ג. $t=10\,\text{sec}$

20) $t=23\text{sec}$

21) א. $-2\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$; תאוטה. ב. $2.5\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$; תאוטה. ג. $5\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$; תאוצה.

ד. $-2\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$; תאוצה. ה. $-3.75\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$; המהירות חיובית - בתאוטה $(V\ge 0)$,
המהירות שלילית - בתאוצה $(V<0)$.

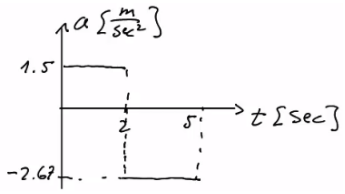
22) חלק 1 - כאשר $0\le t\le 3$ אז $a_1=\frac{4}{3}\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$ - מאיץ. שרטוט:



חלק 2 - כאשר $3\le t\le 6$ אז $a_2=0$ - לא מאיץ ולא מאט;
המהירות קבועה.

חלק 3 - כאשר $0\le t\le 3$ אז $a_3=-4\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$ - בתאוטה.

23) חלק 1 - כאשר $0 \le t \le 2$ אז $a_1 = 1.5\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$ - מאיץ. שרטוט:



חלק 2 - כאשר $2 \le t \le 5$ אז $a_2 = \frac{-8}{3} \approx -2.67\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$:

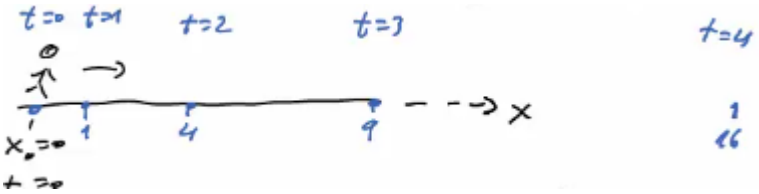
כשהמהירות חיובית – בתאוטה $(V \ge 0)$,

וכשהמהירות שלילית – בתאוצה $(V < 0)$.

24) א. $V(t=1) = 2\frac{\text{m}}{\text{sec}}$, $V(t=2) = 4\frac{\text{m}}{\text{sec}}$, $V(t=3) = 6\frac{\text{m}}{\text{sec}}$

ב. $X(t=1) = 1^2\text{m}$, $X(t=2) = 4\text{m}$, $X(t=3) = 9\text{m}$, $X(t=4) = 16\text{m}$

ג. שרטוט:



25) $t_1 = 18.79$

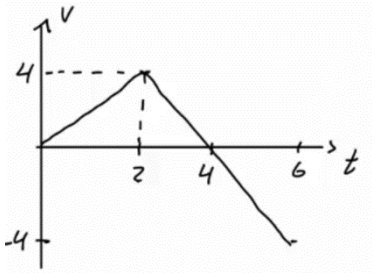
26) א. הזמן: $t = 8.16\,\text{sec}$, המיקום: 16.65m.

ב. $V_{\text{Dani}}(t=8.16) = 4.08\frac{\text{m}}{\text{sec}}$, $V_{\text{Dana}}(t=8.16) = -8.16\frac{\text{m}}{\text{sec}}$.

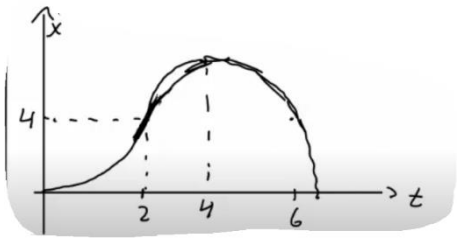
27) א. כאשר $0 < t < 2$, הנוסחה היא: $V(t) = 2t$; כאשר $2 < t < 6$, הנוסחה היא: $V(t) = 8 - 2t$.

ב. כאשר $0 < t < 2$; $X(t) = t^2$ כאשר $2 < t < 6$; $X(t) = 4 + 4(t-2) + \frac{1}{2}(-2)(t-2)^2$.

ג. שרטוט עבור מהירות:



שרטוט עבור מקום:



28) $\Delta x = 173.61\text{m}$.

29) $\Delta x = 61.73\text{m}$.

30) א. $\bar{v} = 25\frac{\text{km}}{\text{hr}}$. ב. כן.

31) א. $4\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$ ב. $x(t) = 200\text{m}$ ג. $20\frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ד. קטן

ה. $t = 4\,\text{sec}$ ו. $V_F \approx 21.91\frac{\text{m}}{\text{sec}}$

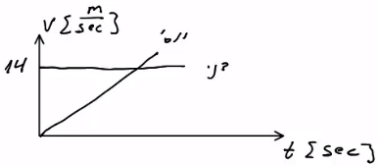
32) א. כאשר $0 \le t \le 20$ (חלק I), התאוצה חיובית וקבועה, והמיקום הולך וגדל.
כאשר $20 \le t \le 50$ (חלק II), המהירות קבועה (אין תאוצה) והמיקום גדל.
כאשר $50 \le t \le 60$ (חלק III), התאוצה קבועה ושלילית - תאוטה - והמיקום הולך וגדל.

ב. $$a = \begin{cases} 2\frac{\text{m}}{\text{sec}^2} & 0 < t < 20 \\ 0 & 20 < t < 50 \\ -4\frac{\text{m}}{\text{sec}^2} & 50 < t < 60 \end{cases}$$

ג. $V(t=15) = 30\frac{\text{m}}{\text{sec}}$, $V(t=40) = 40\frac{\text{m}}{\text{sec}}$, $V(t=55) = 20\frac{\text{m}}{\text{sec}}$

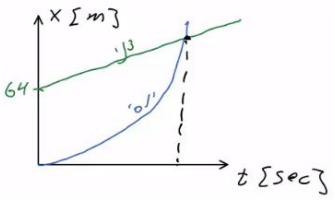
ד. $x(t=15) = 225\text{m}$, $x(t=40) = 1,200\text{m}$, $x(t=55) = 1,750\text{m}$

33) א. דני - $V(t) = 14\frac{\text{m}}{\text{sec}}$, יוסי - $V(t) = 8t$; שרטוט:



ב. $t = 1.75\text{sec}$; לא.

ג. דני - $x(t) = 64 + 14t$, יוסי - $x(t) = 4t^2$. שרטוט:



ד. ב- $t = 6.12$, המרחק: 149.82m.

34) א. גוף א': תנועה בתאוצה קבועה, האצה. ההתקדמות בכיוון חיובי.
גוף ב': כאשר $0 < t < 8$, כמו גוף א'. כאשר $8 \le t$, תנועה במהירות קבועה בכיוון חיובי.

ב. גוף א': $x(t) = \frac{2}{3}t^2$.
גוף ב': כאשר $0 \le t \le 8$, $x(t) = \frac{3}{2}t^2$. כאשר $8 \le t \le \infty$, $x(t) = 96 + 24(t-8)$.

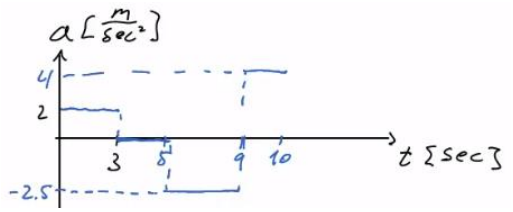
ג. כש- $\Delta x(t=3) = 7.5\text{m}$, וכש- $\Delta x(t=24) = 96\text{m}$. גוף ב' מקדים את א'.

ד. $t = 18\text{sec}$ ה. כש- $t = 31.42\text{sec}$.

35) א. לא. ב. כן. ג. לא. ד. לא. ה. לא.

36) א. כאשר $0 \le t \le 3$ (חלק I), תאוצה קבועה, האצה והתקדמות בכיוון החיובי.
כאשר $3 \le t \le 5$ (חלק II), תנועה במהירות קבועה, התקדמות בכיוון החיובי.
כאשר $5 \le t \le 9$ (חלק III), תאוצה קבועה שלילית.
תאוטה עד אשר המהירות מתאפסת, ואז מתחילה האצה בכיוון הנגדי.
התקדמות בכיוון החיובי עד שהמהירות מתאפסת ואז מתחילים לחזור בכיוון הנגדי.
כאשר $9 \le t \le 10$, תאוצה קבועה חיובית, תאוטה. התקדמות בכיוון הנגדי.

ב. $a=\begin{cases}2\frac{\text{m}}{\text{sec}^2} & 0<t<3\\ 0 & 3<t<5\\ -2.5\frac{\text{m}}{\text{sec}^2} & 5<t<9\\ 4\frac{\text{m}}{\text{sec}^2} & 9<t<10\end{cases}$ שרטוט:

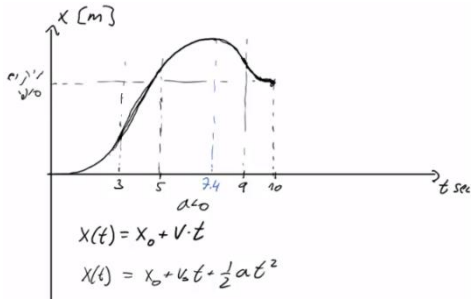


ג. בזמן: 7.4sec ; המרחק: 28.2m.

ד. $S=33.4\text{m}$ ה. $\Delta x=23\text{m}$ ו. $\bar{V}=2.3\frac{\text{m}}{\text{sec}}$

ז. $\Delta x=x(t=6)25.75\text{m}$ ח. $t=3.5\text{sec}$

ט. שרטוט:

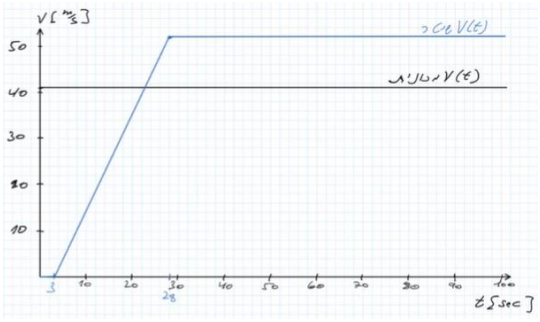


37) א. $a=3\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$ ב. $x(t)=5+15(t-2)+\frac{1}{2}3(t-2)^2$

ג. $x(t=0)=-19$; $x(t=1.65)=0$ ד. $V(t)=15+3(t-2)$

ה. $V(t=0)=9\frac{\text{m}}{\text{sec}}$

38) א. 3877m. ב. שרטוט:



39) א. $a_א=-0.4\,m/s^2$ $a_ב=0.8\,m/s^2$

ב. (1) כיוון התנועה של גוף הוא בכיוון המהירות. מכיוון שלשתי המכוניות מהירות חיובית ברגע t=10s שתיהן נעות בכיוון החיובי

(2) מכיוון ששתי המכוניות התחילו מאותה נקודה וההעתק שעשתה מכונית א' גדול מההעתק של מכונית ב' (כי השטח מתחת לגרף של מכונית א' גדול מזה של מכונית ב'). המרחק מהראשית של מכונית א' גדול מזה של מכונית ב'

ג. (1) $180m$ (2) $30sec$ ד. $15sec$ ה. איור 4

40 א. $17.5\frac{m}{s}$, $63\frac{km}{hr}$ ב. גדולה. ג. $26.25\frac{m}{s}$, $94.5\frac{km}{hr}$ ד. $-4.86\cdot10^{-3}\frac{m}{s^2}$ ה. כן.

41 $T=58\,sec$

42 $t_2=\frac{T}{5}$

קורס מלא לבגרות בפיזיקה 5 יחידות

פרק 4

נפילה חופשית וזריקה אנכית

נפילה חופשית וזריקה אנכית 22

נפילה חופשית וזריקה אנכית:

שאלות:

1) כדור ברזל קטן

כדור ברזל קטן משוחרר ממנוחה ממעלי מגדל מאוד גבוה (הזנח את התנגדות האויר).

א. מצא את מרחקו מנקודת השחרור לאחר 4 שניות.

ב. מצא את מהירותו באותו הרגע.

2) תפוח עץ

תפוח נופל מעץ מגובה של 15 מטרים (הנח שהתפוח נופל ממנוחה והזנח את התנגדות האויר).

א. מצא את המהירות בה יפגע התפוח בקרקע.

ב. מצא את המהירות בה יפגע התפוח בראשו של ניוטון, היושב מתחת לעץ.
הנח שגובה הראש של ניוטון בישיבה הוא 1 מטר.

3) חסידה מביאה חבילה

חסידה מפילה חבילה מגובה של 320 מטרים.

א. מצא את ההעתק שמבצעת החבילה בשניה הרביעית של תנועתה.

ב. מצא את ההעתק שמבצעת החבילה בשניה האחרונה של תנועתה.

4) דנה גרה מעל צחי

דנה גרה בבניין קומות גבוה. חברה צחי גר שלוש קומות מתחתיה.

דנה זורקת מהחלון כדור במהירות של: $5\frac{m}{sec}$ כלפי מטה לעבר החלון של צחי.

גובה כל קומה הוא 3 מטרים.

א. מתי יעבור הכדור את חלונו של צחי?

ב. מה תהיה מהירות הכדור באותו הרגע?

ג. מה תהיה מהירות הכדור שתי קומות מתחת לחלונו של צחי?

5) דני זורק כדור מחלון גבוה

דני זורק כדור כלפי מעלה מחלון ביתו הנמצא בגובה 105 מטרים מעל הקרקע (בניין גבוה). מהירות הכדור ישר אחרי הזריקה היא 20 מטר לשניה.
סמן את כיוון הציור החיובי כלפי מעלה ואת ראשית הצירים בנקודת הזריקה.

א. רשום נוסחאות מקום–זמן ומהירות–זמן עבור הכדור.

ב. הכן טבלה ורשום בה את הערכים של המיקום והמהירות ב-6 השניות הראשונות.

ג. צייר את מיקום הכדור בכל שנייה ב-6 השניות.

ד. מתי יפגע הכדור בקרקע?

ה. חזור על סעיפים א' ו-ד' במקרה שבו ראשית הצירים בקרקע.

6) רועי קופץ לבריכה

רועי קופץ לבריכה ממקפצה בגובה 10 מטרים.
מהירותו מיד לאחר הניתוק מהמקפצה היא 2 מטר לשניה כלפי מעלה.

א. מתי מגיע רועי לשיא הגובה בקפיצה?
ב. מהו שיא הגובה?
ג. מהי המהירות שבה פוגע רועי במים?
ד. כמה זמן עבר מרגע הקפיצה עד לרגע בו פגע רועי במים?

7) גוף נזרק אנכית מגג בניין

גוף נזרק אנכית כלפי מעלה מגג בניין שגובהו 40 מטר. מהירותו ההתחלתית של הגוף היא 30 מטר לשניה. בחר ציר y , שראשיתו בקרקע וכיוונו החיובי כלפי מעלה.

א. רשום את הפונקציות: מקום–זמן, מהירות–זמן ותאוצה–זמן, של הגוף.
ב. ערוך טבלה של מהירותו ומיקומו בזמנים: $t = 0, 1, 2, 3, 4, 5\text{sec}$.
ג. שרטט גרפים עבור שלושת הפונקציות שחישבת בסעיף א'.

8) אבן נזרקת מגג בניין

מגג בניין שגובהו 120 מטר נזרקת אבן כלפי מעלה, במהירות התחלתית שגודלה 20 מטר לשניה.

א. כעבור כמה זמן תמצא האבן בשיא גובה התנועה?
ב. מה הגובה המקסימלי אליו מגיעה האבן?
ג. מהי מהירות האבן כאשר היא פוגעת בקרקע? (הקפד על הסימן).

9) חלק ניתק מטיל

טיל משוגר אנכית כלפי מעלה, ממנוחה, בתאוצה קבועה של 6 מטר לשניה בריבוע.
כאשר הטיל בגובה של 300 מטר ניתק ממנו חלק.

א. מהי מהירות הטיל ברגע ניתוק החלק?
ב. מהו שיא הגובה, ביחס לקרקע, אליו מגיע החלק שניתק?
ג. לאחר כמה זמן מרגע השיגור יפגע החלק בקרקע?
ד. מהי מהירות החלק ברגע פגיעתו בקרקע?

10) כדור נזרק מלמעלה וגוף נזרק מלמטה

כדור נזרק כלפי מטה מראש בניין שגובהו 80 מטר. מהירותו ההתחלתית של הכדור היא 15 מטר לשניה. באותו הרגע, נזרק גוף שני מתחתית הבניין כלפי מעלה.
מהירותו ההתחלתית של הגוף השני היא 40 מטר לשניה.

א. רשום נוסחת מקום–זמן עבור כל גוף.
ב. האם הגוף השני יעבור את גובה הבניין?
ג. היכן ביחס לרצפת הבניין יחלפו הגופים אחד ליד השני?
ד. רשום נוסחת מהירות–זמן לכל גוף.
ה. מה תהיה מהירות כל גוף ברגע המפגש?
ו. מהי מהירות הפגיעה בקרקע של כל גוף?
ז. שרטט גרף מהירות–זמן וגרף מיקום–זמן לכל גוף.

11) כדור מלמעלה וכדור מלמטה מתעכב

כדור נופל מגובה של 70 מטרים בנפילה חופשית.

שלוש שניות לאחר מכן נזרק כדור נוסף מהקרקע במהירות התחלתית v_0.

א. רשום נוסחת מקום–זמן לכל גוף כפונקציה של v_0.

ב. מה צריך להיות v_0 על מנת שהכדורים לא יחלפו זה על פני זה?

ג. רשום נוסחת מקום – זמן לכל גוף, בהנחה שהערך של v_0 הוא הערך המקסימלי שמקיים את התנאי של סעיף ב'.

ד. מה תהיה מהירות כל גוף בפגיעה בקרקע?

ה. שרטט גרף מהירות – זמן לשתי האבנים על אותה מערכת צירים.

12) כדור פורח

כדור פורח עולה במהירות קבועה של 15 מטרים לשניה כלפי מעלה.

בגובה של 150 מטרים הכדור משחרר שק חול.

מצא כמה זמן ייקח לשק החול להגיע לקרקע .

(רמז : מהירות הכדור לא נתונה ללא סיבה)

13) אבן אחרי אבן

אבן משוחררת ממנוחה מגובה של 60 מטרים. שתי שניות לאחר מכן נזרקת אבן נוספת כלפי מטה מאותו הגובה.

באיזו מהירות יש לזרוק את האבן, על מנת ששתי האבנים יגיעו לקרקע באותו הזמן?

14) אדם משחרר כדור מתוך מעלית**

מעלית עולה מגובה הקרקע במהירות קבועה. בזמן T_1 אדם הנמצא במעלית משחרר כדור מתוך המעלית דרך חור שברצפת המעלית. הכדור מגיע לקרקע כעבור T_2 שניות.

מצאו את גובה המעלית h בזמן T_1.

נתונים : T_1 ו- T_2.

15) ילד זורק כדור בקפיצה**

ילד מנסה לזרוק כדור לתקרה של הכיתה אך אינו מצליח להגיע עד לתקרה.

המורה לפיזיקה שהבחין בניסיונותיו של הילד הציע לילד שיזרוק את הכדור תוך כדי קפיצה בכיוון מעלה.

א. האם המורה צודק? לאיזה גובה יגיע הכדור אם הילד קופץ ומיד זורק את הכדור כלפי מעלה? הניחו שמהירות הקפיצה של הילד היא v_1 ומהירות הזריקה של הכדור v_2 ביחס לילד היא אותו הדבר. הניחו שזריקת הכדור לא משפיעה על הילד.

ב. בטאו את ההעתק של הילד ושל הכדור כפונקציה של הזמן בו הילד זורק את הכדור.

תשובות סופיות:

1) א. 80m. ב. $40\frac{\text{m}}{\text{sec}}$.

2) א. $17.32\frac{\text{m}}{\text{sec}}$. ב. $V_F \approx 16.73$.

3) א. $\Delta y = 35\text{m}$. ב. $\Delta y = 75\text{m}$.

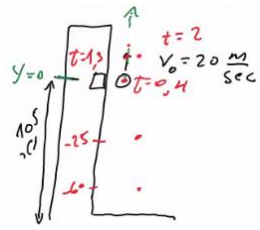
4) א. 0.93sec. ב. $V(t=0.93) = 14.3\frac{\text{m}}{\text{sec}}$. ג. $V(y=15) \approx 18.03\frac{\text{m}}{\text{sec}}$.

5) א. מקום-זמן: $y(t) = 20t - 5t^2$, מהירות-זמן: $V(t) = 20 - 10t$.

ב.

זמן (בשניות)	מיקום (במטרים)	מהירות (מטרים לשנייה)
1	15	10
2	20	0
3	15	-10
4	0	-20
5	-25	-30
6	-60	-40

ג. שרטוט:



ד. 7sec.

ה. (א) מקום-זמן: $y(t) = 105 + 20t - 5t^2$. מהירות-זמן: $V(t) = 20 - 10t$.

(ד) 7sec.

6) א. $t = 0.2\text{sec}$. ב. 0.2m. ג. $-14.28\frac{\text{m}}{\text{sec}}$. ד. $t \approx 1.63\text{sec}$.

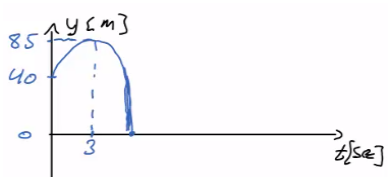
7) א. מקום-זמן: $y(t) = 40 + 30t - 5t^2$, מהירות-זמן: $v(t) = 30 - 10t$,

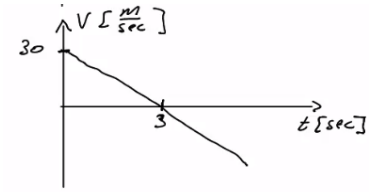
תאוצה-זמן: $a = -10$.

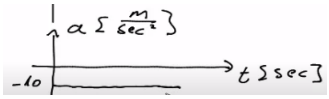
ב.

זמן (בשניות)	מהירות (מטרים לשנייה)	מקום (במטרים)
0	30	40
1	20	65
2	10	80
3	0	85
4	-10	80
5	-20	65

ג. מקום-זמן: מהירות-זמן: תאוצה-זמן:







8) א. 2sec ב. 20m ג. 25.8sec ד. 7.29sec

9) א. $60\frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ב. 480m ג. 25.8sec ד. $\approx -98\frac{\text{m}}{\text{sec}}$

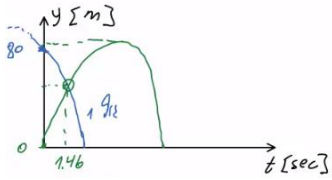
10) א. גוף 1: $y_1(t)=80+(-15)t-5t^2$, גוף 2: $y_2(t)=40t-5t^2$ ב. 80m

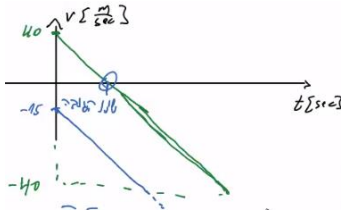
ג. $y_2(t=1.45)\approx 47.74\text{m}$

ד. גוף 1: $v_1(t)=-15-10t$, גוף 2: $v_2(t)=40-10t$.

ה. גוף 1: $-29.6\frac{\text{m}}{\text{sec}}$, גוף 2: $25.4\frac{\text{m}}{\text{sec}}$. ו. גוף 1: $-42.72\frac{\text{m}}{\text{sec}}$, גוף 2: $-40\frac{\text{m}}{\text{sec}}$.

ז. מיקום-זמן (גוף 1 בכחול, גוף 2 בירוק): מהירות-זמן:



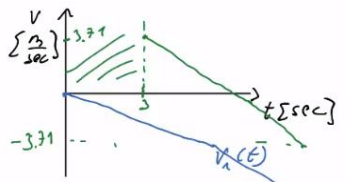


11) א. כדור 1: $y_1(t)=70-5t^2$, כדור 2: $y_2(t)=0+v_0(t-3)-5(t-3)^2$.

ב. $v_0\le 3.71$ ג. כדור 1: $v_1(t)=-10t$, כדור 2: $v_2(t)=3.71-10(t-3)$.

ד. כדור 1: $v_1(t=3.74)=-37.4\frac{\text{m}}{\text{sec}}$. כדור 2: $v_2(t=3.74)\approx -3.69\frac{\text{m}}{\text{sec}}$.

ה. שרטוט:



12) $t\approx 7.18\text{sec}$.

13) $v_0\approx 33.8\frac{\text{m}}{\text{sec}}$.

14) $h = \dfrac{gT_2^{\,2}}{2\left(1+\dfrac{T_2}{T_1}\right)}$.

15) א. המורה צודק, $y = \dfrac{(v_1+v_2)^2}{2g}$. ב. ילד: $v_1 \cdot t - \dfrac{1}{2}gt^2$, כדור: $\dfrac{(v_1+v_2)^2}{2g} - v_2 t_0$.

קורס מלא לבגרות בפיזיקה 5 יחידות

פרק 5

וקטורים

וקטורים 28

וקטורים:

שאלות:

1) הצגה פולרית

צייר את הוקטורים הבאים על גבי מערכת צירים:

שם הוקטור	גודל הוקטור	זווית הוקטור עם ציר ה- x
$\vec{A}$	$\left\|\vec{A}\right\|=2$	$\theta_A=30°$
$\vec{B}$	$\left\|\vec{B}\right\|=4$	$\theta_B=30°$
$\vec{C}$	$\left\|\vec{C}\right\|=2$	$\theta_C=90°$
$\vec{D}$	$\left\|\vec{D}\right\|=4$	$\theta_D=120°$
$\vec{E}$	$\left\|\vec{E}\right\|=2$	$\theta_E=300°$
$\vec{F}$	$\left\|\vec{F}\right\|=2$	$\theta_F=-60°$

2) הצגה קרטזית

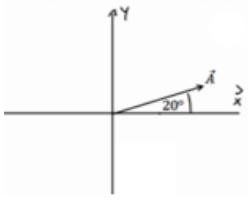
צייר על מערכת צירים את הוקטורים הבאים, רשום את רכיבי הוקטורים וציין באיזה רביע נמצא כל וקטור: $\vec{D}=(2,-1)$, $\vec{C}=(-3,-2)$, $\vec{B}=(-2,3)$, $\vec{A}=(1,2)$.

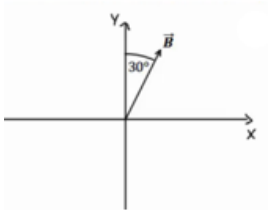
3) מעבר מפולרי לקרטזי

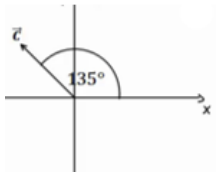
הגודל של כל אחד מהוקטורים הבאים הוא 2.

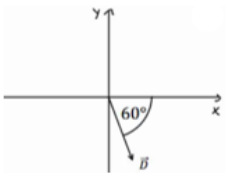
רשום כל אחד מהוקטורים בהצגה הקרטזית שלו (פרק את הוקטורים הבאים לרכיבים):

א. ב. ג. ד.









4) דרך שניה

הגודל של כל אחד מהוקטורים הבאים הוא 3. רשום כל אחד מהוקטורים הצגה הקרטזית שלו (פרק את הוקטורים הבאים לרכיבים):

א. ב. ג. ד.

5) פירוק לרכיבים

באיור הבא, גודלו של הוקטור $\vec{A}$ הוא 4, וגודלו של הוקטור $\vec{B}$ הוא 5.
מצא את הרכיבים הקרטזיים של כל וקטור:

א. ב.

פתור פעם אחת באמצעות הזוויות שנתונות באיור, ופעם אחת באמצעות הזווית עם הכיוון החיובי של ציר ה-x.

6) מקרטזי לפולרי

מצא את הגודל והכיוון של הוקטורים הבאים:

א. $\vec{A}=(2,-1)$

ב. $\vec{B}=(-0.5,-2)$

7) מקרטזי לפולרי

שרטט את הוקטורים הבאים על מערכת צירים. מצא את הגודל והכיוון של כל אחד מהוקטורים. את הכיוון תאר ע"י הזווית של הוקטור עם ציר ה-x החיובי.

א. $\vec{A}=(2,3)$

ב. $\vec{B}=(-1,2)$

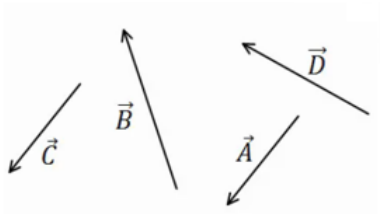
ג. $\vec{C}=(0,-3)$

ד. $\vec{D}=(2,-2)$

ה. $\left|\vec{E}\right|=3$, $E_x=2$ הוקטור ברביע הראשון.

ו. $\left|\vec{E}\right|=3$, $E_y=-1$ הוקטור ברביע השלישי.

8) חיבור וקטורים לפי סימונים



מצא את: $\vec{A}+\vec{B}+\vec{C}+\vec{D}=\vec{E}$.

9) דוגמה 1

נתונים הוקטורים הבאים:

$$\left|\vec{A}\right|=3,\ \theta_A=30°$$

$$\left|\vec{B}\right|=2,\ \theta_B=-30°$$

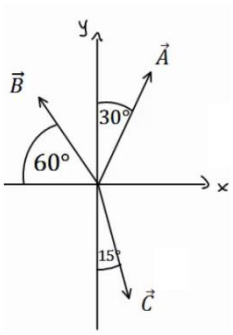
$$\left|\vec{C}\right|=3,\ \theta_C=180°$$

א. שרטט את הווקטורים על גבי מערכת צירים.

ב. שרטט את גודלן וכיוונו של הווקטור: $\vec{D}=\vec{A}+\vec{B}+\vec{C}$.

שרטט את הווקטור $\vec{D}$ על אותה מערכת צירים.

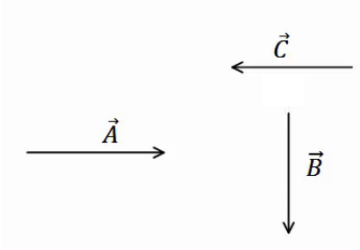
10) דוגמה 2



הגודל של הוקטורים באיור הבא הוא: $\left|\vec{A}\right|=5,\ \left|\vec{B}\right|=4,\ \left|\vec{C}\right|=5$.

מצא את הוקטור השקול (סכום הוקטורים): $\vec{D}=\vec{C}+\vec{A}+\vec{B}$.

11) חיסור לפי סימונים



בציור נתונים הוקטורים: $\vec{A},\vec{B},\vec{C}$.

מצא את: $\vec{D}=\vec{B}-\vec{C}-\vec{A}$.

12) דוגמה 1

נתונים הוקטורים הבאים: $\vec{A}=(3,5),\vec{B}=(-1,4),\vec{C}=(0,2)$.

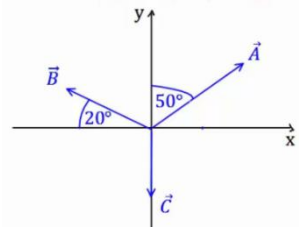
מצא את:

א. $\vec{D}=-2\vec{B}$

ב. $\vec{E}=3\vec{A}-2\vec{C}-\vec{B}$

ג. $\vec{F}=-2\left(\vec{A}+\vec{B}\right)+3\vec{C}$

13) דוגמה 2



גודלם של הווקטורים באיור הבא הם: $\left|\vec{A}\right|=5,\ \left|\vec{B}\right|=4,\ \left|\vec{C}\right|=3$.

א. מצא את גודלו וכיוונו של $\vec{D}=-2\vec{B}$.
שרטט את $\vec{D}$ על מערכת צירים.

ב. מצא את גודלו וכיוונו של $\vec{E}=2\vec{A}-3\vec{B}-4\vec{C}$.
שרטט את $\vec{E}$ על מערכת הצירים.

14) דוגמה 3

גודלו של הווקטור $\vec{A}$ הוא 2 והזווית שהוא יוצר עם ציר ה-x החיובי היא $30°$.

א. שרטט את הוקטור במערכת הצירים.

ב. מצא את $\vec{B}=3\cdot\vec{A}$ ללא פירוק של $\vec{A}$ לרכיבים. שרטט את $\vec{B}$ על אותה מערכת.

ג. מצא את הרכיבים של $\vec{A}$.

ד. חשב שוב את $\vec{B}=3\cdot\vec{A}$. הפעם דרך הרכיבים של $\vec{A}$.

ה. מצא את גודלו וכיוונו של $\vec{B}$ מהרכיבים שמצאת בסעיף ד'.
הראה כי התוצאה זהה לסעיף ב'.

15) חיבור באמצעות מקבילית

נתונים הוקטורים $\vec{A}$ ו-$\vec{B}$. גודלו של A הוא 8 והזווית שלו עם ציר ה-x החיובי היא: $\theta_A=130°$. גודלו של הוקטור B הוא 4 והזווית שלו עם ציר ה-x החיובי היא: $\theta_B=60°$. שרטט את הוקטורים על מערכת צירים ומצא את: $\vec{A}+\vec{B}$
באמצעות שיטת המקבילית.

16) חיסור באמצעות מקבילית

נתונים הוקטורים $\vec{A}$ ו-$\vec{B}$. גודלו של A הוא 8 והזווית שלו עם ציר ה-x החיובי היא: $\theta_A=130°$. גודלו של הוקטור B הוא 4 והזווית שלו עם ציר ה-x החיובי היא: $\theta_B=60°$. שרטט את הוקטורים על מערכת צירים ומצא את: $\vec{A}-\vec{B}$
באמצעות שיטת המקבילית.

17) מציאת אורך של שקול

אורכם של שני וקטורים הוא 5 ו-10 ס"מ. הזווית ביניהם היא 30 מעלות.
מהו אורכו של הוקטור השקול שלהם (סכום הוקטורים)?

18) מציאת זווית בין שני וקטורים

נתונים שני וקטורים שאורכם 10 ו-13 מטר. אורך השקול שלהם הוא 20 מטר.
מצא את הזווית בין הווקטורים.

19) תרגיל 1

נתונים הווקטורים הבאים: $\vec{A} = 5{,}20°\,,\vec{B} = 2{,}150°\,,\vec{D} = 10{,}220°$.

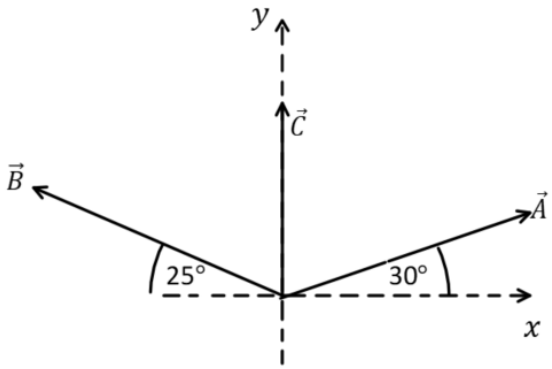
מצאו את גודל וכיוון הוקטור $\vec{C}$ אם: $\vec{A} + \vec{B} + \vec{C} = \vec{D}$.

20) תרגיל 2

באיור הבא נתונים שלושה וקטורים.

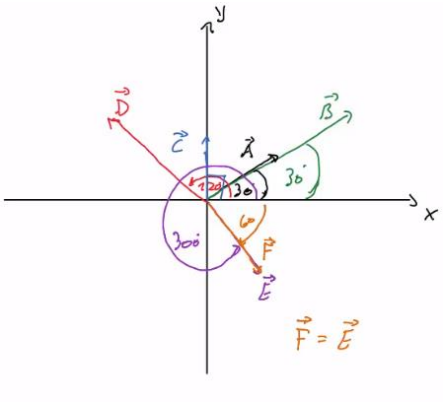
מצאו את גודל הוקטור $\vec{A}$ ואת גודל הוקטור $\vec{B}$,

אם נתון שגודל הוקטור $\vec{C}$ הוא 50 ו- $\vec{C} = \vec{A} + \vec{B}$.

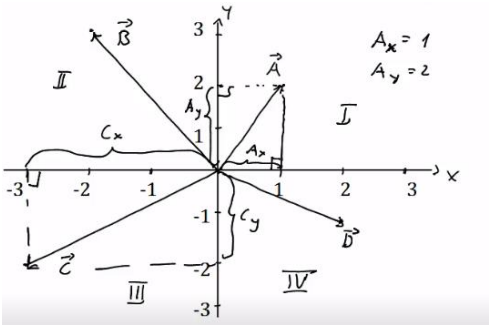


תשובות סופיות:

1) שרטוט:



2) שרטוט:



3) $\vec{A}=(1.88,0.68)$, $\vec{B}=\left(1,\sqrt{3}\right)$, $\vec{C}=\left(-\sqrt{2},\sqrt{2}\right)$, $\vec{D}=\left(1,-\sqrt{3}\right)$

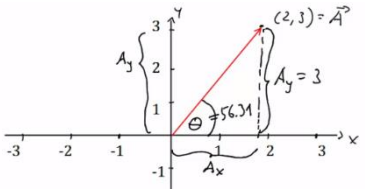
4) א. $\vec{A}=\left(\frac{3}{2},2.60\right)$ ב. $\vec{B}=(-2.30,1.93)$ ג. $\vec{C}=(-2.30,-1.93)$

ד. $\vec{D}=(-2.30,-1.93)$

5) א. $\vec{A}=(-3.28,2.29)$ ב. $\vec{B}=(-4.33,-2.5)$

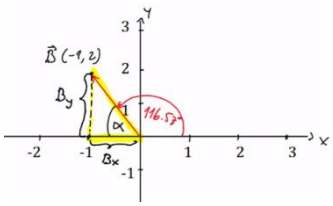
6) א. $\left|\vec{A}\right|=\sqrt{5}$; $\theta_A=-26.57=333.43°$ ב. $\left|\vec{B}\right|=2.06$; $\theta_B=255.96°$

7) א. שרטוט:

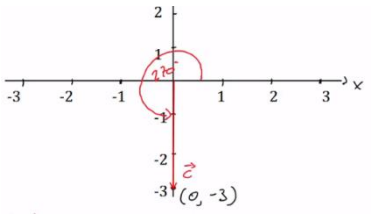


$\left|\vec{A}\right|=\sqrt{13}$; $\theta_A=56.31°$

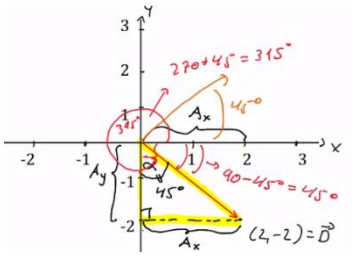
ב. שרטוט:



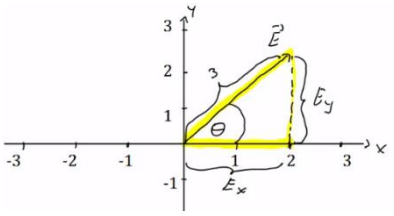
$\left|\vec{B}\right|=\sqrt{5}$; $\theta_B=116.57°$

ג. שרטוט: 

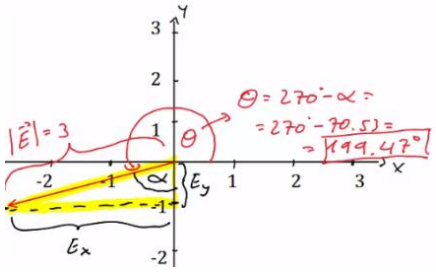
$\theta_C = 270^\circ$; $|\vec{C}| = 3$;

ד. שרטוט: 

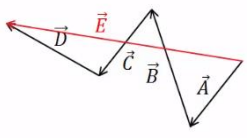
$\theta_D = 315^\circ = -45^\circ$; $|\vec{D}| = \sqrt{8}$;

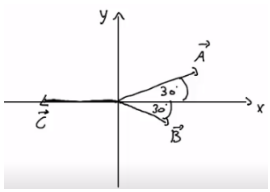
ה. שרטוט: 

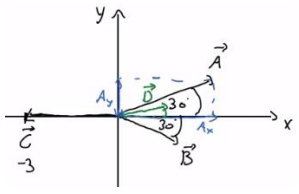
$\theta_E = 48.19^\circ$;

ו. שרטוט: 

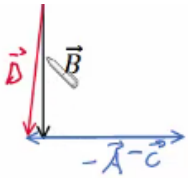
$\theta_E = 199.47^\circ$;

8) שרטוט: 

9) א. שרטוט: 

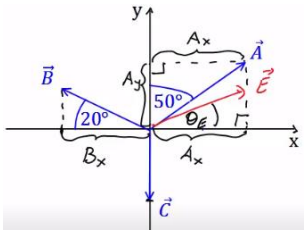
ב. $|\vec{D}| = 1.42$, $\theta_D = 20.60^\circ$ 

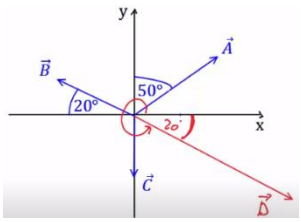
10) $|\vec{D}| = 3.46$, $\theta_D = 58.84^\circ$

11) שרטוט: 

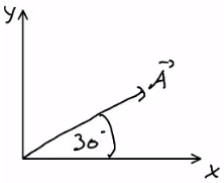
12) א. $\vec{D}=(2,-8)$ ב. $\vec{E}=(10,7)$ ג. $\vec{F}=(-4,-12)$

13) א. $\left|\vec{D}\right|=8\ ,\theta_D=-20°$ ב. $\left|\vec{E}\right|=23.75\ ,\theta_E=37.23°$

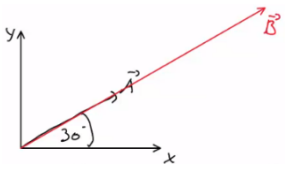




14) א.



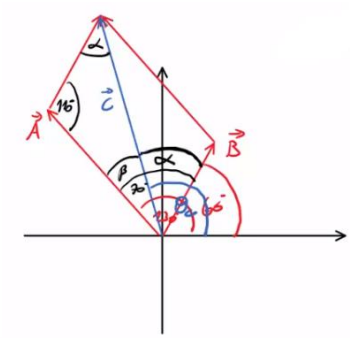
ב. $\left|\vec{B}\right|=6\ ,\theta_B=\theta_A=30°$



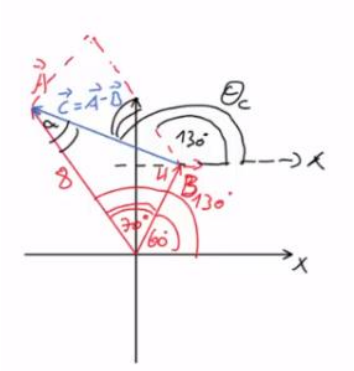
ג. $\vec{A}=\left(\sqrt{3},1\right)$

ד. $\vec{B}=\left(3\sqrt{3},3\right)$ ה. ראה סרטון.

15) $108.1°\ ,\ 10.1$



16) $159.5°\ ,\ 7.62$



17) $a\approx 14.6\text{c.m}$

18) $\theta=60°$

19) $\vec{C}=14,221°$.

20) $\left|\vec{A}\right|\approx 55\ ,\ \left|\vec{B}\right|\approx 53$.

פרק 6

קינמטיקה - תנועה במישור

קינמטיקה - תנועה במישור 36

קינמטיקה - תנועה במישור:

שאלות:

1) דוגמה 1

גוף נע במישור, כך שמיקומו בציר ה-x כתלות בזמן הוא: $x(t)=2t$,

ומיקומו בציר ה-y כתלות בזמן הוא: $y(t)=3t^2$.

א. שרטט על גבי מערכת צירים דו מימדית את מיקום הגוף ב- $t=0,\ 1,\ 2,\ 3\text{sec}$.

ב. רשום את הערך של וקטור מיקום הגוף בכל אחד מן הרגעים, ושרטט את וקטור המיקום בכל רגע על מערכת הצירים.

ג. רשום נוסחה לוקטור המיקום כתלות בזמן.

2) דוגמה 2

גוף נע במישור, כך שמיקומו בציר ה-x כתלות בזמן הוא: $x(t)=4+3t$,

ומיקומו בציר ה-y כתלות בזמן הוא: $y(t)=2t^2$.

א. רשום את וקטור המיקום כתלות בזמן ומצא את מיקום הגוף ב- $t=1,\ 2\text{sec}$.

ב. רשום את ההעתק של הגוף בחמש השניות הראשונות של התנועה.

ג. מצא את ההעתק שביצע הגוף מ- $t=2\text{sec}$ עד $t=4\text{sec}$.

3) דוגמה 3

גוף נע במישור, כך שמיקומו כתלות הזמן בציר ה-x הוא: $x(t)=2t-3$,

ומיקומו בציר ה-y כתלות בזמן הוא: $y(t)=t^2$.

א. מצא את וקטור המיקום של הגוף כתלות בזמן.

ב. מצא את ההעתק שביצע הגוף בין $t=3\text{sec}$ ל- $t=5\text{sec}$.

ג. מצא את המהירות הממוצעת במרווח הזמן של סעיף ב'.

4) גוף נזרק אופקית מגובה רב

גוף נזרק אופקית במהירות של 10 מטר לשניה מגובה רב.

מה יהיו מיקומו, ביחס לנקודת הזריקה, ומהירותו, לאחר 4 שניות?

5) גוף נזרק אופקית מגג בניין

גוף נזרק אופקית מגג בניין שגובהו 40 מטר.

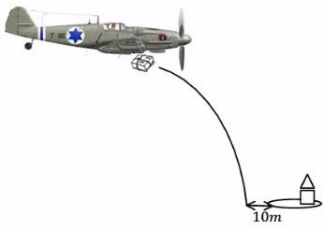
א. מתי יפגע הגוף בקרקע?

ב. היכן יפגע הגוף בקרקע אם מהירות הזריקה היא 15 מטר לשניה?

ג. מהו גודל מהירות הגוף בזמן הפגיעה בקרקע ומהי כיוונה?

6) חבילת סיוע לכפר

מטוס טס במהירות קבועה של 200 מטר לשניה בגובה של 3000 מטר.
המטוס רוצה לשחרר חבילת סיוע לכפר הנמצא מתחתיו.



א. מצא את המרחק האופקי מהכפר שבו צריך המטוס לשחרר את החבילה על מנת שתנחת בדיוק 10 מטר לפני הכפר.
ב. מהי הזווית בה רואה המטוס את הכפר באותו רגע?

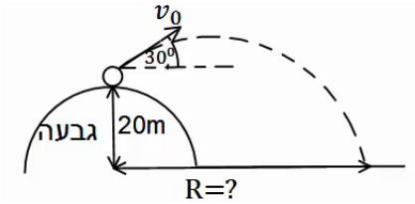
7) משוואת מסלול

מצא את משוואת המסלול ושרטט את המסלול על מערכת צירים עבור המסלול הבא: $x(t)=\sqrt{3+t^2}$, $y(t)=\sqrt{7-t^2}$.
הנח ש- x ו- y תמיד חיוביים.

8) זריקה משופעת

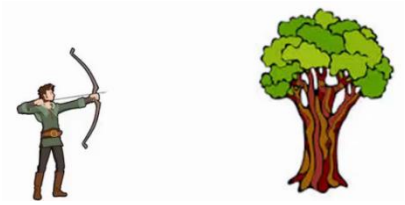
גוף נזרק במהירות של 40 מטר לשניה בזווית של 30 מעלות ביחס לציר האופקי.
א. מצא את מיקום ומהירות הגוף ב- $t=2\text{sec}$.
ב. מתי פוגע הגוף בקרקע?
ג. מהו המרחק האופקי בו פוגע הגוף בקרקע?
ד. מהי מהירות הגוף ברגע הפגיעה?

9) כדור נבעט מגבעה



כדור נבעט מגבעה בגובה 20 מטר. הכדור נבעט במהירות של 28 מטר לשניה ובזווית של 30 מעלות.
א. מתי יפגע הכדור בקרקע?
ב. מהו המרחק האופקי של הכדור, מנקודת הבעיטה, ברגע הפגיעה בקרקע?
ג. מהי מהירות הכדור ברגע הפגיעה?

10) דן יורה חץ על עץ

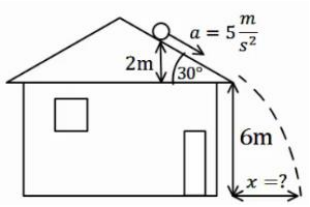


דן יורה חץ מגובה של 2 מטרים לעבר עץ הנמצא במרחק של 8 מטרים. מהירות היציאה של החץ מהקשת היא 30 מטר לשניה.
מצא באיזה גובה יפגע החץ בעץ, אם הזווית שבה יורה דן את החץ היא 15 מעלות.

11) דני מחליק במגלשה

דני מחליק במגלשת מים. סוף המגלשה נמצא בגובה 2 מטרים מעל הבריכה ובזווית של 30 מעלות מתחת לאופק.
בהנחה שדני יוצא מהמגלשה במהירות של 10 מטרים לשניה, מהו המרחק האופקי אותו יעבור עד הפגיעה במים? מהי מהירותו בפגיעה במים?

12) כדור מתגלגל מגג משופע



כדור מתגלגל מגג בניין משופע. הכדור מתחיל תנועתו ממנוחה מגובה של 2 מטרים מקצה הגג, ששיפועו הוא 30 מעלות מתחת לאופק. נתון כי תאוצת הכדור בכיוון תנועתו על הגג היא 5 מטרים לשניה בריבוע.
מצא את המרחק האופקי מקצה הגג בו יפגע הכדור בקרקע.

13) תנועת כדור עם רוח נגדית

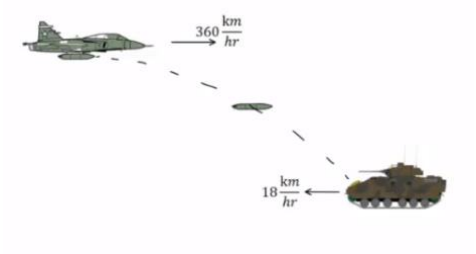
כדור נבעט מהקרקע במהירות של 20 מטרים לשניה ובזווית של 45 מעלות מהקרקע.
רוח נגדית גורמת לכדור תאוצה בכיוון האופקי של 2 מטרים לשניה בריבוע (בנוסף לתאוצת הכובד).

א. מצא את מיקום הכדור ומהירותו ב- $t = 2\text{sec}$.
ב. מהו המרחק בו פוגע הכדור בקרקע?
ג. מהו הגובה המקסימלי אליו הגיע הכדור?
ד. מהו המרחק האופקי המקסימלי אליו הגיע הכדור?

14) מסירה בפוטבול

במשחק הפוטבול הרכז האחורי זורק כדור בזוית של 45 מעלות ביחס לקרקע ובמהירות של 30 מטרים לשניה. שחקן הקבוצה הנמצא 15 מטרים קדימה מהרכז האחורי רץ במהירות של 5 מטרים לשניה.
השחקן רואה את הכדור ומתחיל להאיץ בתאוצה קבועה.
מהי התאוצה הדרושה לשחקן כך שיוכל לתפוס את הכדור בדיוק בגובה בו הוא נזרק?
האם סימן התאוצה יכול להיות שלילי? מה המשמעות של תאוצה כזו?

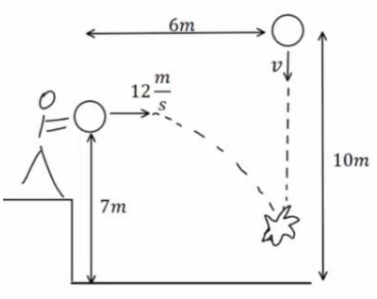
15) מטוס מטיל פצצה על טנק שנע



מטוס טס בכיוון אופקי במהירות של 360 קמ"ש.
טנק אויב הנמצא במרחק אופקי של 3 ק"מ ממנו נע במהירות 18 קמ"ש כלפי המטוס. כעבור 10 שניות הטייס מבחין בטנק ומשחרר פצצה.

א. חשבו את הזמן מהרגע שבו שוחררה הפצצה ועד לרגע פגיעתה בטנק.
ב. מהו גובה המטוס מעל פני הקרקע?
ג. מהי מהירות הפצצה (גודל וכיוון) ברגע פגיעתה בטנק?

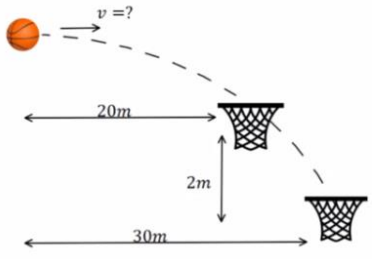
16) כדור נזרק אופקית פוגע בכדור שנזרק אנכית



כדור נזרק אנכית כלפי מטה מגובה של 10 מטרים ובמהירות v לא ידועה. באותו הרגע ובמרחק אופקי של 6 מטרים נזרק כדור נוסף זריקה אופקית, מגובה 7 מטרים ובמהירות של 12 מטר לשניה.
הכדורים מתנגשים באוויר בגובה לא ידוע.

א. מהו הזמן בו הכדורים מתנגשים?
ב. מהי המהירות בה נזרק הכדור הראשון?
ג. מהו הגובה שבו נפגשים הכדורים?
ד. מהי מהירות הכדור השני ברגע פגיעתו בכדור הראשון (גודל וכיוון)?

17) כדורסל עובר דרך שני סלים



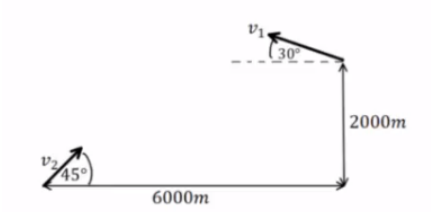
כדורסל נזרק אופקית במהירות התחלתית לא ידועה ובגובה לא ידוע. הכדור עובר דרך שני סלים (ניתן להניח שהסלים ללא רשת והכדור לא פוגע בטבעת כך שהמעבר דרך הסלים לא משנה את המסלול). הסל הראשון ממוקם 20 מטר מנקודת הזריקה של הכדור והסל השני 30 מטר מנקודת הזריקה של הכדור ו-2 מטר מתחת לסל הראשון.

א. מהי המהירות ההתחלתית של הכדור?
ב. מאיזה גובה מעל לסל העליון נזרק הכדור?
ג. כמה זמן חלף מהרגע בו נזרק הכדור ועד לרגע בו הגיע לסל השני?

18) כיפת ברזל מיירטת קאסם

טיל קאסם נורה לעבר עמדה של כיפת ברזל. המכ"ם של הכיפה מזהה את הטיל כשהוא נמצא בגובה 2000 מטר ובמרחק אופקי של 6000 מטר ממיקום של עמדת הכיפה. ברגע הגילוי לטיל זווית של 30 מעלות עם האופק. המחשב של כיפת ברזל מתריע כי לפי חישוב המסלול של הטיל הוא הולך לפגוע ישירות בעמדה. הנח שטיל הקאסם נע ללא מנוע (כלומר, כמו פגז בתנועה בליסטית).

א. מהי מהירות הטיל ברגע הגילוי?

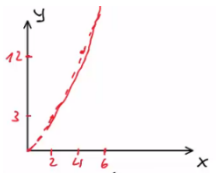


ברגע הגילוי נורה טיל מיירט לעבר טיל הקאסם. הטיל המיירט נורה בזווית של 45 מעלות.

ב. מה צריכה להיות מהירותו ההתחלתית של הטיל המיירט בשביל שיפגע בטיל הקאסם (הנח שתנועת הטיל המיירט היא גם ללא מנוע)?
ג. מתי מתרחשת הפגיעה?
ד. באיזה גובה מתרחשת הפגיעה?

תשובות סופיות:

1) א. שרטוט:



ב. $\vec{r}_0(t=0)=(0,\,0)$, $\vec{r}_1(t=1)=(2,\,3)$, $\vec{r}_2(t=2)=(4,\,12)$, $\vec{r}_3(t=3)=(6,\,27)$

ג. $\vec{r}=\left(2t,\,3t^2\right)=2t\hat{x}+3t^2\hat{y}$

2) א. הנוסחה: $\vec{r}(t)=\left(4+3t,\,2t^2\right)$, מיקום הגוף: $\vec{r}(t=1)=(7,\,2)$, $\vec{r}(t=2)=(10,\,8)$

ב. $\Delta\vec{r}=(15,\,50)$ ג. $\Delta\vec{r}=(6,\,24)$

3) א. $\vec{r}=(2t-3)\hat{x}+t^2\hat{y}$ ב. $\Delta\vec{r}=(4,\,16)$ ג. $\vec{\bar{v}}=(2,\,8)$

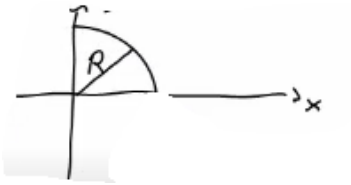
4) מיקום: $\vec{r}(t=4)=(40,\,80)$, מהירות: $\vec{v}(t=4)=(10,\,40)$.

5) א. $t=\sqrt{8}\approx 2.83\text{sec}$ ב. $x\left(t=\sqrt{8}\right)=15\cdot\sqrt{8}\approx 42.43\text{m}$

ג. גודל: $|\vec{v}|\approx 32.02\frac{\text{m}}{\text{sec}}$, כיוון: $\theta\approx 62.06°$.

6) א. $4{,}908.98\text{m}$ ב. $\theta=31.38°$

7) משוואה: $y(x)=\sqrt{10-x^2}$, שרטוט:



8) א. מיקום: $y(t=2)=20\text{m}$, $x(t=2)=69.28\text{m}$, מהירות: $\vec{v}=(34.64,\,0)$.

ב. $t=4\text{sec}$ ג. $x(t=4)=138.56\text{m}$ ד. $\vec{v}=(34.64,\,-20)$

9) א. $t\approx 3.84\text{sec}$ ב. $x(t=3.84)=93.12\text{m}$ ג. $\vec{v}=(24.25,\,-24.4)$

10) $y(t=0.28)\approx 3.78$

11) המרחק: $x(t)=2.68\text{m}$, המהירות: $\vec{v}=(8.66,\,8.1)$.

12) $x(t=0.82)\approx 4.49\text{m}$

13) א. מיקום: $y(t=2)=8.28\text{m}$, $x(t=2)=24.28\text{m}$,

מהירות: $v_y(t=2)=-5.86\frac{\text{m}}{\text{sec}}$, $v_x(t=2)=10.14\frac{\text{m}}{\text{sec}}$. ב. $x(t=2.83)\approx 32.01\text{m}$

ג. $y(t=1.41)\approx 10\text{m}$ ד. $x_{\max}=32.01\text{m}$

14) התאוצה: $a \approx 5.99\frac{m}{sec^2}$, כן, יכול להיות שלילי. המשמעות היא תאוטה, כלומר על השחקן להאט על מנת לתפוס את הכדור בדיוק בגובה הזריקה.

15) א. $t \approx 18.57\,sec$ ב. $h \approx 1724m$ ג. $211\frac{m}{sec}$, $-61.7°$

16) א. $t = 0.5\,sec$ ב. $v = 6\frac{m}{sec}$ ג. $5.75m$ ד. $13\frac{m}{sec}$, $-22.6°$

17) א. $v = \sqrt{1250}\frac{m}{sec}$ ב. $h = 1.6m$ ג. $t_2 \approx 0.849\,sec$

18) א. $v_1 \approx 210\frac{m}{sec}$ ב. $v_2 \approx 353\frac{m}{sec}$ ג. $t_0 \approx 13.9\,sec$ ד. $693m$

קורס מלא לבגרות בפיזיקה 5 יחידות

פרק 7

תרגילים לחזרה עד חלק זה

תרגילים לחזרה עד חלק זה 42

תרגילים לחזרה עד חלק זה:

שאלות:

1) חללית ללא טייס

חללית ללא טייס משוגרת מכדור הארץ בצורה אנכית כלפי מעלה ובתאוצה קבועה. בגובה 1940 מטרים כבה לפתע מנוע החללית. החללית ממשיכה עוד 18 שניות בתנועה כלפי מעלה ולאחר מכן מתחילה ליפול בנפילה חופשית חזרה לקרקע.

א. חשב את תאוצת הגוף עד לרגע בו כבה המנוע.

ב. מצא את הגובה המקסימלי אליו הגיעה החללית.

ג. מהו הזמן מרגע השיגור ועד לרגע בו פוגעת החללית בקרקע?

ד. מהי מהירות החללית ברגע פגיעתה בקרקע?

צופים שנמצאים במרחק 50 מטרים ממקום השיגור מתחילים לברוח מהרגע בו כבה המנוע.

ה. מהי המהירות הממוצעת בה צריכים הצופים לרוץ כך שיוכלו להיות במרחק של לפחות 120 מטרים ממקום השיגור?

2) זריקה משופעת קלאסית

כדור נזרק במהירות התחלתית של 20 מטרים לשניה ובזווית של 60 מעלות מעל האופק.

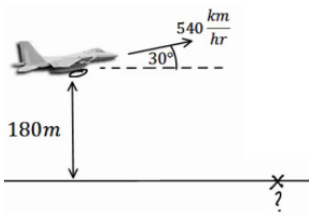
א. מתי יהיה הכדור בשיא הגובה? מהו שיא הגובה? מהי תאוצת הכדור ברגע זה?

ב. מהו המרחק האופקי שבו יפגע הכדור חזרה בקרקע?

ג. מהי מהירות הכדור (גודל וכיוון) ב- $t = 2\sec$?

3) מטוס בשיפוע משחרר פצצה

מטוס טס במהירות של 540 ק"מ לשעה בזווית של 30 מעלות מעל האופק. בגובה של 180 מטרים המטוס משחרר פצצה.



א. היכן תפגע הפצצה בקרקע?

ב. מהו גודל מהירות הפגיעה של הפצצה בקרקע?

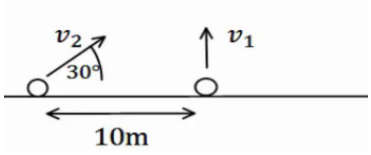
ג. מהו כיוון תנועת הפצצה ברגע הפגיעה?

4) שני כדורים – אולי נפגשים

כדור א' נזרק אנכית כלפי מעלה במהירות התחלתית לא ידועה.

כדור ב' נזרק במרחק 10 מטרים משמאל לנקודת הזריקה של כדור א'.

גודל מהירותו של כדור ב' אינה ידועה, אך כיוונה הוא ימינה בזווית של 30° מעלות עם הציר האופקי.



א. מצא מהי מהירות הכדורים, אם ידוע ששני הכדורים נחתו 4 שניות לאחר זריקתם.

ב. האם הכדורים נפגשו באוויר?

ג. מה צריך להיות התנאי הכללי על מנת שהכדורים יפגשו באוויר?

תשובות סופיות:

1) א. $a \approx 8.35 \frac{m}{sec^2}$. ב. $h_{max} = 3560m$. ג. $t = 66.24sec$.

ד. $v(t = 44.68) = -266.8 \frac{m}{sec}$. ה. $\bar{v} \approx 1.57 \frac{m}{sec}$.

2) א. בזמן: $t = \sqrt{3}sec$, שיא הגובה: $y(t = \sqrt{3}) = 15m$, תאוצה: $a = -10$.

ב. $x(t = 2 \cdot \sqrt{3}) = 20 \cdot \sqrt{3}m$. ג. גודל: $|\vec{v}| = 10.35 \frac{m}{sec}$, כיוון: $\theta = 15°$.

3) א. $x(t) = 2,221.36m$. ב. $|\vec{v}| = 161.52 \frac{m}{sec}$. ג. $\theta = -36.5°$.

4) א. $v_{CadurB} = 40 \frac{m}{sec}$, $v_{CadurA} = 20 \frac{m}{sec}$. ב. כן. ג. התנאי: $v_{2y} = v_{1y}$.

פרק 8

דינמיקה - תנועה בהשפעת כוחות - לפי המיקוד של 2026 לא יהיו שאלות עם חיכוך סטטי, מעלית ומטוטלת

דינמיקה - תנועה בהשפעת כוחות 44

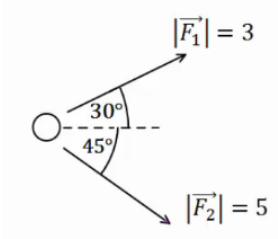
דינמיקה – תנועה בהשפעת כוחות:

שאלות:

הקדמה, חוק ראשון ושלישי:

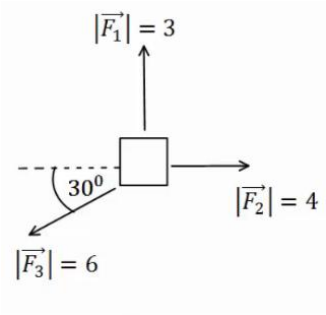
1) דוגמה 1

חשב את שקול הכוחות הפועל על גוף במקרה הבא:



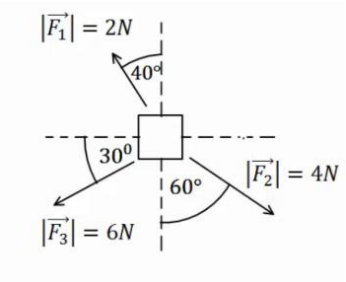
2) דוגמה 2

שב את שקול הכוחות הפועל על הגוף במקרה הבא:



3) דוגמה 3

שב את שקול הכוחות הפועל על הגף במקרה הבא:

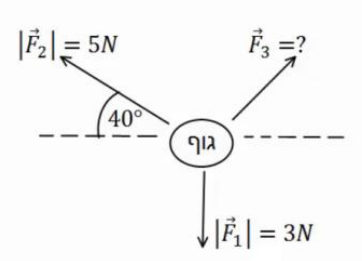


4) דוגמה 4

באיור הבא נתונים הכוחות $\vec{F}_1, \vec{F}_2$

וידוע כי הגוף נע במהירות קבועה בקו ישר.

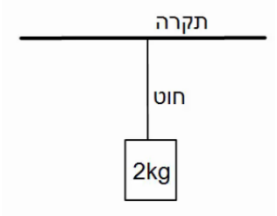
מצא את גודלו וכיוונו של $\vec{F}_3$.



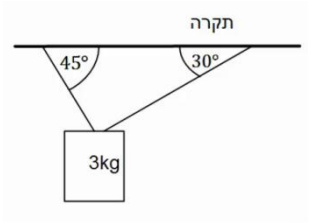
5) דוגמה 5

גוף תלוי במנוחה מהתקרה באמצעות חוט יחיד.

מהי המתיחות בחוט אם מסת הגוף היא 2 ק"ג?

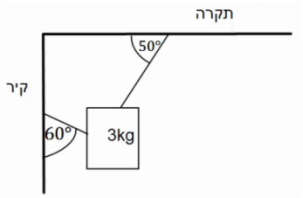


6) דוגמה 6



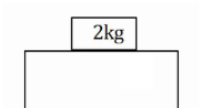
גוף תלוי במנוחה מהתקרה באמצעות שני חוטים,
לפי האיור הבא.
מהי המתיחות בכל חוט אם מסת הגוף היא 3 ק"ג?

7) דוגמה 7



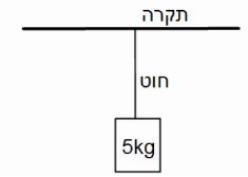
גוף תלוי במנוחה מהתקרה באמצעות חוט ומחובר לקיר
המאונך לתקרה באמצעות חוט נוסף (הסתכל באיור).
מהי המתיחות בכל חוט אם מסת הגוף היא 3 ק"ג?

8) דוגמה 8



מסה של 2 ק"ג נמצאת במנוחה על שולחן.
א. שרטט תרשים כוחות על המסה.
ב. מהו גודלו וכיוונו של הכוח הנורמלי הפועל מהשולחן על המסה?
ג. מהו גודלו וכיוונו של הכוח הנורמלי הפועל על השולחן מהמסה?

9) דוגמה 9

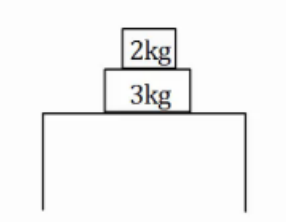


מסה של 5 ק"ג תלויה במנוחה מהתקרה באמצעות חוט יחיד.
א. מהי המתיחות בחוט?
ב. מהו גודלו וכיוונו של הכוח שמפעיל החוט על התקרה?
ג. מהו גודלו וכיוונו של הכוח שמפעילה התקרה על החוט?

10) דוגמה 10

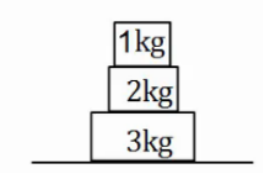
דני ויוסי מושכים בחבל משני צידיו, כל אחד מהם מושך בכוח של 50 ניוטון.
מהי המתיחות בחבל?

11) דוגמה 11



במערכת הבאה ישנה מסה של 3 ק"ג הנמצאת במנוחה על שולחן.
על המסה מונחת מסה נוספת של 2 ק"ג.
א. שרטט תרשים כוחות לכל אחת מהמסות.
ב. חשב את הכוח הנורמלי הפועל על המסה העליונה.
ג. חשב את הכוח הנורמלי הפועל על המסה התחתונה.
ד. חשב את הכוח הנורמלי הפועל על השולחן.

12) דוגמה 12



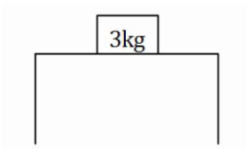
שלוש מסות מונחות אחת על גבי השנייה ועל הקרקע במנוחה, כפי שנראה בציור.

א. מהו גודלו וכיוונו של הכוח שמפעילה המסה הכי תחתונה על המסה מעליה?

ב. מהו גודלו וכיוונו של הכוח שמפעילה הרצפה על המסה הכי תחתונה?

חיכוך:

13) גוף על שולחן



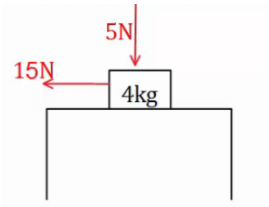
גוף בעל מסה של 3 ק"ג נמצא במנוחה על שולחן.

מקדם החיכוך הסטטי הוא: $\mu_s = 0.4$.

א. מהו הכוח המקסימלי הניתן להפעיל על הגוף, כך שישאר במנוחה?

ב. כוח אופקי בגודל 10 ניוטון פועל על הגוף ימינה. מצא את גודלו וכיוונו של החיכוך הסטטי.

14) כוח מלמעלה



גוף בעל מסה של 4 ק"ג נמצא במנוחה על שולחן.

כוח אנכי בגודל של 5 ניוטון לוחץ את הגוף כלפי השולחן.

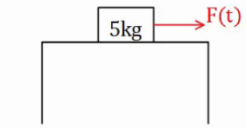
מקדם החיכוך הסטטי הוא: $\mu_s = 0.4$.

א. מהו הכוח המקסימלי הניתן להפעיל על הגוף, כך שישאר במנוחה?

כוח אופקי בגודל 15 ניוטון פועל על הגוף שמאלה.

ב. מצא את גודלו וכיוונו של החיכוך הסטטי.

15) כוח תלוי בזמן



גוף בעל מסה של 5 ק"ג נמצא במנוחה על שולחן.

כוח אופקי התלוי בזמן $F(t) = 2 \cdot t^2$ פועל על הגוף ימינה.

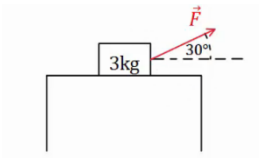
מקדם החיכוך הסטטי הוא $\mu_s = 0.3$.

א. מהו הכוח המקסימלי הניתן להפעיל על הגוף, כך שישאר במנוחה?

ב. מתי יתחיל הגוף בתנועה?

ג. שרטט גרף של החיכוך הסטטי כתלות בזמן.

16) כוח בזווית

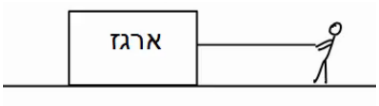


גוף בעל מסה של 3 ק"ג נמצא במנוחה על שולחן.
כוח קבוע פועל על הגוף בזווית של 30 מעלות עם הכיוון האופקי.
מקדם החיכוך הסטטי הוא: $\mu_s = 0.3$.

א. מהו הגודל המקסימלי של הכוח בשאלה אותו ניתן להפעיל כך שהגוף ישאר במנוחה?

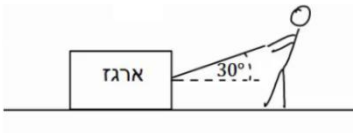
ב. מצא את גודלו וכיוונו של החיכוך הסטטי אם גודל הכוח הוא 5 ניוטון.

17) דני מושך במקביל לקרקע



דני מושך ארגז במקביל לקרקע.
ידוע כי מסת הארגז היא 20 ק"ג, ומקדם החיכוך הקינטי בין הארגז לקרקע הוא: $\mu_k = 0.2$.
מצא מהו גודלו של הכוח שמפעיל דני, אם הארגז נע במהירות קבועה?

18) ירון מושך בזווית

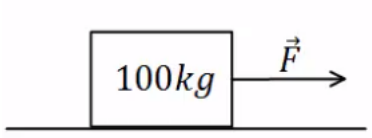


ירון מושך ארגז באמצעות חבל הנמתח בזווית של 30 מעלות ביחס לקרקע.
ידוע כי מסת הארגז היא 20 ק"ג, ומקדם החיכוך הקינטי בין הארגז לקרקע הוא: $\mu_k = 0.2$.
מצא מהו גודלו של הכוח שמפעיל ירון, אם הארגז נע במהירות קבועה.

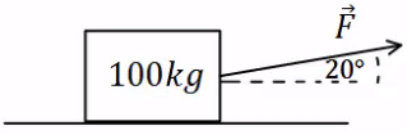
19) כוח בכמה כיוונים

מצא מה גודל הכוח הדרוש להזיז את הארגז במהירות קבועה בכל אחד מהמקרים הבאים. מסת הארגז היא 100 ק"ג ומקדם החיכוך של הארגז עם הרצפה הוא: $\mu_k = 0.4$.

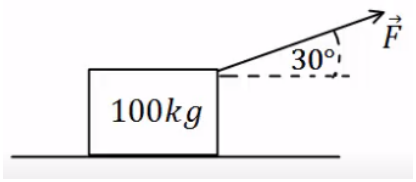
א. כוח מושך אופקי



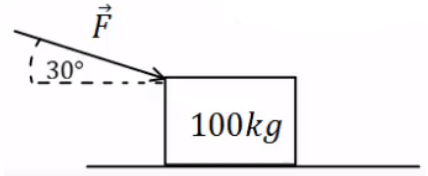
ב. כוח מושך בזווית של $20°$



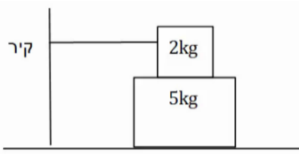
ג. כוח מושך בזווית של $30°$



ד. כוח דוחף בזווית של $30°$ מתחת לאופק



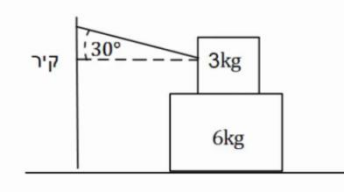
20) מסה על מסה קשורה לקיר



מסה של 2 ק״ג מונחת מעל מסה של 5 ק״ג.
המסה העליונה קשורה בחוט אופקי לקיר משמאל.
מקדמי החיכוך בין המסות ובין המסה התחתונה למשטח הם: $\mu_k = 0.2$, $\mu_s = 0.3$.

א. מהו הכוח האופקי המקסימלי שניתן להפעיל על המסה התחתונה בכיוון ימין, כך שהיא תישאר במנוחה?
ב. מה המתיחות בחוט, אם הכוח הוא אותו כוח שחישבת בסעיף א׳?
ג. מה הכוח אותו יש להפעיל על מנת למשוך את המסה התחתונה במהירות קבועה? הנח שהמסה כבר בתנועה.

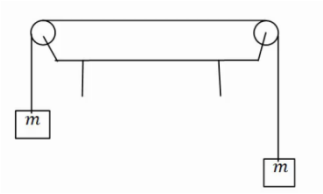
21) מסה על מסה קשורה לקיר בזווית



מסה של 3 ק״ג מונחת מעל מסה של 6 ק״ג.
המסה העליונה קשורה בחוט המתוח בזווית של 30 מעלות ומחובר לקיר משמאל. מקדם החיכוך הסטטי בין המסות וביו המסה התחתונה למשטח הוא: $\mu_s = 0.3$.

א. מהו הכוח האופקי המקסימלי שניתן להפעיל על המסה התחתונה בכיוון ימין, כך שהיא תישאר במנוחה?
ב. מהי המתיחות בחוט, אם גודל הכוח הינו זההלערך אותו חישבת בסעיף א׳?

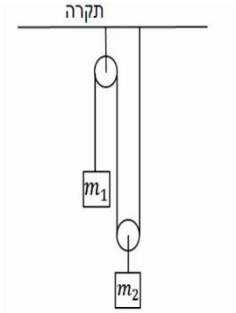
22) שתי משקולות תלויות על שולחן



שתי משקולות זהות בעלות מסה של 4 ק״ג תלויות במנוחה משני צידיו של שולחן.
המשקולות מחוברות באמצעות חוט העובר דרך גלגלות אידיאליות, ראה איור.

א. מהי המתיחות בחוט?
ב. מהו הכוח (גודל וכיוון) שמפעיל המוט המחבר את הגלגלת לשולחן עבור כל גלגלת?
ג. האם היה שינוי בתשובתך לסעיפים הקודמים במידה והמסות היו נעות במהירות קבועה לאחד הכיוונים?

23) יחס מסות

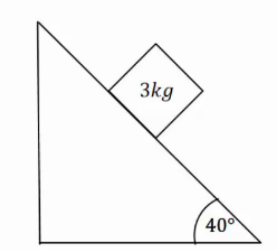


שתי מסות תלויות באמצעות חוטים וגלגלות אידיאלים לפי האיור הבא. המערכת נמצאת במנוחה.

א. מצא את היחס בין המסות $\left(\frac{m_1}{m_2} = ?\right)$.
ב. מצא את המתיחות בכל חוט במערכת, אם ידוע ש: $m_2 = 40gr$.

מישור משופע:

24) מסה בשיפוע

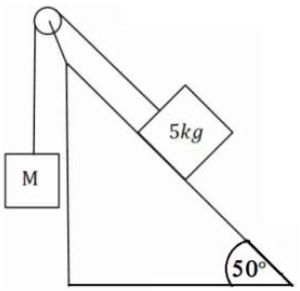


מסה של 3 ק״ג נמצאת במנוחה על מישור משופע בעל זווית של 40 מעלות. בין המסה למדרון קיים חיכוך, ומקדם החיכוך הסטטי הוא: $\mu_s = 0.2$.

א. שרטט תרשים כוחות לבעיה.

ב. מצא את גודלם של הכוח הנורמלי והחיכוך.

25) מסה בשיפוע ומסה באוויר



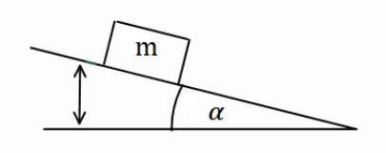
מסה של 5 ק״ג מונחת על מישור משופע בעל זווית של 50 מעלות. המסה מחוברת באמצעות חוט אידיאלי ודרך גלגלת אידיאלית למסה נוספת M התלויה באוויר מצידו השני של המישור.

א. מצא את גודלה של המסה M, על מנת שהמערכת תשאר במנוחה כאשר אין חיכוך בבעיה.

כעת נתון שבין המסה למדרון קיים חיכוך, ומקדם החיכוך הסטטי הוא: $\mu_s = 0.3$.

ב. מצא מה הוא גודלה המקסימלי והמינימלי האפשרי של M, על מנת שהמערכת תשאר במנוחה.

26) זווית החלקה



מסה m מונחת על מישור משופע ונמצאת במנוחה. מגדילים את זווית השיפוע של המישור בקצב איטי.

א. מצא את הזווית בה תתחיל המסה להחליק אם מקדם החיכוך הסטטי בין המסה למישור הוא: $\mu_s = 0.2$.

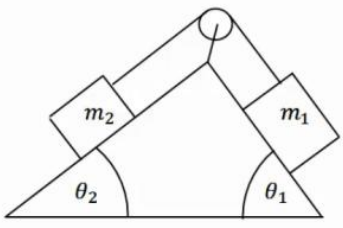
תרגול בפרמטרים.

ב. פתור את סעיף א׳ שוב כאשר מקדם החיכוך נתון כפרמטר μ_s ללא ערך מספרי.

ג. חשוב על דרך כללית למדידת מקדם החיכוך הסטטי של גוף עם משטח כלשהו.

27) שתי מסות שני שיפועים

במערכת הבאה ישנו מדרון עם שיפוע שונה משני צידיו, זוויות השיפוע הן: θ_1, θ_2.

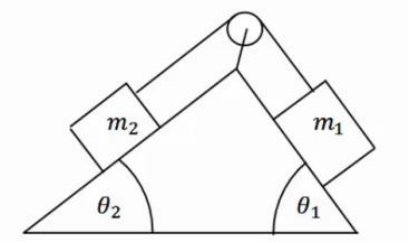


שתי מסות שונות: m_1, m_2 מונחות בשני צידי המדרון. המסות מחוברות באמצעות חוט אידיאלי, ודרך גלגלת אידיאלית המקובעת למדרון. אין חיכוך בין המדרון למסות.

נתון: θ_1, θ_2, m_1 וכי המערכת נמצאת במנוחה.

מצא את m_2.

28) שתי מסות, שני שיפועים וחיכוך

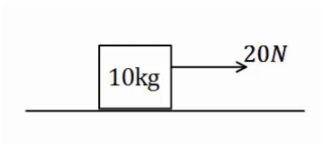


במערכת הבאה ישנו מדרון עם שיפוע שונה משני צידיו,
זוויות השיפוע הן: θ_1, θ_2.
שתי מסות שונות m_1, m_2 מונחות בשני צידי המדרון.
המסות מחוברות באמצעות חוט אידיאלי,
ודרך גלגלת אידיאלית המקובעת למדרון.
בין המסות למדרון קיים חיכוך.
המסות נעות במהירות קבועה עם כיוון השעון.
נתון: $m_1, \theta_2, \theta_1, \mu_k$.
מצא את m_2.

חוק שני של ניוטון:

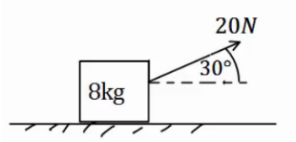
29) דוגמה 1

כוח של 20 ניוטון מופעל על ארגז בעל מסה של 10 ק"ג.
אין חיכוך בין הארגז לרצפה.



א. מצא את תאוצת הארגז.
ב. כמה זמן ייקח להזיז את הארגז למרחק של 30 מטרים באמצעות כוח זה,
אם נתון שהארגז התחיל תנועתו ממנוחה.

30) דוגמה 2



כוח של 20 ניוטון פועל בזווית של 30 מעלות מעל האופק.
הכוח מופעל על ארגז בעל מסה של 8 ק"ג.
הארגז נמצא במנוחה ונתון כי בין הארגז לרצפה קיים חיכוך.
מקדמי החיכוך הסטטי והקינטי הם: $\mu_k = 0.1$, $\mu_s = 0.2$.
א. בדוק האם הארגז נשאר במנוחה או מתחיל לנוע.
ב. כמה זמן ייקח להזיז את הארגז למרחק של 30 מטרים באמצעות כוח זה?
ג. חזור על הסעיפים אם הכוח היה בזווית של 70 מעלות.

31) מרחק עצירה

דני נוסע במכוניתו במהירות של 54 קמ"ש, ולפתע הוא מבחין כי רמזור הנמצא 50 מטרים לפניו הופך לאדום. דני לוחץ על הבלמים ומתחיל בעצירה.
מקדם החיכוך הקינטי בין הגלגלים לרצפה הוא: $\mu_k = 0.3$.
הנח שהגלגלים ננעלים ואין למכונית מערכת ABS.
א. האם דני יספיק לעצור לפני הרמזור?
ב. בדוק שוב האם דני יספיק לעצור, אך הפעם הוסף זמן תגובה של שנייה אחת (הזמן מהרגע שבו דני מבחין באור עד אשר הוא לוחץ על הבלמים).

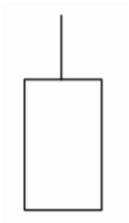
32) כוח קבוע נפסק בפתאומיות

מסה של 2 ק"ג נמצאת במנוחה על משטח אופקי. ברגע $t=0$ מתחיל לפעול על המסה כוח אופקי של $10N$. המסה מתחילה לנוע בהשפעת הכוח במשך 4 שניות, ואז נפסק הכוח בפתאומיות. מקדם החיכוך הקינטי בין המסה לקרקע הוא: $\mu_k=0.2$.

א. מה המרחק אותו עבר הגוף עד ל- $t=4\sec$?

ב. מהו המרחק הכולל אותו עבר הגוף עד לעצירתו שוב?

33) כוחות על מעלית



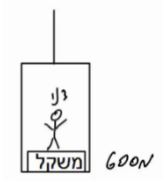
מעלית עולה בתאוצה של 0.5 מטרים לשניה בריבוע, באמצעות כבל הקשור לתקרתה. מסת המעלית היא 600 ק"ג.

א. שרטט תרשים כוחות על המעלית.
הקפד על הגודל היחסי של כל וקטור בשרטוט.

ב. שרטט את שקול הכוחות ואת וקטור התאוצה.

ג. מהי המתיחות בכבל?

34) משקל במעלית



דני מודד את משקלו בתוך מעלית. משקלו כאשר המעלית במנוחה הוא 600 ניוטון.

א. מהי מסתו של דני?

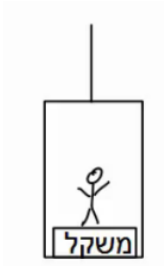
ב. מה יראה המשקל אם המעלית יורדת במהירות קבועה של 3 מטרים לשנייה?

ג. מה יראה המשקל אם המעלית עולה בתאוצה של 3 מטר לשנייה בריבוע?

ד. מה יראה המשקל אם המעלית יורדת בתאוצה של 3 מטר לשנייה בריבוע?

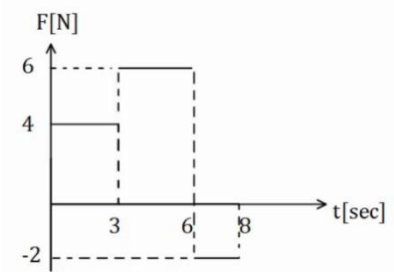
ה. מה יראה המשקל אם המעלית נופלת נפילה חופשית?

35) עוד משקל במעלית



יוסי נמצא במעלית ומודד את מסתו באמצעות משקל.
יוסי מודד פעם אחת כאשר המעלית נמצאת בתאוצה כלפי מעלה של 3 מטרים לשניה בריבוע, ופעם אחת כאשר המעלית נמצאת בתאוצה כלפי מטה של 1 מטר לשניה בריבוע.
ההפרש בין המדידות הוא 12 ק"ג. מהי מסתו האמיתית של יוסי?

36) גרפים 1



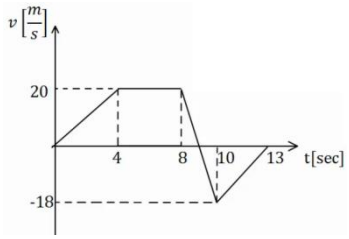
בגרף הבא נתון הכוח הפועל על גוף כתלות בזמן.

א. מצא את תאוצת הגוף כתלות בזמן אם מסת הגוף היא 5 ק"ג.

ב. מצא את מהירות הגוף בתלות בזמן אם מהירותו ההתחלתית היא: $v_0=0$.

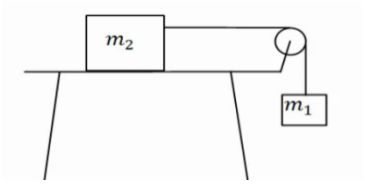
ג. מצא את מיקום הגוף כתלות בזמן אם המיקום ההתחלתי הוא: $x_0=0$.

37) גרפים 2



גוף בעל מסה של 3 ק"ג נע לאורך קו ישר.
מהירות הגוף כתלות בזמן נתונה לפי הגרף הבא.
מצא את שקול הכוחות הפועל על הגוף בכל רגע,
ושרטט גרף של השקול כתלות בזמן.

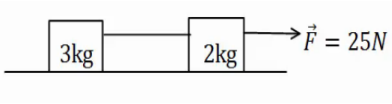
38) מסה על שולחן מחוברת למסה תלויה



במערכת הבאה המסה $m_2 = 5\text{kg}$ נמצאת על
שולחן אופקי ומחוברת דרך חוט אידיאלי למסה
התלויה באוויר m_1.
בין השולחן ל-m_2 קיים חיכוך ומקדמי החיכוך הם: $\mu_k = 0.2$, $\mu_s = 0.3$.
המערכת מתחילה ממנוחה וגובה המסה m_1 מעל הקרקע הוא: 3m.

א. מצא את גודלה המינימלי של m_1, עבורה המערכת תהיה בתנועה.
ב. הנח שגודלה של m_1 כפול מזה שחישבת בסעיף הקודם.
מהן תאוצות המסות?
ג. כמה זמן ייקח למסה להגיע אל הקרקע?
ד. מהן מהירויות המסות ברגע זה?

39) כוח מושך מסה שמושכת מסה



מסה של 2 ק"ג נמצאת במנוחה על משטח אופקי.
המסה מחוברת באמצעות חוט אידיאלי למסה נוספת
של 3 ק"ג הנמצאת במנוחה על המשטח גם כן.
כוח אופקי של 25 ניוטון מושך את המסה הראשונה כלפי ימין.

א. מצא את תאוצות המסות ואת המתיחות בחוט אם המשטח חלק (חסר חיכוך).
ב. חזור על סעיף א' במידה וקיים חיכוך בין המסות למשטח, ומקדם
החיכוך הקינטי הוא: $\mu_k = 0.2$.

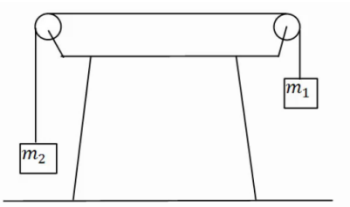
40) כוח מושך מסה שמושכת מסה שמושכת מסה

מסה של 2 ק"ג נמצאת במנוחה על משטח אופקי. המסה מחוברת באמצעות
חוט אידיאלי למסה נוספת של 3 ק"ג הנמצאת במנוחה על המשטח גם כן.
המסה השניה מחוברת למסה של 4 ק"ג בצורה דומה.
כוח אופקי של 60 ניוטון מושך את המסה הראשונה כלפי ימין.

א. מצא את תאוצות המסות ואת המתיחות בחוטים אם המשטח חלק (חסר חיכוך).
ב. חזור על סעיף א' במידה וקיים חיכוך בין המסות למשטח הקודם ומקדם
החיכוך הקינטי הוא: $\mu_k = 0.2$.

41) שתי מסות תלויות

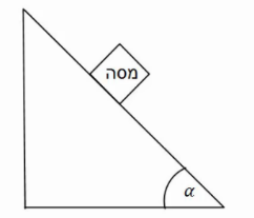
במערכת הבאה שתי מסות שונות: $m_1 = 3kg \ , \ m_2 = 1kg$.
המסות מחוברות באמצעות חוט אידיאלי ודרך גלגלות אידיאליות.
המערכת מתחילה ממנוחה וגובה המסה m_1
מעל הקרקע הוא: $2m$.



א. שרטט תרשים כוחות עבור כל מסה.
ב. חשב את תאוצת הגופים.
ג. לאיזה כיוון תתחיל המערכת לנוע?
ד. כמה זמן ייקח למסה להגיע אל הקרקע?
ה. מהי מהירות המסות ברגע זה?

42) מדרון משופע בסיסי

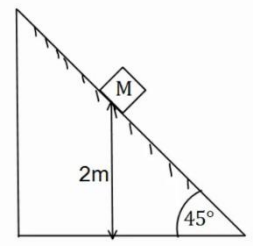
מסה מונחת על מדרון משופע בעל זוית α.
אין חיכוך בין המסה למדרון.



א. שרטט תרשים כוחות על המסה.
ב. בטא את תאוצת המסה באמצעות הזווית.
ג. רשום משוואת מיקום–זמן ומהירות–זמן של המסה.

43) מדרון משופע עם חיכוך

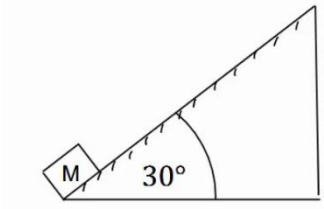
מסה M מונחת על מדרון משופע בגובה של 2 מטרים.
זווית השיפוע של המדרון היא 45 מעלות ומקדמי החיכוך
הסטטי והקינטי בין המסה למדרון הם: $\mu_k = 0.1 \ , \ \mu_s = 0.2$.



א. האם המסה תתחיל להחליק או תשאר במנוחה?
ב. מצא תוך כמה זמן תגיע המסה לתחתית המדרון.
מהי מהירותה ברגע זה?

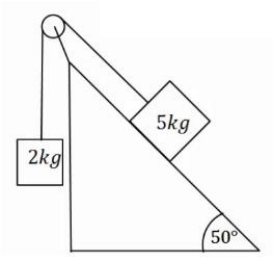
44) מסה נזרקת במעלה המדרון

מסה M נזרקת במעלה מדרון משופע במהירות
התחלתית של $v_0 = 20\frac{m}{sec}$.
זווית המדרון היא 30 מעלות. מקדמי החיכוך הסטטי
והקינטי בין המסה למדרון הם: $\mu_k = 0.2 \ , \ \mu_s = 0.25$.



א. מצא את תאוצת המסה.
ב. רשום משוואת מיקום – זמן עבור תנועת המסה.
ג. מתי מגיעה המסה לשיא גובה תנועתה על המדרון?
ד. האם המסה תיעצר בשיא הגובה?
ה. כמה זמן ייקח למסה לחזור לתחתית המדרון מהרגע שבו התחילה תנועתה?

45) מסה בשיפוע ומסה תלויה



מסה של 5 ק"ג מונחת על מדרון משופע בעל זווית שיפוע של 50 מעלות. המסה מחוברת דרך חוט אידיאלי למסה של 2 ק"ג התלויה באוויר.
אין חיכוך בין המסה למדרון.

א. לאיזה כיוון תנוע המערכת?

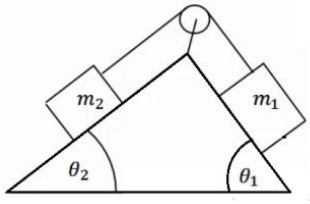
ב. מצא את תאוצת המערכת.

כעת הנח שקיים חיכוך ומקדמי החיכוך הם: $\mu_k = 0.2$, $\mu_s = 0.25$.

ג. לאיזה כיוון יפעל החיכוך? האם החיכוך סטטי הוא קינטי?

ד. מצא שוב את תאוצת המערכת.

46) שתי מסות ושני שיפועים



במערכת הבאה ישנו מדרון עם שיפוע שונה משני צידיו, זוויות השיפוע הן: θ_1 , θ_2.
שתי מסות שונות: m_1 , m_2 מונחות בשני צידי המדרון.
המסות מחוברות באמצעות חוט אידיאלי ודרך גלגלת אידיאלית המקובעת למדרון. אין חיכוך בין המסות למדרון.
נתון: $\theta_1 = 45°$, $\theta_2 = 30°$, $m_1 = 2kg$, $m_2 = 4kg$.

א. לאיזה כיוון תנוע המערכת?

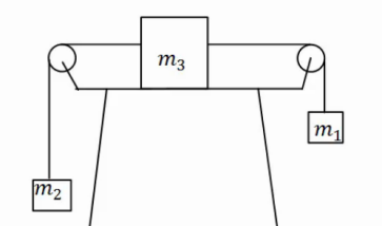
ב. מצא את תאוצת המערכת.

כעת הנח שקיים חיכוך ומקדמי החיכוך הם: $\mu_k = 0.2$, $\mu_s = 0.25$.

ג. לאיזה כיוון יפעל החיכוך והאם החיכוך סטטי או קינטי?

ד. מצא שוב את תאוצת המערכת.

47) מסה על שולחן ושתי מסות תלויות



מסה m_3 מונחת על שולחן במנוחה.
המסה קשורה משני צידיה לחוטים אידיאליים.
כל חוט עובר דרך גלגלת ומחובר למסה שונה התלויה באוויר (ראה איור).
הנח שהמסות לא פוגעות ברצפה.
נתון: $m_1 = 14kg$, $m_2 = 2kg$, $m_3 = 4kg$.

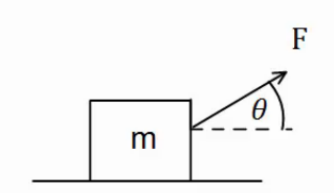
א. מצא את תאוצות המסות והמתיחות בחוטים אם אין חיכוך בין m_3 לשולחן.

כעת הנח שיש חיכוך בין m_3 לשולחן ומקדמי החיכוך הם: $\mu_k = 0.2$, $\mu_s = 0.25$.

ב. האם המערכת תהיה במנוחה או בתנועה?

ג. מצא שוב את תאוצת הגופים והמתיחות בחוטים.

48) זווית אופטימלית למשיכה



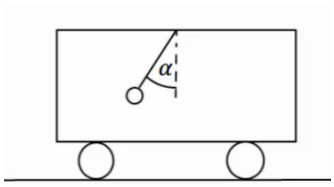
כוח F מושך ארגז בעל מסה m בזווית θ מעל האופק.
מקדם החיכוך בין הארגז לקרקע הוא: μ_k.

א. מצא את תאוצת הכוח כתלות בפרמטרים הרשומים בשאלה.

ב. הנח כי מקדם החיכול הקינטי הוא 0.3.
בדוק באילו מהערכים הבאים של הזווית יש את התאוצה הגבוהה ביותר: $\theta = -10°, 0°, 10°, 20°, 30°, 45°$.

ג. מצא את הזווית המדויקת בה התאוצה תהיה מקסימלית. השתמש בנגזרת.

49) מטוטלת במכונית

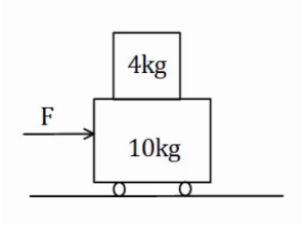


מטוטלת קשורה לתקרת מכונית.
המטוטלת נמצאת בזווית קבועה ונתונה, α,
ביחס לאנך מתקרת המכונית.

א. מצא מהי תאוצת המכונית (גודל וכיוון).

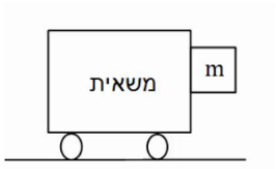
ב. האם ניתן לדעת מה כיוון תנועת המכונית?

50) מסה של 4 על עגלה של 10



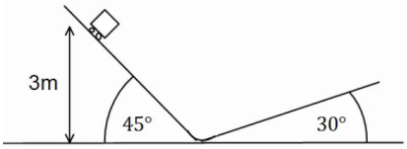
מסה של 4 ק"ג מונחת מעל עגלה בעלת מסה של 10 ק"ג.
החיכוך בין העגלה למשטח זניח.
מקדם החיכוך הסטטי בין המסה לעגלה הוא: $\mu_s = 0.2$.
כוח אופקי F מופעל על המסה התחתונה ימינה.
מהו הכוח המקסימלי הניתן להפעיל כך שהמסה העליונה לא תחליק על העגלה.

51) מסה צמודה למשאית



מסה m מונחת בצמוד לחלקה הקדמי של משאית.
בין המסה למשטח קיים חיכוך.
נתון: m, μ_s.
מהי התאוצה המינימלית הדרושה למשאית על מנת שהמסה לא תיפול?

52) קופסה בין מדרונות



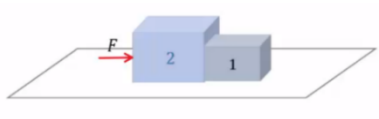
קופסה קטנה עם גלגלים מונחת על מישור משופע בעל זווית של 45 מעלות.
הקופסה משוחררת ממנוחה מגובה של 3 מטרים ומתחילה בתנועה.
בתחתית המדרון הקופסה עוברת למדרון משופע אחר בעל זווית של 30 מעלות.
הזנח אפקטים המתרחשים בעת המעבר והנח כי גודל מהירות הקופסה במעבר בין המדרונות נשאר זהה.

א. מהו הגובה המקסימלי אליו תגיע הקופסה במדרון השני?
נחש מה יקרה לאחר מכן.

ב. חזור על סעיף א' אם נהג הקופסה שכח לשחרר את מעצור היד של הגלגלים וקיים חיכוך קינטי בין הקופסה למשטח. מקדם החיכוך הוא: $\mu_k = 0.2$.

53) כוח דוחף שתי קופסאות צמודות

שתי תיבות נמצאות צמודות זו לזו על משטח אופקי חסר חיכוך.



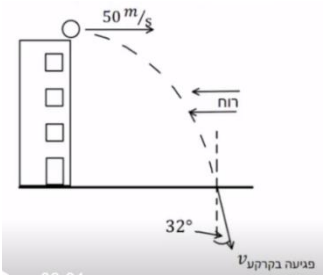
מסות התיבות הן: $m_1 = 3kg$ ו- $m_2 = 5kg$.
כוח אופקי דוחף את תיבה 2 שדוחפת את תיבה אחת כפי שמתואר בתרשים.
גודל הכוח הוא: $F = 16N$. חשב את:

א. התאוצה של כל תיבה.

ב. הכוח הנורמלי $N_{1\to 2}$ שבו התיבה הראשונה דוחפת את השניה.

ג. הכוח הנורמלי $N_{2\to 1}$ שבו התיבה השניה דוחפת את הראשונה.

54) זריקה אופקית בהשפעת רוח



כדור נזרק מגג בניין גבוה מאוד שגובהו 80 מטרים.
הכדור נזרק אופקית במהירות של 50 מטר לשניה.
2 שניות לאחר הזריקה מתחילה לנשוב רוח שמפעילה כוח F קבוע ואופקי בכיוון המנוגד למהירות ההתחלתית.
מסת הכדור היא 500 גרם.

א. ענה:

i. האם הרוח משפיעה על הזמן שלוקח לכדור להגיע לקרקע?

ii. האם הרוח משפיעה על מהירות הפגיעה של הכדור בקרקע?

ב. נתון שהחבילה פוגעת בקרקע בזווית של 32 מעלות עם האנך לקרקע.

i. חשב את גודלו של הכוח F.

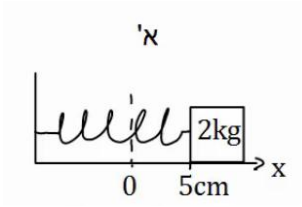
ii. שרטט גרפים של רכיבי המהירות כתלות בזמן עד לפגיעה בקרקע.

ג. מהי הסטייה של הכדור בפגיעתו בקרקע בעקבות הרוח?

הכוח האלסטי – קפיץ:

55) דוגמה 1

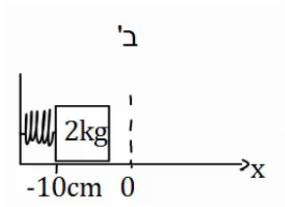
גוף בעל מסה של 2 ק"ג מחובר לקפיץ בעל קבוע קפיץ: $k = 50\frac{N}{m}$.



בין הגוף למשטח אין חיכוך.

א. מושכים את הגוף למרחק 5 ס"מ מהנקודה בה הקפיץ רפוי ומשחררים אותו.
מהי תאוצת הגוף (גודל וכיוון)?

ב. דוחפים את הגוף למרחק 10 ס"מ מהנקודה בה הקפיץ רפוי ומשחררים אותו.
מהי תאוצת הגוף (גודל וכיוון)?

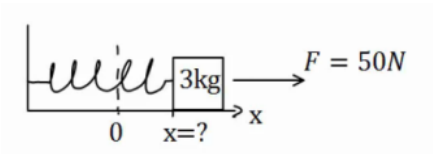


כעת נתון כי בין הגוף למשטח קיים חיכוך,
ומקדם החיכוך הסטטי הוא: $\mu_s = 0.2$.

ג. מהו המרחק המקסימלי בו ניתן להניח את הגוף קשור לקפיץ כך שישאר במנוחה?

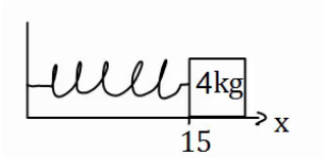
56) דוגמה 2

גוף בעל מסה של 3 ק"ג מחובר לקפיץ בעל קבוע קפיץ: $k = 100\frac{N}{m}$.



בין הגוף למשטח אין חיכוך.
על הגוף פועל כוח ימינה שגודלו 50 ניוטון.
קבע את ראשית הצירים בנקודת הרפיון של הקפיץ.
היכן נמצאת נקודת שיווי המשקל?
(הנקודה בה סכום הכוחות שווה לאפס).

57) דוגמה 3

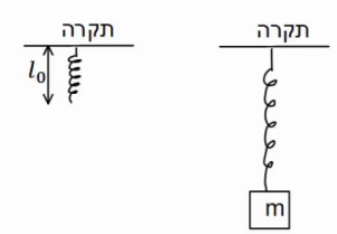


גוף בעל מסה של 4 ק"ג מחובר לקיר באמצעות קפיץ בעל קבוע קפיץ: $k = 50\frac{N}{m}$, בין הגוף למשטח אין חיכוך.
אורכו הרפוי של הקפיץ הוא 10 ס"מ.

א. חשב את הכוח שמפעיל הקפיץ על הגוף כאשר הגוף במרחק 15 ס"מ מהקיר.
ב. חשב את הכוח שמפעיל הקפיץ על הגוף כאשר הגוף במרחק 6 ס"מ מהקיר.
ג. חשב את תאוצת הגוף בכל נקודה אם על הגוף פועל כוח שגודלו 10 ניוטון שמאלה.

58) שיטה למדידת קבוע קפיץ

מסה m תלויה מהתקרה באמצעות קפיץ שאורכו הרפוי הוא l_0.

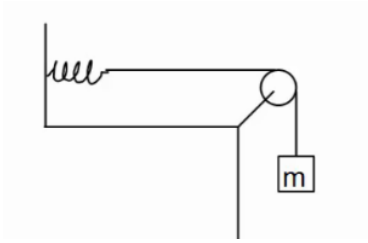


משחררים את המסה לאט לאט עד אשר היא מגיעה לנקודה בה היא תלויה לבד במנוחה.

א. מה מיוחד בנקודה זו?

ב. מודדים את מרחק המסה מהתקרה בנקודה זו. מצא באמצעות מרחק זה והפרמטרים בשאלה את קבוע הקפיץ.

59) מסה קשורה לחוט שמחובר לקפיץ אופקי



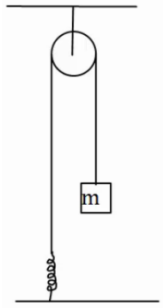
מסה $m=5gr$ תלויה באמצעות חוט, העובר דרך גלגלת אידיאלית ומחובר בצידו השני לקפיץ. הקפיץ מחובר לקיר בצורה אופקית.

קבוע הקפיץ הוא: $k=10\frac{N}{m}$.

א. משחררים את המסה בנקודה בה היא נשארת במנוחה. מצא את התארכות הקפיץ.

ב. מושכים את המסה 5 ס"מ נוספים ומשחררים. מהי תאוצת המסה ברגע השחרור?

60) מסה מחוברת לקפיץ דרך גלגלת בתקרה



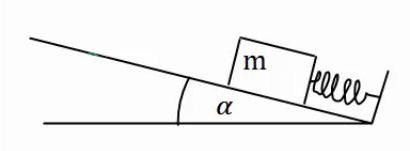
מסה m מחוברת לקפיץ אידיאלי (חסר מסה) דרך גלגלת אידיאלית המחוברת לתקרה.

הקפיץ מחובר לקרקע וקבוע הקפיץ הוא k.

מצא את התארכות הקפיץ אם נתון שהמסה בשיווי משקל.

61) קפיץ בשיפוע

מסה m נמצאת במנוחה על מישור משופע בעל זווית α.



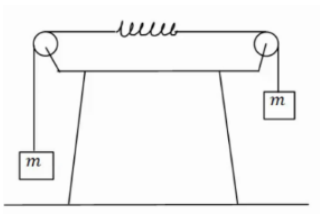
מצד המסה מחובר קפיץ בעל קבוע קפיץ k.

אין חיכוך בין המסה למשטח.

בכמה מכווץ הקפיץ ממצבו הרפוי?

התייחס לפרמטרים בשאלה כנתונים.

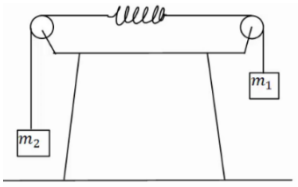
62) שתי מסות משני צידי השולחן וקפיץ באמצע



במערכת הבאה שתי מסות זהות m תלויות משני צדיו של השולחן באמצעות חוטים וגלגלות אידיאליים. באמצע החוט ישנו קפיץ בעל קבוע קפיץ k.

מצא את התארכות הקפיץ.

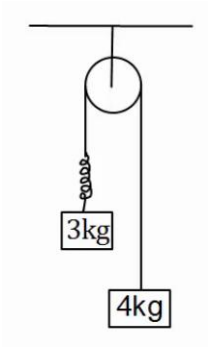
63) שתי מסות משני צידי השולחן וקפיץ באמצע בתאוצה



במערכת הבאה שתי מסות שונות: $m_1 = 3kg$, $m_2 = 1kg$,
תלויות משני צידיו של השולחן באמצעות חוטים
וגלגלות אידיאליים. באמצע החוט ישנו קפיץ חסר מסה
בעל קבוע קפיץ: $k = 20\frac{N}{m}$.
הנח כי אורך הקפיץ קבוע במהלך התנועה.

א. מצא את תאוצת המערכת.
ב. מצא את התארכות הקפיץ.

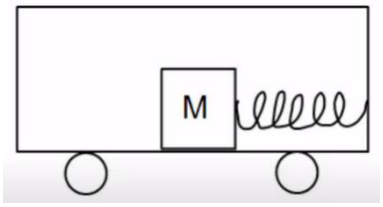
64) מסות תלויות מהתקרה עם קפיץ בתאוצה



במערכת הבאה שתי מסות תלוית מהתקרה באמצעות
גלגלת אידאלית. בין המסות יש קפיץ חסר מסה בעל קבוע
קפיץ: $k = 50\frac{N}{m}$.
הנח כי אורך הקפיץ קבוע במהלך התנועה.

א. מהי תאוצת המסות?
ב. מהי ההתארכות של הקפיץ?

65) קפיץ במכונית נוסעת

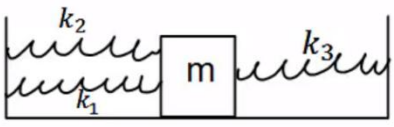


מסה $m = 5kg$ נמצאת על רצפת מכונית.
המסה מחוברת באמצעות קפיץ חסר מסה לצד
המכונית, ויכולה לנוע על הרצפה ללא חיכוך.
קבוע הקפיץ הוא: $k = 30\frac{N}{m}$.
הנח שאורך הקפיץ קבוע.

א. מהי התארכות הקפיץ אם המכונית נוסעת במהירות קבועה?
ב. מהי ההתארכות בקפיץ אם המכונית נעה בתאוצה קבועה של 2 מטר לשניה בריבוע ימינה? ציין האם הקפיץ נמתח או מתכווץ.
ג. מהי ההתארכות בקפיץ או המכונית נעה בתאוצה קבועה של 3 מטר לשניה בריבוע שמאלה? ציין האם הקפיץ נמתח או מתכווץ.

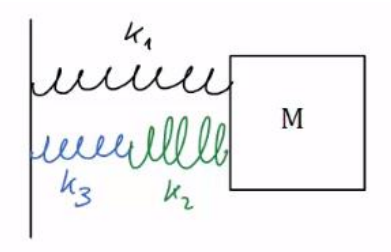
חיבור קפיצים:

66) מסה עם שלושה קפיצים



שלושה קפיצים מחוברים למסה: $m = 2kg$,
כפי שנראה באיור.אין חיכוך בין המסה לרצפה.
נתון כי: $k_1 = 3\frac{N}{m}$, $k_2 = 5\frac{N}{m}$, $k_3 = 12\frac{N}{m}$.
הנח כי כל הקפיצים רפויים באותה הנקודה.
מהי תאוצת המסה כאשר היא נמצאת במרחק 20 ס״מ מנקודת שיווי המשקל?

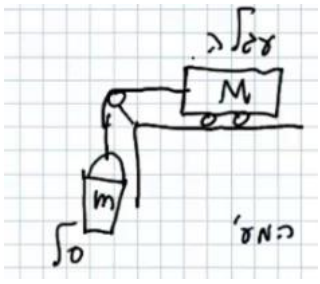
67) שלושה קפיצים שוב



באירו הבא המסה : $m = 4kg$ מחוברת לשלושה קפיצים בעלי קבועי קפיץ שונים.
הנח שכל הקפיצים רפויים כאשר המסה נמצאת ב- $x = 0$.
מהי תאוצת המסה כאשר מיקומה הוא : $x = 0.2m$
אם קבועי הקפיצים הם : $k_1 = 3\frac{N}{m}$, $k_2 = 5\frac{N}{m}$, $k_3 = 12\frac{N}{m}$.

תרגילי מעבדה:

68) חוק שני – תאוצה כתלות בכוח השקול



תלמידים תכננו ניסוי מעבדה :
לקחו עגלה עם 6 משקולות, המסה של כל אחת מהן 300 גרם ומסת העגלה 600 גרם. חיברו חוט לעגלה תלו אותו מעל גלגלת וחיברו את הקצה השני של החבל לסל שמסתו 300 גרם (כמתואר בשרטוט). התלמידים שחררו כל פעם את המערכת, ומדדו את תאוצתה.
בכל מדידה הם העבירו משקולת אחת מהעגלה לסל, ומדדו את תאוצת המערכת.
מסת הסל (כולל המשקולות) ותאוצת המערכת מופיעות בטבלה :

$m(kg)$	$a\left(\frac{m}{sec^2}\right)$
0.3	0.9
0.6	1.8
0.9	3.1
1.2	4.2
1.5	4.8
1.8	6.2
2.1	6.8

א. בהנחה שהחיכוך במערכת זניח, פתחו ביטוי לתאוצת המערכת, כתלות במסת הסל m, במסת העגלה M (כולל המשקולות) ובקבועים פיזיקליים.
ב. הוסיפו לטבלה עמודה, המתארת את הכוח השקול הפועל על המערכת.
ג. שרטטו גרף של תאוצת המערכת כתלות בכח השקול הפועל עליה.
ד. חשבו את שיפוע הגרף, ובעזרתו מצאו את המסה הצפויה למערכת.
ה. חשבו שגיאה יחסית למסת המערכת. ממה לדעתך יכולה לנבוע שגיאה זו?
ו. הסבירו מדוע העבירו התלמידים מסה מהעגלה לסל, ולא הוסיפו משקולות נוספות לסל, שהיו על השולחן.

69) ניתוח תוצאות ניסוי לחוק שני של ניוטון

לפניכם תרשים עקבות של עגלה, שחוברה לרשם-זמן, ובקצהה השני לסל תלוי, ושוחררה ממנוחה כשרשם הזמן החל לפעול.

א. פתחו ביטוי פרמטרי לתאוצת העגלה, כתלות במסתה M במסת הסל m, ובקבועים פיזיקליים ידועים.

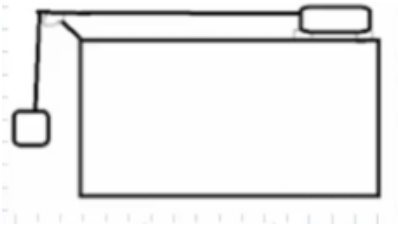
ב. ערכו טבלת מקום-זמן לעגלה.
פרק הזמן בין שתי נקודות עוקבות הוא 0.2 שניות.

ג. חשבו את מהירות העגלה לכל רגע אפשרי בטבלה.

ד. שרטטו גרף מהירות-זמן לעגלה.

ה. מצאו, בעזרת הגרף, את תאוצת העגלה.

70) חוק שני – תאוצה כתלות במסת המערכת



תלמידים תכננו ניסוי מעבדה:
לקחו עגלה עם 6 משקולות, המסה של כל אחת מהן 300 גרם ומסת העגלה 600 גרם.
חיברו חוט לעגלה תלו אותו מעל גלגלת וחיברו את הקצה השני של החבל לסל שמסתו 300 גרם (כמתואר בשרטוט).
התלמידים שחררו כל פעם את המערכת, ומדדו את תאוצתה. הם חזרו על ניסוי זה 6 פעמים נוספות, כשבכל מדידה הם הוציאו משקולת אחת מהעגלה, וחזרו על הניסוי.
תוצאות הניסוי מופיעות בטבלה:

מספר משקולות בעגלה	$a\left(\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}\right)$
6	0.8
5	1
4	1.1
3	1.4
2	1.7
1	2.1
0	2.7

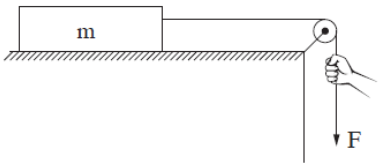
א. פתחו ביטוי לתאוצת המערכת, כתלות בכוח הכובד על הסל W_m , במסת המערכת M_{tot} ובקבועים פיזיקליים.
ב. הוסיפו לטבלה את ערכי מסת המערכת, המתאימים לכל מדידה.
ג. האם הגרף של תאוצת המערכת כתלות במסתה הכוללת צפוי לצאת ליניארי? נמקו.
ד. הגדירו משתנה חדש לניסוי, עבורו גרף התאוצה ייצא ליניארי, והוסיפו לטבלה.
ה. שרטטו גרף של תאוצת המערכת כתלות במשתנה זה.
ו. חשבו את שיפוע הגרף, וממנו – את מסת הסל הצפויה.
ז. מהי השגיאה היחסית למסת הסל, בניסוי זה?
ח. הסבירו מדוע כשרצו לשנות את מסת המערכת בניסוי זה שינו רק את מסת העגלה ולא את מסת הסל.

71) שאלה 2 מבגרות בקיץ 2024

2. תלמידת פיזיקה ערכה ניסוי ובו תיבה שמסתה m מונחת על משטח אופקי מחוספס. התיבה קשורה בחוט העובר דרך גלגלת, כמתואר בתרשים שלפניכם.

מסת החוט ומסת הגלגלת ניתנים להזנחה. מקדם החיכוך (הסטטי והקינטי) בין התיבה למשטח הוא μ .

במהלך הניסוי משכה התלמידה את הקצה של החוט בכוח F כלפי מטה ומדדה את גודל התאוצה a של התיבה במהלך תנועתה. התלמידה חזרה על המדידות פעמים אחדות, ובכל פעם היא שינתה את גודל הכוח F ומדדה את גודל התאוצה a .



תוצאות המדידות מוצגות בטבלה שלפניכם:

F (N)	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5
$a\left(\frac{m}{s^2}\right)$	1.9	2.7	3.4	4.2	5.0

א. סרטטו את תרשים הכוחות הפועלים על התיבה. ליד כל כוח רשמו את שמו וציינו מי מפעיל אותו. (6 נקודות)

ב. בלי להסתמך על תוצאות המדידות של התלמידה, פתחו ביטוי של תאוצת התיבה a כפונקצייה של הכוח F .
בטאו את תשובתכם באמצעות הפרמטרים m , μ , g . (8 נקודות)

המשך בעמוד הבא

ג. (1) סרטטו דיאגרמת פיזור (נקודות במערכת צירים) המתארת את גודל תאוצת התיבה a כפונקצייה של הכוח F.

(2) הוסיפו לדיאגרמת הפיזור את הישר המתאים לה ביותר (קו מגמה).

(8 נקודות)

ד. היעזרו בגרף שסרטטתם וענו על שני התת־סעיפים (1)–(2).

(1) חשבו את מסת התיבה m.

(2) חשבו את מקדם החיכוך μ בין התיבה למשטח.

(7 נקודות)

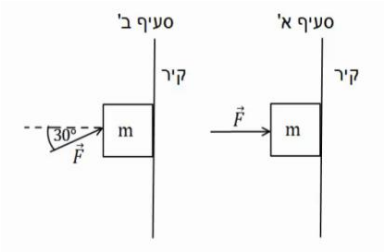
ה. התלמידה ערכה מדידה נוספת, ובה היא משכה את החוט בכוח של $F=1.5N$.

קבעו מה הייתה תאוצת התיבה במקרה זה. הסבירו את קביעתכם. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

תרגילים נוספים לחוק ראשון ושלישי:

72) מסה מוצמדת לקיר

ארגז בעל מסה של 2 ק"ג מוצמד לקיר באמצעות כוח אופקי.
מקדם החיכוך הסטטי בין הארגז לקיר הוא 0.3.

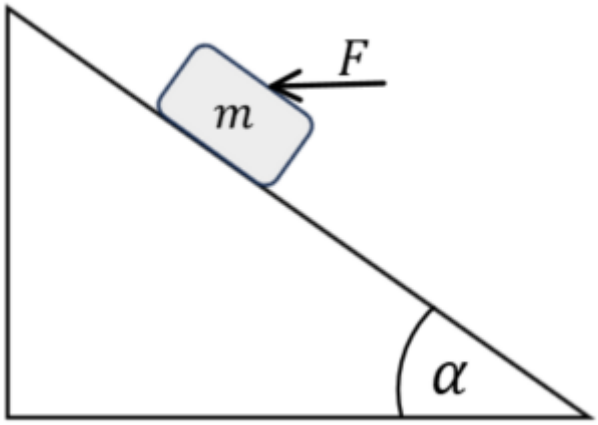


א. מה הגודל המינימלי של הכוח המאפשר לשמור על הארגז במנוחה.

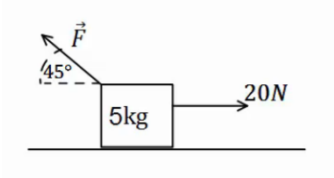
ב. חזור על סעיף א' עבור המקרה בו הכוח פועל בזווית של $30°$ כלפי מעלה ביחס לאופק.

73) כוח אופקי מינ ומקס על מסה בשיפוע

מסה $m=2kg$ מונחת על מדרון משופע בעל זווית $\alpha=37°$. מקדם החיכוך הסטטי בין המסה למדרון הוא $\mu_s=0.15$. כוח אופקי F פועל על המסה ומחזיק אותה במנוחה. מהו F המינימלי והמקסימאלי כך שהמסה תשאר במנוחה.

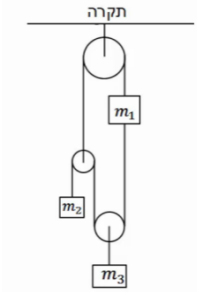


74) קופסה עם כוח לא ידוע



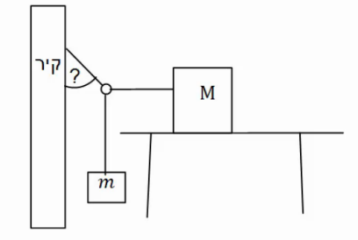
קופסה בעלת מסה של 5 ק״ג מונחת על משטח אופקי.
כוח של 20 ניוטון מושך את הקופסה ימינה במקביל לציר ה- x.
בין המשטח לקופסה קיים חיכוך,
מקדם החיכוך הקינטי הוא $\mu_k = 0.2$.
כוח נוסף מופעל על הקופסה אחורנית בזווית של $45°$.
מצא את גודלו של הכוח אם ידוע שהמסה נעה ימינה במהירות קבועה.

75) מערכת גלגלות



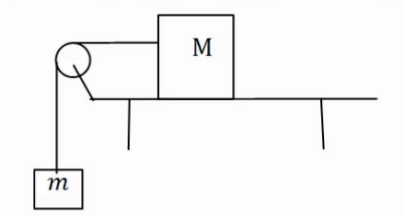
במערכת הבאה כל הגלגלות והחוטים אידיאליים.
המסות: m_1, m_2 נתונות.
מצא את ואת המתיחויות בכל חוט,
אם ידוע כי כל המערכת נמצאת במנוחה.

76) מסה על שולחן, מסה תלויה, טבעת וקיר



קופסה בעלת מסה M מונחת על שולחן.
הקופסה קשורה בחוט אידיאלי לטבעת חסרת מסה.
מסה m תלויה גם כן באמצעות חוט אידיאלי מהטבעת ונמצאת באוויר. חוט נוסף מחבר את הטבעת לקיר.
ידוע כי מקדם החיכוך הסטטי בין המסה M לשולחן הוא μ_s, וכי כוח החיכוך הפועל על המסה במצב הנ״ל מקסימלי.
מצא את המתיחות בכל חוט ואת הזווית בה מחובר החוט לקיר,
אם: M, m, μ_s נתונים.

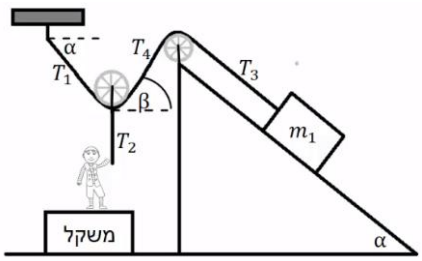
77) מקדם חיכוך מינימלי וכוחות על השולחן



קופסה בעלת מסה M מונחת על שולחן.
הקופסה קשורה בחוט אידיאלי ודרך גלגלת אידיאלית לקופסה נוספת בעלת מסה m התלויה באוויר.
בין השולחן לקופסה קיים חיכוך, מקדם החיכוך הסטטי אינו ידוע.

א. מצא מהו ערכו המינימלי האפשרי של מקדם החיכוך הסטטי, אם ידוע שהמערכת נמצאת במנוחה. הנח שהמסות נתונות.
ב. מהו הכוח שמפעיל המוט המחזיק את הגלגלת על הגלגלת?
ג. מהו הכוח הכולל הפועל על השולחן מהמערכת (מסות והמוט שמחזיק את הגלגלת)?
ד. מהו הכוח הנורמלי ומהו כוח החיכוך הפועלים על השולחן מהרצפה? (התייחס למסת השולחן כנתונה).

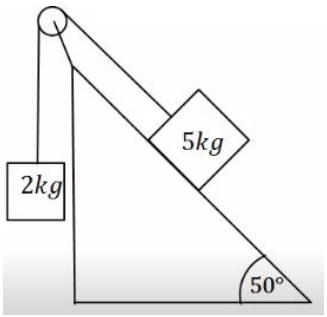
78) נער מושך בחוטים שוב



מסה m_1 מונחת על משטח משופע לא חלק.
נער שמסתו m_2 מושך את קצה החוט T_2.
החוט T_2 מחובר למרכז הגלגלת חסרת חיכוך ומסה.
הנער עומד על משקל.
נתון: $\mu_s = 0.2, \alpha = 40°, m_1 = 80Kg, m_2 = 60Kg$.
החוט T_2 מאונך ו-T_3 מקביל למדרון. הוראת המשקל היא: $120N$.

א. חשב את הזווית β (הזווית בין החוט לאופק).
ב. חשב את המתיחות בחוטים: T_1, T_2, T_4.
ג. מצא את גודלו וכיוונו של כוח החיכוך בין m_1 למדרון.

79) מסה בשיפוע ומסה תלויה



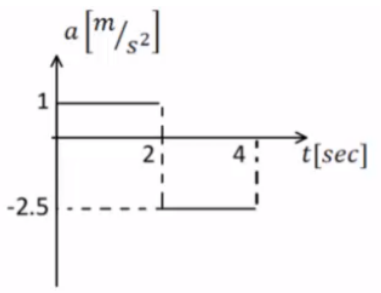
מסה של 5 ק"ג מונחת על מדרון משופע בעל זווית שיפוע של 50 מעלות.
המסה מחוברת דרך חוט אידיאלי למסה של 2 ק"ג, התלויה באוויר.
אין חיכוך בין המסה למדרון.

א. לאיזה כיוון תנוע המערכת?
ב. מצא את תאוצת המערכת.

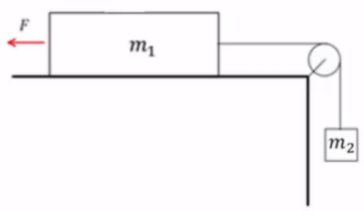
כעת הנח שקיים חיכוך, ומקדמי החיכוך הם: $\mu_k = 0.2, \quad \mu_s = 0.25$.

ג. לאיזה כיוון יפעל החיכוך? האם החיכוך סטטי או קינטי?
ד. מצא את תאוצת המערכת בשנית.

80) מסה על שולחן מחוברת למסה תלויה וכוח*



המערכת שמתוארת בתרשים משוחררת ממנוחה ונעה ימינה. הזניחו את מסת החוט ואת כל כוחות החיכוך. כעבור 2 שניות נקרע החוט והכוח F ממשיך לפעול. נתון: $m_1 = 6kg, F = 15N$.
הגרף באיור מתאר את התאוצה של m_1 כפונקציה של הזמן עבור 4 השניות הראשונות של התנועה.
הכיוון החיובי הוא ימינה.



א. עבור 2 השניות הראשונות של התנועה:
i. שרטטו את הכוחות הפועלים על כל גוף.
ii. רשמו את המיקום כתלות בזמן של m_1.

iii. חשבו את m_2 ואת המתיחות בחוט.

ב. האם m_1 שינתה את כיוון תנועתה במהלך 4 השניות הראשונות?
נמקו אם כן או לא. במידה וכן מצא את הזמן והמרחק בו התרחש השינוי.

ג. שרטטו את המהירות כתלות בזמן עבור m_1 ב-4 השניות של התנועה.

ד. אם המשטח לא היה חלק, מהו מקדם החיכוך הסטטי המינימלי עבורו המערכת הייתה נשארת במנוחה?

תשובות סופיות:

1) $\sum \vec{F} = (6.14, -2.04)$.

2) $\sum \vec{F} = (-1.20, 0)$.

3) $\sum F_x = -3.03\text{N}$, $\sum F_y = -3.47\text{N}$.

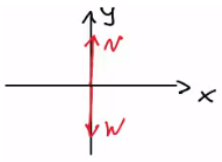
4) גודל: $|\vec{F}| \approx 3.84\text{N}$, כיוון: $\theta_{F3} = -3.14°$.

5) $T = 20\text{N}$.

6) $T_1 = 21.96\text{N}$, $T_2 \approx 26.90\text{N}$.

7) $T_1 \approx 26.30\text{N}$, $T_2 \approx 19.48\text{N}$.

8) א. שרטוט:



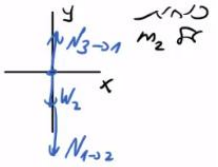
ב. גודל: $N = 20$, כיוון: כלפי מעלה.

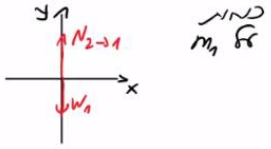
ג. גודל: $N = 20$, כיוון: כלפי מטה.

9) א. $T = 50\text{N}$. ב. גודל: $T = 50\text{N}$, כיוון: מטה. ג. גודל: $|\vec{F}| = 50$, כיוון: מעלה.

10) $T = 50\text{N}$.

11) א. שרטוט:





ב. $N_{21} = 20$. ג. $N_{32} = 50$.

ד. $N_{23} = 50\text{N}\hat{y}$.

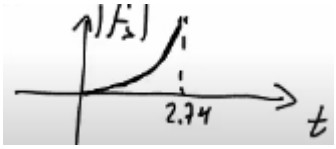
12) א. גודל: $N_{32} = 30\text{N}$, כיוון: כלפי מעלה.

ב. גודל: $N_{43} = 60\text{N}$, כיוון: כלפי מעלה.

13) א. $f_{s_{\max}} = 12\text{N}$. ב. $\vec{f}_s = -10\hat{x}$.

14) א. $f_{s_{\max}} = 18\text{N}$. ב. $\vec{f}_s = -15\hat{x}_N$.

15) א. $f_{s_{\max}} = 15\text{N}$. ב. $t = 2.74\,\text{sec}$. ג. שרטוט:



16) א. $F_{\max} = 8.858\text{N}$. ב. $f_s = 4.330\text{N}$.

17) $F_{\text{Dani}} = T = 40\text{N}$.

18) $T \approx 41.41\text{N}$.

19) א. $F = 400\text{N}$. ב. $F \approx 371.57\text{N}$. ג. $F = 375.23\text{N}$. ד. $F = 600.58\text{N}$.

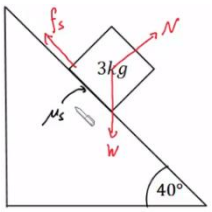
20) א. $F_{\max} = 27\text{N}$. ב. $T = 6\text{N}$. ג. $F = 18\text{N}$.

21) א. $F_{\max} = 33.34\text{N}$. ב. $T = 8.86\text{N}$.

22) א. $T = 40N$. ב. $\theta = 45^\circ$, $F = 56.57N$. ג. לא.

23) א. $\frac{m_1}{m_2} = \frac{1}{2}$. ב. $T_1 = 0.2N$, $T_2 = 0.4N$.

24) א. שרטוט: ב. $N \approx 22.98N$, $f_s = mg\cos 50^\circ \approx 19.28N$.



25) א. $M = 3.83kg$. ב. $M_{min} = 2.87kg$, $M_{max} = 4.79kg$.

26) א. $\alpha = 11.31^\circ$. ב. $\alpha = \text{shif tan}(\mu_s)$. ג. ראה סרטון.

27) $m_2 = m_1 \frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$.

28) $m_2 = m_1 \left(\frac{-\mu_k \cos\theta_1 + \sin\theta_1}{\sin\theta_2 + \mu_k \cos\theta_2} \right) = m_1 \frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$.

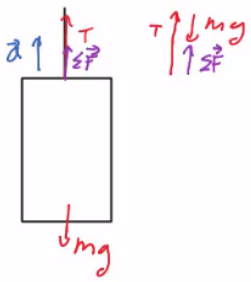
29) א. $a_x = 2\frac{m}{sec^2}$. ב. $t = \sqrt{30}\,sec$.

30) א. הגוף לא יכול להיות במנוחה. ב. $t \approx 6.82\,sec$.
ג. סעיף א': נשאר במנוחה, סעיף ב': אין משמעות.

31) א. כן, כי: $\Delta x \approx 37.5m < 50m$. ב. לא, כי $\Delta x = 52.5m > 50m$.

32) א. $x(t=4) = 24m$. ב. $x_F = 60m$.

33) א. שרטוט: ב. שרטוט: ג. $T = 6300N$.



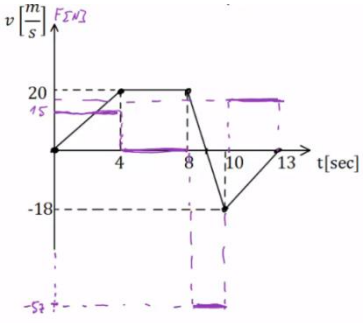
34) א. $m_{Dani} = 60kg$. ב. כמו סעיף א'. ג. $m_{Dani} = 78kg$.
ד. $m_{Dani} = 42kg$. ה. 0.

35) $m_{Yossi} = 30kg$.

36) א. $a=\begin{cases}\frac{4}{5}\frac{\text{m}}{\text{sec}^2} & 0<t<3\\ \frac{6}{5}\frac{\text{m}}{\text{sec}^2} & 3<t<6\\ \frac{-2}{5} & 6<t<8\end{cases}$ ב. $\text{v}(t)=\begin{cases}\frac{4}{5}t & 0\le t\le 3\\ \frac{12}{5}+\frac{6}{5}(t-3) & 3\le t\le 6\\ 6-\frac{2}{5}(t-6) & 6\le t\le 8\end{cases}$

ג. $x(t)=\begin{cases}\frac{2}{5}t^2 & 0\le t\le 3\\ \frac{18}{5}+\frac{12}{5}(t-3)+\frac{1}{2}\cdot\frac{6}{5}(t-3)^2 & 3\le t\le 6\\ \frac{81}{5}+6(t-6)+\frac{1}{2}\left(-\frac{2}{5}\right)(t-6) & 6\le t\le 8\end{cases}$

37) שקול הכוחות: $\sum \text{F}=18\text{N}$, גרף:



38) א. $\text{m}_{\min}=1.5\text{kg}$. ב. $a=2.5\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$. ג. $t\approx 1.55\,\text{sec}$.

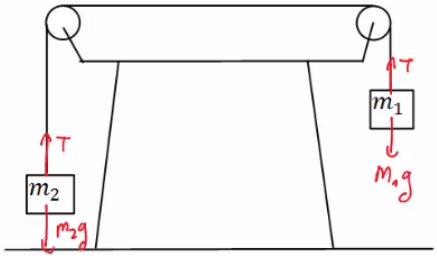
ד. $\text{v}_2(t=1.55)\approx 3.87\frac{\text{m}}{\text{sec}}\hat{x}$, $\text{v}_1(t=1.55)\approx 3.87\frac{\text{m}}{\text{sec}}\hat{y}$.

39) א. תאוצה: $a=5\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$, מתיחות: $\text{T}=15\text{N}$. ב. תאוצה: $a=3\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$, מתיחות: $\text{T}=15\text{N}$.

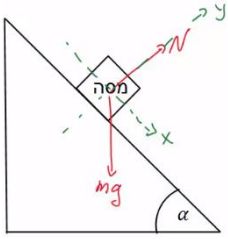
40) א. תאוצה: $a\approx 6.67\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$, מתיחות: $\text{T}=46.68\text{N}$.

ב. תאוצה: $a\approx 4.67\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$.

41) א. שרטוט:



ב. $a=5\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$. ג. m_1 תרד כלפי מטה. ד. $t=\sqrt{\frac{4}{5}}\,\text{sec}$. ה. $\text{v}(t=0.89)\approx 4.47\frac{\text{m}}{\text{sec}}$.

42 א. שרטוט: 

ב. $a_x = g\sin\alpha$

ג. מיקום-זמן: $x(t) = \frac{1}{2}g\sin\alpha \cdot t^2$.

מהירות-זמן: $v(t) = g\sin\alpha \cdot t$.

43 א. תתחיל להחליק. ב. הזמן: $t \approx 0.94\,\text{sec}$, המהירות: $v(t=0.94) \approx 6\frac{m}{sec}$.

44 א. $a = -g(\mu_k \cos 30° + \sin 30°) \approx -6.73\frac{m}{sec^2}$. ב. $x(t) = 0 + 20\cdot t - \frac{6.73}{2}\cdot t^2$.

ג. $t \approx 2.97\,\text{sec}$. ד. לא. ה. $t = 7.24\,\text{sec}$.

45 א. לכיוון המסה הגדולה יותר. ב. $a \approx 2.61\frac{m}{sec^2}$.

ג. סטטי, המערכת בתנועה. ד. $a \approx 1.7\frac{m}{sec^2}$.

46 א. בכיוון m_2. ב. $a \approx 0.98\frac{m}{sec^2}$. ג. בכיוון m_1, סטטי. ד. אין.

47 א. תאוצה: $a = 6\frac{m}{sec^2}$, מתיחות: $T_{m2} = 32N$, $T_{m1} = 56N$.

ב. בתנועה. ג. $a = 5.6\frac{m}{sec^2}$.

48 א. $a = \frac{F}{m}(\cos\theta + \mu_k \sin\theta) - \theta_k g$. ב. $\theta = 20°$. ג. $\theta_0 \approx 16.6992°$.

49 א. גודל: $a_x = g\tan\alpha$, כיוון: חיובי. ב. לא.

50 $F = \mu_s(m_1 + m_2)g = 28N$.

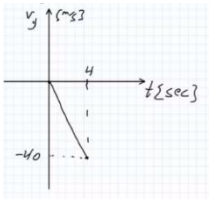
51 $a_{min} = \frac{g}{\mu_s}$.

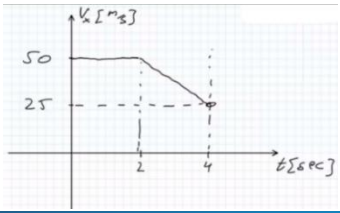
52 א. $h_{max} = 3m$. ב. $h_{max} = 1.78m$.

53 א. $a = 2\frac{m}{sec^2}$. ב. $N_{1\to2} = 6N$. ג. $\vec{N}_{2\to1} = 6N^{\hat{x}}$.

54 א.i. אינה משפיעה. ii. משפיעה. ב.i. $F = 6.25N$.

ii. $v_y(t) = -10\cdot t$. $v_x(t) = \begin{cases} 50 & 0<t<2 \\ 50-12.5(t-2) & 2<t<4 \end{cases}$. ג. $\sigma_x = 25m$.





55) א. $-1.25\frac{m}{sec^2}$, חיובי. ב. $a=2.5\frac{m}{sec^2}$, חיובי. ג. $x=8cm$.

56) $x=\frac{1}{2}m$.

57) א. $F=-2.5N$. ב. $F=2N$. ג. סעיף א': $a=-3.13\frac{m}{sec^2}$,

סעיף ב': $a=-2\frac{m}{sec^2}$.

58) א. נקודת שיווי משקל. ב. $k=\frac{mg}{d-l_0}$.

59) א. $\Delta x=5cm$. ב. $a=-10\frac{m}{sec^2}$.

60) $\Delta x=\frac{mg}{k}$.

61) $|\Delta x|=\frac{mg\sin\alpha}{k}$.

62) $|\Delta x|=\frac{mg}{k}$.

63) א. $a=5\frac{m}{sec^2}$. ב. $\Delta x=\frac{3}{4}m$.

64) א. $a=\frac{10}{7}\frac{m}{sec^2}$. ב. $\Delta x\approx 0.69m$.

65) א. $\Delta x=0$. ב. $|\Delta x|=\frac{1}{3}m$, מתארך. ג. $|\Delta x|=\frac{1}{2}m$, מתכווץ.

66) $a=-2\frac{m}{sec^2}$.

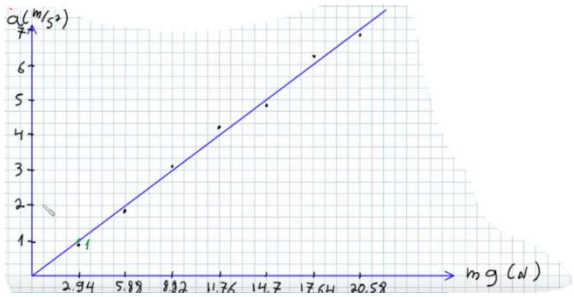
67) $a\approx 0.326\frac{m}{sec^2}$.

68) א. $a=m_{SAL}\cdot g\left(\frac{1}{m_{SAL}+M_{AGALA}}\right)$.

ב.

$m\cdot g(N)$
2.94
5.88
8.82
11.76
14.7
17.64
20.58

ג. שרטוט:

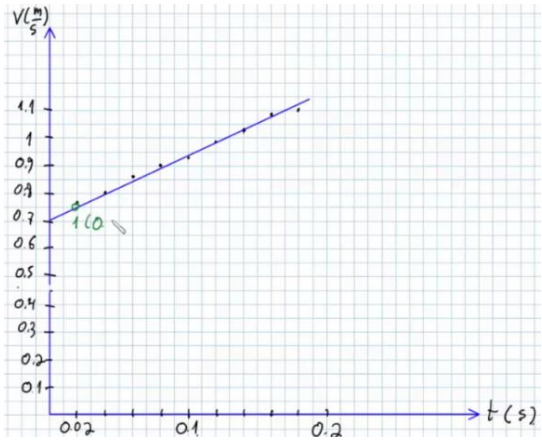


ד. 2.94 ק"ג. ה. 8.89%. ו. ראה סרטון.

69) א. $a = m \cdot g \frac{1}{M_{tot}}$ ב+ג.

$t(\sec)$	$X(cm)$	$V\left(\frac{m}{\sec}\right)$
0	0	-
0.02	1.5	0.7625
0.04	3.05	0.8
0.06	4.7	0.8625
0.08	6.5	0.9
0.1	8.3	0.925
0.12	10.2	0.9875
0.14	12.25	1.025
0.16	14.3	1.0875
0.18	16.6	1.1

ד. שרטוט:



ה. $2.33 \frac{m}{sec^2}$.

70) א. $a = \mathrm{W_m} \cdot \frac{1}{\mathrm{M_{tot}}}$.

ב.

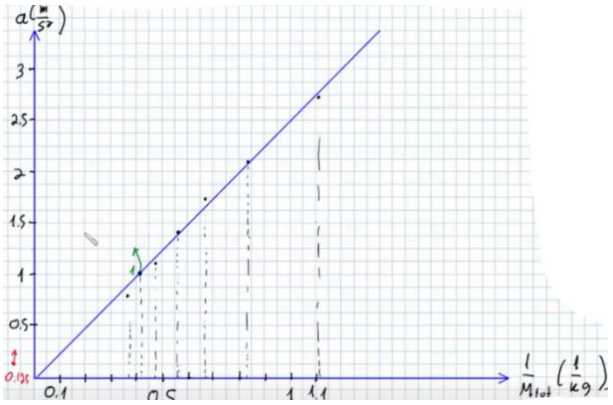
$\frac{\mathrm{M}_{tot}}{(\mathrm{kg})}$
2.7
2.4
2.1
1.8
1.5
1.2
0.9

ג. לא לינארי.

ד.

$\frac{1}{\mathrm{M}_{tot}}\left(\frac{1}{\mathrm{kg}}\right)$
0.37
0.417
0.476
0.556
0.657
0.833
1.11

ה. שרטוט:

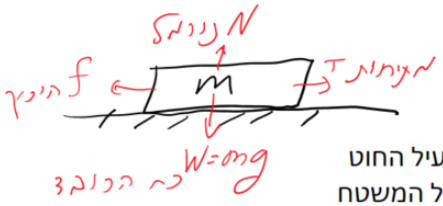


ו. $2.55\ \mathrm{kg}\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{sec}^2}$.

ז. 13.3%.

ח. ראה סרטון.

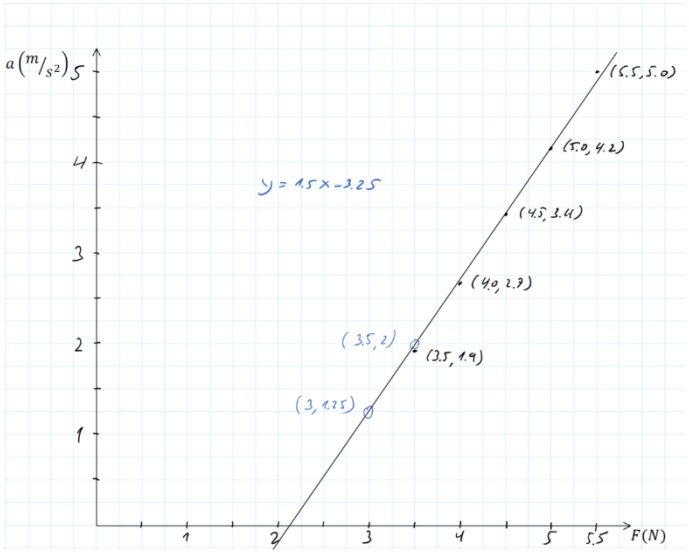
71) א.



T - מתיחות מפעיל החוט
N - נורמל מפעיל המשטח
f - חיכוך מפעיל המשטח
W - כובד מפעיל כדור הארץ

ב. $a = \frac{1}{m}F - \mu g$

ג. (1) ו- (2)



ד. (1) $m = 0.667kg$ (2) $\mu = 0.325$

ה. התאוצה אפס כי הכוח קטן מכוח החיכוך הסטטי המקסימאלי

72) א. $F_{min} = 66.67N$. ב. $F \geq 26.32N$.

73) $F_{min} = 10.8N \quad F_{max} = 20.4N$

74) $F \approx 17.68N$.

75) $m_3 = 2m_2$, $T_4 = 2(m_1 + m_2)$, $T_3 = 2m_2 g$, $T_2 = m_2 g$, $T_1 = (m_1 + m_2)g$.

76) $\cot\alpha = \frac{m}{\mu_s M}$.

77) א. $\mu_{s_{min}} = \frac{m}{M}$. ב. $F = \sqrt{2}mg$. ג. $\sum F_y = (-M+m)g$.

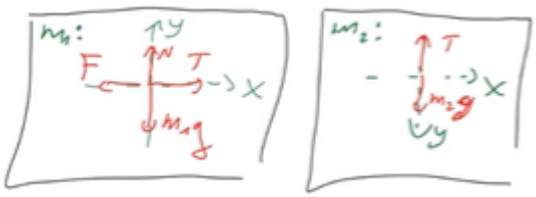
ד. $N = -\sum F_y = (M+m)g + \tilde{M}g$.

78) א. $\beta = 40°$. ב. $T_1 = T_4 \approx 373N$, $T_2 = 480N$.

ג. $f_s = 141N$, כיוון: במעלה המדרון.

79) א. כיוון: עם השעון. ב. $a \approx 2.61\frac{m}{sec^2}$. ג. ראה סרטון. ד. $a \approx 1.70\frac{m}{sec^2}$.

80) i. א.



ii. $x(t) = \frac{1}{2}t^2$

iii. $T = 21N$, $m_2 = 2.33kg$

ב. כן, מכיוון שהשטח השלילי מתחת לגרף גדול מהשטח החיובי המהיר תשנה כיוון.

שינוי הכיוון : $x = 2.8\text{m}$, $t = 2.8\sec$.

ג.

ד. $\mu_{s\min} = 0.25$

קורס מלא לבגרות בפיזיקה 5 יחידות

פרק 9

עבודה ואנרגיה

עבודה ואנרגיה 76

עבודה ואנרגיה:

שאלות:

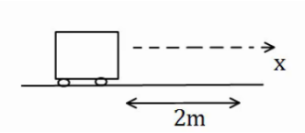
1) דוגמה 1

כוח F שגודלו 5N פועל על גוף הנע מרחק של שני מטרים בכיוון ציר ה-x.
חשב את עבודת הכוח אם כיוונו הוא:

א. בכיוון ציר ה-x.

ב. בכיוון $30°$ עם ציר ה-x.

ג. בכיוון $30°$ מתחת לציר ה-x.



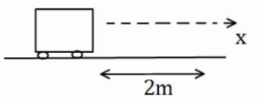
2) דוגמה 2

כוח F שגודלו 5N פועל על גוף הנע מרחק של שני מטרים בכיוון ציר ה-x.
חשב את עבודת הכוח אם כיוונו הוא:

א. בכיוון ציר ה-y.

ב. בכיוון $30°$ מעל ציר ה-x השלילי.

ג. בכיוון $30°$ מתחת לציר ה-x השלילי.



3) דוגמה 3

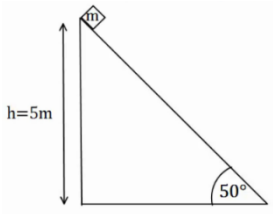
גוף נופל נפילה חופשית מגובה של 8 מטרים מעל הקרקע. מסת הגוף היא $3kg$.

א. חשב את עבודת כוח הכובד עד לפגיעה בקרקע.

ב. חשב שוב את העבודה אם הגובה והמסה נתונים כפרמטרים: h , m.

4) דוגמה 4

גוף שמסתו: $m = 2kg$ מחליק על מישור משופע מגובה 5 מטרים ועד לתחתית המישור.
זווית השיפוע של המישור היא $50°$.



א. חשב את העבודה שמבצע הנורמל על הגוף במהלך תנועתו.

ב. חשב את עבודת כוח הכובד על הגוף.

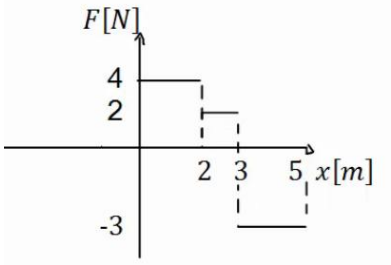
ג. חשב את עבודת החיכוך הקינטי אם ידוע שמקדם החיכוך הוא: $\mu_k = 0.2$.

5) כוח כתלות במיקום

נתון גרף של הכוח כתלות במיקום.

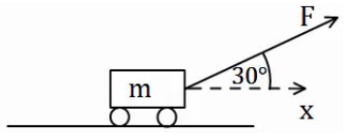
א. מהי העבודה הכוללת שמבצע הכוח הבא?

ב. מהי עבודת הכוח בשני המטרים האחרונים של התנועה?



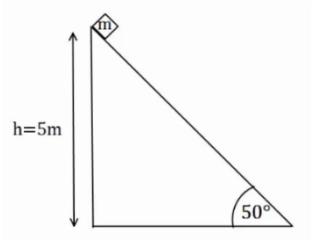
6) כוח מושך קרונית בזווית

כוח $F = 50N$ מושך קרונית בזווית של $30°$ מעל ציר ה- x.
מסת הקרונית היא 3 ק"ג.



א. שרטט תרשים כוחות הפועלים על הקרונית.
ב. מצא את העבודה של כל כוח, אם ידוע שהקרונית התקדמה 5 מטרים בכיוון ציר ה- x.
ג. מהי מהירות הקרונית לאחר 5 המטרים, אם התחילה לנוע ממנוחה?

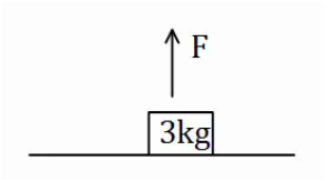
7) המשך לדוגמה 4



גוף שמסתו: $m = 2kg$ מחליק על מישור משופע מגובה 5 מטרים ועד לתחתית המישור.
זווית השיפוע של המישור היא $50°$.
מקדם החיכוך הקינטי הוא $\mu_k = 0.2$.

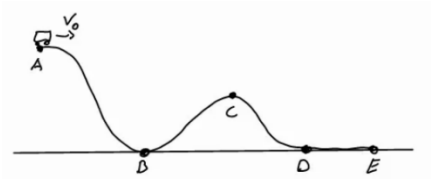
א. מצא את עבודת הכוחות.
ב. מהי מהירות הגוף בתחתית המדרון, אם התחיל ממנוחה?

8) כוח מושך גוף ישר למעלה



כוח $F = 50N$ מושך גוף כלפי מעלה.
מצא את מהירות הגוף בגובה 8 מטרים מעל הקרקע.
מסת הגוף היא 3 ק"ג.

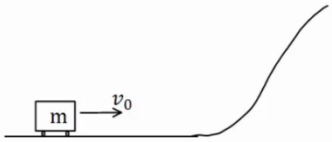
9) רכבת הרים



רכבת הרים מתחילה בנסיעה מהנקודה A הנמצאת בגובה 20 מטרים.
מהירותה בנקודה A היא 5 מטרים לשנייה.
מצא את מהירותה בנקודות B , D , E הנמצאות על הקרקע, ובנקודה C הנמצאת בגובה 10 מטרים.

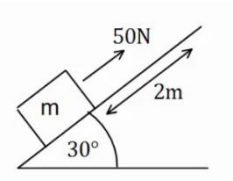
10) עגלה עולה על גבעה

עגלה נעה בתחתית גבעה עם מהירות התחלתית של 20 מטר לשנייה.
אין חיכוך בין העגלה לאדמה.



א. מהו הגובה המקסימלי אליו תגיע העגלה?
לאחר שהגיעה לגובה המקסימלי מתחילה העגלה להתדרדר חזרה במורד הגבעה.
ב. מה תהיה מהירותה כשתגיע חזרה לתחתית?

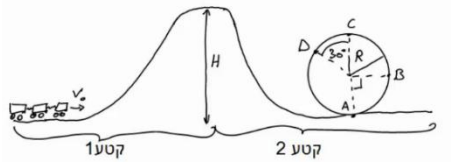
11) כוח מעלה במדרון משופע



כוח של 50 ניוטון פועל על גוף במקביל למשטח משופע בעל זווית של $30°$.
מסת הגוף היא: $m = 4kg$ והוא מתחיל תנועתו ממנוחה.
חשב את מהירות הגוף לאחר שהתקדם 2 מטרים במעלה המדרון (אין חיכוך).

12) עוד רכבת הרים

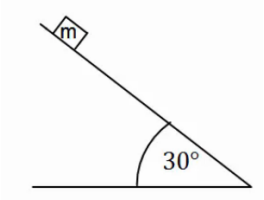
רכבת הרים מתחילה בנסיעה בצדו השמאלי של המסלול באיור.
לרכבת מהירות התחלתית נמוכה v_0.



בקטע הראשון כוח F מושך את הרכבת כלפי מעלה במהירות קבועה עד לשיא הגובה H.
בשיא הגובה הכוח נפסק ולאחר מכן הרכבת נעצרת (באמצעות מעצור) למספר שניות, על מנת שהנוסעים יוכלו לפחד לקראת הנפילה.
בקטע השני הרכבת נופלת (ללא הכוח F) ומבצעת סיבוב אנכי - "לופ".
התייחס למסת הרכבת והנתונים באיור כפרמטרים נתונים.

א. מצא את העבודה הכוללת המבצע הכוח F על הרכבת.
ב. מצא את מהירות הרכבת בכל הנקודות המצוינות באיור.

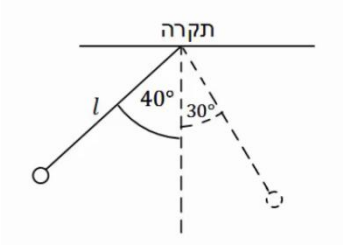
13) מסה מחליקה במדרון



מסה: $m = 4kg$ מונחת במנוחה בגובה: $h = 5m$ על מדרון משופע.
שיפוע המדרון הוא $30°$.

א. מצא את מהירות המסה בתחתית המדרון אם אין חיכוך בינה למשטח.
ב. חזור על סעיף א' עבור מקרה בו יש חיכוך קינטי ומקדם החיכוך הוא: $\mu_k = 0.2$.
ג. חזור על סעיף ב' אם בנוסף לחיכוך יש גם כוח $F = 60N$, במקביל למדרון ובכיוון תנועת המסה.

14) מטוטלת

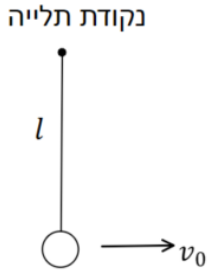


מטוטלת בעלת אורך חוט: $l = 50cm$ תלויה מהתקרה.
מרימים את המטוטלת לזווית של $40°$ ביחס לאנך מהתקרה ומשחררים ממנוחה.

א. מהי עבודת כוח המתיחות לאורך התנועה?
ב. מהי מהירות המטוטלת בתחתית המסלול?
ג. מהי מהירות המטוטלת לאחר שעלתה זווית של $30°$?
ד. מהי הזווית המקסימלית אליה תגיע המטוטלת?

15) כדור תלוי על חוט מבצע מעגל

כדור תלוי במנוחה על חוט שאורכו $l=30\text{cm}$.



א. מקנים לכדור מהירות התחלתית בכיוון אופקי של $v_0=2\frac{\text{m}}{\text{sec}}$.

i. מה יהיה הגובה המקסימלי אליו יגיע?

ii. מה תהיה זווית החוט המקסימלית ביחס לאנך לקרקע?

ב. איזו מהירות מינימלית יש להעניק לכדור (ממצב מנוחה) כדי שיגיע לגובה המקסימלי שהחוט מאפשר לו (l מעל מרכז המעגל) במהירות של $\sqrt{32}\frac{\text{m}}{\text{sec}}$.

הניחו שהמהירות מספיקה בשביל להשלים את הסיבוב.

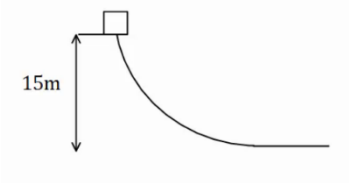
ג. במקרה המתואר בסעיף ב' – מה תהיה מהירות הכדור כאשר יחזור לנקודת ההתחלה?

16) חישוב עבודה

גוף שמסתו 5kg מחליק במורד מישור משופע. מהירותו בראש המישור היא $3\frac{\text{m}}{\text{sec}}$, ומהירותו בתחתית המישור, הנמצאת 15m נמוך יותר מנקודת ההתחלה, היא $16\frac{\text{m}}{\text{sec}}$.

מהי עבודת כוח החיכוך שפעל עליו (ביחידות Joule)?

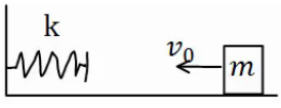
17) גוף נופל ממסלול עקום



גוף נופל ממנוחה ממעלה גבעה בגובה 15 מטר.
בתחתית הגבעה מהירות הגוף היא 5 מטר לשנייה.
כמה אנרגיה הלכה לאיבוד לחום? מסת הגוף היא 2 ק"ג.

18) מסה וקפיץ במישור אופקי

מסה: $m=50\text{gr}$ נעה במהירות: $v_0=5\frac{\text{m}}{\text{sec}}$ על משטח אופקי חלק.



המסה נעצרת על ידי קפיץ אופקי אידיאלי (חסר מסה) בעל קבוע קפיץ: $k=10\frac{\text{N}}{\text{m}}$. הקפיץ רפוי לפני פגיעת המסה.

א. מהי מהירות המסה כאשר הקפיץ מכווץ 5 ס"מ?

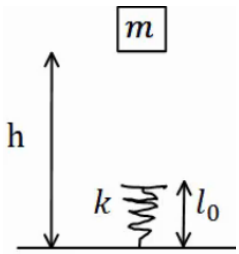
ב. מהו הכיווץ המקסימלי אליו מגיע הקפיץ?

ג. חזור על סעיפים א' ו-ב' אם בין המסה למשטח יש חיכוך. מקדם החיכוך הוא: $\mu_k=0.2$ והמרחק ההתחלתי של המסה מקצה הקפיץ הוא: 0.5m.

19) מסה נופלת על קפיץ אנכי

מסה: $m=5gr$ משוחררת ממנוחה מגובה: $h=1m$ מעל הרצפה.

קפיץ אנכי אידיאלי מחובר לרצפה. אורכו הרפוי של הקפיץ



הוא: $l_0=10cm$, וקבוע הקפיץ הוא: $k=100\frac{N}{m}$.

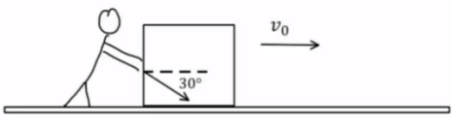
א. מהי מהירות המסה רגע לפי פגיעתה בקפיץ?

ב. מהו הכיווץ המקסימלי אליו יגיע הקפיץ?

ג. מהו הגובה המקסימלי אליו תגיע המסה בחזרה?

20) אדם דוחף ארגז בזווית

אדם דוחף ארגז שמסתו 80 ק"ג לאורך 2 מטרים על משטח אופקי.



מקדם החיכוך הקינטי בין הארגז למשטח הוא 0.1. האדם דוחף את הארגז בכוח קבוע שגודלו 400 ניוטון בזווית 30 מעלות לכיוון הריצפה.

לארגז גם ישנה מהירות התחלתית שגודלה: $v_0=0.2\frac{m}{sec}$ וכיוונה ימינה באיור.

א. ציירו תרשים כוחות על הארגז.

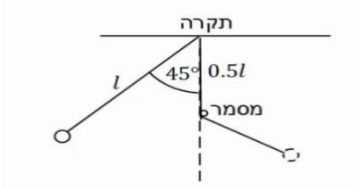
ב. חשבו את העבודה שמבצע כל אחד מהכוחות?

ג. מהו הכוח השקול (גודל וכיוון) ומהי העבודה שמבצע הכוח השקול?
וודאו כי התוצאה מתיישבת עם התוצאה של סעיף ב'.

ד. חשבו את מהירותו הסופית של הארגז משיקולי אנרגיה.

ה. חשבו את תאוצתו של הארגז משיקולי כוחות ומצאו את מהירותו הסופית באמצעות התאוצה שחישבתם.

21) מטוטלת עם מסמר



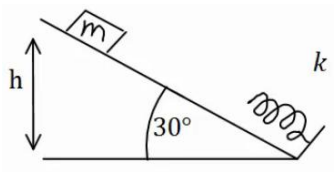
מטוטלת תלויה מהתקרה באמצעות חוט אידיאלי באורך: $l=80cm$.

המטוטלת מוסטת לזווית של $45°$ ומשוחררת ממנוחה.

בגובה $0.5l$ מתחת לנקודת התליה של המטוטלת תקוע מסמר.

מצא את הזווית המקסימלית אליה תגיע המטוטלת בצידה השני של התנועה.

22) גוף מחליק על מישור משופע ונתקע בקפיץ

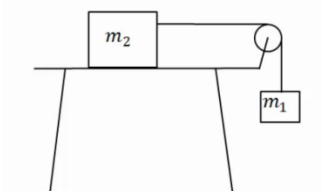


מסה: $m=20gr$ מחליקה מגובה: $h=1m$, וממנוחה, על מדרון משופע בזווית של $30°$.
בתחתית המדרון המסה מתנגשת בקפיץ אידיאלי בעל קבוע קפיץ: $k=100\frac{N}{m}$ ואורך רפוי של 15 ס"מ.

א. מהו הכיווץ המקסימלי של הקפיץ ומהו הגובה המקסימלי אליו תחזור המסה אם המשטח חלק?

ב. חזור על סעיף א' אם קיים חיכוך בין המשטח למסה, ומקדם החיכוך הקינטי: $\mu_k=0.1$.
הנח שהחיכוך הסטטי אינו חזק מספיק לעצור את המסה.

23) מסה על שולחן ומסה תלויה



מסה: $m_2=4kg$ נמצאת על שולחן ומחוברת דרך חוט וגלגלת אידיאלית למסה: $m_1=2kg$ התלויה באוויר.
גובה המסה m_1 מעל הקרקע הוא: $h=2m$.
המערכת מתחילה לנוע ממנוחה.

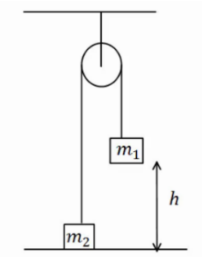
א. מצא את מהירות הפגיעה בקרקע של m_1 אם השולחן חלק.

ב. מצא את מהירות המסות כתלות בגובה המסה m_1.

ג. חזור על סעיף א' כאשר קיים חיכוך עם השולחן ומקדם החיכוך הוא: $\mu_k=0.2$.

ד. כמה אנרגיה הלכה לאיבוד כחום במקרה של סעיף ג'? חשב בשתי צורות.

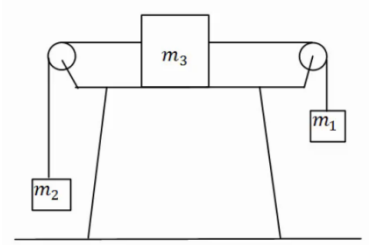
24) שתי מסות תלויות מהתקרה



במערכת הבאה המסות תלויות מהתקרה באמצעות גלגלת אידיאלית.
נתון $m_1>m_2$, והגובה ההתחלתי של m_1 הוא h.
מצא את מהירות הפגיעה בקרקע של m_1, אם המערכת מתחילה ממנוחה.

25) מסה על שולחן ושתי מסות באוויר

במערכת הבאה שלוש מסות: $m_1=5kg, m_2=2kg, m_3=3kg$.
כל הגלגלות והחוטים אידיאליים.
המערכת מתחילה ממנוחה.

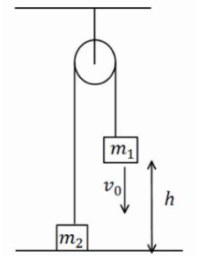


א. מצא את המהירות כתלות בהעתק של m_1.
הנח שהשולחן חלק.

ב. חזור על סעיף א' אם יש חיכוך עם השולחן ומקדם החיכוך הקינטי הוא $\mu_k=0.2$.

26) שתי מסות תלויות מהתקרה ודחיפה

במערכת הבאה המסות תלויות מהתקרה באמצעות גלגלת אידיאלית.



נתון $m_1 < m_2$ והגובה ההתחלתי של m_1 הוא h.

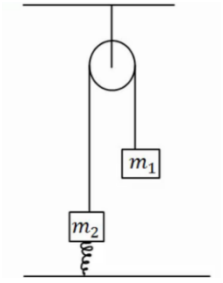
נותנים ל- m_1 מהירות התחלתית כלפי מטה שגודלה v_0.

א. מצא את הגובה המינימלי אליו תגיע m_1.
(הנח שהיא אינה פוגעת בקרקע).

ב. מצא את מהירות הפגיעה בקרקע של m_2.

27) שתי מסות תלויות מהתקרה וקפיץ

במערכת הבאה המסות תלויות מהתקרה באמצעות גלגלת אידיאלית.



המסה m_2 מחוברת לרצפה באמצעות קפיץ אידיאלי.

משחררים את המערכת ממנוחה במצב בו הקפיץ רפוי.

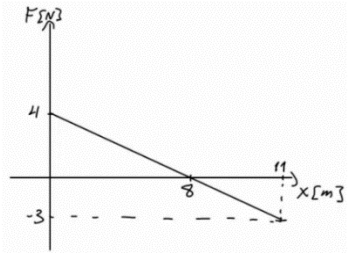
נתון: $m_1 = 4kg \ , m_2 = 2kg, \ k = 10\frac{N}{m}$.

א. מהי התארכות הקפיץ במצב שיווי משקל?

ב. מהי התארכות המסות במצב שיווי משקל?

ג. מהי ההתארכות המקסימלית של הקפיץ?

28) גרף של כוח



נתון גרף של כוח הפועל על גוף כתלות במיקום.

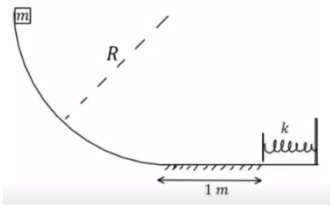
הכוח הוא הכוח היחיד הפועל על הגוף.

מסת הגוף היא: $m = 2kg$ והגוף מתחיל תנועתו ממנוחה.

א. מצא את מהירות הגוף ב- $x = 18m$.

ב. מצא את מהירות הגוף ב- $x = 6m$.

29) גוף מחליק על חצי מעגל ומכווץ קפיץ



גוף בעל מסה: $m = 2kg$ משוחרר ממנוחה מקצה של מסילה חסרת חיכוך בצורת רבע מעגל ברדיוס: $R = 2m$.

בתחתית המסילה הגוף מחליק על מישור אופקי שאינו חלק באורך 1 מטר.

מקדם החיכוך הקינטי בין המישור לגוף הוא 0.3.

בקצה הקטע עם החיכוך נמצא קפיץ רפוי, הגוף פוגע בקפיץ ומכווץ אותו לכיווץ מקסימלי של 0.1 מטר.

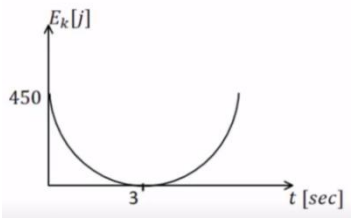
החלק עליו נמצא הקפיץ חסר חיכוך.

א. מהי מהירות הגוף ברגע פגיעתו בקפיץ?

ב. מהו קבוע הקפיץ?

ג. מהו הגובה המקסימלי אליו יגיע הגוף כאשר יחזור אל המסילה המעגלית בפעם הראשונה?

30) זריקה אנכית עם גרף של אנרגיה קינטית

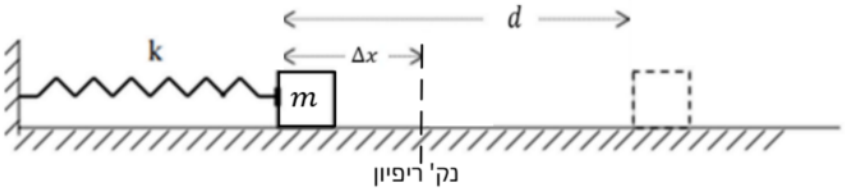


כדור שמסתו 1 ק״ג נזרק אנכית כלפי מעלה.
מישור הייחוס של האנרגיה הפוטנציאלית נבחר בנקודת הזריקה. הגרף הנתון מתאר את האנרגיה הקינטית כפונקציה של הזמן.

א. מהי מהירות הזריקה של הכדור ומתי הגיע לשיא הגובה?
ב. מהו הגובה המקסימלי אליו הגיע הכדור?
ג. שרטט גרף של האנרגיה הפוטנציאלית של הכדור כפונקציה של הזמן.
ציין על הגרף מהו הערך המירבי של האנרגיה ומהו הזמן בו חזר הכדור לקרקע.
ד. חשב את עבודת כוח הכובד:
i. מרגע הזריקה ועד שיא הגובה.
ii. מרגע הזריקה ועד שהכדור הגיע לגובה 30 מטרים בדרכו חזרה.

31) קפיץ דוחף גוף על שולחן עם חיכוך

גוף שמסתו $m = 0.3kg$ נלחץ אל קפיץ אופקי ומכווץ את הקפיץ ב- $\Delta x = 0.2m$ כמוראה בציור. לאחר שחרורו, נע הגוף מרחק $d = 0.6m$ על שולחן אופקי לא חלק עד עומדו (הגוף אינו מחובר לקפיץ, הוא מנתק מגע עם הקפיץ כאשר הקפיץ מגיע לאורכו הרפוי). קבוע הכוח של הקפיץ הוא: $k = 14\frac{N}{m}$.



א. מהו מקדם החיכוך שבין הגוף והשולחן?
ב. מהי מהירות הגוף ברגע שהוא עוזב את הקפיץ (מנתק את המגע איתו)?

32) שאלה 5 מבגרות בקיץ 2024

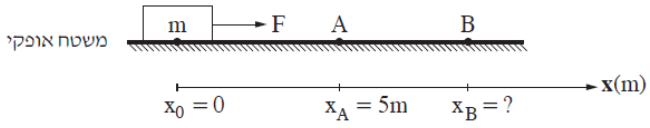
5. גוף שמסתו $m = 2kg$ מונח על משטח אופקי מחוספס. מקדם החיכוך הקינטי בין הגוף לבין המשטח הוא $\mu = 0.2$.

מגדירים ציר מקום, x, שראשיתו $x_0 = 0$ במיקום שבו הגוף מונח, וכיוונו החיובי ימינה (ראו תרשים א).

מפעילים על הגוף כוח אופקי F שכיוונו ימינה והגוף מתחיל לנוע על המשטח. כאשר הגוף מגיע לנקודה A ששיעורה $x_A = 5m$, הכוח F מפסיק לפעול.

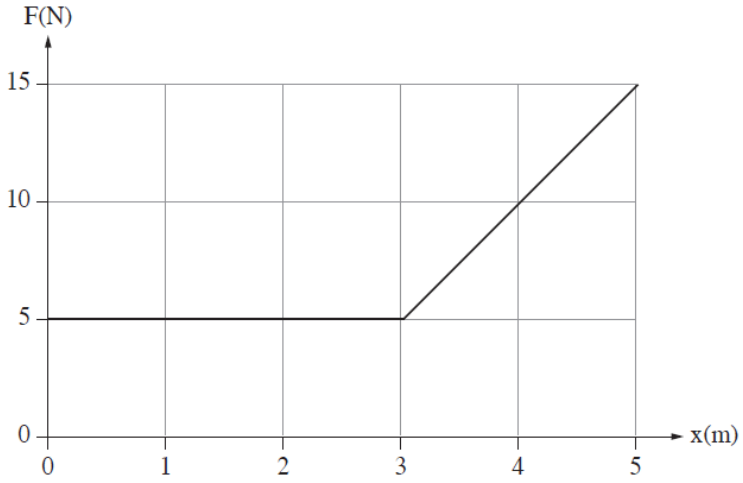
מן הנקודה A הגוף ממשיך לנוע על המשטח עד שהוא נעצר בנקודה B. נסמן ב־ x_B את המיקום של הנקודה B.

שימו לב: תרשים א אינו בקנה מידה.



תרשים א

בגרף שבתרשים ב מוצג גודלו של הכוח F כפונקצייה של מיקום הגוף.



תרשים ב

א. קבעו מהו הגודל הפיזיקלי שמבטא השטח הכלוא בין הגרף לבין ציר המקום (x) כאשר הכוח F פועל, וחשבו את גודלו של השטח הכלוא. (6 נקודות)

ב. חשבו את עבודת כוח החיכוך מתחילת תנועתו של הגוף עד להגעתו לנקודה A. (8 נקודות)

ג. חשבו את מהירות הגוף בחולפו בנקודה A. (8 נקודות)

ד. חשבו את x_B, שיעור הנקודה B שבה נעצר הגוף. (7 נקודות)

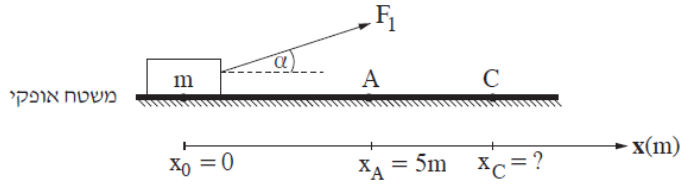
במקרה אחר, מפעילים על הגוף כוח F_1 שאינו אופקי, אלא מוטה בזווית α כלפי מעלה (ראו תרשים ג), כך שהגוף אינו מתנתק מן המשטח במהלך תנועתו.

הגרף שבתרשים ב מתאר גם את גודל הרכיב האופקי של הכוח F_1 כפונקצייה של מיקום הגוף.

בהשפעת הכוח F_1 הגוף מתחיל לנוע על המשטח מן הנקודה $x_0 = 0$. כאשר הגוף מגיע לנקודה A הכוח F_1 מפסיק לפעול.

מן הנקודה A הגוף ממשיך לנוע על המשטח עד שהוא נעצר בנקודה C. נסמן ב־ x_C את המיקום של הנקודה C.

שימו לב: תרשים ג אינו בקנה מידה.



תרשים ג

ה. לפניכם ארבעה ביטויים, 1–4. קבעו מהו הביטוי הנכון. נמקו את קביעתכם.

1. $x_C < x_B$
2. $x_C = x_B$
3. $x_C > x_B$
4. אי אפשר לקבוע את הקשר בין x_B לבין x_C ללא מידע נוסף.

($4\frac{1}{3}$ נקודות)

33) דוגמה 1

מכונית מתחילה לנסוע ממנוחה ומגיעה למהירות של 100 קמ״ש ב-10 שניות.
מסת המכונית היא 1 טון. הניחו כי אין חיכוך עם האוויר.

א. מהי העבודה שהתבצעה על המכונית?

ב. מהו ההספק של המנוע בהנחה שהוא קבוע ומנוצל במלואו (הנחה לא נכונה)?

34) דוגמה 2

אופנוע נוסע במהירות קבועה של 100 קמ״ש.
כנגדו פועל כוח ההתנגדות מהאוויר של 300 ניוטון.
מהו ההספק של המנוע, אם נניח שההספק מנוצל במלואו?

35) רכבת צעצוע חשמלית

רכבת צעצוע חשמלית מורכבת מ 10 קרונות. הקרון הראשון והשני מכילים מנוע חשמלי ושוקלים 2 ק״ג כל אחד. שאר הקרונות עמוסים בצעצועים ושוקלים 3 ק״ג כל אחד. כל אחד מן המנועים מייצר הספק קבוע של $0.2KW$.

א. כמה זמן ייקח לרכבת להגיע למהירות של 10 מטר לשנייה, אם התחילה לנוע ממנוחה?

ב. מהי האנרגיה הקינטית של הקרון הראשון ומהי האנרגיה הקינטית של הקרון השני, כאשר הרכבת נעה במהירות שחישבת בסעיף א׳?

ג. חשב את העבודה שביצע הכוח שפעל בחיבור בין הקרון הראשון לשני על הקרון השני בזמן ההאצה.

ד. חשב את העבודה שביצע הכוח שפעל בחיבור בין הקרון השני לשלישי על הקרון השלישי בזמן ההאצה.

ה. הרכבת מגיעה לעלייה עם שיפוע של 2 מעלות,
מה צריך להיות הספק המנועים (בהנחה שהם שווים),
על מנת שהרכבת תישאר במהירות קבועה של 10 מטר לשנייה?

תשובות סופיות:

1) א. $W=10$. ב. $W=5\cdot\sqrt{3}$. ג. $W=5\cdot\sqrt{3}$.

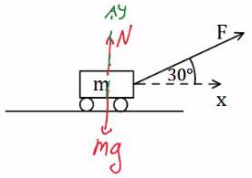
2) א. $W=0$. ב. $W\approx -8.66$. ג. $W\approx -8.66J$.

3) א. $W_g=240J$. ב. $W_g=mgh$.

4) א. $W_N=0$. ב. $W_g=100J$. ג. $W_{fk}=-16.79J$.

5) א. $W=4J$. ב. $W=-6J$.

6) א. שרטוט:



ב. $W_N=0=W_g$, $W_F\approx 216.51J$. ג. $v_F\approx 12.01\frac{m}{sec}$.

7) א. $W_{fk}=-16.79$, $W_g=100J$, $W_N=0$. ב. $v_F\approx 9.12\frac{m}{sec}$.

8) $v_p\approx 10.33\frac{m}{sec}$.

9) $v_C\approx 15\frac{m}{sec}$, $v_B\approx 20.62\frac{m}{sec}=v_E=v_D$.

10) א. $h_{max}=20m$. ב. $v_F=\pm v_0$.

11) $V_F\approx 5.48\frac{m}{sec}$.

12) א. $W_F=mgH$. ב. $v_D=\sqrt{2g(H-1.87R)}$, $v_C=\sqrt{2g(H-2R)}$.

13) א. $v_F=10\frac{m}{sec}$. ב. $v_F\approx 8.08\frac{m}{sec}$. ג. $v_F\approx 19.11\frac{m}{sec}$.

14) א. $W_T=0$. ב. $v_F\approx 1.55\frac{m}{sec}$. ג. $v_F\approx 1.03\frac{m}{sec}$. ד. $\theta_{max}=40°$.

15) א. i. $20cm$. ii. $\theta_{max}\approx 71°$. ב. $v_0=\sqrt{44}\frac{m}{sec}$. ג. .

$v_f=\sqrt{44}\frac{m}{sec}$

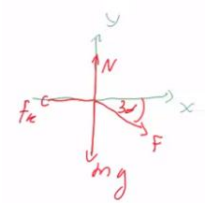
16) $-132.5J$.

17) $Q=275J$.

18) א. $v_F\approx 4.95\frac{m}{sec}$. ב. $\Delta x\approx 35.4cm$. ג. $v\approx 4.72\frac{m}{sec}$, $\Delta x\approx 33cm$.

19) א. $v_F=4.24\frac{m}{sec}$. ב. $\Delta x_{max}=3cm$. ג. $h_F=h_i$.

20) א. שרטוט: ב. $W_{Fk}=-200J$, $W_F\approx 690J$.



ג. $\sum F\approx 250N$, $W_{\sum F}\approx 490J$. ד. $v_F=3.5\frac{m}{sec}$.

ה. $v_F=3.5\frac{m}{sec}$, $a\approx 3\frac{m}{sec^2}$.

21) $\theta_{max}=65.53°$.

22) א. הכיווץ: $x=6.18cm$, הגובה: $h_F=1m$.

ב. הכיווץ: $\Delta x=5.6cm$, הגובה: $h_F=0.999m$.

23) א. $v_{m_1}\approx 3.65\frac{m}{sec}$. ב. $v=\sqrt{\frac{40}{3}-\frac{20}{3}h}$. ג. $v=\sqrt{8}\frac{m}{sec}$. ד. $Q=16J$.

24) $v=\sqrt{\frac{2(m_1-m_2)gh}{m_1+m_2}}$.

25) א. $v=\sqrt{6\Delta x}$. ב. $v=\sqrt{4.8\Delta x}$.

26) א. $h_{min}=\frac{\frac{1}{2}(m_1+m_2)v_0^2+(m_1-m_2)gh}{(m_1-m_2)g}$. ב. $|v_p|=|v_i|=|v_0|$.

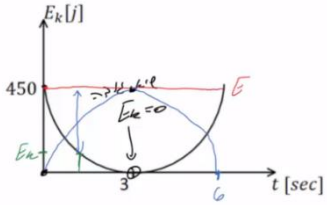
27) א. $x_0=2m$. ב. $v\approx 2.58\frac{m}{sec}$. ג. $\Delta x_{max}=4m$.

28) א. $v(x=18)=3\frac{m}{sec}$. ב. $v(x=6)=4.12\frac{m}{sec}$.

29) א. $v_B=\sqrt{34}\frac{m}{sec}$. ב. $k=6800\frac{N}{m}$. ג. $h_D=1.4m$.

30) א. $t=3sec$, $v_0=30\frac{m}{sec}$. ב. $h=45m$.

ג. שרטוט:



ד. i. $W_g=-450J$ ii. $W_g=-300J$.

31) א. 0.156 ב. $1.12\frac{m}{sec}$.

32) א. בגרף של כוח כתלות במיקום השטח מתחת לגרף שווה לעבודה שמבצע הכוח. $35\ J$

ב. $-20\ J$ ג. $3.87\ {}^{m}/_{S}$ ד. $8.75\ m$

ה. ביטוי 3 הוא הנכון. הרכיב האנכי של הכוח מקטין את הנורמל ולכן גם את החיכוך בקטע הראשון, מכאן שהמהירות בנקודה A תהיה גבוהה יותר ומרחק העצירה יהיה גדול יותר בחלק השני.

33) א. $\Delta E_k \approx 385,800J = W_{\sum \vec{F}}$. ב. $p = 51.7HP$.

34) $p = 11.18HP$.

35) א. $\Delta t = 3.5\sec$. ב. $E_{k_1=100J} = E_{k_2}$. ג. $W_{1\to 2} = 600J$.

ד. $W_{3\to 2} = 1200J$. ה. $p = 97.7W$.

פרק 10

תרגילים לחזרה עד עבודה ואנרגיה כולל

תרגילים לחזרה עד עבודה ואנרגיה כולל 90

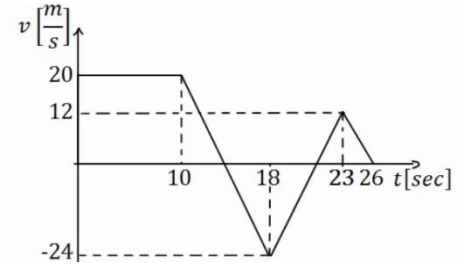
תרגילים לחזרה עד עבודה ואנרגיה כולל:

שאלות:

1) תנועה בקו ישר – שאלה עם גרף

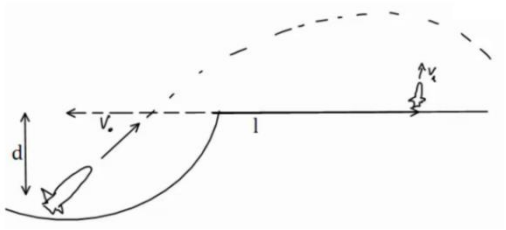
גוף נע לאורך ציר ה- x כך שמהירותו לפי הזמן נתונה בגרף הבא.
הנח שהגוף מתחיל תנועתו מ- $x=0$.

א. מצא את תאוצת הגוף בזמנים: $t=2\ ,\ 12\ ,\ 17\ ,\ 20\ ,\ 24$.



ב. שרטט גרף של תאוצת הגוף כתלות בזמן.
ג. מתי העתק הגוף מקסימלי? ומהו גודלו?
ד. באיזה מהירות קבועה צריך גוף אחר לנוע על מנת שיעשה את אותו ההעתק הכולל באותו זמן (26 שניות) כמו הגוף הנ"ל?
ה. רשום משוואת מהירות-זמן עבור הגוף.
ו. רשום משוואת מיקום-זמן עבור הגוף.
ז. שרטט גרף מקום-זמן עבור הגוף.

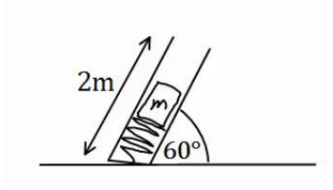
2) תנועה במישור – רקטה ממסתור



רקטה יוצאת מנקודת מסתור במהירות v_0 ובזווית θ ביחס לאופק.
גובה המסתור הוא d מטרים מתחת לקרקע.
במרחק אופקי I מנקודת הירי של הרקטה, יוצאת רקטה נוספת במהירות v_1 כלפי מעלה.
התייחס לפרמטרים בגוף השאלה כנתונים.

א. מהו גובה הרקטה הראשונה כאשר היא חולפת מעל הרקטה השנייה.
ב. מתי יש לירות את הרקטה השנייה על מנת שתפגע ברקטה הראשונה
(מספיק להגיע למשוואה ריבועית עם המשתנה והפרמטרים הנתונים).

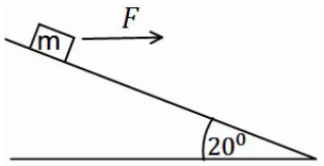
3) אנרגיות וזריקה משופעת – בוכנה עם קפיץ



מכניסים מסה 4kg לתוך בוכנה המכילה קפיץ רפוי.
אורכו הרפוי של הקפיץ הוא כאורך הבוכנה 2m.
הבוכנה נמצאת בזווית 60 מעלות ביחס לקרקע.
לוחצים את המסה לתוך הבוכנה כך שהקפיץ מתכווץ 1 מטר ומשחררים.
קבוע הקפיץ הוא: $k=200\frac{\text{N}}{\text{m}}$.

א. מהי מהירות המסה ביציאה מהבוכנה?
ב. מהו הגובה המקסימלי אליו תגיע המסה?
ג. מהו המרחק מתחתית הבוכנה בו תפגע המסה בקרקע?
ד. מהי מהירות המסה בפגיעה, גודל וכיוון?

4) כוח מושך במורד מדרון

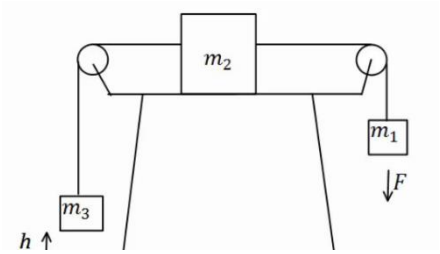


כוח אופקי: $F=30N$ מושך מסה: $M=4kg$
במורד מדרון משופע.זווית השיפוע היא $20°$.
בין המדרון למסה קיים חיכוך קינטי ומקדם החיכוך הוא: $\mu_k=0.2$.

א. האם המסה מתנתקת מהמדרון?
ב. מהי עבודת הכוח F אם הגוף נע 3 מטרים במורד המדרון?
ג. מהי עבודת כוח הכובד באותה הדרך?
ד. מהי עבודת החיכוך?
ה. מהי עבודת הנורמל?
ו. מהו השינוי באנרגיה הקינטית של הגוף?
ז. מהי מהירות הגוף בסוף הקטע אם התחיל תנועתו ממהירות של 2 מטרים לשניה?

5) חוק שני וחום – בלאגן שלם

במערכת הבאה גדלי המסות הן: $m_1=1kg, m_2=2kg, m_3=3kg$ ברגע $t=0$.
המערכת נמצאת במנוחה והגובה של m_3 מעל הקרקע הוא: $h=50cm$.
באותו הרגע פועל כוח: $F=32N$ על m_1 במשך 2 שניות.
הנח ש-m_2 לא פוגעת באף גלגלת במהלך התנועה ו-m_1 לא פוגעת בקרקע.
בין m_2 למשטח יש חיכוך ומקדם החיכוך הוא: $\mu_k=0.2$.

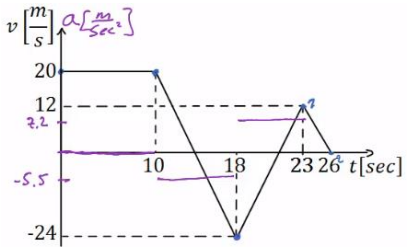


א. מהי תאוצת המערכת?
ב. מהו הגובה המקסימלי אליו מגיעה m_3?
ג. מתי תפגע m_3 ברצפה?
ד. כמה חום נוצר במהלך כל התנועה?

תשובות סופיות:

1) א. $a(t=2)=0$, $a(t=12)=a(t=17)=-5.5$, $a(t=20)=7.2$, $a(t=24)=-4\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$.

ב. שרטוט:



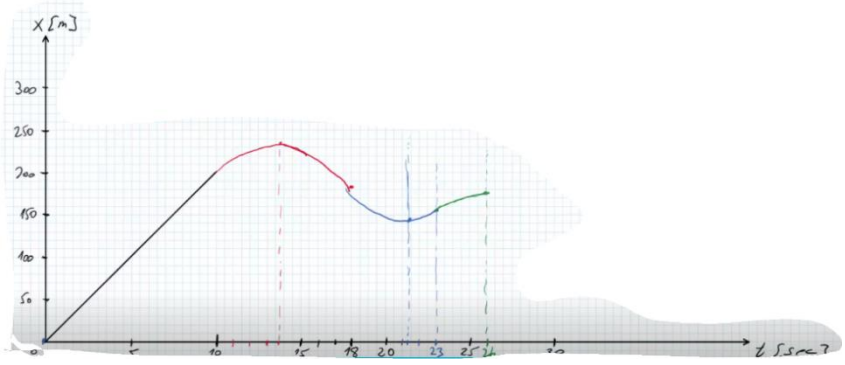
ג. בזמן: $t\approx 13.64$, הגודל: $\Delta x_{\max}=236.4\text{m}$.

ד. $\bar{v}\approx 6.62\frac{\text{m}}{\text{sec}}$.

ה. $v(t)=\begin{cases}20 & 0<t<10\\ 20-5.5(t-10) & 10<t<18\\ -24+7.2(t-18) & 18<t<23\\ 12-4(t-23) & 23<t<26\end{cases}$.

ו. $x(t)=\begin{cases}20t & 0<t<10\\ 200+20(t-10)+\frac{1}{2}(-5.5)(t-10)^2 & 10<t<18\\ 184+(-24)(t-18)+\frac{1}{2}7.2(t-18)^2 & 18<t<23\\ 154+12(t-23)+\frac{1}{2}(-4)(t-23)^2 & 23<t<26\end{cases}$.

ז. שרטוט:



2) א. $h=-d+v_0\sin\theta\cdot\frac{l}{v_0\cos\theta}-\frac{9}{2}-\left(\frac{l}{v_0\cos\theta}\right)^2$.

ב. $h=v_1(t_1-t_0)-\frac{9}{2}(t_1-t_0)^2$.

3) א. $v \approx 5.72 \frac{m}{sec}$. ב. $y \approx 2.96m$. ג. $x(t=1.26) \approx 4.6m$.

ד. מהירות: $v_y(t=1.26) = -7.65 \frac{m}{sec}$, גודל: $|\bar{v}| \approx 8.17 \frac{m}{sec}$, כיוון: $\theta = 69.5°$.

4) א. לא. ב. $W_F = 84.57J$. ג. $W_g = 41.04$. ד. $W_{fk} \approx -16.4J$.

ה. $W_N = 0$. ו. $\Delta E_k = 109.21J$. ז. $v \approx 7.66 \frac{m}{sec}$.

5) א. $a = \frac{4}{3} \frac{m}{sec^2}$. ב. $h_{max} \approx 4.06m$. ג. $t = 4.41sec$. ד. $Q = 30.44J$.

פרק 11

תנועה מעגלית-לפי המיקוד של 2026 לא תהיה שאלה עם כביש נטוי

תנועה מעגלית 94

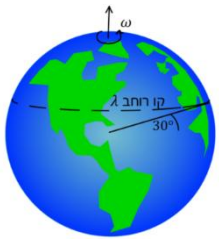
תנועה מעגלית:

שאלות:

1) חישוב מהירות זוויתית של מחוגי שעון

חשב את המהירות הזוויתית של מחוג השניות, מחוג הדקות ומחוג השעות בשעון מחוגים.

2) חישוב מהירות זוויתית של כדור הארץ



א. חשב את המהירות הזוויתית של סיבוב כדור הארץ סביב עצמו.

ב. מהי המהירות הקווית של אדם הנמצא בקו המשווה, אם רדיוס כדור הארץ הוא בערך 6,400 ק"מ?

ג. מהי המהירות הקווית של אדם הנמצא בקו רוחב $\lambda = 30°$?

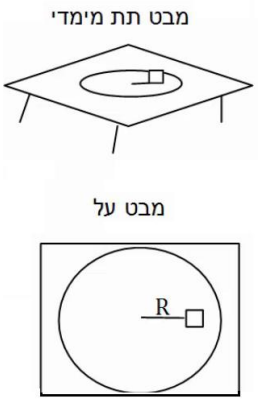
3) אבן קשורה לחוט

אבן קשורה לחוט באורך : $l = 1.5\text{m}$ ומסתובבת במעגל אופקי עם מהירות זוויתית של : $\omega = 3\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$. התעלם מכוח הכובד. $m = 2\text{kg}$.

א. מהי המהירות הקווית של האבן?

ב. מהי המתיחות בחוט?

4) מסה על דיסק



מסה M מונחת על דיסק החופשי להסתובב מעל שולחן אופקי. המסה נמצאת במרחק R ממרכז הדיסק, ובין המסה למשטח יש חיכוך. מסובבים את הדיסק במהירות זוויתית ω ונתון כי המסה אינה זזה ביחס לדיסק.

א. האם החיכוך בין הדיסק למסה קינטי או סטטי?

ב. מהו גודלו וכיוונו של כוח החיכוך?

ג. מהי המהירות הזוויתית המקסימלית שבה ניתן לסובב את הדיסק ככה שהמסה לא תחליק?

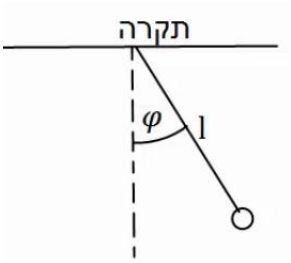
נתון μ_s .

5) גוף מסתובב במהירות קבועה

גוף מסתובב במעגל בעל רדיוס : $R = 3m$ במהירות קבועה : $v = 6\frac{m}{sec}$.

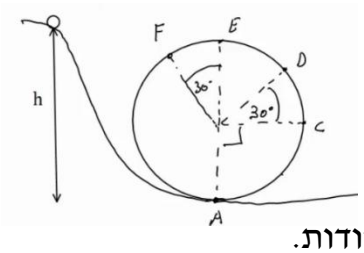
א. מהי המהירות הזוויתית של הגוף?
ב. מהי התדירות וזמן המחזור של הגוף?
ג. כמה זמן לקח לגוף לעשות שניים וחצי סיבובים?

6) מטוטלת אופקית



מטוטלת באורך : $l = 2m$ תלויה מהתקרה ומסתובבת במעגל אופקי. זווית החוט עם האנך לתקרה היא $\varphi = 30°$ והיא קבועה במהלך התנועה.
מצא את זמן המחזור ותדירות הסיבוב של המטוטלת, אם ידוע שהתנועה קצובה.

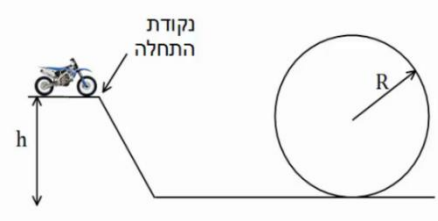
7) כדור בלופ



כדור קטן מאוד מתחיל להתגלגל ממנוחה מגובה $h = 6m$ ונכנס לתוך מעגל אנכי. נתון שהכדור משלים סיבוב ואין חיכוך בינו לבין הרצפה.
רדיוס המעגל הוא : $R = 2m$.

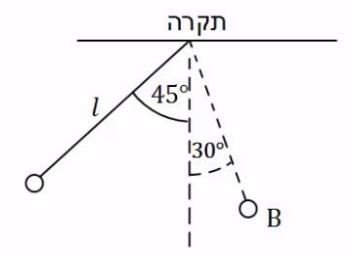
א. מצא את מהירות הכדור בכל הנקודות באיור.
(רמז : שימור אנרגיה).
ב. מצא את התאוצה הרדיאלית של הכדור באותן נקודות.
ג. מצא את התאוצה בכיוון המשיק באותן נקודות.
ד. מצא את גודל התאוצה הכוללת באותן נקודות.

8) רוכב אופנוע במעגל אנכי



רוכב אופנוע מתחיל תנועתו מנקודת ההתחלה שבציור.
מהי המהירות ההתחלתית המינימלית הנדרשת עבור הרוכב, כך שיוכל להשלים את הסיבוב האנכי?
הנח שהרוכב אינו משתמש במנוע לאחר נקודת ההתחלה.
נתון : R , h.

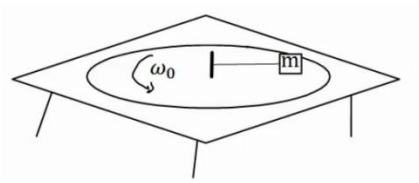
9) כוחות במטוטלת



מטוטלת משוחררת ממנוחה מזווית של 45 מעלות.
אורך החוט הוא l והמסה היא m.

א. מהי מהירות המסה בתחתית המסלול?
ב. מהי המתיחות בחוט ברגע זה?
ג. מהי מהירות המסה בנקודה B הנמצאת בזווית 30 מעלות?
ומהי המתיחות בחוט באותה נקודה?
ד. מהי המתיחות בחוט בשיא הגובה וברגע השחרור?

10) מסה על דיסק קשורה בחוט

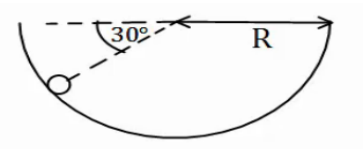


מסה m נמצאת על דיסק המסתובב על גבי שולחן.
המסה קשורה בחוט למוט במרכז השולחן.
המוט מסתובב ביחד עם כל הדיסק.
נתון כי המסה מסתובבת עם הדיסק במהירות זוויתית ω_0.
מהי המתיחות בחוט אם אורכו L?

11) קרוסלה בלונה פארק

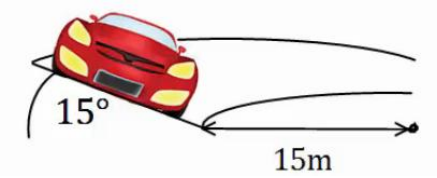
במתקן בלונה פארק ישנה קרוסלה מסתובבת אליה קשורים כבלים עם כסאות, ראה תמונה.
רדיוס "הכתר" הוא: $R = 5m$ אורך כל כבל הוא: $l = 4m$.
הזווית ביחס לאנך לרצפה בה נטוי כל כבל היא 40 מעלות.
כמה זמן לוקח לקרוסלה להשלים סיבוב?
שים לב שרדיוס הכתר הוא לא רדיוס הסיבוב.

12) כדור בקערה כדורית



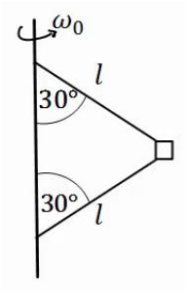
כדור קטן מונח בתוך קערה חצי כדורית בעלת רדיוס R.
מניחים את הכדור בזווית של 30 מעלות ביחס לאופק ונותנים לו מהירות התחלתית לתוך הדף.
מהו גודל המהירות ההתחלתית הדרוש,
כך שהכדור יישאר בתנועה מעגלית בגובה קבוע?

13) מכונית במחלף



מכונית נוסעת על מחלף משופע.
זווית השיפוע של המחלף היא 15 מעלות.
רדיוס הסיבוב של המחלף הוא 15 מטרים.
אם נניח שלמכונית אין חיכוך עם הכביש,
מה המהירות בה צריכה לנסוע המכונית על מנת לא להחליק?

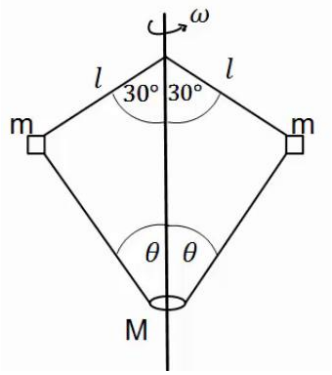
14) מסה קשורה לעמוד מסתובב



בציור הבא מסה m קשורה דרך שני חוטים למוט, המסתובב במהירות זוויתית נתונה ω_0. אורך החוטים זהה ונתון l.
הזווית של החוטים עם המוט היא 30 מעלות.
מהי המתיחות בכל חוט?

15) שתי מסות קשורות למוט מסתובב וחרוז

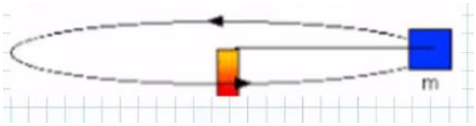
בציור הבא 2 מסות זהות: $m = 200g$ קשורות למוט מסתובב,



באמצעות חוטים באורך: $l = 20cm$.
המסות קשורות גם לחרוז בעל מסה: $M = 0.5kg$,
באמצעות שני חוטים נוספים באורך לא ידוע.
החרוז חופשי לנוע לאורך המוט.
המוט מסתובב במהירות זוויתית: $\omega = 20\frac{rad}{sec}$ וכל המערכת איתו.
הזוויות של החוטים עם המוט נתונות באיור.
מהי המתיחות בכל חוט ומהי הזווית θ?

16) תרגיל מעבדה – תנועה מעגלית

בנו מערכת של עגלה מונחת על תקליט מסתובב.



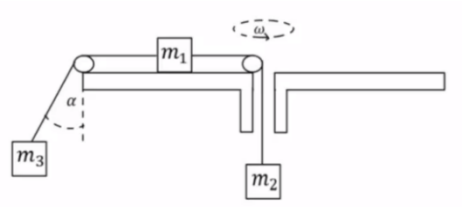
למרכז התקליט חיברו ציר קבוע
ואליו מד כוח שמחובר בחוט לעגלה.
מסת העגלה היא 200 גרם ורדיוס הסיבוב שלה 15 ס"מ.
נתון שהעגלה נעה ללא חיכוך בתנועה מעגלית קצובה.
סובבו את התקליט במהירויות סיבוב שונות ולכל מהירות מדדו את מתיחות החוט T, ואת הזמן שלקח לעגלה להשלים 10 סיבובים מלאים ולחזור לנקודת המוצא שלה. נסמן זמן זה ב- $10t$.
התוצאות מופיעות בטבלה שלפניכם:

$10t\left(\sec\right)$	$\mathrm{T}\left(\mathrm{N}\right)$
15	0.5
14.1	0.61
12.52	0.74
11.4	0.92
10.5	1.1
9.8	1.24

א. הסבירו מדוע מדדו לעגלה פרק זמן של 10 סיבובים ולא של סיבוב בודד.
ב. בעזרת הידע שלכם בנושא החוק השני של ניוטון ותנועה מעגלית קצובה, פתחו ביטוי למתיחות החוט כתלות בזמן סיבוב בודד של העגלה.
ג. האם נצפה לקבל גרף לינארי למתיחות החוט כתלות בזמן מחזור העגלה?
ד. הגדירו משתנה חדש כך שגרף מתחיות החוט כתלות במשתנה זה ייצא לינארי, והוסיפו אותו לטבלה.
ה. שרטטו גרף זה.
ו. בעזרת הגרף ורדיוס הסיבוב הנתון בתחילת השאלה מצאו את מסת העגלה הצפויה מניסוי זה.
ז. מהי השגיאה היחסית במסת העגלה בניסוי זה?
ח. מהם הגורמים לשגיאות ואי הדיוקים בניסוי זה?

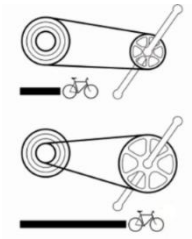
17) מסה על שולחן מסתובב קשורה לשתי מסות

גוף שמסתו: $\mathrm{m}_1=5\mathrm{kg}$ מונח על דיסק חלק המסתובב במהירות זוויתית: $\omega=2\frac{\mathrm{rad}}{\mathrm{sec}}$.
הגוף קשור מצד אחד למסה: $\mathrm{m}_2=3\mathrm{kg}$ באמצעות חוט העובר דרך חור במרכז הדיסק.
מצד שני הגוף קשור למסה: $\mathrm{m}_3=1\mathrm{kg}$ באמצעות חוט היוצא מקצה הדיסק בזווית α, לא ידועה, ביחס לאנך מהדיסק. רדיוס הסיבוב של כל אחד מהגופים קבוע.
נתון כי הרדיוס של m_1 הוא: $\mathrm{R}_1=0.3\mathrm{m}$.



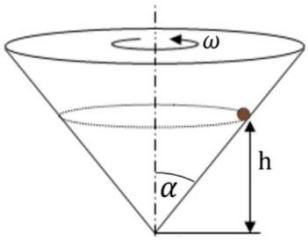
א. ציירו את הכוחות הפועלים על כל גוף בנפרד.
ב. מהי המתיחות בכל חוט?
ג. מהי הזווית α?
ד. מהו R_3?

18) הילוכי אופניים



הילוכים של אופניים מורכבים משני גלגלי שיניים ברדיוסים שונים ושרשרת המקיפה את שני הגלגלים. כאשר השרשרת מתוחה האורך שלה קבוע. מצאו את הקשר בין מהירות הסיבוב של גלגלי השיניים אם הרדיוסים שבהם מקיפה השרשרת כל אחד מהגלגלים ידועים.

19) כדור בחרוט מסתובב

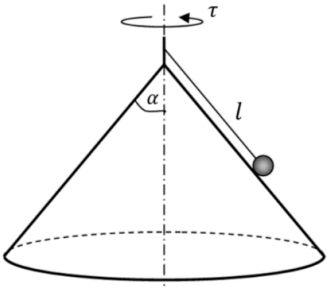


מסובבים חרוט בעל חצי זווית ראש α במהירות זוויתית ω .
כדור קטן מסתובב ביחד עם החרוט בגובה קבוע.

א. הניחו כי אין חיכוך ומצאו מהו הגובה h כתלות ב- α וב- ω?

ב. מהו הכוח השקול הפועל על הכדור?

20) כדור על חרוט הפוך



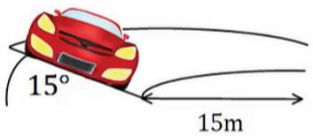
באיור הבא הכדור מחובר באמצעות חוט לציר המחובר לראש החרוט.
מסובבים את החרוט והכדור מסתובב איתו.
נתונים: אורך החוט l, חצי זווית הראש של החרוט α וזמן המחזור של הסיבוב τ.

א. מהי המהירות הקווית של הכדור?

ב. מהי המתיחות בחוט ומהו הנורמל?

ג. באיזו מהירות זוויתית יש לסובב את החרוט על מנת שהכדור יתנתק מן המשטח?

21) מכונית במחלף עם חיכוך*



מכונית נוסעת על מחלף משופע, זווית השיפוע של המחלף היא 15 מעלות ורדיוס הסיבוב הוא 15 מטרים.
מקדם החיכוך הסטטי בין הכביש למכונית הוא 0.3.
מצאו את המהירות המקסימאלית האפשרית עבור המכונית כך שלא תחליק.

הערה: בנסיעה רגילה החיכוך הוא **סטטי** למרות שהמכונית בתנועה, זה קשור לאפקט שנקרא גלגול ללא החלקה שבו נקודת המגע של הגלגל עם הכביש נמצאת במנוחה רגעית בגלל הסיבוב של הגלגל.

22) אופנועים בכדור המוות

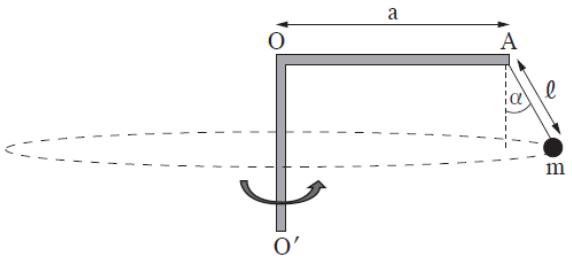
בכדור המוות בקרקס. אופנועים נוסעים במעגל כמעט אופקי.
מהי המהירות המינימלית שהאופנועים צריכים לנסוע בשביל להישאר במעגל האופקי אם רדיוס המעגל הוא 12 מטר ומקדם החיכוך הסטטי בין האופנוע למשטח הוא 0.4?

23) שאלה 4 מבגרות בקיץ 2024

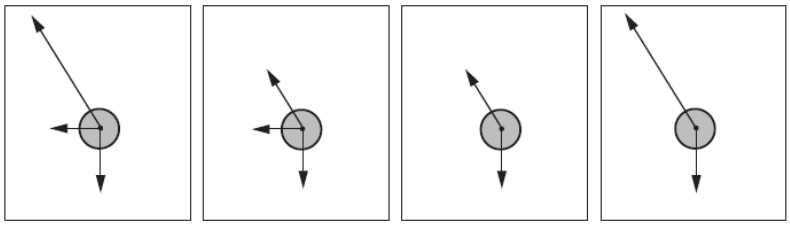
3. באיור שלפניכם מתואר מתקן הבנוי ממוט אופקי AO שאורכו $a = 3m$ המחובר לציר אנכי OO'. בנקודה A של המוט מחובר חוט שבקצהו קשור גוף קטן m.

נתון: $m = 2kg$, אורך החוט הוא $\ell = 1m$. מסת החוט ניתנת להזנחה.

המתקן מסתובב בתדירות קבועה f, והגוף m נע במסלול מעגלי אופקי. במצב זה, הזווית שבין החוט ובין הכיוון האנכי היא $\alpha = 30^o$.



א. לפניכם ארבעה תרשימי כוחות, 1–4. אורכי הווקטורים הם יחסיים (פרופורציונים) לגודלי הכוחות.
קבעו מהו התרשים המתאר באופן הטוב ביותר את הכוחות הפועלים על הגוף m בזמן שהמתקן מסתובב. (5 נקודות)



ב. חשבו את מתיחות החוט בזמן שהמתקן מסתובב. (8 נקודות)

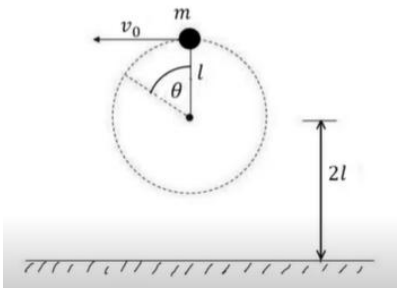
ג. קבעו אם מתיחות החוט כאשר המתקן אינו מסתובב גדולה מן המתיחות שחישבתם בסעיף ב, קטנה ממנה או שווה לה. נמקו את קביעתכם. (8 נקודות)

ד. חשבו את f, תדירות הסיבוב. (8 נקודות)

ה. נתון שהמתיחות המרבית שהחוט יכול לשאת בלי להיקרע היא 45N.
חשבו את תדירות הסיבוב המרבית שבה המתקן יכול להסתובב בלי שהחוט ייקרע. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

24) חוט נקרע במעגל אנכי גבוה*

כדור קטן שמסתו m קשור לקצהו של חוט שאורכו l.
הכדור מסתובב במעגל אנכי שמרכזו בגובה 2l מעל הרצפה.
כאשר החוט מתוח והכדור נמצא אנכית מעל ציר סיבוב מעניקים לו מהירות אופקית v_0.



א. מה המהירות המינימלית v_0 הנדרשת כדי שהכדור יבצע תנועה מעגלית שלמה?

ב. מעניקים לכדור מהירות התחלתית: $v_0 = 1.5\sqrt{gl}$
אם החוט נקרע ברגע שמתיחותו עולה על 5.25mg
מצאו את הזווית θ שבה יקרע החוט.

ג. מה מהירות הכדור ברגע שהחוט נקרע, אם נתון ש: $l = 2m$?

ד. תוך כמה זמן מרגע קריעת החוט יפגע הכדור ברצפה?

תשובות סופיות:

1) מחוג שניות: $0.105\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$, מחוג דקות: $1.75\cdot10^{-3}\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$, מחוג שעות: $7.27\cdot10^{-5}\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$.

2) א. $7.27\cdot10^{-5}\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$. ב. $465\frac{\text{m}}{\text{sec}}$. ג. $400\frac{\text{m}}{\text{sec}}$.

3) א. $\left|\vec{v}\right|=\omega R=4.5\frac{\text{m}}{\text{sec}}$. ב. $T\approx27\text{N}$.

4) א. סטטי. ב. $f_s=M\omega^2R$. ג. $\omega_{\max}=\sqrt{\frac{\mu_s g}{R}}$.

5) א. $\omega=2\cdot\frac{1}{\text{sec}}$. ב. תדירות: $f\approx0.32\cdot\frac{1}{\text{sec}}$, זמן מחזור: $T=\pi\,\text{sec}$.
ג. $t\approx7.85\,\text{sec}$.

6) תדירות: $f\approx0.382\frac{1}{\text{sec}}$, זמן מחזור: $T=2.61\text{sec}$.

7) א. $v_F\approx6.73\frac{\text{m}}{\text{sec}}$, $v_E\approx6.32\frac{\text{m}}{\text{sec}}$, $v_D\approx7.975\frac{\text{m}}{\text{sec}}$, $v_C\approx8.94\frac{\text{m}}{\text{sec}}$, $v_A\approx10.95\frac{\text{m}}{\text{sec}}$.
ב. $a_{r_B}=40\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$, $a_{r_A}=60\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$ וכו', לפי הנוסחה $a_r=\frac{v^2}{R}$.
ג. $a_{\theta_F}=5\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$, $a_{\theta_E}=0$, $a_{\theta_D}=-10\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$, $a_{\theta_C}=-g$, $a_{\theta_A}=0$.
ד. $|\vec{a}|=\sqrt{a_x^2+a_y^2}=\sqrt{a_r^2+a_\theta^2}$.

8) $v_{\min}=\sqrt{gR}$.

9) א. $v=\sqrt{0.58gl}$. ב. $T=1.58mg$. ג. $T_B=1.19mg$, $v_B=\sqrt{0.32gl}$.
ד. $T=\frac{1}{\sqrt{2}}mg$.

10) $T=m\omega_0^2L$.

11) $t\approx5.98\,\text{sec}$.

12) $v_0=\sqrt{\frac{3}{2}Rg}$.

13) $v\approx6.34\frac{\text{m}}{\text{sec}}$.

14) $T_2=\frac{1}{2}\left(m\omega_0^2l-\frac{2}{\sqrt{3}}mg\right)$, $T_1=\frac{1}{2}m\omega_0^2l+\frac{1}{\sqrt{3}}mg$.

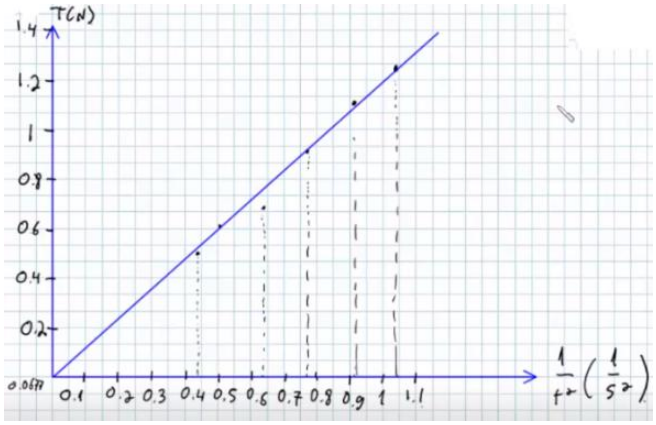
15) $\theta\approx65.16°$, $T_2\approx5.95\text{N}$, $T_1\approx5.2\text{N}$.

16) א. ראה סרטון. ב. $T = 4\pi^2 m \cdot r \cdot \frac{1}{t^2}$. ג. לא.

ד.

$\frac{1}{t^2}\left(\frac{1}{S^2}\right)$
0.444
0.503
0.638
0.769
0.907
1.04

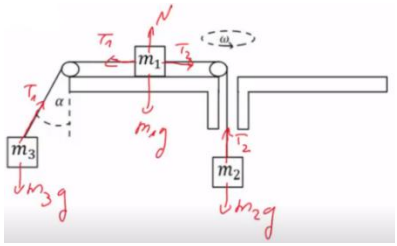
ה. שרטוט:



ו. $m = 203gr$. ז. 1.5%.

ח. שגיאה במדידת הזמן (סטופר שאדם עוצר) , חיכוך בין העגלה לתקליט , התקליט לא אופקי לגמרי.

17) א. שרטוט:



ב. $T_1 = 24N$, $T_2 = 30N$.

ג. $\alpha \approx 65°$. ד. $R_3 \approx 5.5m$.

18) $\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r_1}$

19) א. $h = \frac{g}{\omega^2 \tan^2 \alpha}$ ב. $\sum F = \frac{g}{tan\ \alpha}$ למרכז המעגל

20) א. $V = \frac{2\pi}{\tau} l \sin\alpha$ ב. $N = mg\sin\alpha - m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 l \sin\alpha\cos\alpha$,

$T = mg\cos\alpha + m\omega^2 a \sin\alpha$ ג. $\sqrt{\frac{g}{l\cos\alpha}}$

21) $9.6\frac{m}{sec}$

22) $17.3\frac{m}{\sec}$

23) א. תרשים 2 ב. $23.09\ N$

ג. במצב מנוחה הרכיב האופקי של המתיחות מתאפס והרכיב האנכי אינו משתנה (שווה לכוח הכובד) לכן המתיחות הכוללת תהיה קטנה מהמצב בו המתקן מסתובב

ד. $0.204\ Hz$ ה. $0.362\ Hz$

24) א. $v_{min} = \sqrt{gl}$ ב. $\theta \approx 110°$. ג. $v \approx 10\frac{m}{sec}$.

ד. $t \approx 0.3\,sec$.

פרק 12

מתקף ותנע- לפי המיקוד של 2026 לא תהיה שאלה על מתקף אבל עדיין רצוי להבין את המושג

מתקף ותנע 105

מתקף ותנע:

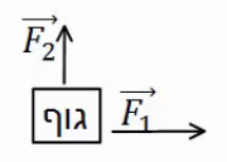
שאלות:

1) שחקן בועט בכדור

שחקן כדורגל בועט בכדור, הכוח הממוצע שמפעיל השחקן הוא 100 ניוטון בכיוון ציר ה- x. זמן המגע של השחקן עם הכדור הוא 0.2 שניות.
חשב את המתקף שהפעיל השחקן על הכדור.

2) חישוב מתקף כולל

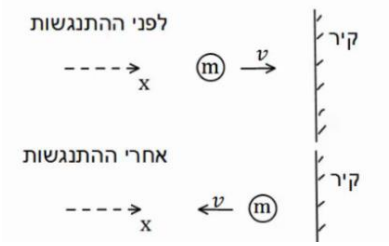
בציור הבא נתון גוף שפועלים עליו שני כוחות: $\vec{F}_1 = 2\hat{x}$, $\vec{F}_2 = 3\hat{y}$.
זמן הפעולה של שני הכוחות הוא: $\Delta t = 0.5\,\text{sec}$.



א. חשב את המתקף של כל כוח בנפרד.
ב. מצא את וקטור המתקף הכולל. מהו גודלו וכיוונו?
ג. חשב את שקול הכוחות הפועל על הגוף ומצא באמצעות שקול הכוחות את גודל המתקף הכולל.

3) כדור מתנגש בקיר

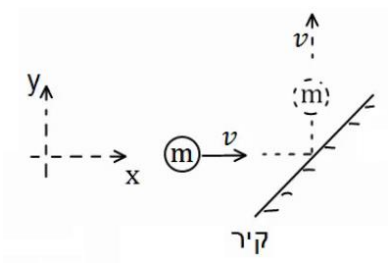
כדור בעל מסה: $m = 0.5\text{kg}$ נע במהירות: $v = 5\frac{\text{m}}{\text{sec}}$ בכיוון ציר ה- x.
ברגע מסוים הכדור מתנגש בקיר וחוזר חזרה באותה מהירות.
התעלם מכוח הכובד.



א. מהו התנע של הכדור לפני ההתנגשות?
ב. מהו התנע של הכדור לאחר ההתנגשות?
ג. מהו השינוי בתנע?
ד. מהו המתקף שהפעיל הקיר על הכדור?
ה. מהו הכוח הנורמלי הממוצע שהפעיל הקיר על הכדור, אם משך זמן ההתנגשות היה 0.2 שניה.

4) כדור מתנגש בקיר משופע

כדור בעל מסה: $m = 0.2\text{kg}$ נע במהירות: $v = 3\frac{\text{m}}{\text{sec}}$ בכיוון ציר ה- x.
ברגע מסוים הכדור מתנגש בקיר משופע. לאחר ההתנגשות הכדור נע בכיוון החיובי של ציר ה- y באותו גודל של מהירות. התעלם מכוח הכובד.



א. מהו התנע של הכדור לפני ההתנגשות?
ב. מהו התנע של הכדור לאחר ההתנגשות?
ג. מהו השינוי בתנע?
ד. מהו המתקף שהפעיל הקיר על הכדור?
ה. מהו הכוח הנורמלי הממוצע שהפעיל הקיר על הכדור, אם משך זמן ההתנגשות היה 0.1 שנייה?

5) כדור מתנגש בכדור במנוחה

כדור 1 בעל מסה: $m_1 = 2kg$ נע במהירות: $v_1 = 20\frac{m}{sec}$

בכיוון ציר ה-x.

ברגע מסוים הכדור פוגע בכדור 2 הנמצא במנוחה.

מסת הכדור השני היא: $m_2 = 3kg$.

לאחר הפגיעה, כדור 1 ממשיך במהירות: $u_1 = 5\frac{m}{sec}$, בכיוון החיובי של ציר ה-x.

א. מהו התנע הכולל לפני ההתנגשות?

ב. השתמש בחוק שימור התנע ומצא את מהירותו של כדור 2 לאחר ההתנגשות.

ג. מהו המתקף שפעל על כדור 1?

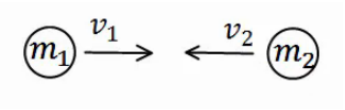
ד. מהו המתקף שפעל על כדור 2?

ה. מהו המתקף שפעל על כל המערכת?

6) שני כדורים נעים אחד כלפי השני

שני כדורים נעים אחד כלפי השני ומתנגשים ברגע מסוים.

מסות הכדורים והמהירות שלהם לפני ההתנגשות



הן: $m_1 = 4kg$, $m_2 = 3kg$, $v_1 = 10\frac{m}{sec}$, $v_2 = 15\frac{m}{sec}$.

מהירותו של כדור 2 לאחר ההתנגשות היא: $u_2 = 12\frac{m}{sec}$, בכיוון הפוך למהירותו לפני ההתנגשות. הנח שההתנגשות היא מצחית (כלומר, שהכדורים נשארים על אותו ציר לאחר ההתנגשות).

א. מהו התנע הכולל לפני ההתנגשות?

ב. השתמש בחוק שימור התנע ומצא את מהירותו של כדור 1 לאחר ההתנגשות.

ג. מהו המתקף שפעל על כדור 1?

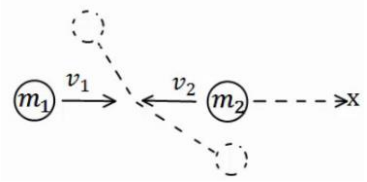
ד. מהו המתקף שפעל על כדור 2?

ה. מהו המתקף שפעל על כל המערכת?

7) התנגשות דו-מימדית

שני כדורים נעים אחד כלפי השני על ציר ה-x.

מהירויות הכדורים ומסותיהן



הן: $m_1 = 3kg, m_2 = 4kg$, $v_1 = 10\frac{m}{sec}\hat{x}, v_2 = -5\frac{m}{sec}\hat{x}$.

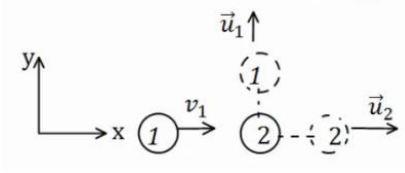
הכדורים מתנגשים ולאחר ההתנגשות כדור אחד נע בזווית של 30 מעלות מתחת לציר ה-x וכדור 2 נע בזווית של 120 מעלות עם ציר ה-x החיובי.

א. מצא את גודל מהירויות הכדורים לאחר ההתנגשות.

ב. מה המתקף שפעל על כל כדור?

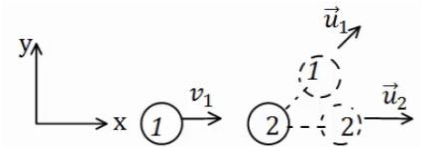
8) איזה התנגשות אפשרית

כדור מספר 1 נע במהירות חיובית על ציר ה- x .
ברגע מסוים הוא מתנגש בכדור מספר 2 הנמצא במנוחה.
נתון כי לאחר ההתנגשות מהירותו של כדור 2
היא בכיוון ציר ה- x .



א. האם יתכן כי מהירותו של כדור 1
לאחר ההתנגשות היא רק בכיוון ציר ה- y ?

ב. האם יתכן כי מהירותו לאחר ההתנגשות
היא בזווית של 30 מעלות עם ציר ה- x ?



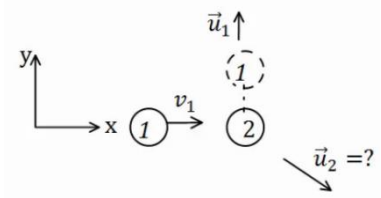
ג. האם יתכן שכדור מספר 1 נע בכיוון החיובי
של ציר ה- x לאחר ההתנגשות?

ד. האם יתכן כדור מספר 1 נע בכיוון השלילי של
ציר ה- x לאחר ההתנגשות?

ה. האם יתכן ששני הכדורים נעים בכיוון השלילי
של ציר ה- x לאחר ההתנגשות?

9) מציאת המהירות של כדור 2

כדור מספר 1 נע בכיוון החיובי של ציר ה- x.



מסתו היא: $m_1 = 3kg$ ומהירותו היא: $v_1 = 12\frac{m}{sec}\hat{x}$.

הכדור פוגע בכדור מספר 2 שמסתו היא: $m_2 = 4kg$
הנמצא במנוחה.

מהירותו של כדור 1 לאחר ההתנגשות היא: $u_1 = 8\frac{m}{sec}$

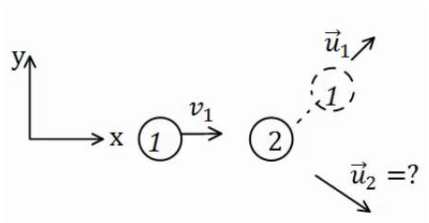
(בכיוון ציר ה- y החיובי בלבד).

א. מצא את וקטור המהירות של כדור 2 לאחר ההתנגשות.

ב. מהו גודלה של המהירות ומהו כיוונה?

10) התנגשות אלסטית

כדור בעל מסה: $m_1 = 2kg$ פוגע בכדור שני
הנמצא במנוחה. מהירותו של הכדור הראשון
לפני ההתנגשות היא: $v_1 = 20\frac{m}{sec}$.



נתון כי מהירותו של הכדור הראשון לאחר
ההתנגשות היא: $u_1 = 10\frac{m}{sec}$ בזווית של 45 מעלות ביחס לכיוון פגיעתו.
מצא את מהירות הכדור השני ומסתו, אם ידוע שההתנגשות היא אלסטית.

11) התנגשות אלסטית מצחית

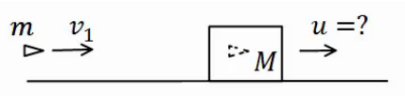
גוף בעל מסה: $m_1 = 5kg$ נע על ציר ה-x ומתנגש בגוף אחר בעל מסה: $m_2 = 8kg$, הנע על ציר ה-x גם כן.

מהירויות הגופים לפני ההתנגשות הן: $v_2 = 5\frac{m}{sec}\hat{x}$, $v_1 = 20\frac{m}{sec}\hat{x}$, בהתאמה.

ידוע שההתנגשות היא פלסטית ומצחית.

מצא את מהירויות הגופים לאחר ההתנגשות.

12) קליע נתקע בבול עץ



קליע נע במהירות: $v_1 = 100\frac{m}{sec}$ לעבר בול עץ הנמצא במנוחה. הקליע חודר לבול העץ ונתקע בתוכו.

מסת הקליע היא: $m = 20gr$ ומסת בול העץ היא: $M = 5kg$.

מצא את המהירות המשותפת של הגופים לאחר הפגיעה.

13) קליע נורה מרובה

כדור נורה מרובה הנמצא במנוחה. מהירות הכדור לאחר הירי היא: $u_1 = 100\frac{m}{sec}$, ומסת הכדור היא: $m = 20gr$.

מהי מהירות הרובה, אם מסת הרובה היא: $M = 3kg$?

14) טיל מתפרק

טיל טס באוויר במהירות: $v = 540\frac{km}{hr}$ בקו ישר, מסת הטיל היא: $M = 50kg$.

ברגע מסוים הטיל מתפוצץ לשני חלקים. מסת החלק הראשון היא: $m_1 = 20kg$.

מצא את מהירות החלק השני במקרים הבאים:

א. מהירות החלק הראשון היא: $u_1 = 72\frac{km}{hr}$ בכיוון הפוך לכיוון אליו נע הטיל לפני הפיצוץ.

ב. מהירות החלק הראשון היא: $u_1 = 360\frac{km}{hr}$ בכיוון 30 מעלות מתחת לכיוון אליו עף הטיל לפני הפיצוץ.

15) פגיעה כפולה

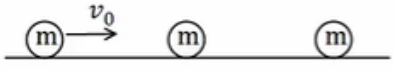
שלושה כדורים זהים נמצאים על מישור אופקי חלק.

הכדור השמאלי נע במהירות v_0 כלפי הכדור האמצעי.

מצא את מהירויות כל אחד מהגופים לאחר כל ההתנגשויות אם:

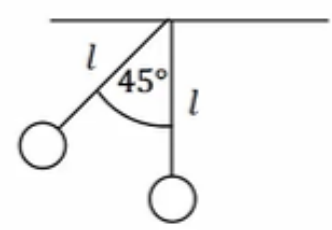
א. כל ההתנגשויות הן אלסטיות מצחיות.

ב. כל ההתנגשויות הן פלסטיות.



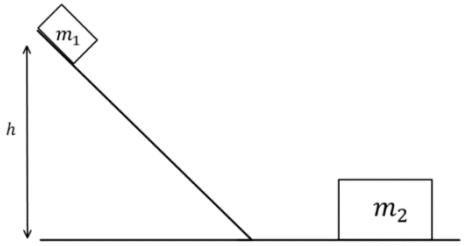
16) מטוטלת פוגעת במטוטלת

שני כדורים זהים תלויים באמצעות חוטים בעלי אורך זהה l.
מסיתים את הכדור השמאלי בזווית של 45 מעלות
ומשחררים אותו ממנוחה.



א. מהי מהירותו רגע לפני הפגיעה בכדור הימני?
ב. מהי מהירות הכדור השמאלי לאחר הפגיעה
אם ההתנגשות היא אלסטית?
ג. מהי הזווית המקסימאלית אליה יגיע הכדור
לאחר הפגיעה?
ד. מה יקרה לאחר מכן?
ה. חזור על הסעיפים ב', ג' אם ההתנגשות היא פלסטית.

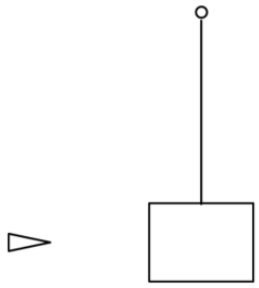
17) גוף יורד במדרון מתנגש ועולה חזרה



גוף בעל מסה $m_1 = 2kg$ משוחרר ממנוחה על
מדרון משופע בגובה $h = 1m$.
בתחתית המדרון מונח גוף בעל מסה $m_2 = 5kg$.
הוגף הראשון פוגע בגוף השני בהגיעו
למישור האופקי והגופים מתנגשים התנגשות
אלסטית, עד לאיזה גובה יגיע הגוף הראשן
בחזרה במעלה המדרון? אין חיכוך בין הגופים למשטחים.

18) קליע חודר מטוטלת בליסטית

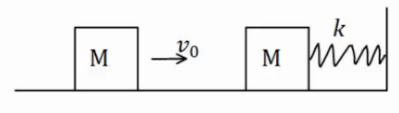
בול עץ בעל מסה $2kg$ קשור לחוט ותלוי אנכית במנוחה.



קליע בעל מסה $5gr$ נע במהירות $v_1 = 450\frac{m}{sec}$ פוגע
בבול העץ, חודר אותו, ויוצא מצידו השני
במהירות $u_1 = 150\frac{m}{sec}$.
לאיזה גובה מקסימאלי יגיע בול העץ?

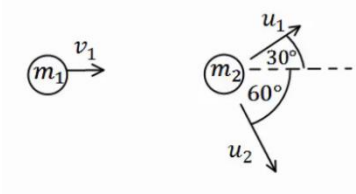
19) שתי מסות וקפיץ

מסה M נעה במהירות v_0 ומתנגשת במסה זהה נוספת הנמצאת במנוחה. המסה
הנוספת מחוברת לקפיץ רפוי. קבוע הקפיץ, המהירות ההתחלתית והמסות נתונים.
מצא את הכיווץ המקסימלי, אם:



א. ההתנגשות היא פלסטית.
ב. ההתנגשות אלסטית.
ג. חשב את המתקף שפעל על כל גוף בכל אחד מהמקרים.

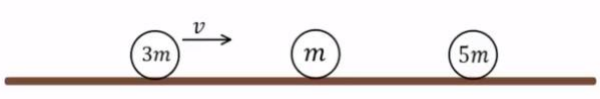
20) איבוד אנרגיה



כדור בעל מסה: $m_1 = 2kg$ ומהירות: $v_1 = 10\frac{m}{sec}$,
מתנגש בכדור בעל מסה: $m_2 = 3kg$ הנמצא במנוחה.
לאחר ההתנגשות, הכדור הראשון נע בכיוון 30 מעלות מעל לכיוון הפגיעה, והכדור השני נע בזווית 60 מעלות מתחת לכיוון הפגיעה (ראה איור).

א. מצא את מהירות הגופים לאחר ההתנגשות.
ב. האם ההתנגשות אלסטית?
אם לא, כמה אנרגיה אבדה בהתנגשות?

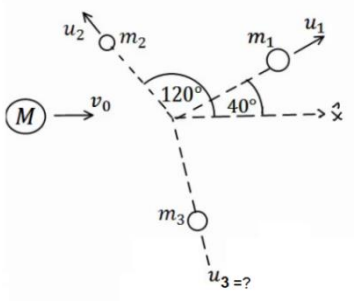
21) שלושה כדורים



שלושה כדורים מונחים על משטח אופקי חלק כפי שמתואר באיור.
הכדור השמאלי בעל מסה $3m$ נע במהירות v ומתנגש התנגשות אלסטית בכדור בעל מסה m הנמצא במנוחה. שתי שניות לאחר מכן מתנגש הכדור בעל מסה m בכדור בעל מסה $5m$ הנמצא במנוחה התנגשות פלסטית.

א. מהי מהירות הכדורים m ו-$3m$ לאחר ההתנגשות הראשונה?
ב. מהי המהירות המשותפת של הכדורים m ו-$5m$ לאחר ההתנגשות השנייה?
ג. כמה זמן חלף מרגע ההתנגשות הראשונה עד לרגע ההתנגשות השלישית, זו של הכדור $3m$ בכדורים הדבוקים?

22) פצצה

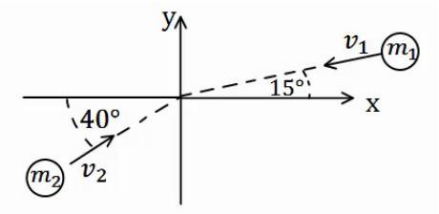


פצצה בעלת מסה: $M = 13kg$ נעה באוויר במהירות קבועה: $v_0 = 100\frac{m}{sec}$. ברגע מסוים הפצצה מתפוצצת לשלושה חלקים קטנים יותר.
מסת החלק הראשון היא: $m_1 = 4kg$ והוא נע במהירות: $u_1 = 80\frac{m}{sec}$ בזווית של 40 מעלות ביחס לכיוון המקורי.
מסת החלק השני היא: $m_2 = 2kg$ והוא נע במהירות: $u_2 = 10\frac{m}{sec}$ בזווית של 120 מעלות ביחס לכיוון המקורי. מסת החלק השלישי היא $7kg$.
מצא את מהירות החלקיק השלישי.

23) שני גופים שני מימדים

שני גופים, בעלי מסות: $m_1 = 2kg$, $m_2 = 3kg$, נעים לכיוון הראשית.

מהירויות הגופים הן: $v_2 = 10\frac{m}{sec}$, $v_1 = 20\frac{m}{sec}$, בהתאמה, וכיוונם נתון באיור.



הגופים מתנגשים בראשית.

מצא את מהירות הגופים לאחר ההתנגשות, אם:

א. ההתנגשות היא פלסטית.

ב. ההתנגשות היא אלסטית, והגוף נע בכיוון החיובי של ציר ה- y לאחר ההתנגשות.

24) כדור גולף על כדורסל

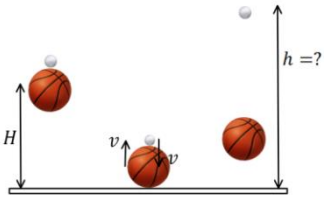
כדור גולף וכדור כדורסל מוחזקים במנוחה אחד מעל השני בגובה: $H = 1.5m$.

משחררים אותם ליפול ממנוחה.

מה יהיה הגובה המרבי אליו יגיע כדור הגולף, אם נניח שכל ההתנגשויות אלסטיות ומצחיות.

מסת כדור הגולף היא: $m = 46gr$,

ומסת הכדורסל היא: $M = 624gr$.



25) מטוטלת פוגעת במסה שנע במדרון עם קפיץ

גוף בעל מסה: $m_1 = 1kg$ קשור לתקרה

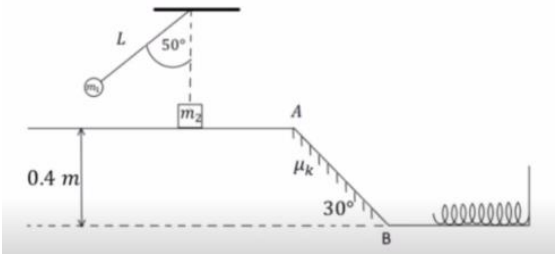
באמצעות חוט שאורכו: $L = 0.6m$.

מסיטים את החוט בזווית $50°$ מהאנך לתקרה ומשחררים ממנוחה.

בתחתית המסלול של תנועתו מתנגש הגוף בגוף שני בעל מסה: $m_2 = 2kg$

הנמצא במנוחה על משטח אופקי חלק.

גובה המשטח מעל הקרקע הוא: $0.4m$.



מיד לאחר ההתנגשות גוף 1 מקבל מהירות של: $0.4\frac{m}{sec}$ אחורה וגוף 2 נע קדימה. בנקודה A גוף 2 עובר למישור משופע לא חלק בעל מקדם חיכוך: $\mu_k = 0.1$ וזווית שיפוע $30°$. בנקודה B גוף 2 חוזר למישור אופקי חלק בגובה הקרקע ומתנגש בקפיץ בעל קבוע: $k = 200\frac{N}{m}$.

א. מהי המהירות של גוף 1 רגע לפני ההתנגשות?

ב. מהי המהירות של גוף 2 מיד לאחר ההתנגשות?

ג. מהי המהירות של גוף 2 בנקודה B?

ד. מהי ההתכווצות המקסימלית של הקפיץ?

ה. מהי המהירות של גוף 2 כאשר הקפיץ מכווץ בחצי מהכיווץ המקסימלי?

26) קפיץ נמשך משתי קצותיו

על שולחן אופקי חלק מונחים שני גופים בעלי מסות $M=5kg$ ו- $m=3kg$ המחוברים לקצותיו של קפיץ בעל קבוע כוח $k=150\frac{N}{m}$ ואורך חופשי $l_0=0.4m$.

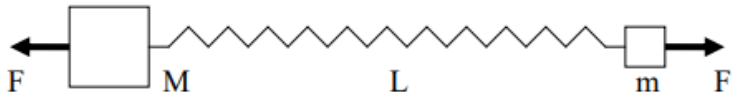
על הגופים פועלים שני כוחות, F, שווים בגודלם והפוכים בכיוונם.

המערכת נמצאת במנוחה כאשר הקפיץ מתוח ואורכו הוא L (ראה ציור).

א. מה תהיה המתיחות וההתארכות בקפיץ כאשר $F=15N$?

ב. במקרה אחר, משחררים את המערכת ממצב של מנוחה כאשר $L=0.6m$ ו- F לא ידוע. מה יהיה אורכו של הקפיץ כאשר הוא מגיע להתכווצותו המקסימלית לאחר השחרור?

ג. בסעיף ב', מה תהיה המהירות המקסימלית של M לאחר השחרור?



27)

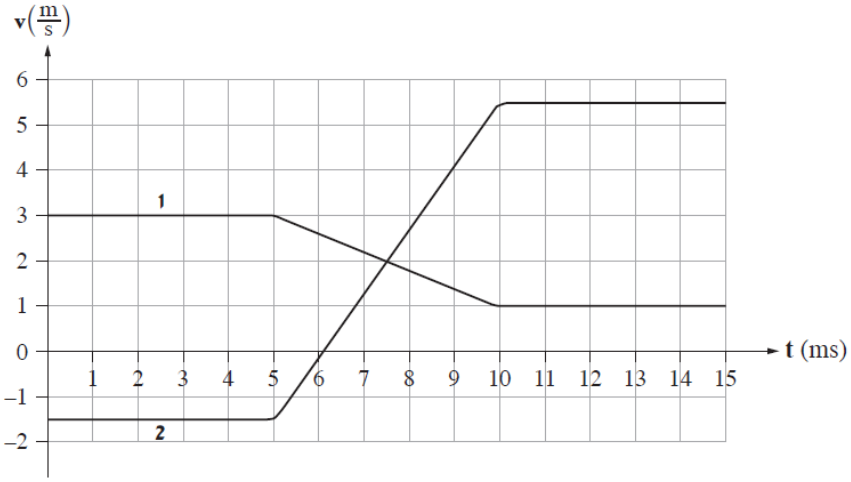
4. שתי תיבות A ו־B שמסותיהן m_A ו־m_B בהתאמה, נעות זו לקראת זו על משטח אופקי חסר חיכוך כמתואר בתרשים 1.

תרשים 1

נתון: $m_A=0.14kg$. מסתה של תיבה B אינה נתונה.

חיישן תנועה עוקב אחרי תנועת התיבות ומודד את מהירותן כתלות בזמן. הכיוון החיובי נקבע ימינה.

תוצאות המדידות של החיישן מוצגות בגרפים 1, 2 שבתרשים 2.



תרשים 2

שימו לב: הערכים של ציר הזמן נתונים ביחידות ms (מילי־שניות).

א. קבעו איזה מן הגרפים, 1 או 2, מייצג את מהירותה של תיבה B. הסבירו את קביעתכם. (4 נקודות)

ב. חשבו את m_B, מסת תיבה B. (9 נקודות)

ג. חשבו את המתקף (גודל וכיוון) שהפעילה תיבה B על תיבה A. (8 נקודות)

ד. חשבו את הכוח הממוצע (גודל וכיוון) שהפעילה תיבה B על תיבה A. (8 נקודות)

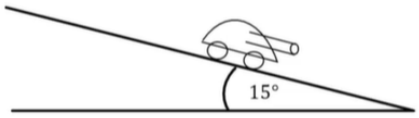
ה. שני תלמידים נשאלו בנוגע לגודל המתקף שהפעילה תיבה A על תיבה B.

תלמיד א' טען שעל התיבה שמסתה גדולה יותר פעל מתקף שגודלו גדול יותר.

תלמיד ב' טען שעל כל אחת משתי התיבות פעל מתקף בגודל שווה, ללא קשר למסה של התיבות.

מי מבין שני התלמידים צודק? הסבירו את תשובתכם. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

28) טנק יורה פגזים ועולה במדרון**



טנק שמסתו 800 ק"ג (טנק קל מאוד) נמצא ברגע מסוים במנוחה על מדרון משופע בזווית של 15 מעלות. הטנק יורה שני פגזים במרווח של 2 שניות בין הירי הראשון לשני.
מסת כל פגז היא 20 ק"ג והוא נורה במהירות לוע של 400 מטר לשנייה במקביל ובמורד למדרון.
הניחו שלטנק גלגלים והחיכוך בינו למדרון זניח.
מה ההעתק המקסימאלי שיעשה הטנק במעלה המדרון?

תשובות סופיות:

1) $\vec{J}=20N\hat{x}$

2) א. $\vec{J}_1=1\cdot\hat{x}$, $\vec{J}_2=1.5\cdot\hat{y}$

ב. $(1,1.5)$, גודל: $\left|\vec{J}_T\right|\approx 1.8N\cdot sec$, כיוון: $\theta\approx 56.31°$.

ג. $\sum\vec{F}=2\hat{x}+3\hat{y}$, גודל: $\left|\vec{J}_T\right|\approx 1.8N\cdot sec$.

3) א. $\vec{p}=2.5kg\frac{m}{sec}\hat{x}$ ב. $\vec{p}=-2.5kg\frac{m}{sec}\hat{x}$ ג. $\Delta\vec{p}=-5kg\frac{m}{sec}\hat{x}$

ד. $\vec{J}_T=\vec{J}_N=\Delta\vec{p}=-2.5kg\frac{m}{sec}\hat{x}$ ה. $\vec{N}=-25kg\frac{m}{sec^2}\hat{x}=-25N\hat{x}$

4) א. $\vec{p}=0.6kg\frac{m}{sec}\hat{x}$ ב. $\vec{p}=0.6kg\frac{m}{sec}\hat{y}$ ג. $(-0.6,\ 0.6)$

ד. $\vec{J}_N=(-0.6,0.6)kg\frac{m}{sec}$ ה. $\vec{N}=(-6,\ 6)N$

5) א. $\vec{p}_T=40\hat{x}N\cdot sec$ ב. $\vec{u}_2=10\frac{m}{sec}\hat{x}$ ג. $\vec{J}_{T1}=-30\hat{x}N\cdot sec$

ד. $\vec{J}_{T2}=30\hat{x}N\cdot sec$ ה. 0

6) א. $\vec{p}_T=-5\hat{x}N\cdot sec$ ב. $u_1=-10.25\frac{m}{sec}$ ג. $\vec{J}_1=-81\hat{x}N\cdot sec$

ד. $\vec{J}_2=81\hat{x}N\cdot sec$ ה. 0

7) א. $u_1=5.78\frac{m}{sec}$, $u_2=2.5\frac{m}{sec}$ ב. $\vec{J}_1=(-14.97,\ -8.67)$

8) א. לא. ב. לא. ג. כן. ד. כן. ה. לא.

9) א. $\vec{u}_2=(9,\ -6)\frac{m}{sec}$ ב. גודל: $\left|\vec{u}_2\right|\approx 10.82\frac{m}{sec}$, כיוון: $\theta=33.69°$.

10) מסה: $m_2\approx 1.45kg$, מהירות: $u_{2_y}=-9.75\frac{m}{sec}$, $u_{2_x}=17.86\frac{m}{sec}$.

11) $u_1=1.54\frac{m}{sec}$, $u_2\approx 16.54\frac{m}{sec}$

12) $u=\frac{2}{5}\frac{m}{sec}$

13) $u_2=-\frac{2}{3}\frac{m}{sec}$

14) א. $u_2=948\frac{km}{hr}$ ב. $u_{2_y}=33.34\frac{m}{sec}$, $u_{2_x}\approx 192.3\frac{m}{sec}$

15) א. $m_1,m_2=0$, $m_3=v_0$ ב. $u=\frac{v_0}{3}$

16) א. $\sqrt{0.58gl}$ ב. $u_2 = v = \sqrt{0.58gl}$ ג. $\theta_{max} = 45$

ד. התהליך יחזור חלילה. ה. **(ב)** $u = \frac{1}{2}v$ ה. **(ג)** $\theta_{max} \approx 21.95°$

17) $0.18m$

18) $0.028m$

19) א. $\Delta x_{max} = \sqrt{\frac{m}{k} \cdot \frac{1}{2} v_0^2}$ ב. $\Delta x_{max} = \sqrt{\frac{m}{k} v_0^2}$

ג. **(א)** $\vec{J}_2 = \frac{1}{2} m v_0 \hat{x}$, $\vec{J}_1 = -\frac{1}{2} m v_0 \hat{x}$ **(ב)** $\vec{J}_2 = m v_0 \hat{x}$, $\vec{J}_1 = -m v_0 \hat{x}$.

20) א. $u_2 = 3.34 \frac{m}{sec}$, $u_1 = 8.66 \frac{m}{sec}$ ב. **לא**, $Q = 8.27J$.

21) א. $u_2 = \frac{3}{2}v$, $u_1 = \frac{1}{2}v$ ב. $u = \frac{1}{4}v$ ג. $t = 10\sec$

22) $u_{3_x} \approx 152 \frac{m}{sec}$, $u_{3_y} \approx -32 \frac{m}{sec}$

23) א. $u_x \approx -3.13 \frac{m}{sec}$, $u_y \approx 1.79 \frac{m}{sec}$

ב. $u_2 = 13.11 \frac{m}{sec}$, $u_{1_y} \approx -15.20 \frac{m}{sec}$, $u_{1_x} \approx -7.83 \frac{m}{sec}$

24) $h \approx 12.3m$

25) א. $v = 2.07 \frac{m}{sec}$ ב. $u_2 \approx 1.235 \frac{m}{sec}$ ג. $v_B = 2.853 \frac{m}{sec}$

ד. $\Delta l_{max} \approx 0.285m$ ה. $v = 2.47 \frac{m}{sec}$

26) א. $0.1m$, $15N$ ב. $0.2m$ ג. $0.74 \frac{m}{sec}$

27) א. כיוון המהירות הוא בכיוון התנועה. מכיוון שגוף B נע בכיוון השלילי לפני ההתנגשות מהירותו לפני ההתנגשות צריכה להיות שלילית וגרף 2 הוא המתאים

ב. $0.04kg$

ג. $-0.28Ns$

ד. $-56N$

ה. תלמיד ב צודק, לפי החוק השלישי הכוח שפועל על גוף ב שווה בגודלו והפוך בכיוונו לכוח שפועל על גוף א ולכן המתקף שפועל על גוף ב שווה בגודלו והפוך בכיוונו למתקף שפועל על גוף ב

28) $x(t = 5.82) \approx 60m$

פרק 13

תנועה הרמונית- הפרק ירד במיקוד של 2026

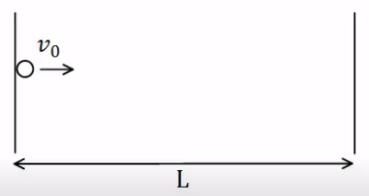
תנועה הרמונית 116

תנועה הרמונית:

שאלות:

תנועה מחזורית:

1) כדור נע בין שני קירות



כדור נע בין שני קירות במהירות: $v_0 = 2\frac{m}{sec}$.
התנגשות הכדור עם הקירות היא אלסטית.
המרחק בין הקירות הוא: $L = 6m$.

א. חשב את זמן המחזור של התנועה.

ב. דני ראה כי מיקום הגוף ב- $t = 1sec$ הוא $2m$ מהקיר השמאלי.
דני חישב כמה זמן ייקח לכדור לפגוע בקיר הימני ולחזור לאותה הנקודה.
דני סימן את הזמן הזה ב- $\tilde{T}$, חשב מהו $\tilde{T}$.

ג. הסבר מדוע $\tilde{T}$ הוא אינו זמן המחזור של התנועה, והסבר כיצד היה צריך דני לבצע את החישוב על מנת לקבל את זמן המחזור הנכון.

תנועה הרמונית:

2) דוגמה לחישוב המיקום

גוף מחובר לקפיץ אופקי המחובר בצידו השני לקיר. הגוף נע הלוך וחזור על שולחן אופקי חסר חיכוך. דפנה מסתכלת על הגוף המתנדנד ומודדת את המרחק בין שתי הקצוות של התנועה.

א. מהי אמפליטודת התנועה אם המרחק שמדדה דפנה הוא: $0.4m$?
ברגע מסוים, שהגוף מגיע למרחק המקסימאלי מהקיר, מפעילה דפנה סטופר המתחיל למדוד את הזמן מאפס. דפנה סופרת כל פעם שהגוף חוזר לנקודה שבה התחילה למדוד.
דפנה ראתה כי לאחר 5 שניות הגוף הגיע בפעם העשירית בדיוק לנקודת ההתחלה.

ב. מהו זמן המחזור של התנועה?

ג. מהי התדירות והתדירות הזוויתית של התנועה?

ד. קבע את ראשית הצירים במרכז התנועה של הגוף, ורשום משוואה המתארת את מיקום הגוף ביחס לראשית, כתלות בזמן שמראה הסטופר של דפנה.

3) מציאת המיקום מהזמן

מסה: $m = 3kg$ קשורה לקפיץ אופקי בעל קבוע קפיץ: $k = 10\frac{N}{m}$. מסיטים את המסה מרחק: $d = 0.3m$ בכיוון החיובי מנקודת שיווי המשקל, ומשחררים ממנוחה.

א. מהם התדירות וזמן המחזור של התנועה?

ב. מהי האמפליטודה של התנועה?

ג. רשום נוסחה המתארת את מיקום המסה כתלות בזמן.

ד. מהו מיקום המסה ב- $t_1 = 0.4sec$?

4) מציאת הזמן מהמיקום

מסה: $m=2kg$ קשורה לקפיץ אופקי בעל קבוע קפיץ: $k=30\frac{N}{m}$. מסיטים את המסה מרחק: $d=15c.m$ בכיוון החיובי מנקודת שיווי המשקל, ומשחררים ממנוחה.

א. מצא את מיקום המסה כתלות בזמן.

ב. מהו מיקום המסה ב- $t_1=0.3sec$ וב- $t_2=1.2sec$?

ג. מהו הזמן בו המסה מגיעה אל נקודת שיווי המשקל, ומהו הזמן בו היא מגיעה לקצה השני?

ד. מהם הזמנים בהם המסה מגיעה אל $x=7.5cm$? מדוע קיימים שניים?

5) חישוב המהירות

גוף בעל מסה: $m=0.5kg$ מתנדנד בתנועה הרמונית, כך שמיקומו כתלות בזמן הוא: $x(t)=0.4\cos(2t)$, במטרים.

א. מהי התדירות הזוויתית והאמפליטודה של התנועה?

ב. מהי המהירות המקסימאלית של הגוף?

ג. רשום נוסחה למהירות כתלות בזמן של הגוף.

ד. מהי מהירות הגוף ב- $t=2sec$, ומהי האנרגיה הקינטית שלו באותו הרגע?

6) חישובי פאזה

דני רואה גוף מתנדנד בתנועה הרמונית בתדירות זוויתית: $\omega=3\frac{rad}{sec}$

ובמשרעת: $A=0.2m$.

דני התחיל למדוד את הזמן מהרגע בו הגוף נמצא בקצה השלילי.

א. רשום ביטוי למיקום כפונקציה של הזמן שמודד דני.

ב. צייר גרף של המיקום כתלות בזמן שמודד דני.

ג. מתי היה צריך דני להתחיל למדוד את הזמן אם הוא רוצה שהפונקציה של המיקום תהפוך להיות פונקציית סינוס?

7) חישוב הפאזה מתנאי התחלה

גוף בעל מסה: $m=2kg$ מחובר לקפיץ בעל קבוע: $k=4\frac{N}{m}$, ומתנדנד בתנועה הרמונית על מישור חלק ואופקי.

א. מהי התדירות הזוויתית של התנועה?

ב. מהם הפאזה והאמפליטודה של הגוף, אם ברגע תחילת הזמן הגוף היה ב- $x(t=0)=0.2m$, ובמהירות: $v=6\frac{m}{sec}$ בכיוון השלילי?

ג. רשום את נוסחאות המיקום והמהירות כתלות בזמן.

ד. חזור על סעיף ב' אם המיקום ההתחלתי הוא בנקודת שיווי המשקל.

8) מסה מתנגשת במסה המחוברת לקפיץ

מסה: $m=3kg$ מחוברת לקפיץ אופקי בעל קבוע קפיץ: $k=9\frac{N}{m}$, ונמצאת על שולחן אופקי חלק. המסה נמצאת במנוחה (הקפיץ רפוי).

מסה זהה נוספת נעה במהירות: $v=12\frac{m}{sec}$ כלפי המסה הנייחת ומתנגשת בה התנגשות פלסטית. הנח כי זמן ההתנגשות קצר מאוד.
לאחר ההתנגשות שתי המסות נעות בתנועה הרמונית.

א. מהי תדירות התנועה?

ב. מה תנאי ההתחלה של התנועה ההרמונית $\left(x(t=0),v(t=0)\right)$?

ג. מצא את המיקום כתלות בזמן של המסות מהרגע לאחר ההתנגשות.

קפיץ אנכי:

9) קפיץ אנכי ותוספת מסה

גוף בעל מסה: $m=1kg$ תלוי מהתקרה באמצעות קפיץ אנכי בעל קבוע: $k=50\frac{N}{m}$ ואורך רפוי: $l_0=30cm$.

א. מצא את המרחק של נקודת שיווי המשקל מהתקרה.

ב. מעמיסים על הקפיץ מסה נוספת: $m=2kg$ המחוברת למסה הראשונה, מה תהיה נקודת שיווי המשקל החדשה?
כעת נניח כי מושכים את המסה הכוללת מנקודת שיווי המשקל כלפי מטה מרחק של $d=8cm$ ומשחררים אותה ממנוחה.

ג. מה תדירות התנועה של המסה?

ד. מצא את המיקום כתלות בזמן אם הכיוון החיובי של הציר האנכי הוא כלפי מטה.

ה. חזור על סעיף ד', אם הכיוון החיובי של הציר הוא כלפי מעלה.

10) מסה משוחררת מנקודת רפיון

מסה: $m=30gr$ תלויה מהתקרה באמצעות קפיץ אנכי בעל קבוע: $k=1.5\frac{N}{m}$.
המסה מוחזקת באוויר בנקודה שבה הקפיץ רפוי ומשוחררת ממנוחה.

א. מצא את נקודת שיווי המשקל.

ב. מצא את המיקום כתלות בזמן, אם הכיוון החיובי כלפי מטה.

תנועה הרמונית בתוספת של כוח קבוע:

11) תוספת של כוח קבוע

גוף בעל מסה: $m=0.2kg$ מחובר לקפיץ אופקי בעל קבוע: $k=4\frac{N}{m}$.

הגוף נמצא במנוחה בנקודה שבה הקפיץ רפוי.

ב-$t=0$ מתחיל לפעול על הגוף כוח קבוע בכיוון החיובי: $F=0.1N$.

א. מצא את נקודת שיווי המשקל החדשה.

ב. מהי תדירות התנועה?

ג. מהם תנאי ההתחלה של הבעיה?

ד. מצא את המיקום כתלות בזמן.

12) כוח מפסיק בפתאומיות

גוף מחובר לקפיץ אופקי בעל קבוע קפיץ: $k=5\frac{N}{m}$.

הגוף נצפה מתנדנד בתנועה הרמונית באמפליטודה: $A=0.3m$.

ידוע שעל הגוף פועל כוח קבוע: $F=2N$ בכיוון החיובי.

א. מצא היכן תהיה נקודת שיווי המשקל,
במידה והכוח יפסיק לפעול בפתאומיות.

ב. מצא מה תהיה אמפליטודת התנועה במידה
והכוח יפסיק לפעול, ברגע שהגוף נמצא בקצה החיובי של התנועה.

ג. חזור על סעיף ב' עבור הקצה השלילי.

ד. חזור על סעיף ב' אם הכוח הפסיק כאשר הגוף במרכז התנועה,
ומהירותו ברגע זה היא: $2\frac{m}{sec}$.

אנרגיה בתנועה הרמונית:

13) חישובי אנרגיה

מסה: $m=2kg$ מחוברת לקפיץ אופקי בעל קבוע: $k=50\frac{N}{m}$. מושכים את המסה מרחק: $d=0.2m$ מנקודת שיווי המשקל, ומשחררים אותה ממנוחה.

א. רשום את מיקום המסה כתלות בזמן מרגע השחרור.

ב. רשום את מהירות המסה כתלות בזמן מרגע השחרור.

ג. חשב את מיקום ומהירות המסה ברגעים: $t=0\ ,\ 1\ ,\ 2sec$.

ד. חשב את האנרגיה הקינטית, האנרגיה הפוטנציאלית והאנרגיה הכללית
של המסה, בכל אחד מן הרגעים. הראה כי האנרגיה הכללית נשמרת.

מטוטלת מתמטית:

14) חישוב אורך חוט

מצא מה צריך להיות אורך החוט של מטוטלת, על מנת שהזמן שייקח למסה לעבור מקצה אחד לקצה השני יהיה חצי שנייה.

תרגילים נוספים:

15) תרגיל 1

גוף בעל מסה: $m = 20gr$ מחובר לקפיץ אופקי בעל קבוע: $k = 4\frac{N}{m}$, וחופשי לנוע ללא חיכוך. הגוף מתנדנד בתנועה הרמונית כך שהמרחק בין הקצוות של התנועה הוא: $d = 10cm$.

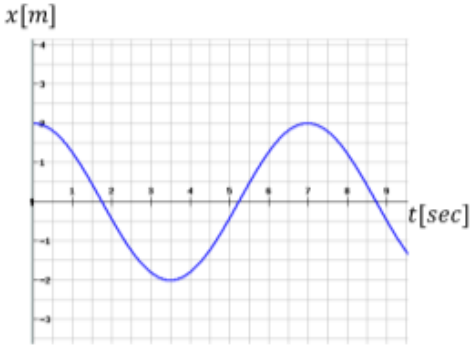
א. מהי האפליטודה של התנועה?
ב. מהי התדירות הזוויתית?
ג. מהו זמן המחזור?
ד. רשום נוסחה למיקום הגוף כתלות בזמן, אם הזמן נמדד מהרגע בו הגוף היה בקצה החיובי.
ה. רשום נוסחה למהירות הגוף כתלות בזמן.

16) תרגיל 2

גוף בעל מסה: $m = 2kg$ מחובר לקפיץ אופקי בעל קבוע: $k = 4\frac{N}{m}$, וחופשי לנוע ללא חיכוך. מושכים את הגוף מנקודת שיווי המשקל למרחק של: $d = 0.2m$ ומשחררים ממנוחה.

א. מהי התדירות הזוויתית?
ב. מהו זמן המחזור?
ג. מהי האפליטודה של התנועה?
ד. מהו מיקום הגוף כתלות בזמן מרגע השחרור?
ה. רשום נוסחה למהירות הגוף כתלות בזמן.
ו. חזור על כל הסעיפים עבור המקרה בו ברגע השחרור הגוף מקבל דחיפה קטנה המקנה לו מהירות התחלתית: $v_0 = 0.1\frac{m}{sec}$.

17) תרגיל 3



הגרף הבא מתאר את מיקומו כתלות בזמן של גוף הנע בתנועה הרמונית פשוטה.

א. מהי אמפליטודת התנועה?
ב. מהו זמן המחזור?
ג. מהי התדירות הזוויתית?
ד. מהי הפאזה?
ה. רשום נוסחה למהירות כתלות בזמן.

18) תרגיל 4

גוף בעל מסה: $m=1kg$ מחובר לקפיץ אופקי בעל קבוע קפיץ: $k=3\frac{N}{m}$.

הגוף משוחרר ממנוחה במרחק: $d=0.3m$ מנקודת שיווי המשקל.

א. רשום נוסחה למיקום הגוף כתלות בזמן.

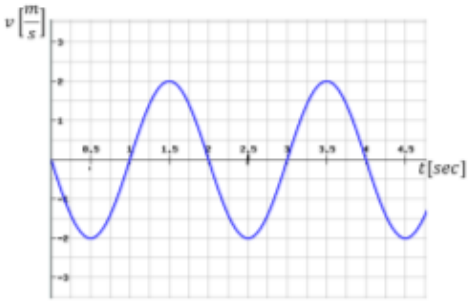
ב. מצא את מיקום הגוף ב- $t=3sec$.

ג. מהי מהירות הגוף ב- $t=3sec$.

ד. מהי תאוצת הגוף ב- $t=3sec$.

19) תרגיל 5

מהירותו של גוף המתנדנד בתנועה הרמונית נתונה לפי הגרף הבא:



א. מתי מגיע הגוף לנקודת שיווי המשקל בפעם הראשונה?

ב. האם תאוצת הגוף ב- $t=1sec$ מקסימאלית?

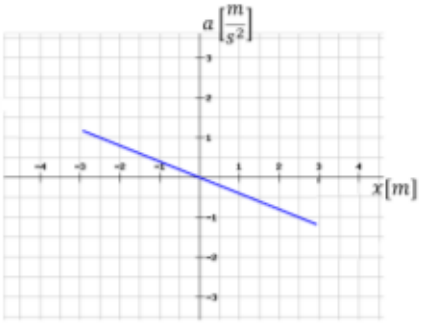
ג. האם ב- $t=1.5sec$ האנרגיה קינטית מרבית?

ד. מהו הכוח ב- $t=2.5sec$?

ה. כמה מחזורי תנועה עשה הגוף ב-4 השניות הראשונות של התנועה?

20) תרגיל 6

בגרף הבא נתונה התאוצה של גוף כתלות במיקום של הגוף. מסת הגוף היא: $m=20g$.



א. האם התנועה היא תנועה הרמונית? נמק.

ב. מהו קבוע הקפיץ?

ג. מהי אמפליטודת התנועה?

21) תרגיל 7

גוף בעל מסה: $m=2kg$ מחובר לקפיץ אופקי בעל קבוע קפיץ: $k=40\frac{N}{m}$.

ב- $t=0$ מיקום ומהירות הגוף הם: $x=20cm$, $v=0.4\frac{m}{sec}$.

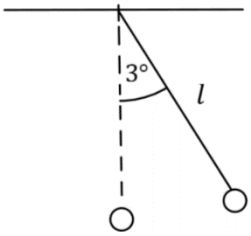
א. רשום נוסחה למיקום הגוף כתלות בזמן.

ב. מתי מיקומו של הגוף הוא 5 ס"מ משמאל לנקודת שיווי המשקל בפעם הראשונה?

ג. מתי מהירות הגוף היא: $0.1\frac{m}{sec}$ בכיוון החיובי?

ד. מהי התאוצה המקסימאלית של הגוף?

22) תרגיל 8



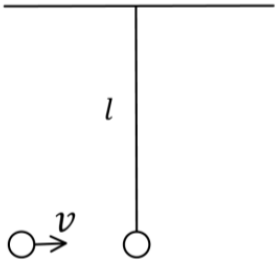
מטוטלת מתמטית בעלת חוט באורך : $l=1m$,
ומסה : $m=100gr$ בקצה, משוחררת ממנוחה מזווית של $3°$.

א. מה תהיה התדירות הזוויתית של התנועה?
ב. כמה זמן ייקח למטוטלת להגיע לנקודת שיווי המשקל?
ג. מהי מהירות המסה בנקודת שיווי המשקל?

בנקודת שיווי המשקל מונחת מסה נוספת : $m=25gr$, הנמצאת במנוחה.
מסת המטוטלת מתנגשת במסה הנוספת התנגשות פלסטית.

ד. מהי מהירות הגופים מיד לאחר ההתנגשות?
ה. מהי התדירות הזוויתית של התנועה לאחר ההתנגשות?
ו. מהי הזווית המקסימאלית אליה תגיע המטוטלת לאחר ההתנגשות?

23) תרגיל 9

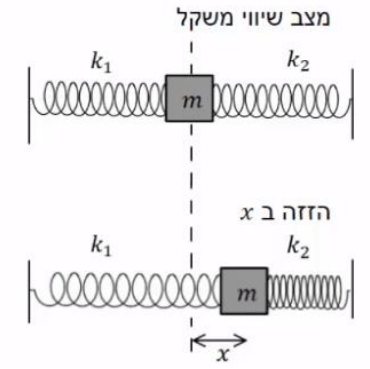


מטוטלת מתמטית בעלת חוט באורך : $l=0.5m$,
ומסה : $m=50gr$ בקצה, תלויה במנוחה.

מסה : $m=25gr$ נעה אופקית במהירות : $v=0.6\frac{m}{sec}$,
ומתנגשת במסת המטוטלת התנגשות פלסטית.

א. מה תהיה התדירות הזוויתית של התנועה לאחר ההתנגשות, בהנחה שהתנודות קטנות.
ב. כמה זמן ייקח למטוטלת להגיע לשיא הגובה?
ג. מהי מהירות הגופים מיד לאחר ההתנגשות?
ד. מהי הזווית המקסימאלית אליה תגיע המטוטלת?

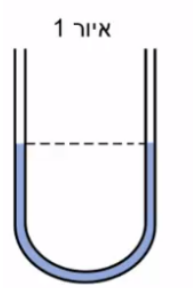
24) מסה עם קפיצים משני הצדדים*



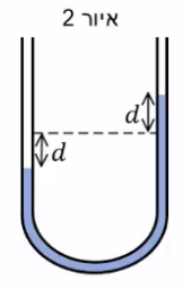
לשני צדדיה של מסה m מחוברים שני קפיצים שקבועי הכוח שלהם הם : k_1 ו- k_2.
הגוף נמצא על משטח חלק. מזיזים את הגוף ימינה מרחק x.

א. הראה כי כאשר מרפים ממנו הוא ינוע בתנועה הרמונית פשוטה שקבועה הוא : k_1+k_2.
ב. מהו זמן המחזור של התנועה?

25) צינור בצורת U*



בתוך צינור גלילי בצורת האות U מצוי נוזל בשיווי משקל (איור 1).
אורך החלק המלא בנוזל הוא L ושטח החתך לאורך כל הצינור הוא A. צפיפות הנוזל (מסה ליחידת נפח) היא ρ.
נושפים בזרוע השמאלית של הצינור כך שפני הנוזל יורדים בשיעור d, ומרפים (איור 2).

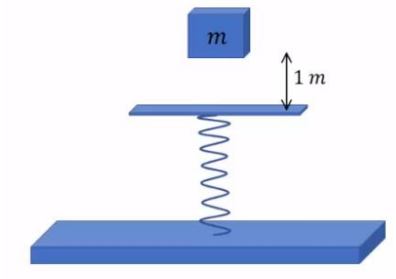


א. תאר במילים את תנועת הנוזל בהנחה שלא פועלים עליו כוחות חיכוך.

ב. הראה כי כאשר פני הנוזל נמצאים במרחק x ממצב שיווי המשקל פועל על הנוזל כוח מחזיר: $F=-2\rho Agx$.
(הדרכה: חשב את מסת הנוזל העודפת בצד הגבוה ומשם את כוח הכובד שהיא מפעילה על שאר הנוזל).

ג. בהנחה כי $x \ll L$ הראה כי זמן המחזור של התנודה הוא: $T=\pi\sqrt{\frac{2L}{g}}$.

26) מסה נופלת על קפיץ אנכי*



קפיץ אנכי מחובר לקרקע מצידו האחד וללוח אופקי בצידו השני. קבוע הקפיץ הוא: $400\frac{N}{m}$.
מסה של: $m=2kg$ משוחררת ממנוחה מגובה של מטר אחד מעל הלוח,
המסה נופלת נפילה חופשית ונדבקת ללוח.
מסת הלוח והקפיץ ניתנות להזנחה.

א. מהי ההתכווצות המרבית של הקפיץ?

ב. מהי תדירות תנודות המשקולת?

ג. מהי משרעת התנודות?

תשובות סופיות:

1) א. $T=6\text{sec}$. ב. $\tilde{T}=4\text{sec}$. ג. ראה סרטון.

2) א. $A=0.2\text{m}$. ב. $T=0.5\text{sec}$.

ג. תדירות: $f=2\cdot\frac{1}{\text{sec}}$, תדירות זוויתית: $\omega\approx 12.57\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$.

ד. $x(t)=0.2\cos(12.57\cdot t)$.

3) א. תדירות: $f\approx 0.29\frac{1}{\text{sec}}$, זמן מחזור: $T\approx 3.44\text{sec}$. ב. $d=0.3\text{m}$.

ג. $x(t)=0.3\cos(1.83\cdot t)$. ד. $x(t_1)\approx 0.22\text{m}$.

4) א. $x(t)=0.15\cos(3.87\cdot t)$. ב. $x(t_2)=-0.01\text{m}$, $x(t_1)\approx 0.06$.

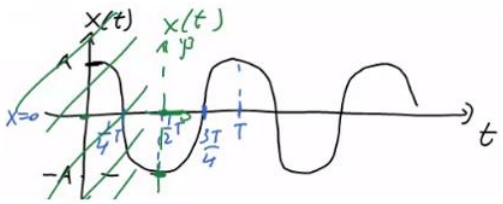
ג. שיווי משקל: $t_3\approx 0.41\text{sec}$, הקצה השני: $t_4\approx 0.82\text{sec}$.

ד. $\tilde{t}_2\approx 1.35\text{sec}$, $\tilde{t}_1\approx 0.27\text{sec}$.

5) א. $A=0.4\text{m}$, $\omega=2\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$. ב. $|v_{max}|=0.8\frac{\text{m}}{\text{sec}}$.

ג. $v(t)=-0.8\cdot\sin(2\cdot t)\frac{\text{m}}{\text{sec}}$. ד. $E_k\approx 0.09\text{J}$, $v(t=2)\approx 0.61\frac{\text{m}}{\text{sec}}$.

6) א. $x(t)=0.2\cos(3\cdot t+\pi)$. ב. שרטוט:



ג. $t_0=1.57\text{sec}$.

7) א. $\omega=\sqrt{2}\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$. ב. $A\approx 3.94\text{m}$, $\varphi\approx 1.52\text{rad}$.

ג. $v(t)=-5.57\sin(\sqrt{2}\cdot t+1.52)$, $x(t)=3.94\cos(\sqrt{2}\cdot t+1.52)$.

ד. $A\approx 4.24\text{m}$, $\varphi=\frac{\pi}{2}$.

8) א. $\omega=\sqrt{\frac{3}{2}}\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$. ב. $x(t=0)=0$, $v(t=0)=-6\frac{\text{m}}{\text{sec}}$.

ג. $x(t)=4.90\cos\left(\sqrt{\frac{3}{2}}\cdot t+\frac{\pi}{2}\right)$.

9) א. 0.5m. ב. 0.9m. ג. $\omega\approx 4.08\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$.

ד. $y(t)=0.08\cos(4.08\cdot t)$. ה. $y(t)=0.08\cos(4.08\cdot t+\pi)$.

10) א. $y_0=\frac{mg}{k}$. ב. $y(t)=0.2\cos(7.07\cdot t+\pi)$.

11 א. 0.025m. ב. $\omega = 4.47\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$. ג. $v(t=0)=0$, $x(t=0)=-x_0$.

ד. $x(t)=0.025(4.47\cdot t+\pi)$.

12 א. $x_0=-0.4\text{m}$. ב. $\tilde{A}=0.7\text{m}$. ג. $\tilde{A}=0.1$.

13 א. $x(t)=0.2\cos(5\cdot t)$. ב. $v(t)=1\cdot\sin(5\cdot t)$.

ג. $v(t=1)\approx 0.960\frac{\text{m}}{\text{sec}}$, $x(t=1)\approx 0.057\text{m}$,

$v(t=0)\approx 0$, $x(t=0)\approx 0.2\text{m}$; $v(t=2)\approx 0.544\frac{\text{m}}{\text{sec}}$, $x(t=2)\approx -0.168\text{m}$

ד. $t=0: E_k=0$, $U=1$; $t=1: E_k=0.922\text{J}$, $U=0.081\text{J}$; $t=2: E_k=0.296\text{J}$, $U=0.706\text{J}$.

14 $l\approx 0.25\text{m}$.

15 א. $A=0.05\text{m}$. ב. $\omega\approx 14.14\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$. ג. $T\approx 0.444\text{sec}$.

ד. $x(t)=0.05\cdot\cos(14.14\cdot t)$. ה. $v(t)=-0.707\cdot\sin(14.14\cdot t)$.

16 א. $\omega=1.41\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$. ב. $T\approx 4.44\text{sec}$. ג. $A=0.2\text{m}$.

ד. $x(t)=0.2\cdot\cos(1.41\cdot t)$. ה. $v(t)=-0.282\cdot\sin(1.41\cdot t)$.

ו. $x(t)=0.212\cdot\cos(1.41\cdot t+0.341)$, $A=0.212\text{m}$, $T=4.44\text{sec}$, $\omega=1.41\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$

$v(t)=-0.299\sin(1.41\cdot t+0.341)$.

17 א. $A=2\text{m}$. ב. $T=7\text{sec}$. ג. $\omega\approx 0.898\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$.

ד. $\varphi=0$. ה. $v(t)=-1.80\cdot\sin(0.898\cdot t+0)$.

18 א. $x(t)=0.3\cos(\sqrt{3}\cdot t)$. ב. $x(t=3)\approx 0.14\text{m}$.

ג. $v(t=3)\approx -0.46\frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ד. $a(t=3)=-0.42\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$.

19 א. $t=0.5\text{sec}$. ב. כן. ג. כן. ד. 0 ה. 2.

20 א. כן. ב. $k=0.008\frac{\text{N}}{\text{m}}$ ג. $A\approx 3\text{m}$.

21 א. $x(t)=0.22\cos(\sqrt{20}\cdot t-0.42)$. ב. $t_1=0.5\text{sec}$. ג. $t_1\approx 0.07\text{sec}$.

ד. $a_{max}=4.4\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$.

22 א. $\omega=\sqrt{10}\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$. ב. $t\approx 0.5\text{sec}$. ג. $v_{max}=0.165$. ד. $u=0.131\frac{\text{m}}{\text{sec}}$.

ה. $\omega=\sqrt{10}\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$. ו. $\theta\approx 2.35°$.

23) א. $\omega = \sqrt{20}\,\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$. ב. $t \approx 0.35\text{sec}$. ג. $u = 0.2\,\frac{\text{m}}{\text{sec}}$. ד. $\theta = 5.12°$.

24) א. הוכחה. ב. $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k_1 + k_2}}$.

25) א. ראה סרטון. ב. הוכחה. ג. הוכחה.

26) א. $\Delta x_{max} = 0.37\text{m}$. ב. $f = 2.25\,\frac{1}{\text{sec}}$. ג. $A \approx 0.32\text{m}$.

קורס מלא לבגרות בפיזיקה 5 יחידות

פרק 14

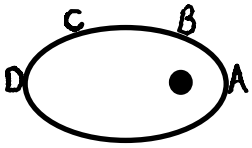
כבידה

כבידה 127

כבידה:

שאלות:

1) קפלר חוק שני



כוכב לכת מוקף שמש רחוקה במסלול אליפטי.
באיזה נקודה מהירות הגוף הכי גדולה ובאיזה הכי קטנה?
נמק תשובתך בעזרת החוק השני של קפלר.

2) קפלר חוק שלישי

לצדק יש ארבעה ירחים. שני הקרובים אליו הם Io ו-Europa.
זמן המחזור של Io הוא 1.77 ימים, ורדיוס הקפתו הממוצע את צדק הוא 422,000 ק"מ. רדיוס ההקפה הממוצע של Europa סביב צדק הוא 671,000 ק"מ.

א. מהו זמן המחזור של Europa?
ב. האם ניתן בעזרת החוק השלישי של קפלר ונתוני שאלה זו למצוא את זמן המחזור של הירח סביב כדור הארץ, אם רדיוס הקפתו הממוצע הוא 384,000 ק"מ? נמקו.

3) חוק הכבידה 1

מסת כדור הארץ היא: $5.97\cdot10^{24}\text{kg}$.

מסת הירח היא: $7.3\cdot10^{22}\text{kg}$.

המרחק ביניהם הוא 384,000 ק"מ.

א. מה הכוח שמפעיל כדור הארץ על הירח?
ב. מהי תאוצת הירח?
ג. מה הכוח שהירח מפעיל על כדור הארץ?
ד. מהי תאוצת כדור הארץ?

4) חוק הכבידה 2

2 בני אדם עומדים במרחק 1 מטר זה מזה.
מסת הראשון 60 ק"ג ומסת השני 70 ק"ג.
מה כוח הכבידה שפועל ביניהם, ומה התאוצה של הרזה?

5) חוק הכבידה 3

תפוח שמסתו 200 גרם נעזב מעל פני כדור הארץ.
מה הכוח שירגיש ומה תאוצתו?

6) תנועת לוויינים 1

לוויין שמסתו $100kg$ מקיף את כדור הארץ בגובה $3,620km$.

א. מה מהירותו (בהנחה שמסלולו מעגלי)?
ב. מה יהיה זמן המחזור שלו?
ג. מה תאוצת הלוויין בנקודה בה הוא נמצא?
ד. כמה סיבובים משלים לוויין זה בזמן שכדור הארץ משלים סיבוב אחד?

7) תנועת לוויינים 2

על כוכב בעל רדיוס של: $R=5,000km$ וצפיפותו הממוצעת: $\rho=5\frac{gr}{cm^3}$ חיים חייזרים, שרוצים לשגר לוויין שמסתו: $m=200kg$, כך שיקיפו בזמן מחזור של 20 שעות.

א. מה תהיה המהירות הזוויתית של לוויין זה?
ב. מה יהיה רדיוס הקפתו?
ג. מה תהיה תאוצת הלוויין בגובה בו הוא נמצא?
ד. מה תהיה תאוצת הנפילה החופשית בגובה בו הלוויין נמצא?
ה. מה תאוצת הנפילה החופשית על פני כוכב זה?

8) תנועת לוויינים 3

לוויין ריגול הוא לוויין שנמצא בכל רגע מעל אותה נקודה על פני כדור הארץ (כדי לצלם נקודה זו). מסלול של לוויין שנמצא כל הזמן מעל אותה נקודה בקרקע נקרא מסלול גיאוסטציונרי.

א. איך זה אפשרי?
ב. מה גובה לוויין זה מעל פני הקרקע?
ג. מה מהירותו?
ד. הסבירו מדוע מסלול כזה אפשרי רק מעל קו המשווה.

9) חוסר משקל

בתוך החללית תלויה משקולת, שמסתה $2kg$, על חוט.
מה תהיה המתיחות בחוט בכל שלב:

א. במנוחה על כדור הארץ.
ב. מאיצה לעבר החלל החיצון ב- $a=2\frac{m}{sec^2}$.
ג. נעצרת בגובה $h=10,000km$.
ד. נכנסת למסלול מעגלי בגובה זה.

10) שדה כבידה

כדור הארץ ולוויין שמסתו $100kg$ נמצאים במרחק $20,000km$ אחד מהשני (מרכז כדוה"א ממרכז הלוויין).

א. מה הכוח שמפעיל כדור הארץ על הלוויין?
ב. מה שדה הכבידה שיוצר כדור הארץ במקום בו הלוויין נמצא? ומה משמעות מספר זה?
ג. מה הכוח שמפעיל הלוויין על כדור הארץ?
ד. מה שדה הכבידה שיוצר הלוויין במקום בו נמצא (מרכז) כדור הארץ?

11) אנרגיה כבידתית

עקב תקלה, לוויין שמקיף את כדור הארץ ברדיוס של $10,000km$ נעצר רגעית, ואז מתחיל ליפול אל כדור הארץ.

א. מה תהיה מהירותו בגובה $1,000km$ מעל פני הקרקע?
ב. באיזה מהירות יפגע בקרקע? (תזניחו חיכוך עם האטמוספירה או התנגדות אוויר, כאילו רק כוח הכבידה פועל פה).

12) אנרגית לווייניים 1

לוויין שמסתו $20kg$ מקיף את כדור הארץ כל 90 דקות.

א. מה רדיוס הקפתו?
ב. מה האנרגיה המכנית שלו?
ג. מה האנרגיה הפוטנציאלית כבידתית שלו?
ד. מה האנרגיה הקינטית שלו?
ה. רוצים להעבירו למסלול מעגלי אחר ברדיוס של $9,000km$, כמה אנרגיה יש להשקיע לשם כך?

13) אנרגיית לווייניים 2

טיל שמסתו $100kg$ נורה מפני כדור הארץ במהירות: $v_0 = 8000\frac{m}{sec}$.

א. מה תהיה מהירותו בגובה $1,000km$? (נזניח את התנגדות האוויר)
ב. לאיזה מרחק מקסימאלי מכדור הארץ הוא יגיע?
ג. במקרה אחר אנחנו רוצים לקחת טיל זהה ולהכניסו למסלול מעגלי סביב כדור הארץ ברדיוס שמצאנו בסעיף ב'.
כמה אנרגיה יש להעניק לטיל לשם כך?

14) מהירות מילוט

א. מצא את מהירות המילוט מפני כדור הארץ.
ב. מצא את מהירות המילוט מפני הירח.

תשובות סופיות:

1) הכי גדולה : A, הכי קטנה : D.

2) א. $T_2 = 3.54\ \text{days}$. ב. לא.

3) א. $F = 1.97\cdot10^{20}\,\text{N}$. ב. $a_{\text{Moon}} = 2.7\cdot10^{-3}\,\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$.

ג. כוח זהה לסעיף א' – בכיוון ההפוך. ד. $a_{\text{Earth}} = 3.3\cdot10^{-5}\,\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$.

4) $a = 4.67\cdot10^{-9}\,\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$, $F = 2.8\cdot10^{-7}\,\text{N}$.

5) $a = 9.8\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$, $F = 1.96\text{N}$.

6) א. $v = 6310\,\frac{\text{m}}{\text{sec}}$. ב. $T = 2.77\text{hr}$. ג. $a = 3.98\,\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$. ד. $n = 8\frac{2}{3}$.

7) א. $8.72\cdot10^{-5}\,\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$. ב. $r = 2.84\cdot10^{7}\,\text{m}$. ג. $a_s = 0.216\,\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$. ד. $a_s = 0.216\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$.

ה. $6.99\,\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$.

8) א. ראה סרטון. ב. $h = 3.58\cdot10^{7}\,\text{m}$. ג. $v = 3070\,\frac{\text{m}}{\text{sec}}$. ד. ראה סרטון.

9) א. $T = 20\text{N}$. ב. $T = 24\text{N}$. ג. $T = 2.97\text{N}$. ד. $T = 0$.

10) א. $F_G = 99.5\text{N}$. ב. $g = 0.995\,\frac{\text{N}}{\text{kg}}$. ג. כמו בסעיף א. ד. $g = 1.67\cdot10^{-23}\,\frac{\text{N}}{\text{kg}}$.

11) א. $v_A = 5,330\,\frac{\text{m}}{\text{sec}}$. ב. $v_B = 6,725\,\frac{\text{m}}{\text{sec}}$.

12) א. $r = 6.65\cdot10^{6}\,\text{m}$. ב. $E = 1.2\cdot10^{9}\,\text{J}$. ג. $U = -2.4\cdot10^{9}\,\text{J}$. ד. $E = 1.2\cdot10^{9}\,\text{J}$.

ה. $\Delta E = 3.15\cdot10^{8}\,\text{J}$.

13) א. $V_A = 6,860\,\frac{\text{m}}{\text{sec}}$. ב. $rf = 1.31\cdot10^{7}\,\text{m}$. ג. $\Delta E = 4.72\cdot10^{9}\,\text{J}$.

14) א. $v_{\text{Earth}} = 11,200\,\frac{\text{m}}{\text{sec}}$. ב. $v_{\text{Moon}} = 2,360\,\frac{\text{m}}{\text{sec}}$.

פרק 15

פתרון בגרויות במכניקה

מבחני בגרות במכניקה 131

מדינת ישראל
משרד החינוך

סוג הבחינה: בגרות
מועד הבחינה: קיץ תשפ"ד, 2024
מספר השאלון: 36361
נספח: דפי נוסחאות ונתונים ל־5 יחידות לימוד

פיזיקה
מכניקה
הוראות

א. <u>משך הבחינה</u>: שעתיים ורבע.

ב. <u>מבנה השאלון ומפתח ההערכה</u>:
בשאלון זה שש שאלות, ומהן יש לענות על <u>שלוש</u> שאלות בלבד.
לכל שאלה – $33\frac{1}{3}$ נקודות; $3 \times 33\frac{1}{3} = 100$ נקודות

ג. <u>חומר עזר מותר בשימוש</u>: (1) מחשבון לא גרפי. אין להשתמש באפשרויות התכנות במחשבון שיש בו אפשרות תכנות.
(2) דפי נוסחאות ונתונים (מצורפים).

ד. <u>הוראות מיוחדות</u>:
(1) יש לענות על שלוש שאלות בלבד. אם תענו על יותר משלוש שאלות, ייבדקו רק שלוש התשובות הראשונות שבמחברת. יש לציין באופן ברור את מספר השאלה שבחרתם ואת הסעיף.
(2) בשאלות שבפתרון שלהן נדרש חישוב, יש להציג את השלבים האלה:
רישום הביטוי המתמטי כפי שהוא כתוב בדפי הנוסחאות והנתונים המצורפים, פיתוח מתמטי ושינוי נושא נוסחה בהתאם לבעיה, הצגה מפורשת של הנתונים בביטוי שהתקבל, הצגת תוצאות החישוב באמצעות שבר עשרוני ובו מספר מתאים של ספרות משמעותיות וכן יחידות המידה.
(3) את הגרפים יש לסרטט בגודל של חצי עמוד לפחות. יש להשתמש בסרגל לסרטוט קווים ישרים.
(4) כאשר נדרשים להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, יש לרשום ביטוי מתמטי הכולל את נתוני השאלה או את חלקם; במידת הצורך אפשר להשתמש גם בקבועים בסיסיים מתוך הטבלה שבדפי הנוסחאות והנתונים או בגודל תאוצת הנפילה החופשית g.
(5) בחישובים יש להשתמש בערך $10\ \mathrm{m/s^2}$ לגודל של g – תאוצת הנפילה החופשית (בסמוך לפני כדור הארץ).
(6) יש לכתוב את התשובות בעט. מותר להשתמש בעיפרון לסרטוטים וגרפים בלבד.
(7) במקרה של טעות, אפשר להסתפק בהעברת קו חוצה כפול על המילים או המשפטים השגויים.

יש לכתוב <u>במחברת הבחינה בלבד</u>. יש לרשום "טיוטה" בראש כל עמוד המשמש טיוטה.
כתיבת טיוטה בדפים שאינם במחברת הבחינה עלולה לגרום לפסילת הבחינה.

השאלות בשאלון זה מנוסחות בלשון רבים, אף על פי כן על כל תלמידה וכל תלמיד להשיב עליהן באופן אישי.

בהצלחה!

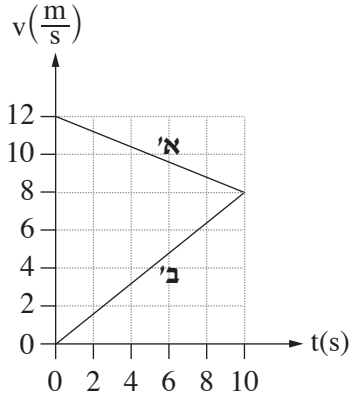
/המשך מעבר לדף/

השאלות

ענו על שלוש מן השאלות 1 – 6.

(לכל שאלה – $33\frac{1}{3}$ נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.)

1. שתי מכוניות, א' ו־ב', נסעו על כביש ישר. ברגע $t = 0$ שתי המכוניות היו בנקודה $x = 0$. הגרפים בתרשים שלפניכם מתארים את המהירויות של המכוניות א' ו־ב' כפונקצייה של הזמן, החל מרגע $t = 0$ ועד רגע $t = 10s$. הכיוון ימינה מוגדר חיובי.



א. חשבו את התאוצה (גודל וכיוון) של כל אחת משתי המכוניות בפרק הזמן $0 < t < 10s$. (8 נקודות)

ב. ענו על שני התת־סעיפים (1) ו־(2) עבור הרגע $t = 10s$.

(1) קבעו אם שתי המכוניות נעו באותו כיוון או בכיוונים מנוגדים. נמקו את קביעתכם.

(2) קבעו אם המרחק של מכונית א' מן הנקודה $x = 0$ היה גדול מן המרחק של מכונית ב' מנקודה זו, קטן ממנו או שווה לו. נמקו את קביעתכם.

(6 נקודות)

לאחר רגע $t = 10s$, מכונית א' המשיכה לנוע באותה התאוצה כפי שחישבתם בסעיף א, עד שהגיעה לתחנת אוטובוס ונעצרה.

ג. **(1)** חשבו את המרחק של תחנת האוטובוס מן הנקודה $x = 0$.

(2) חשבו את משך הזמן שעבר מרגע $t = 0$ ועד לרגע שמכונית א' הגיעה לתחנת האוטובוס.

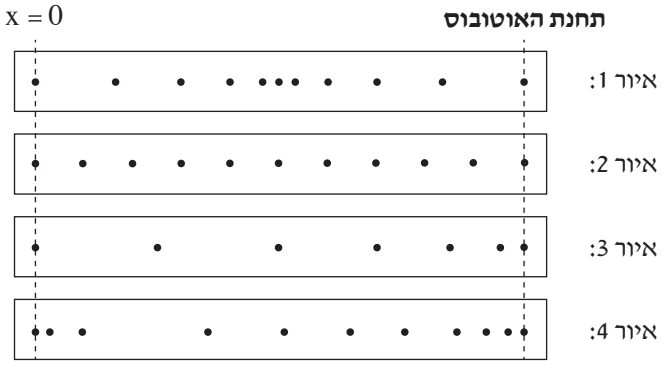
(8 נקודות)

ברגע $t = 10s$, מכונית ב' התחילה להאט בתאוצה קבועה עד שנעצרה באותה תחנת אוטובוס שבה נעצרה מכונית א'.

ד. חשבו כמה זמן עבר מרגע שנעצרה מכונית א' בתחנת האוטובוס, ועד הרגע שנעצרה בה מכונית ב'. (7 נקודות)

ה. בתחתית מכונית ב' קרוב מאוד לכביש, הורכב התקן מיוחד ששיחרר טיפת צבע לכביש בהפרשי זמן קבועים, טיפה אחת בכל פעם.

קבעו איזה מבין האיורים 1 – 4 שלפניכם מתאר באופן הטוב ביותר את תרשים העקבות שהתקבל מטיפות הצבע במהלך תנועתה של מכונית ב' **מרגע $t = 0$** ועד הרגע שנעצרה בתחנת האוטובוס. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

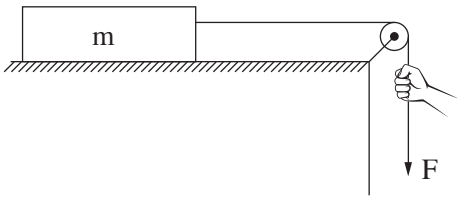


/המשך בעמוד 3

2. תלמידת פיזיקה ערכה ניסוי ובו תיבה שמסתה m מונחת על משטח אופקי מחוספס. התיבה קשורה בחוט העובר דרך גלגלת, כמתואר בתרשים שלפניכם.

מסת החוט ומסת הגלגלת ניתנים להזנחה. מקדם החיכוך (הסטטי והקינטי) בין התיבה למשטח הוא μ.

במהלך הניסוי משכה התלמידה את הקצה של החוט בכוח F כלפי מטה ומדדה את גודל התאוצה a של התיבה במהלך תנועתה. התלמידה חזרה על המדידות פעמים אחדות, ובכל פעם היא שינתה את גודל הכוח F ומדדה את גודל התאוצה a.



תוצאות המדידות מוצגות בטבלה שלפניכם:

$\mathbf{F}(\mathrm{N})$	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5
$\mathbf{a}\left(\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right)$	1.9	2.7	3.4	4.2	5.0

א. סרטטו את תרשים הכוחות הפועלים על התיבה. ליד כל כוח רשמו את שמו וציינו מי מפעיל אותו. (6 נקודות)

ב. בלי להסתמך על תוצאות המדידות של התלמידה, פתחו ביטוי של תאוצת התיבה a כפונקצייה של הכוח F.

בטאו את תשובתכם באמצעות הפרמטרים m , μ , g. (8 נקודות)

ג. **(1)** סרטטו דיאגרמת פיזור (נקודות במערכת צירים) המתארת את גודל תאוצת התיבה a כפונקצייה של הכוח F.

(2) הוסיפו לדיאגרמת הפיזור את הישר המתאים לה ביותר (קו מגמה).

(8 נקודות)

ד. היעזרו בגרף שסרטטתם וענו על שני התת־סעיפים (1)–(2).

(1) חשבו את מסת התיבה m.

(2) חשבו את מקדם החיכוך μ בין התיבה למשטח.

(7 נקודות)

ה. התלמידה ערכה מדידה נוספת, ובה היא משכה את החוט בכוח של $F = 1.5\mathrm{N}$.

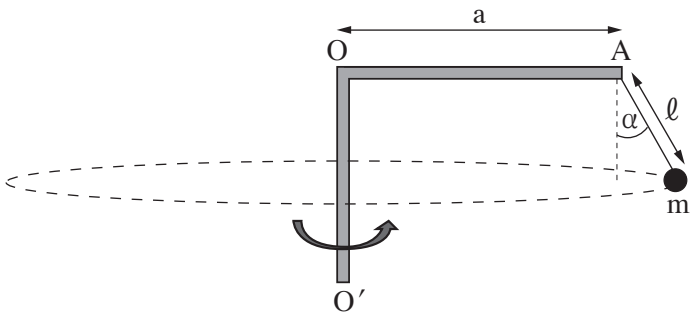
קבעו מה הייתה תאוצת התיבה במקרה זה. הסבירו את קביעתכם. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

(המשך בעמוד 4/)

3. באיור שלפניכם מתואר מתקן הבנוי ממוט אופקי AO שאורכו $a = 3m$ המחובר לציר אנכי OO'. בנקודה A של המוט מחובר חוט שבקצהו קשור גוף קטן m.

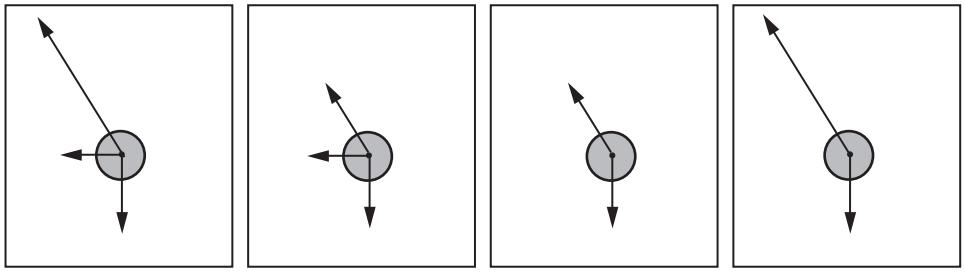
נתון: $m = 2kg$, אורך החוט הוא $\ell = 1m$. מסת החוט ניתנת להזנחה.

המתקן מסתובב בתדירות קבועה f, והגוף m נע במסלול מעגלי אופקי. במצב זה, הזווית שבין החוט ובין הכיוון האנכי היא $\alpha = 30^o$.



א. לפניכם ארבעה תרשימי כוחות, 1–4. אורכי הווקטורים הם יחסיים (פרופורציונים) לגודלי הכוחות.

קבעו מהו התרשים המתאר באופן הטוב ביותר את הכוחות הפועלים על הגוף m בזמן שהמתקן מסתובב. (5 נקודות)



תרשים 1 **תרשים 2** **תרשים 3** **תרשים 4**

ב. חשבו את מתיחות החוט בזמן שהמתקן מסתובב. (8 נקודות)

ג. קבעו אם מתיחות החוט כאשר המתקן <u>אינו</u> מסתובב גדולה מן המתיחות שחישבתם בסעיף ב, קטנה ממנה או שווה לה. נמקו את קביעתכם. (8 נקודות)

ד. חשבו את f, תדירות הסיבוב. (8 נקודות)

ה. נתון שהמתיחות המרבית שהחוט יכול לשאת בלי להיקרע היא $45N$.

חשבו את תדירות הסיבוב המרבית שבה המתקן יכול להסתובב בלי שהחוט ייקרע. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 5/

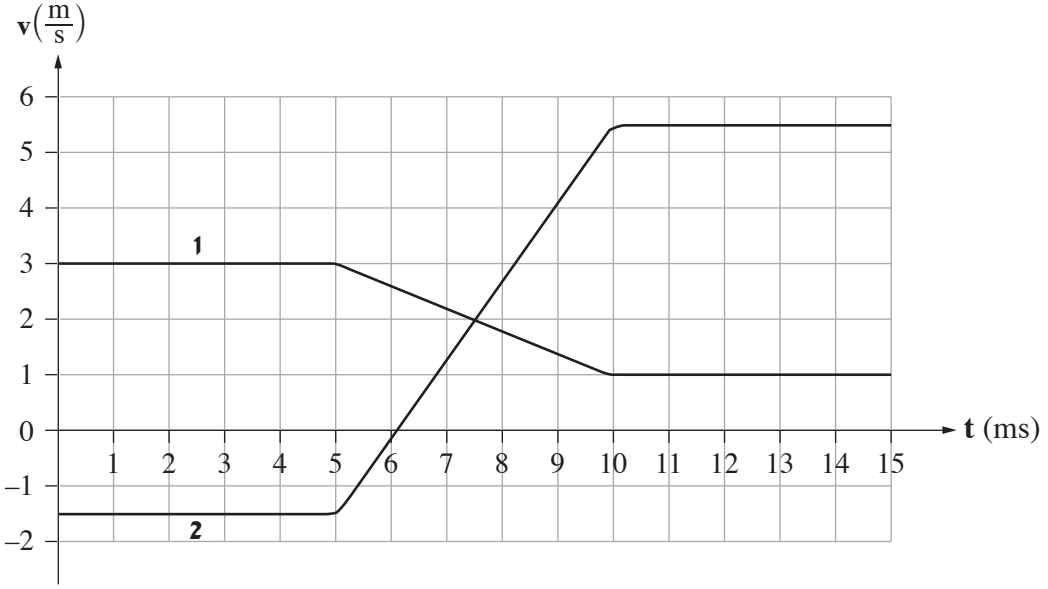
4. שתי תיבות A ו־ B שמסותיהן m_A ו־ m_B בהתאמה, נעות זו לקראת זו על משטח אופקי חסר חיכוך כמתואר בתרשים 1.

תרשים 1

נתון: $m_A = 0.14kg$. מסתה של תיבה B אינה נתונה.

חיישן תנועה עוקב אחרי תנועת התיבות ומודד את מהירותן כתלות בזמן. הכיוון החיובי נקבע ימינה.

תוצאות המדידות של החיישן מוצגות בגרפים 1, 2 שבתרשים 2.



תרשים 2

שימו לב: הערכים של ציר הזמן נתונים ביחידות ms (מילי־שניות).

א. קבעו איזה מן הגרפים, 1 או 2, מייצג את מהירותה של תיבה B . הסבירו את קביעתכם. (4 נקודות)

ב. חשבו את m_B , מסת תיבה B . (9 נקודות)

ג. חשבו את המתקף (גודל וכיוון) שהפעילה תיבה B על תיבה A . (8 נקודות)

ד. חשבו את הכוח הממוצע (גודל וכיוון) שהפעילה תיבה B על תיבה A . (8 נקודות)

ה. שני תלמידים נשאלו בנוגע לגודל המתקף שהפעילה תיבה A על תיבה B .

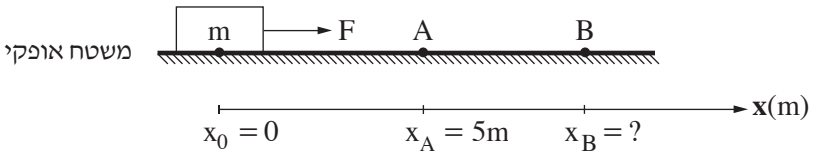
תלמיד א' טען שעל התיבה שמסתה גדולה יותר פעל מתקף שגודלו גדול יותר.

תלמיד ב' טען שעל כל אחת משתי התיבות פעל מתקף בגודל שווה, ללא קשר למסה של התיבות.

מי מבין שני התלמידים צודק? הסבירו את תשובתכם. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

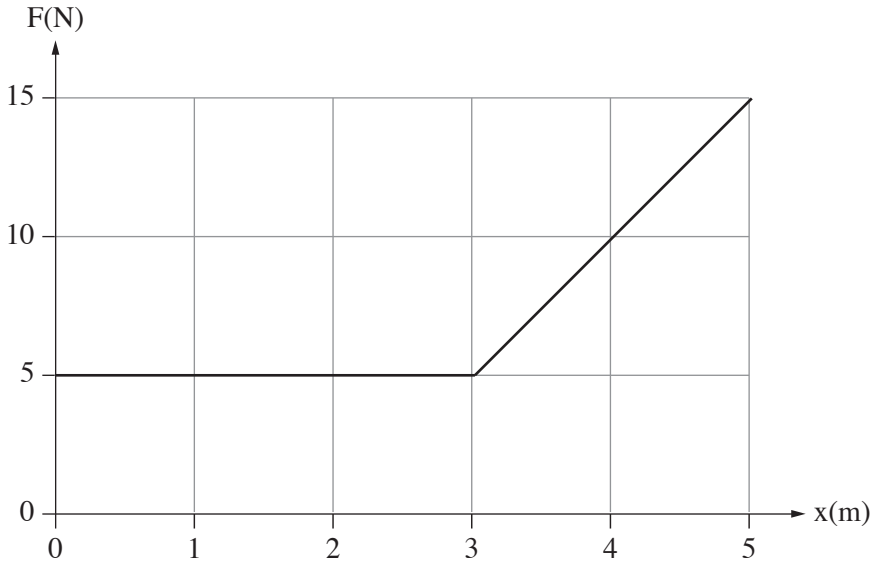
(המשך בעמוד 6/)

5. גוף שמסתו $m = 2kg$ מונח על משטח אופקי מחוספס. מקדם החיכוך הקינטי בין הגוף לבין המשטח הוא $\mu = 0.2$.
מגדירים ציר מקום, x , שראשיתו $x_0 = 0$ במיקום שבו הגוף מונח, וכיוונו החיובי ימינה (ראו תרשים א).
מפעילים על הגוף כוח אופקי F שכיוונו ימינה והגוף מתחיל לנוע על המשטח. כאשר הגוף מגיע לנקודה A ששיעורה $x_A = 5m$,
הכוח F מפסיק לפעול.
מן הנקודה A הגוף ממשיך לנוע על המשטח עד שהוא נעצר בנקודה B . נסמן ב־ x_B את המיקום של הנקודה B .
שימו לב: תרשים א אינו בקנה מידה.



תרשים א

בגרף שבתרשים ב מוצג גודלו של הכוח F כפונקצייה של מיקום הגוף.



תרשים ב

א. קבעו מהו הגודל הפיזיקלי שמבטא השטח הכלוא בין הגרף לבין ציר המקום (x) כאשר הכוח F פועל, וחשבו את גודלו של השטח הכלוא. (6 נקודות)

ב. חשבו את עבודת כוח החיכוך מתחילת תנועתו של הגוף עד להגעתו לנקודה A . (8 נקודות)

ג. חשבו את מהירות הגוף בחולפו בנקודה A . (8 נקודות)

ד. חשבו את x_B , שיעור הנקודה B שבה נעצר הגוף. (7 נקודות)

(שימו לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

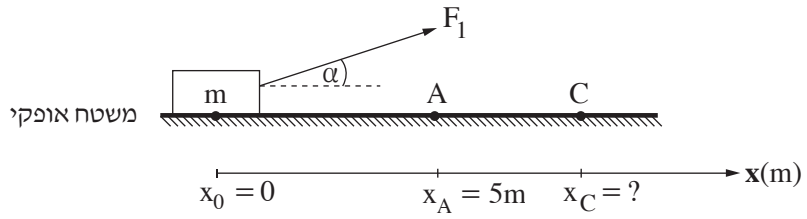
במקרה אחר, מפעילים על הגוף כוח F_1 שאינו אופקי, אלא מוטה בזווית α כלפי מעלה (ראו תרשים ג), כך שהגוף אינו מתנתק מן המשטח במהלך תנועתו.

הגרף שבתרשים ב מתאר גם את גודל הרכיב האופקי של הכוח F_1 כפונקצייה של מיקום הגוף.

בהשפעת הכוח F_1 הגוף מתחיל לנוע על המשטח מן הנקודה $x_0 = 0$. כאשר הגוף מגיע לנקודה A הכוח F_1 מפסיק לפעול.

מן הנקודה A הגוף ממשיך לנוע על המשטח עד שהוא נעצר בנקודה C. נסמן ב־ x_C את המיקום של הנקודה C.

שימו לב: תרשים ג אינו בקנה מידה.



תרשים ג

ה. לפניכם ארבעה ביטויים, 1–4. קבעו מהו הביטוי הנכון. נמקו את קביעתכם.

1. $x_C < x_B$
2. $x_C = x_B$
3. $x_C > x_B$
4. אי אפשר לקבוע את הקשר בין x_B לבין x_C ללא מידע נוסף.

($4\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 8/

כבידה

6. בשנת 1781 גילה האסטרונום סר ויליאם הרשל את כוכב הלכת אורנוס.

נתונים על אודות כוכב הלכת אורנוס מוצגים בנספח שברשותכם: "נוסחאות ונתונים בפיזיקה" (נוסחאון).

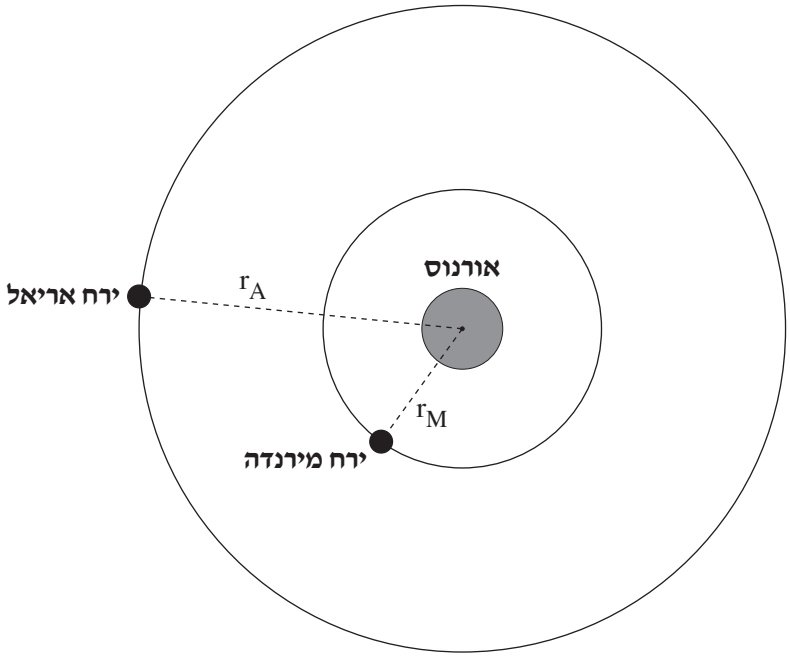
א. חשבו את גודל תאוצת הנפילה החופשית על פני כוכב הלכת אורנוס. (6 נקודות)

סביב כוכב הלכת אורנוס נעים שניים מן הירחים שלו, אריאל ומירנדה, כמתואר בתרשים שלפניכם (הניחו שמסלוליהם מעגליים).

התרשים אינו בקנה מידה.

מירנדה מקיף את אורנוס במסלול שרדיוסו $r_M = 13 \cdot 10^7 \text{ m}$ וזמן המחזור שלו T_M .

אריאל מקיף את אורנוס במסלול שרדיוסו $r_A = 19 \cdot 10^7 \text{ m}$ וזמן המחזור שלו T_A .



ב. חשבו את גודל התאוצה הרדיאלית של **מירנדה** בתנועתו סביב אורנוס. (8 נקודות)

ג. חשבו את זמן המחזור T_M של **מירנדה** בתנועתו סביב אורנוס. (8 נקודות)

ד. חשבו את היחס בין זמן המחזור של אריאל לבין זמן המחזור של מירנדה, $\frac{T_A}{T_M}$. (7 נקודות)

רוצים לשגר שני לוויינים מלאכותיים שינועו <u>סביב כדור הארץ</u>:

לוויין א שינוע במסלול מעגלי שרדיוסו שווה לזה של מירנדה סביב אורנוס,

ולוויין ב שינוע במסלול מעגלי שרדיוסו שווה לזה של אריאל סביב אורנוס.

ה. קבעו אם היחס בין זמן המחזור של לוויין ב לבין זמן המחזור של לוויין א $\left(\frac{T_{\text{ב}}}{T_{\text{א}}}\right)$ בתנועתם סביב כדור הארץ, יהיה שווה ליחס בין זמני המחזור של הירחים אריאל ומירנדה $\left(\frac{T_A}{T_M}\right)$ שחישבתם בסעיף ד או שונה ממנו.

נמקו את קביעתכם. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

בהצלחה!
זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך

מדינת ישראל
משרד החינוך

סוג הבחינה: בגרות
מועד הבחינה: קיץ תשפ"ג, 2023
מספר השאלון: 36361
נספח: דפי נוסחאות ונתונים ל־5 יחידות לימוד

פיזיקה
מכניקה
הוראות

א. <u>משך הבחינה</u>: שעתיים.

ב. <u>מבנה השאלון ומפתח ההערכה</u>:
בשאלון זה שש שאלות, ומהן יש לענות על <u>שלוש</u> שאלות בלבד.
לכל שאלה – $33\frac{1}{3}$ נקודות; $3\times 33\frac{1}{3}=100$ נקודות

ג. <u>חומר עזר מותר בשימוש</u>: (1) מחשבון לא גרפי. אין להשתמש באפשרויות התכנות במחשבון שיש בו אפשרות תכנות.
(2) דפי נוסחאות ונתונים (מצורפים).

ד. <u>הוראות מיוחדות</u>:
(1) יש לענות על שלוש שאלות בלבד. אם תענו על יותר משלוש שאלות, ייבדקו רק שלוש התשובות הראשונות שבמחברת. יש לציין באופן ברור את מספר השאלה והסעיף שבחרתם.
(2) בשאלות שבפתרון שלהן נדרש חישוב, יש להציג את השלבים האלה:
רישום הביטוי המתמטי כפי שהוא כתוב בדפי הנוסחאות והנתונים המצורפים, פיתוח מתמטי ושינוי נושא נוסחה בהתאם לבעיה, הצגה מפורשת של הנתונים בביטוי שהתקבל, הצגת תוצאות החישוב באמצעות שבר עשרוני ובו מספר מתאים של ספרות משמעותיות וכן יחידות המדידה.
(3) את הגרפים יש לסרטט בגודל של חצי עמוד לפחות. יש להשתמש בסרגל לסרטוט קווים ישרים.
(4) כאשר נדרשים להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, יש לרשום ביטוי מתמטי הכולל את נתוני השאלה או את חלקם; במידת הצורך אפשר להשתמש גם בקבועים בסיסיים מתוך הטבלה שבדפי הנוסחאות והנתונים או בגודל תאוצת הנפילה החופשית g.
(5) בחישובים יש להשתמש בערך $10\ \mathrm{m/s^2}$ לגודל של g – תאוצת הנפילה החופשית (בסמוך לפני כדור הארץ).
(6) יש לכתוב את התשובות בעט. מותר להשתמש בעיפרון לסרטוטים וגרפים בלבד.
(7) במקרה של טעות, אפשר להסתפק בהעברת קו חוצה כפול על המילים או המשפטים השגויים.

יש לכתוב <u>במחברת הבחינה בלבד</u>. יש לרשום "טיוטה" בראש כל עמוד המשמש טיוטה.
כתיבת טיוטה בדפים שאינם במחברת הבחינה עלולה לגרום לפסילת הבחינה.

השאלות בשאלון זה מנוסחות בלשון רבים, אף על פי כן על כל תלמידה וכל תלמיד להשיב עליהן באופן אישי.

בהצלחה!

/המשך מעבר לדף/

השאלות

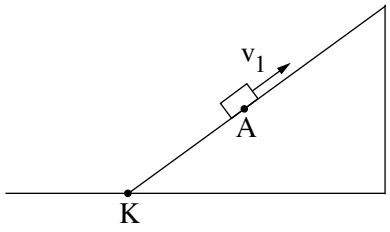
ענו על שלוש מן השאלות 1–6.

(לכל שאלה – $33\frac{1}{3}$ נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.)

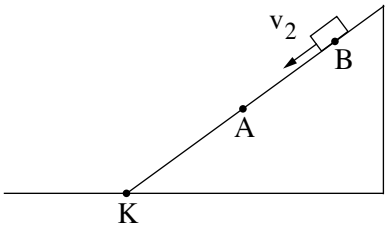
1. עורכים שני ניסויים באמצעות גוף קטן ומישור משופע חלק. תחתית המישור המשופע מסומנת באות K , כמתואר בתרשים 1 שלפניכם.

בניסוי הראשון הגוף מוחזק במנוחה בנקודה A על המישור המשופע. ברגע מסוים מקנים לגוף מהירות התחלתית שגודלה v_1 בכיוון מעלה המישור (ראו תרשים 1 – ניסוי ראשון).

בניסוי השני הגוף מוחזק במנוחה בנקודה B על המישור המשופע. ברגע מסוים מקנים לגוף מהירות התחלתית שגודלה v_2 בכיוון מורד המישור (ראו תרשים 1 – ניסוי שני).



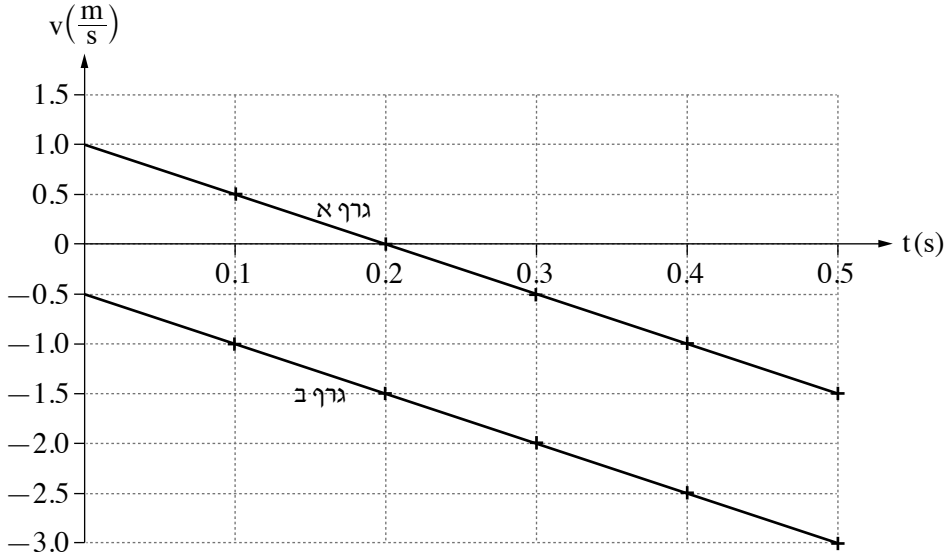
תרשים 1 – ניסוי ראשון



תרשים 1 – ניסוי שני

הגרפים א–ב בתרשים 2 שלפניכם מתארים את מהירות הגוף בכל אחד מן הניסויים במשך חצי השנייה הראשונה של התנועה. $t = 0$ הוא רגע תחילת התנועה של הגוף בכל אחד משני הניסויים.

מהירות הגוף בשני הניסויים כפונקצייה של הזמן



תרשים 2

א. קבעו אם הכיוון החיובי של המהירות נקבע במעלה המישור המשופע או במורדו. נמקו את קביעתכם. (6 נקודות)

(שימו לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

בניסוי הראשון הגיע הגוף לנקודה K (הנקודה התחתונה של המישור המשופע), ברגע $t = 0.5s$.

ב. חשבו את המרחק בין הנקודה הגבוהה ביותר שאליה הגיע הגוף בניסוי הראשון לבין הנקודה K. (7 נקודות)

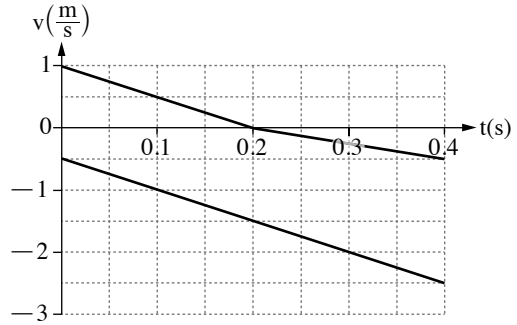
ג. חשבו את המרחק AK. (7 נקודות)

בניסוי השני הגיע הגוף לנקודה K ברגע $t = 0.62s$.

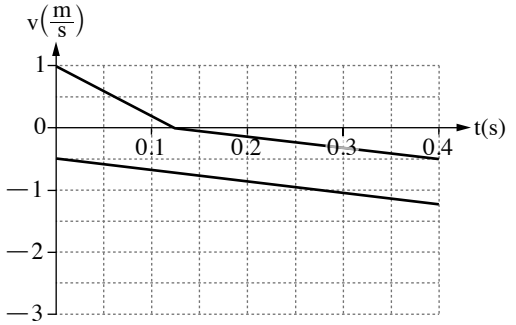
ד. חשבו את AB (המרחק בין מיקומי הגוף ברגע תחילת התנועה בכל אחד משני הניסויים). (8 נקודות)

חוזרים על שני הניסויים במערכת דומה לזו המתוארת בתרשים 1, אך הפעם יש חיכוך בין הגוף ובין המישור המשופע.
אחד מן התרשימים א–ד שלפניכם מתאר נכון את מהירות הגוף בשני הניסויים האלה כפונקצייה של הזמן עבור חלק מזמן התנועה.

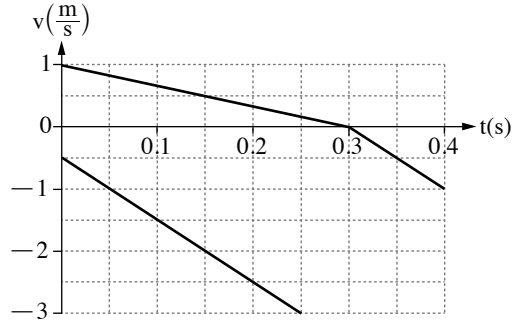
ה. קבעו איזה מן התרשימים א–ד מתאר נכון את תנועת הגוף בשני הניסויים הנוספים בהשפעת החיכוך. נמקו את קביעתכם. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)



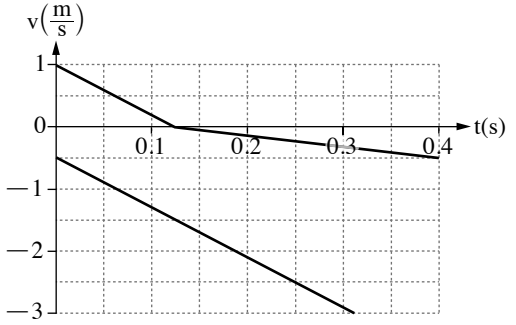
תרשים א



תרשים ב

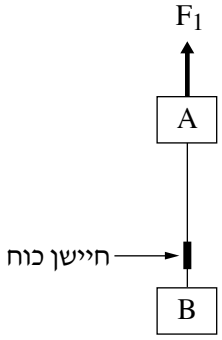


תרשים ג



תרשים ד

2. שני גופים, A ו- B , שהמסות שלהם m_A ו- m_B בהתאמה, קשורים זה לזה בחוט, כמתואר בתרשים 1 שלפניכם.
גוף A נמשך אנכית כלפי מעלה על ידי כוח חיצוני F_1 שגודלו יכול להשתנות.
על החוט המחבר את שני הגופים מותקן חיישן כוח המודד את המתיחות בחוט.
בכל השאלה יש להניח כי מסת החוט, מסת החיישן וכוחות החיכוך הפועלים על הגופים זניחים.
הכיוון החיובי של הציר האנכי מוגדר כלפי מעלה.



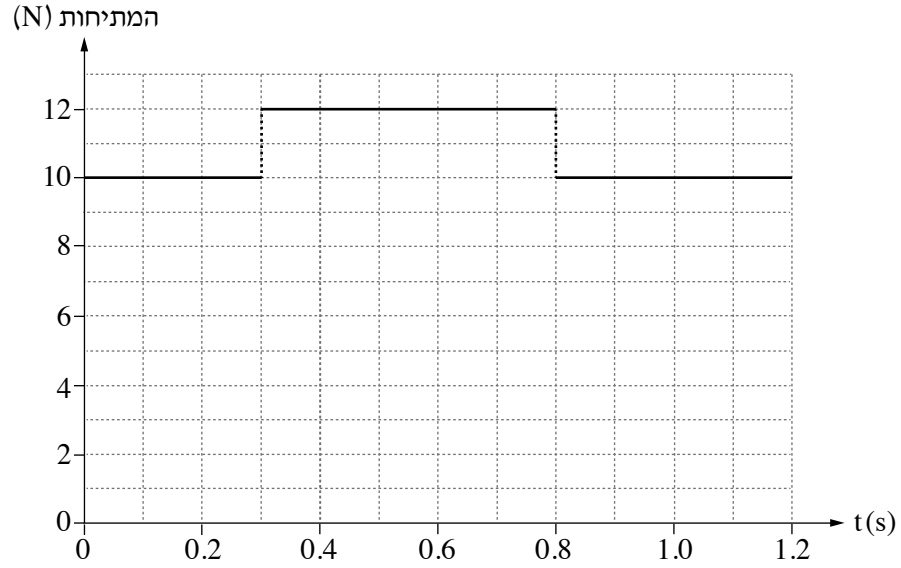
תרשים 1

א. סרטטו את תרשים הכוחות הפועלים על הגוף A ואת תרשים הכוחות הפועלים על הגוף B .
ליד כל כוח ציינו את שמו ומה מפעיל אותו (עבור הכוח F_1 רשמו "כוח חיצוני"). (4 נקודות)

ב. רשמו את משוואת הכוחות עבור כל אחד משני הגופים, ופתחו באמצעותן ביטוי לתאוצת המערכת כתלות בפרמטרים F_1 , m_A , m_B וקבועים פיזיקליים ידועים. (6 נקודות)

לפניכם גרף המתאר את המתיחות שנמדדה על ידי החיישן, כפונקצייה של הזמן, מן הרגע $t = 0$ ועד $t = 1.2s$. להזכירכם, גודל הכוח F_1 אינו בהכרח קבוע בזמן.

המתיחות כפונקצייה של הזמן



(שימו לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

נתון כי עד לרגע $t = 0.3s$ הייתה המערכת במנוחה. מסת הגוף A היא $m_A = 3\,kg$.

ג. היעזרו בגרף וחשבו את m_B , המסה של גוף B . (5 נקודות)

ד. היעזרו בגרף וחשבו את גודל הכוח החיצוני F_1 בכל אחד משלושת פרקי הזמן המתוארים בגרף: $0 < t < 0.3s$, $0.3s < t < 0.8s$, $0.8s < t < 1.2s$. (8 נקודות)

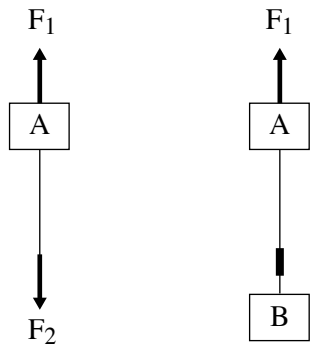
ה. קבעו בעבור כל אחד משני פרקי הזמן $0.3s < t < 0.8s$ ו־ $0.8s < t < 1.2s$, מהו סוג התנועה (מנוחה / תנועה קצובה / תנועה בתאוצה). הסבירו את קביעותיכם. (6 נקודות)

לאחר ביצוע המדידות האלה, ערכו באמצעות המערכת שני ניסויים:

בניסוי הראשון הפעילו על המערכת כוח F_1 מסוים ומצאו כי תאוצת המערכת היא $a_1 \neq 0$ כלפי מעלה (ראו תרשים 2א).

בניסוי השני ניתקו את גוף B ואת חיישן הכוח מן החוט, והפעילו על קצהו התחתון של גוף A כוח F_2 אנכית כלפי מטה, נוסף על הכוח F_1 הזהה לזה שבניסוי הראשון (ראו תרשים 2ב).

מדדו ומצאו כי גם בניסוי השני הייתה התאוצה a_1 (כלפי מעלה).



תרשים 2א **תרשים 2ב**

ו. קבעו מהו ההיגד הנכון מבין ההיגדים 1–4 שלפניכם, ונמקו את קביעתכם. (4 $\frac{1}{3}$ נקודות)

1. $F_2 < m_B g$

2. $F_2 = m_B g$

3. $F_2 > m_B g$

4. אי אפשר לקבוע את הקשר בין F_2 ו־ $m_B g$ מן הנתונים.

(המשך בעמוד 6/)

3. רחפן צעצוע מסוגל לשחרר כדורים קטנים תוך כדי תנועתו באוויר.

הרחפן נע אופקית בגובה 6 מטרים מעל קרקע מישורית במהירות שגודלה $3\frac{m}{s}$ ושחרר שלושה כדורים, בזה אחר זה.

הזמן בין שחרור כדור לשחרור הכדור הבא אחריו היה $0.5s$.

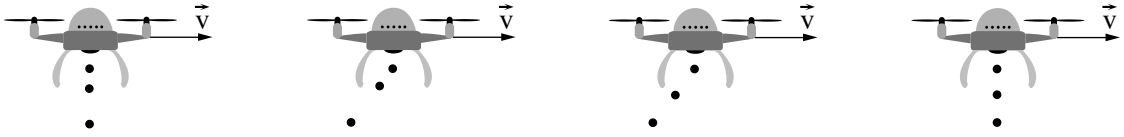
בשאלה זו יש להזניח את התנגדות האוויר לתנועת הכדורים.

א. חשבו כמה זמן עבר מרגע השחרור של אחד הכדורים ועד לרגע פגיעתו בקרקע. (7 נקודות)

ב. חשבו את מהירות הפגיעה של הכדור בקרקע (גודל וכיוון). (9 נקודות)

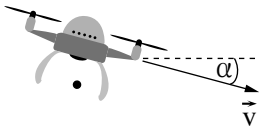
ג. קבעו מהו המרחק בין נקודות הפגיעה בקרקע של שני כדורים ששוחררו זה אחר זה. פרטו את שיקוליכם. (7 נקודות)

ד. קבעו איזה מן האיורים 1–4 שלפניכם מתאר בצורה הטובה ביותר את מיקומי הרחפן והכדורים לאחר שחרור הכדור השלישי. נמקו את קביעתכם. (5 נקודות)



איור 1 **איור 2** **איור 3** **איור 4**

במקרה שני הרחפן נע במהירות שגודלה זהה לגודל הנתון במקרה הראשון, אך הפעם הוא לא נע אופקית אלא בזווית α מתחת לאופק (ראו תרשים). גם במקרה זה שחרר הרחפן כדור מגובה 6 מטר מעל פני הקרקע.



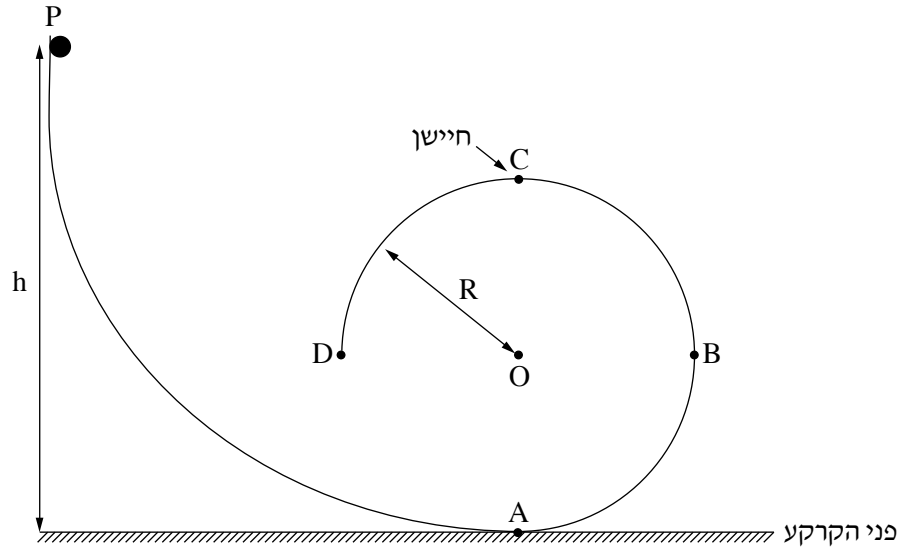
יוסף טוען כי במקרה השני, גודל מהירות הפגיעה של הכדור בקרקע גדול מגודל מהירות פגיעתו במקרה הראשון, ואילו דנה טוענת כי בשני המקרים גודל מהירות הפגיעה זהה.

ה. קבעו מי מהם צודק ונמקו את תשובתכם. תוכלו להיעזר בשיקולי אנרגייה. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 7/

4. בתרשים שלפניכם מוצגת מערכת המורכבת ממסילה חלקה PABCD . קטע המסילה ABCD הוא חלק ממעגל אנכי שרדיוסו R . בנקודה C , הנקודה הגבוהה ביותר במסילה, יש חיישן, וברגע שמופעל עליו כוח שגודלו לפחות $N_{C,min}$ נסגר מעגל חשמלי שמדליק נורה.

בשאלה זו יש להזניח את התנגדות האוויר.



מחזיקים כדור קטן שמסתו m על המסילה בגובה h מעל פני הקרקע, ומשחררים אותו ממנוחה. הכדור נע על המסילה וברגע שהוא מגיע לנקודה C החיישן מציג את ערך הכוח המופעל עליו, N_C .

א. **(1)** סרטטו את תרשים הכוחות הפועלים על <u>הכדור</u> בחולפו בנקודה C . ליד כל כוח ציינו את שמו ומה מפעיל אותו.

(2) בטאו את גודל הכוח N_C המופעל על <u>החיישן</u> כפונקצייה של הגובה h . השתמשו בפרמטרים m , R ו־ g .

(9 נקודות)

חוזרים ומשחררים את הכדור ממנוחה כמה פעמים, בכל פעם מגובה h אחר, ורושמים את ערכי הכוח שמציג החיישן, N_C . תוצאות המדידות מוצגות בטבלה שלפניכם.

h(m)	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
N_C(N)	0.20	0.55	0.75	0.95	1.20

ב. **(1)** סרטטו את דיאגרמת הפיזור של הכוח N_C כפונקצייה של הגובה h .

(2) הוסיפו קו מגמה לדיאגרמת הפיזור שסרטטתם.

(8 נקודות)

ג. היעזרו בגרף וחשבו את רדיוס המעגל R ואת מסת הכדור m . (8 נקודות)

נתון: הכוח המינימלי שצריך להפעיל על החיישן כדי שהנורה תידלק הוא $N_{C,min} = 0.6N$.

ד. קבעו או חשבו את הגובה המינימלי h_{min} שממנו יש לשחרר את הכדור כדי שהנורה תידלק. (4 נקודות)

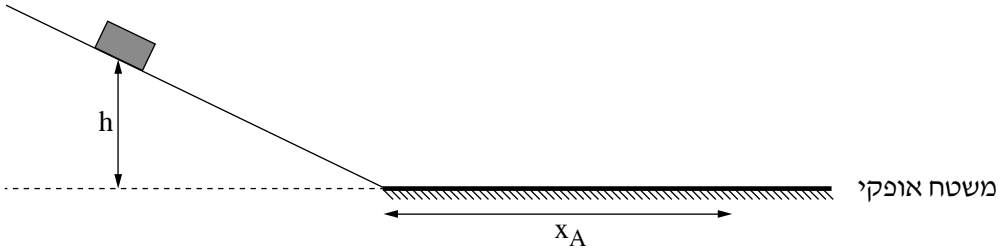
מסמנים ב־ h_1 את שיעור ה־ x של נקודת החיתוך בין קו המגמה לבין הציר האופקי.

ה. אילו היו משחררים את הכדור מגובה h_1 , האם גודל מהירות הכדור בנקודה C היה שווה לאפס?

אם כן – נמקו את תשובתכם, אם לא – חשבו את גודל המהירות של הכדור בנקודה זו. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

(המשך בעמוד 8/)

5. בתרשים 1 שלפניכם מתוארת מערכת המורכבת ממישור משופע חלק וממשטח אופקי מחוספס.
משחררים ממנוחה גוף מנקודה כלשהי על גבי המישור המשופע. הגוף נע במורד המישור ונעצר על גבי המשטח האופקי.
בשאלה זו יש להזניח את התנגדות האוויר.



תרשים 1

א. **(1)** קבעו אם האנרגייה המכנית של הגוף נשמרת בכל אחד משני קטעי התנועה (המישור המשופע והמשטח האופקי).
נמקו את קביעותיכם.

(2) קבעו אם תנע הגוף נשמר בכל אחד משני קטעי התנועה (המישור המשופע והמשטח האופקי). נמקו את קביעותיכם.
(6 נקודות)

נתונים שני גופים: גוף A שמסתו $m_A = 0.4kg$ וגוף B שמסתו $m_B = 1.2kg$.
נתון כי מקדם החיכוך בין כל אחד מן הגופים לבין המשטח האופקי הוא זהה.
משחררים את גוף A מגובה $h = 0.6m$. הגוף נעצר על המשטח האופקי לאחר שעבר על גביו מרחק $x_A = 1.5m$.

ב. חשבו את מקדם החיכוך בין המשטח האופקי לבין הגוף A . (8 נקודות)

ג. אילו היו משחררים את גוף B מאותו הגובה, האם המרחק שהוא היה עובר על פני המשטח האופקי היה גדול מ־ x_A ,
שווה לו או קטן ממנו? נמקו את תשובתכם. (6 נקודות)

משאירים את גוף A על המשטח האופקי ומשחררים את גוף B מנקודה כלשהי על המישור המשופע. גוף B מתנגש בגוף A התנגשות אלסטית לחלוטין. גודל המהירות של גוף B רגע לפני ההתנגשות הוא $4\frac{m}{s}$.
הניחו כי זמן ההתנגשות קצר מאוד וכי הכיוון החיובי נקבע בכיוון ימין.

ד. מהו המתקף (גודל וכיוון) שפעל על גוף B בהתנגשות זו? (8 נקודות)

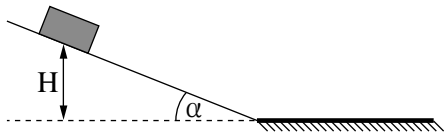
(שימו לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

במקרה אחר משחררים את גוף A פעמיים:

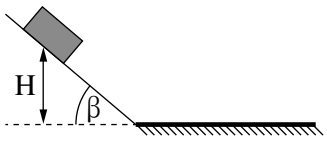
בפעם הראשונה משחררים את גוף A ממנוחה מגובה מסוים H במעלה המישור המשופע כעת בזווית α (ראו תרשים 2א).

בפעם השנייה מגדילים את זווית הנטייה של המישור המשופע לזווית β, ומשחררים את גוף A ממנוחה מאותו הגובה H כמו בפעם הראשונה (ראו תרשים 2ב).

בשתי הפעמים הגוף נע על המסלול בלי להתנגש בגופים אחרים.



תרשים 2א



תרשים 2ב

נסמן ב־ J_1 את גודל המתקף שפעל על הגוף מרגע תחילת התנועה ועד תחתית המישור המשופע בפעם הראשונה.

נסמן ב־ J_2 את גודל המתקף שפעל על הגוף מרגע תחילת התנועה ועד תחתית המישור המשופע בפעם השנייה.

ה. קבעו מהו הביטוי הנכון מבין הביטויים 1–4 שלפניכם. נמקו את קביעתכם. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

1. $J_1 > J_2$

2. $J_1 = J_2$

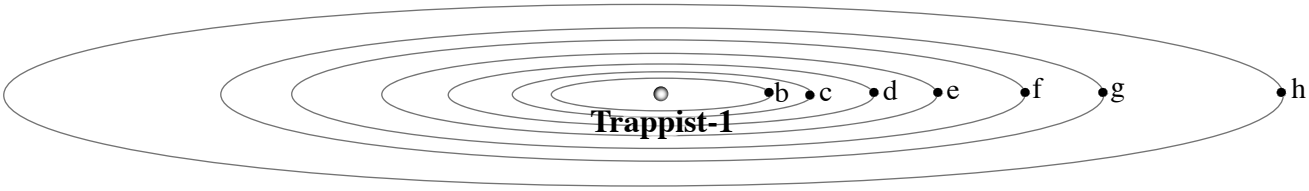
3. $J_1 < J_2$

4. אי אפשר לדעת איזה מתקף גדול יותר ללא ערכים מספריים של הזוויות.

/המשך בעמוד 10/

6. בשנים 2016–2017 התגלו שבעה כוכבי לכת המקיפים כוכב ננסי בשם Trappist-1 ודומים בגודלם לגודל כדור הארץ.
נכנה את כוכבי הלכת שהתגלו b, c, d, e, f, g, h. כוכב הלכת b הוא הקרוב ביותר לכוכב הננסי Trappist-1 ו־ h הוא הרחוק ביותר ממנו.
לצורך החישובים בשאלה יש להניח שהמסלולים של כוכבי הלכת מעגליים וכי ההשפעה של שבעת כוכבי הלכת זה על זה זניחה.

מערכת TRAPPIST-1



בטבלה שלפניכם מוצגים חלק מן הנתונים של רדיוס המסלול ושל זמן המחזור עבור שלושת כוכבי הלכת הקרובים ביותר לכוכב Trappist-1.

כוכב הלכת	r רדיוס מסלול $(10^9\,\mathrm{m})$	T זמן מחזור (ימים)
b	1.73	1.51
c	2.36	
d		4.05

א. חשבו את הערכים החסרים בטבלה. (7 נקודות)

איתן, תלמיד במגמת פיזיקה, טוען כי ככל שכוכב הלכת רחוק יותר מן הכוכב הננסי Trappist-1 כך מהירותו גדולה יותר.

ב. האם איתן צודק? נמקו את תשובתכם. (6 נקודות)

ג. **(1)** בטאו את g_b, תאוצתו של כוכב הלכת b הנגרמת על ידי Trappist-1.
השתמשו בפרמטרים r, T ובקבועים בסיסיים.

(2) האם משקלו של גוף שמסתו m הנמצא על פני כוכב הלכת b הוא mg_b? נמקו את תשובתכם.
(8 נקודות)

ד. חשבו את מסת הכוכב Trappist-1. (7 נקודות)

נתונות שתי חלליות שהמסות שלהן שוות, m_s. חללית I מקיפה את השמש שלנו, וחללית II מקיפה את הכוכב Trappist-1, במסלולים מעגליים שהרדיוס שלהם זהה.
תוספת האנרגייה הדרושה לחללית I כדי להימלט מהשפעת הכבידה של השמש שלנו היא ΔE_I, ותוספת האנרגייה הדרושה לחללית II כדי להימלט מהשפעת הכבידה של Trappist-1 היא ΔE_{II}.

ה. חשבו את היחס $\frac{\Delta E_I}{\Delta E_{II}}$. (5$\frac{1}{3}$ נקודות)

בהצלחה!
זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך

מדינת ישראל
משרד החינוך

סוג הבחינה: בגרות
מועד הבחינה: **קיץ נבצרים**, תשפ"ב, 2022
מספר השאלון: 036361
נספח: נוסחאות ונתונים בפיזיקה ברמה של 5 יח"ל

פיזיקה
מכניקה
הוראות

א. <u>משך הבחינה</u>: שעתיים.

ב. <u>מבנה השאלון ומפתח ההערכה</u>:
בשאלון זה שש שאלות, ומהן יש לענות על <u>שלוש</u> שאלות בלבד.
לכל שאלה – $33\frac{1}{3}$ נקודות; $3 \times 33\frac{1}{3} = 100$ נקודות

ג. <u>חומר עזר מותר בשימוש</u>: (1) מחשבון לא גרפי. אין להשתמש באפשרויות התכנות במחשבון שיש בו אפשרות תכנות.
(2) דפי נוסחאות ונתונים (מצורפים).

ד. <u>הוראות מיוחדות</u>:
(1) יש לענות על שלוש שאלות בלבד. אם תענו על יותר משלוש שאלות, ייבדקו רק שלוש התשובות הראשונות שבמחברת. יש לציין באופן ברור את מספר השאלה והסעיף שבחרתם.
(2) בשאלות שבפתרון שלהן נדרש חישוב, יש להציג את השלבים האלה:
רישום הביטוי המתמטי כפי שהוא כתוב בדפי הנוסחאות והנתונים המצורפים, פיתוח מתמטי ושינוי נושא נוסחה בהתאם לבעיה, הצגה מפורשת של הנתונים בביטוי שהתקבל, הצגת תוצאות החישוב באמצעות שבר עשרוני ובו מספר סביר של ספרות משמעותיות ויחידות המדידה המתאימות.
(3) בשאלות שהתשובה עליהן מילולית, יש לענות בקצרה אך ורק בנוגע למה שנשאלתם.
(4) בגרפים, יש לסרטט קווים ישרים באמצעות סרגל.
(5) כאשר אתם נדרשים להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, יש לרשום ביטוי מתמטי הכולל את נתוני השאלה או את חלקם; במידת הצורך אפשר להשתמש גם בקבועים בסיסיים מתוך הטבלה שבדפי הנוסחאות והנתונים או בגודל תאוצת הנפילה החופשית g.
(6) בחישובים יש להשתמש בערך $10\ \mathrm{m/s^2}$ לגודל תאוצת הנפילה החופשית (בסמוך לפני כדור הארץ).
(7) יש לכתוב את התשובות בעט. אם תכתבו בעיפרון או תמחקו בטיפקס, לא תוכלו לערער.
מותר להשתמש בעיפרון לסרטוטים וגרפים בלבד.

יש לכתוב <u>במחברת הבחינה בלבד</u>. יש לרשום "טיוטה" בראש כל עמוד המשמש טיוטה.
כתיבת טיוטה בדפים שאינם במחברת הבחינה עלולה לגרום לפסילת הבחינה.

השאלות בשאלון זה מנוסחות בלשון רבים, אף על פי כן על כל תלמידה וכל תלמיד להשיב עליהן באופן אישי.

בהצלחה!

/המשך מעבר לדף/

השאלות

ענו על שלוש מן השאלות 1–6.

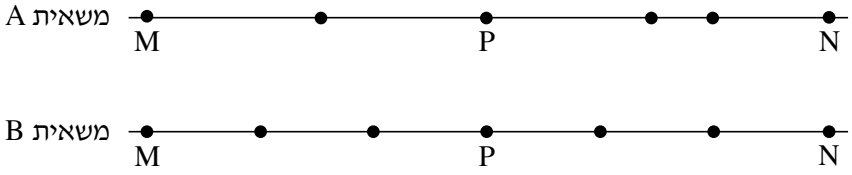
(לכל שאלה – $33\frac{1}{3}$ נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.)

1. שתי משאיות A ו־ B נכנסות באותו הזמן לשני מסלולים מקבילים זה לזה בקטע כביש ישר.

בכל אחת מן המשאיות מותקן מכשיר המחשב בהפרשי זמן שווים את מיקומה (GPS).

הנקודות בתרשים שלפניכם מייצגות את מיקומי המשאיות A ו־ B , לאורך הקטע MN שאורכו 189 ק"מ.

הנקודה P היא האמצע של הקטע MN .



היעזרו בתרשים וענו על הסעיפים א–ה שלפניכם.

א. נתון כי זמן הנסיעה של משאית B מנקודה M לנקודה N היה 3 שעות.

חשבו את מהירות הנסיעה הממוצעת של משאית זו בקטע MN .

בטאו את התשובה ביחידות של $\frac{\text{קילומטר}}{\text{שעה}}$ וגם של $\frac{\text{מטר}}{\text{שנייה}}$. (7 נקודות)

ב. קבעו אם מהירות הנסיעה הממוצעת של משאית A בקטע MN גדולה ממהירות הנסיעה הממוצעת של משאית B בקטע זה, קטנה ממנה או שווה לה. נמקו בלי לחשב. (7 נקודות)

ג. חשבו את מהירות הנסיעה הממוצעת של משאית A במחצית הראשונה של קטע הנסיעה (הקטע MP).

(7 נקודות)

נתון כי גודל מהירות הנסיעה של משאית A בקטע השלישי של נסיעתה קבוע, והוא שווה למהירות הממוצעת שחישבתם בסעיף ג. כמו כן נתון כי גודל מהירות הנסיעה של משאית A בקטע האחרון של נסיעתה קבוע, והוא שווה למהירות הממוצעת של משאית B בקטע האחרון של נסיעתה (ראו תרשים).

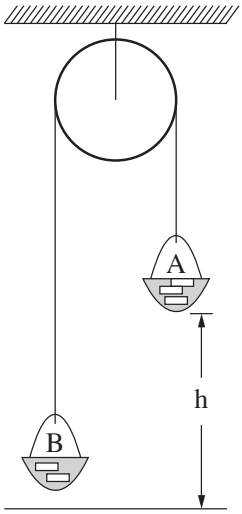
ד. חשבו את התאוצה הממוצעת של משאית A בקטע הרביעי של נסיעתה. (7 נקודות)

ה. קבעו אם יש רגע שבו המהירות הרגעית של שתי המשאיות שווה. נמקו. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 3/

2. לפניכם שני קטעים (קטע א וקטע ב) של דוח מעבדה שהגיש צוות תלמידים. עליכם לקרוא כל אחד מן הקטעים ולענות על סעיפי השאלה שאחרי כל קטע.

– קטע א –



נושא הניסוי: **יישום החוק השני של ניוטון**

בתרשים מוצגת מערכת ("מכונת אטווד") המורכבת מגלגלת מקובעת לתקרה, ועליה כרוך חוט. בשני קצות החוט קשורים סלים A ו־ B , ובתוכם מונחות משקולות. מסת הסל A עם המשקולות שבתוכו היא m_A , ומסת הסל B עם המשקולות שבתוכו היא m_B . הסלים יכולים לנוע מעלה ומטה.

בתחילת הניסוי הסל A (הכבד יותר) נמצא במנוחה בגובה h מעל הרצפה (ראו תרשים).

במערכת זו מסת החוט והגלגלת וכל כוחות החיכוך זניחים.

במהלך הניסוי משחררים את המערכת ממנוחה. באמצעות שעון עצר מודדים את זמן התנועה t של המערכת מרגע שחרורה ועד פגיעת הסל A ברצפה.

על פי מדידת הגובה והזמן מחשבים את התאוצה a של הסל A .

ניסוי 1

מטרת הניסוי: לאמת את ההשערה שהסל A יורד בתאוצה קבועה.

מהלך הניסוי: שחררנו את הסל A כמה פעמים, בכל פעם מגובה אחר, בלי לשנות את מסות הסלים. אחר כך חישבנו את התאוצה a . התוצאות והחישובים של שלוש מדידות מוצגים בטבלה.

h (m)	t (s)	a ($\frac{m}{s^2}$)
0.5	1.01	0.98
1.0	1.40	1.02
1.5	1.72	1.01

א. הסבירו בקצרה מדוע על פי חוקי ניוטון נכון להניח שהסל A יורד בתאוצה קבועה.
בתשובתכם על סעיף זה אין להתבסס על תוצאות המדידות. (5 נקודות)

ב. הראו כיצד חישבו התלמידים את התאוצה בניסוי זה. (4 נקודות)

ג. קבעו אם הממצאים המוצגים בטבלה אכן מאמתים את ההשערה שהסל A יורד בתאוצה קבועה.
נמקו את קביעתכם. (5 נקודות)

(שימו לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

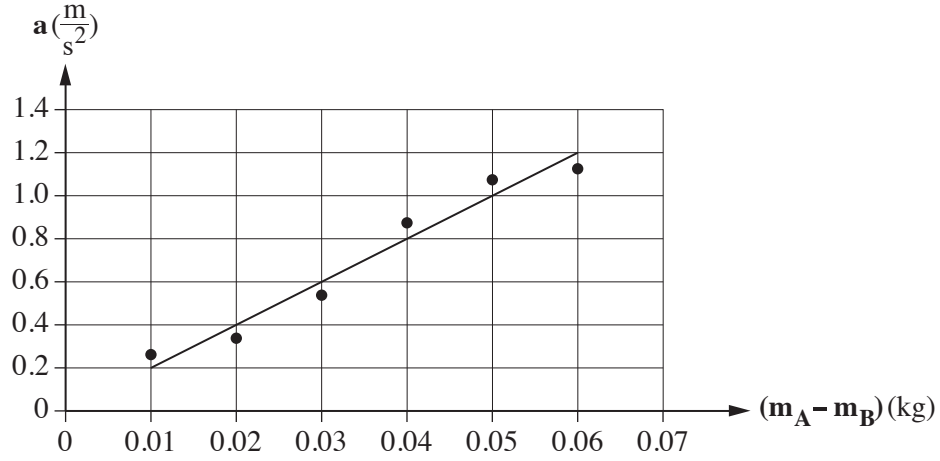
/המשך בעמוד 4/

– קטע ב –

ניסוי 2

מטרת הניסוי: בדיקת התלות של התאוצה בהפרש המסות של הסלים, בעוד המסה הכוללת של המערכת נשארת קבועה.

מהלך הניסוי: חזרנו על המדידות שבניסוי 1 כמה פעמים, ובכל פעם העברנו משקולת מן הסל B לסל A. תוצאות המדידות וקו המגמה מוצגים להלן.



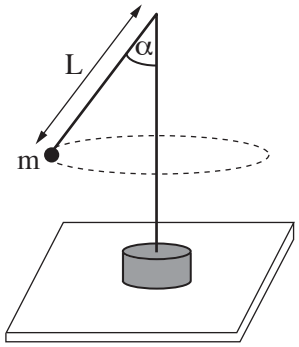
ד. סרטטו במחברתכם את תרשים הכוחות הפועלים על כל אחד מן הסלים. כתבו ליד כל כוח את שמו. (5 נקודות)

ה. התבססו על חוקי ניוטון, ופַתחו משוואה המקשרת בין התאוצה ובין הפרש המסות של הסלים. (8 נקודות)

ו. על פי הגרף שבקטע ב והמשוואה שפיתחתם בסעיף ה, חשבו את המסה הכוללת $(m_A + m_B)$ של הסלים במערכת. פרטו את חישוביכם. ($6\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 5/

3. אסף ערך ניסוי עם מנוע חשמלי שיש לו ציר אנכי. הוא חיבר לראש הציר חוט שאורכו L, ולקצה החוט קשר כדור קטן שהמסה שלו m. רדיוס הכדור קטן מאוד ביחס לאורך החוט. כאשר המנוע פועל, הכדור נע בתנועה מעגלית אופקית (ראו תרשים). אסף שינה כמה פעמים את תדירות הסיבוב f של הציר, ומדד בעבור כל תדירות את זווית הנטייה α של החוט.



תוצאות המדידות מוצגות בטבלה.

מדידה	1	2	3	4	5
$f(Hz)$	0.45	0.5	0.6	0.7	1
$\alpha(^o)$	32	45	63	70	80
$\frac{1}{f^2}(s^2)$					
$\cos\alpha$					

א. סרטטו את תרשים הכוחות הפועלים על הכדור, ופַתחו בעזרתו ביטוי המתאר את $\cos\alpha$ כפונקצייה של $\frac{1}{f^2}$. (10 נקודות)

ב. העתיקו את הטבלה למחברתכם, השלימו אותה (יש לעגל את תוצאות החישוב עד שלוש ספרות משמעותיות), וסרטטו גרף של $\cos\alpha$ כפונקצייה של $\frac{1}{f^2}$. (14 נקודות)

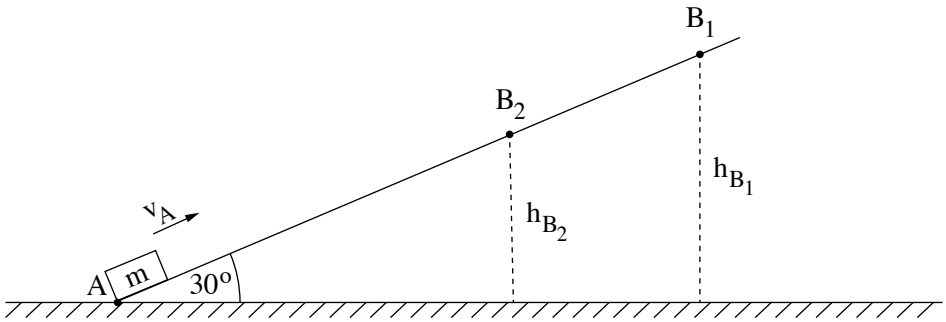
ג. חשבו בעזרת שיפוע הגרף את אורך החוט, L. (6 נקודות)

ד. קבעו על פי הגרף מהי התדירות המינימלית של סיבוב הציר שבה ינוע הכדור בתנועה מעגלית. ($3\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 6/

4. תלמיד ערך שני ניסויים בזה אחר זה. בכל אחד מן הניסויים, גוף קטן שמסתו m היה מונח בנקודה A, בתחתית מדרון הנטוי בזווית 30^o לאופק.

<u>בניסוי הראשון</u> העניק התלמיד לגוף מהירות התחלתית v_A, בכיוון מעלה המדרון ובמקביל אליו (ראו תרשים 1).



תרשים 1

הגוף עלה עד הנקודה B_1, נעצר לרגע, וירד חזרה לנקודה A. הגוף הגיע לנקודה A במהירות שגודלה v_{A_1}.

נתון: $|v_A| = |v_{A_1}|$, גובה הנקודה B_1 מעל הקרקע $h_{B_1} = 0.45m$.

א. התבססו על שיקולי עבודה ואנרגייה, וחשבו את המהירות v_A. (7 נקודות)

<u>בניסוי השני</u> החליף התלמיד את המדרון הנתון במדרון הנטוי באותה זווית אך עשוי מחומר אחר, וחזר על הניסוי. התלמיד העניק לאותו הגוף את אותה המהירות v_A (שחישבתם בסעיף א). הפעם עלה הגוף רק עד הנקודה B_2, נעצר לרגע, וירד חזרה לנקודה A. הגוף הגיע לנקודה A במהירות שגודלה v_{A_2}.

נתון: מסת הגוף $m = 0.2kg$, $|v_A| \neq |v_{A_2}|$, גובה הנקודה B_2 מעל הקרקע $h_{B_2} = 0.3m$.

התייחסו ל<u>ניסוי השני</u> וענו על סעיפים ב–ד שלפניכם.

ב. **(1)** קבעו או חשבו את האנרגייה הקינטית ואת האנרגייה הפוטנציאלית בנקודות A ו־ B_2 במהלך עליית הגוף.

(2) חשבו את העבודה של כוח החיכוך במהלך עליית הגוף מהנקודה A עד הנקודה B_2.

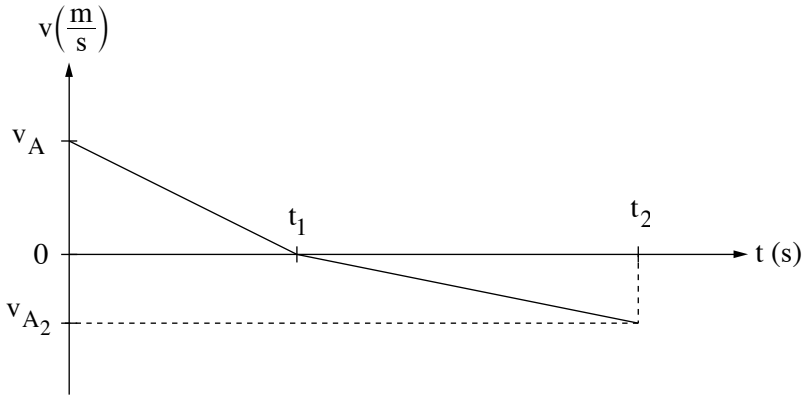
(3) חשבו את כוח החיכוך f שפעל על הגוף במהלך עלייתו.

(12 נקודות)

(שימו לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 7/

ג. בתרשים 2 נתון גרף המתאר את גודל מהירות הגוף כפונקצייה של הזמן בכל מהלך תנועתו.



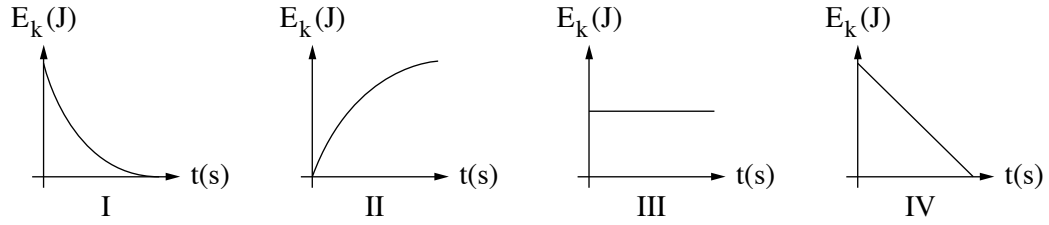
תרשים 2

(1) קבעו איזה גודל פיזיקלי מייצג השטח הכלוא בין הגרף ובין הציר האופקי (ציר הזמן).

(2) התבססו על תשובתכם על תת־סעיף (1), וחשבו את הזמן t_1 המוצג בגרף.

($8\frac{1}{3}$ נקודות)

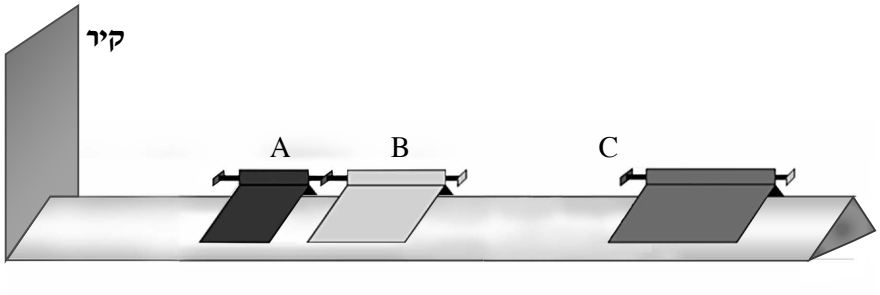
ד. קבעו איזה גרף מן הגרפים I–IV שלפניכם מתאר נכון את תלות האנרגייה הקינטית של הגוף בזמן, במהלך עליית הגוף מנקודה A עד הנקודה B_2 בניסוי השני. נמקו את קביעתכם. (6 נקודות)



תרשים 3

/המשך בעמוד 8/

5. בתרשים 1 שלפניכם מוצגת מסילה חלקה, ועליה שלושה גופים A , B ו־ C היכולים לנוע על המסילה ללא חיכוך.
בקצה המסילה יש קיר.



תרשים 1

הגופים A ו־ B מחוברים זה לזה באמצעות קפיץ דרוך שמסתו זניחה.

נתון: $m_A = 0.1\ kg$

$m_B = 0.2\ kg$

א. משחררים את הקפיץ, והגופים A ו־ B מתחילים לנוע.

(1) מהו תנע המערכת של שני הגופים A ו־ B מייד לאחר שחרור הקפיץ? הסבירו.

(2) מייד לאחר שחרור הקפיץ, גוף A נע לכיוון הקיר במהירות שגודלה $v_A = 0.7\frac{m}{s}$.

חשבו את המהירות של גוף B (גודל וכיוון) מייד לאחר שחרור הקפיץ.

(7$\frac{1}{3}$ נקודות)

ב. גוף A מתנגש אלסטית בקיר שבקצה המסילה.

(1) מצאו את המהירות של גוף A (גודל וכיוון) מייד לאחר ההתנגשות בקיר. הסבירו.

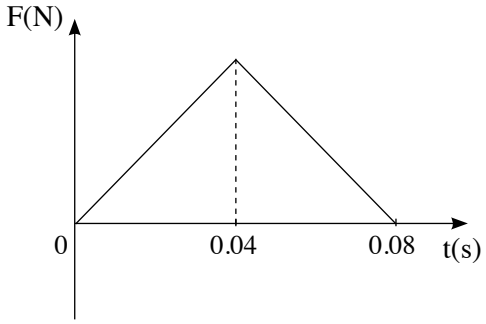
(2) חשבו את גודל המתקף שמפעיל הקיר על גוף A , וציינו את כיוונו.

(8 נקודות)

(שימו לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 9/

ג. הגרף שלפניכם מתאר את גודל הכוח שמפעיל הקיר על גוף A , כפונקצייה של הזמן.



תרשים 2

(1) קבעו איזה גודל פיזיקלי מייצג השטח הכלוא בין הגרף ובין הציר האופקי (ציר הזמן).

(2) חשבו בעזרת הגרף את הגודל המרבי של הכוח שהפעיל הקיר על גוף A במהלך ההתנגשות בקיר.

(8 נקודות)

ד. גוף B , שאת מהירותו חישבתם בתת־סעיף א (2), מתנגש בגוף C שמסתו $m_C = 0.25kg$, הנע לקראתו במהירות שגודלה v_C .

שני הגופים נצמדים זה אל זה.

(1) נתון שהאנרגייה הקינטית של שני הגופים יחד אחרי ההתנגשות היא אפס.

חשבו את v_C , המהירות של גוף C לפני ההתנגשות.

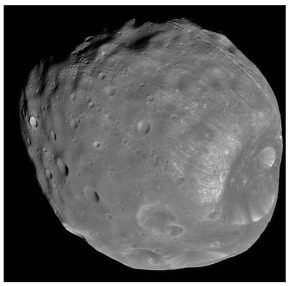
(2) אם גודל המהירות של גוף C לפני ההתנגשות יהיה קטן מגודל המהירות שחישבתם בתת־סעיף ד (1), לאיזה כיוון ינועו הגופים הצמודים B ו־ C ? קבעו והסבירו <u>בלי חישוב</u>.

(10 נקודות)

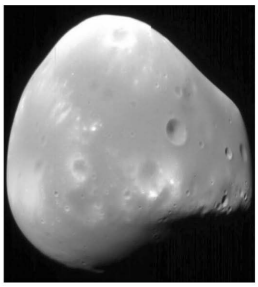
/המשך בעמוד 10/

כבידה

6. בשנת 1877 התגלו שני ירחים המקיפים את כוכב הלכת מאדים: פובוס (Phobos) ודימוס (Deimos).



פובוס



דימוס

(מקור: אתר האינטרנט של NASA)

זמן המחזור של פובוס בתנועתו סביב מאדים, T_P, הוא 0.3189 יממות ארציות, ורדיוס מסלולו הוא $r_P = 9.377 \cdot 10^6\,\mathrm{m}$.

זמן המחזור של דימוס סביב מאדים, T_D, הוא 1.262 יממות ארציות.

א. **(1)** חשבו את רדיוס המסלול של דימוס (יש להזניח את השפעת הירחים זה על זה).

(2) נתון: זמן מחזור הירח של כדור הארץ בתנועתו סביב כדור הארץ, T_m, הוא 27.3 יממות.
האם על פי נתון זה, הנתונים שבפתיח וחוקי קפלר בלבד, אפשר לחשב את רדיוס המסלול של הירח בתנועתו סביב כדור הארץ? אם כן – חשבו אותו; אם לא – הסבירו מדוע אי אפשר לחשב.

(10 נקודות)

הָניחו שצורתו של כוכב הלכת מאדים היא כדורית, וצפיפותו אחידה.

ב. חשבו את מסת כוכב הלכת מאדים, על פי נתוני השאלה בלבד. פרטו את חישוביכם. ($8\frac{1}{3}$ נקודות)

חללית קטנה שמסתה $53\,\mathrm{kg}$ נשלחה לחקור את מאדים, והיא ריחפה ללא נוע בגובה $20\,\mathrm{m}$ מעל נקודה מסוימת על פני מאדים. הָניחו שכוכב הלכת מאדים אינו מסתובב סביב צירו.

מטאוראיד שמסתו $1.3\,\mathrm{kg}$ נע במהירות קבועה שגודלה $12.5\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ וכיוונה מקביל לקרקע המאדים, התנגש בחללית וחדר לתוכה.

לאחר ההתנגשות שני הגופים האלה נעו כגוף אחד (נכנה אותו "גוף מורכב") ופגעו בקרקע המאדים.

הרדיוס של כוכב הלכת מאדים הוא $R = 3.4 \cdot 10^6\,\mathrm{m}$.

ג. חשבו את גודל המהירות של הגוף המורכב מייד אחרי ההתנגשות. (6 נקודות)

ד. **(1)** חשבו את גודל תאוצת הכובד סמוך לקרקע המאדים.

(2) כמה זמן אחרי ההתנגשות פגע הגוף המורכב בקרקע המאדים?

(9 נקודות)

בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך

מדינת ישראל
משרד החינוך

סוג הבחינה: בגרות
מועד הבחינה: קיץ תשפ"ב, 2022
מספר השאלון: 036361
נספח: דפי נוסחאות ונתונים ל־5 יחידות לימוד

פיזיקה
מכניקה
הוראות

א. <u>משך הבחינה</u>: שעתיים.

ב. <u>מבנה השאלון ומפתח ההערכה</u>:
בשאלון זה שש שאלות, ומהן יש לענות על <u>שלוש</u> שאלות בלבד.
לכל שאלה – $33\frac{1}{3}$ נקודות; $3 \times 33\frac{1}{3} = 100$ נקודות

ג. <u>חומר עזר מותר בשימוש</u>: (1) מחשבון לא גרפי. אין להשתמש באפשרויות התכנות במחשבון שיש בו אפשרות תכנות.
(2) דפי נוסחאות ונתונים (מצורפים).

ד. <u>הוראות מיוחדות</u>:
(1) יש לענות על שלוש שאלות בלבד. אם תענו על יותר משלוש שאלות, ייבדקו רק שלוש התשובות הראשונות שבמחברת. יש לציין באופן ברור את מספר השאלה והסעיף שבחרתם.
(2) בשאלות שבפתרון שלהן נדרש חישוב, יש להציג את השלבים האלה:
רישום הביטוי המתמטי כפי שהוא כתוב בדפי הנוסחאות והנתונים המצורפים, פיתוח מתמטי ושינוי נושא נוסחה בהתאם לבעיה, הצגה מפורשת של הנתונים בביטוי שהתקבל, הצגת תוצאות החישוב באמצעות שבר עשרוני ובו מספר סביר של ספרות משמעותיות ויחידות המדידה המתאימות.
(3) בשאלות שהתשובה עליהן מילולית, יש לענות בקצרה אך ורק בנוגע למה שנשאלתם.
(4) בגרפים, יש לסרטט קווים ישרים באמצעות סרגל.
(5) כאשר אתם נדרשים להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, יש לרשום ביטוי מתמטי הכולל את נתוני השאלה או את חלקם; במידת הצורך אפשר להשתמש גם בקבועים בסיסיים מתוך הטבלה שבדפי הנוסחאות והנתונים או בגודל תאוצת הנפילה החופשית g.
(6) בחישובים יש להשתמש בערך $10\ \mathrm{m/s^2}$ לגודל תאוצת הנפילה החופשית (בסמוך לפני כדור הארץ).
(7) יש לכתוב את התשובות בעט. אם תכתבו בעיפרון או תמחקו בטיפקס לא תוכלו לערער.
מותר להשתמש בעיפרון לסרטוטים וגרפים בלבד.

יש לכתוב <u>במחברת הבחינה בלבד</u>. יש לרשום "טיוטה" בראש כל עמוד המשמש טיוטה.
כתיבת טיוטה בדפים שאינם במחברת הבחינה עלולה לגרום לפסילת הבחינה.

השאלות בשאלון זה מנוסחות בלשון רבים, אף על פי כן על כל תלמידה וכל תלמיד להשיב עליהן באופן אישי.

בהצלחה!

/המשך מעבר לדף/

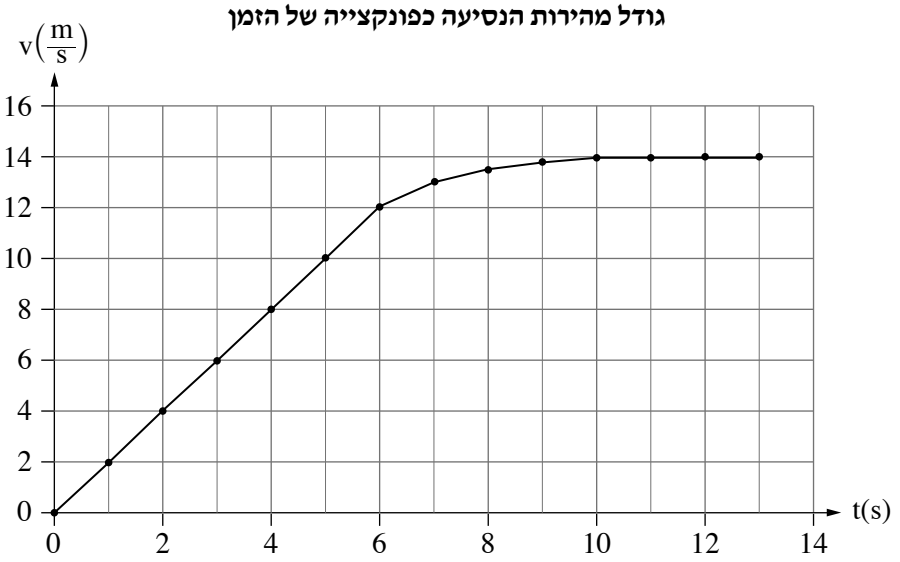
השאלות

ענו על שלוש מן השאלות 1–6.

(לכל שאלה – $33\frac{1}{3}$ נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.)

1. נהג מכונית התחיל את נסיעתו ממנוחה ונסע לאורך כביש ישר. הגרף שלהלן מתאר את גודל מהירות הנסיעה של המכונית כפונקצייה של הזמן.

גודל מהירות הנסיעה כפונקצייה של הזמן



א. קבעו מהו סוג התנועה של המכונית (שוות מהירות, שוות תאוצה, תאוצה משתנה) בכל אחד משלושת השלבים העיקריים של התנועה המוצגים בגרף: $0 < t < 6s$, $6s < t < 10s$, $10s < t < 13s$. נמקו את קביעותיכם. (6 נקודות)

יצרני המכונית מצהירים כי אפשר להאיץ את המכונית מ־ 0 קמ"ש עד 100 קמ"ש ב־ 2.6 שניות.

ב. הַניחו כי התאוצה שעליה הצהירו היצרנים קבועה, וחשבו פי כמה גדולה תאוצה זו מן התאוצה המקסימלית שבה נסע הנהג. (6 נקודות)

ג. חשבו בקירוב את המהירות הממוצעת של המכונית ב־ 13 השניות הראשונות של נסיעתה. (6 נקודות)

המכונית המשיכה לנסוע לאורך כביש ישר במהירות שגודלה $14\frac{m}{s}$. ברגע מסוים הבחין הנהג בכדור המתגלגל לרוחב הכביש ולא רצה לפגוע בו. הזמן שעבר מן הרגע שהוא הבחין בכדור ועד שלחץ על דוושת הבלם (זמן התגובה) הוא $0.75s$. גודל תאוצת הבלימה של המכונית הוא $3.5\frac{m}{s^2}$.

ד. חשבו את משך הזמן שעבר מן הרגע שהנהג לחץ על דוושת הבלם ועד שהמכונית נעצרה. (6 נקודות)

ה. חשבו את המרחק הכולל שעברה המכונית מן הרגע שהנהג הבחין בכדור ועד שהמכונית נעצרה. (6 נקודות)

בכרזה של הרשות הלאומית לבטיחות בדרכים נכתב: "10 קמ"ש פחות – פי שניים סיכוי לחיות".

הנהג הבין שכוונת הדברים היא שאם יקטינו את גודל המהירות של המכונית ב־ 10 קמ"ש, מרחק הבלימה שלה יִקטַן פי שניים. מרחק הבלימה הוא המרחק הקטן ביותר שעוברת המכונית מן הרגע שבו הנהג לוחץ על הבלמים ועד לעצירתה.

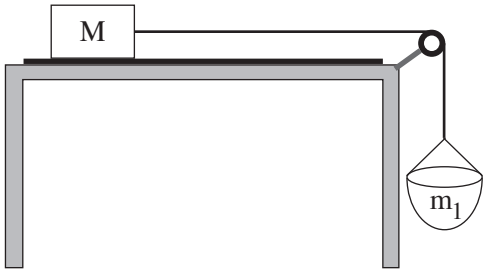
ו. האם הקטנת גודל המהירות של המכונית ב־ 10 קמ"ש תקטין את מרחק הבלימה שלה פי שניים, ללא תלות בגודל מהירות הנסיעה? נמקו את תשובתכם. ($3\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 3/

2. תלמיד ערך שלושה ניסויים באמצעות תיבה שמסתה M , ומסילה חלקה.

בניסוי הראשון הציב התלמיד את המסילה בכיוון אופקי והניח עליה את התיבה (ראו תרשים 1). הוא החזיק את התיבה בַּמקום וקשר אליה משקולת שמסתה m_1 באמצעות חוט העובר על פני גלגלת. התלמיד שחרר את המערכת ממנוחה. הַניחו כי מסת החוט ומסת הגלגלת זניחים, וכי במהלך התנועה המשקולת לא מגיעה לקרקע והתיבה לא מגיעה אל הגלגלת.

נתון כי גודל תאוצת המערכת הוא $\frac{g}{4}$.



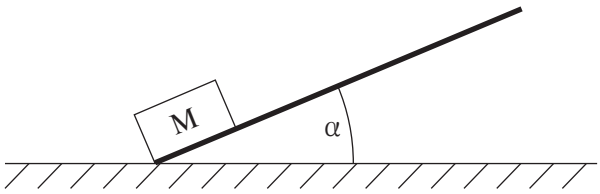
תרשים 1

א. סרטטו במחברת את תרשים הכוחות שפעלו על התיבה M , ואת תרשים הכוחות שפעלו על המשקולת m_1 . ליד כל כוח רשמו את שמו. (5 נקודות)

ב. בטאו את מסת המשקולת m_1 באמצעות מסת התיבה M . (6 נקודות)

ג. חשבו את היחס בין גודל המתיחות בחוט כל עוד המערכת הוחזקה במנוחה ובין גודל המתיחות בחוט לאחר שחרור המערכת. (7 נקודות)

בניסוי השני העלה התלמיד קצה אחד של המסילה כך שהמסילה הייתה משופעת בזווית α ביחס לאופק. הוא הוציא את המשקולת m_1 מן המערכת, הניח את התיבה M בקצה התחתון של המסילה והדף אותה בכיוון מעלה המסילה המשופעת (ראו תרשים 2). גם בניסוי זה גודל תאוצת התיבה הוא $\frac{g}{4}$.



תרשים 2

ד. חשבו את α , זווית השיפוע. (7 נקודות)

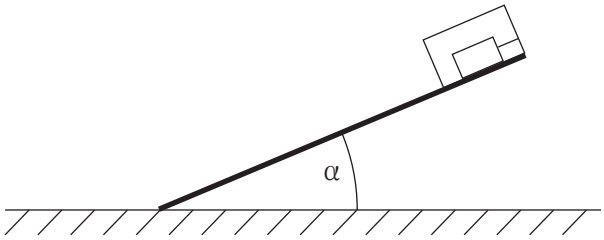
לאחר שהתיבה עלתה במעלה המסילה היא נעצרה רגעית, והתחילה לנוע בחזרה במורד המסילה.

ה. קבעו אם גודל תאוצת התיבה ברגע שבו היא נעצרה רגעית שווה לאפס. נמקו את קביעתכם. (5 נקודות)

(שימו לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 4/

בניסוי השלישי הניח התלמיד גוף בתוך התיבה, וקשר אותו לדופן התיבה באמצעות חוט המקביל למסילה.
הוא הניח את התיבה והגוף בתוכה במעלה המסילה ושחרר אותם ממנוחה (ראו תרשים 3).



תרשים 3

ו. מה היה גודל המתיחות בחוט במהלך ירידתה של התיבה? נמקו את תשובתכם. ($3\frac{1}{3}$ נקודות)

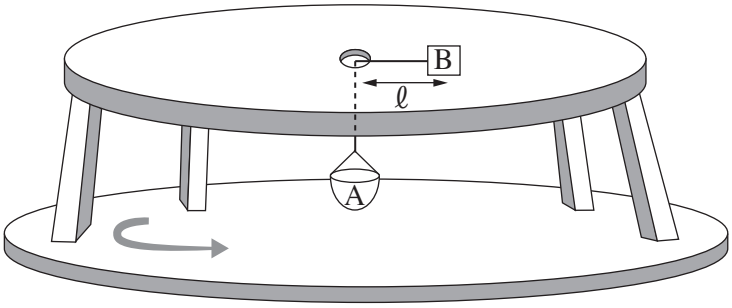
/המשך בעמוד 5/

3. נתונה מערכת המורכבת משולחן אופקי שבמרכזו יש חור, ושני גופים A ו־ B (ראו תרשים). גוף B מונח על השולחן וגוף A הוא סלסלה התלויה מתחת לשולחן, באמצעות חבל העובר דרך החור ומחובר לגוף B . החיכוך בין החבל ובין שפת החור שבשולחן ניתן להזנחה.

המרחק בין גוף B לבין מרכז החור שבשולחן הוא ℓ .

השולחן וגוף B , המונח עליו, מוצבים על משטח המסתובב בתדירות קבועה, f . מרכז השולחן הוא מרכז הסיבוב.

גודל המרחק ℓ ותדירות הסיבוב של המערכת, f , נשארים קבועים בכל מהלך השאלה.



נתון: $m_A = 0.1kg$, $m_B = 0.3kg$, $\ell = 0.4m$.

במצב המתואר לא פועל כוח חיכוך בין גוף B לבין השולחן.

א. התייחסו למצב זה, וסרטטו את תרשים הכוחות הפועלים על כל אחד משני הגופים. ליד כל כוח רשמו את שמו. (5 נקודות)

ב. חשבו את התדירות f . (7 נקודות)

במקרה אחר הוסיפו לסלסלה A משקולת שמסתה שווה למסת הסלסלה. המרחק ℓ והתדירות f לא השתנו.

במצב זה פועל כוח חיכוך סטטי בין גוף B לבין השולחן.

ג. מהו גודלו ומהו כיוונו של כוח החיכוך הסטטי הפועל על גוף B ? (7 נקודות)

ד. חשבו את מקדם החיכוך הסטטי μ_s המינימלי הקיים בין השולחן לגוף B , המאפשר תנועה זו. (6 נקודות)

בלי להוריד את המשקולת שהוסיפו לסלסלה, חיברו מעל גוף B גוף נוסף, C , שמסתו m_C .

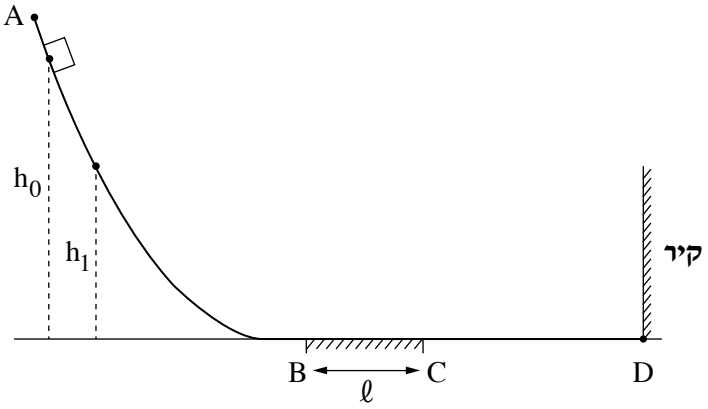
במצב זה שני הגופים, B ו־ C , מסתובבים כעת יחד בתנועה מעגלית שרדיוסה ℓ ותדירותה f .

ה. אִילו מסת גוף C הייתה שווה למסת גוף B $(m_B = m_C)$, הסבירו מדוע במצב זה לא היה פועל כוח חיכוך סטטי בין גוף B לבין השולחן. (5 נקודות)

ו. אִילו מסת גוף C הייתה גדולה ממסת גוף B $(m_B < m_C)$, קִבעו את כיוון כוח החיכוך הסטטי שהשולחן היה מפעיל על גוף B . נמקו את קביעתכם. ($3\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 6/

4. גוף קטן שמסתו m מחליק על גבי מסילה $ABCD$ המחוברת לקיר בנקודה D (ראו תרשים).
הקטעים AB ו־CD של המסילה הם חלקים. אורכו של הקטע האופקי BC הוא ℓ, ומקדם החיכוך בינו לבין הגוף הוא μ.



שִׁחררו את הגוף ממנוחה מגובה h_0 (ראו תרשים). הגוף נע על גבי המסילה לכיוון הקיר, התנגש בו בנקודה D התנגשות אלסטית (לחלוטין), וחזר חזרה על גבי המסילה. בדרכו חזרה הגיע הגוף לגובה מרבי h_1.

א. סַרטטו את תרשים הכוחות הפועלים על הגוף כשהוא נע בקטע BC, בתנועתו מן הנקודה B לנקודה C. ליד כל כוח רשמו את שמו. (4 נקודות)

ב. פַּתחו ביטוי לעבודת כוח החיכוך במהלך תנועת הגוף מגובה h_0 ועד להגעתו לגובה h_1 בדרכו חזרה במעלה המסילה. השתמשו בפרמטרים m, ℓ ו־μ. (4 נקודות)

לאחר שהגיע הגוף לגובה h_1 הוא המשיך לנוע על גבי המסילה $ABCD$ <u>הלוך ושוב</u> כמה פעמים. בכל פעם הגיע הגוף לגובה מרבי אחר, h_n. הגובה h_n שאליו הגיע הגוף נמדד $n=5$ פעמים.

ג. פַּתחו ביטוי של הגובה h_n כפונקצייה של n. השתמשו בפרמטרים h_0, ℓ ו־μ. (6 נקודות)

תוצאות המדידות מוצגות בטבלה שלפניכם:

מספר המדידה n	1	2	3	4	5
$h_n(m)$	1.30	1.12	0.88	0.73	0.53

ד. **(1)** סרטטו דיאגרמת פיזור (נקודות במערכת צירים) של h_n כפונקצייה של n.

(2) הוסיפו לדיאגרמת הפיזור את הישר המתאים לה ביותר (קו מגמה).

(8 נקודות)

נתון: $\ell = 0.25m$.

ה. היעזרו בגרף שסרטטתם ומִצאו:

(1) את הגובה ההתחלתי h_0 שממנו שוחרר הגוף.

(2) את מקדם החיכוך μ.

(8 נקודות)

(שימו לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 7/

בניסוי נוסף ציפו את הקיר בחומר מסוים ושחררו שוב את הגוף ממנוחה מגובה h_0 . העֵרך של הגובה h_1' שנמדד בניסוי הנוסף היה קטן מן הערך h_1 שנמדד בניסוי הקודם.

ו. קבעו אם עבודת הכוח הנורמלי שהקיר הפעיל על הגוף במהלך ההתנגשות בניסוי הנוסף הייתה חיובית, שלילית או שווה לאפס. נמקו את קביעתכם. ($3\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 8/

5. לינוי אשרם, המתעמלת האומנותית הישראלית, זכתה במדליית זהב באולימפיאדת טוקיו (2021) בתחרות קרב־רב אישי. אחד מן התרגילים שהיא ביצעה בהצלחה רבה היה תרגיל עם כדור.

תלמידה המתאמנת גם היא בהתעמלות אומנותית ביצעה תרגיל ראשון באמצעות כדור שמסתו 400 גרם. היא זרקה את הכדור בכיוון אנכי כלפי מעלה מגובה 1 מטר. הכדור הגיע לגובה מרבי של 6 מטרים מעל הקרקע ונפל בחזרה על הקרקע. הַניחו שהתנגדות האוויר זניחה בכל שלבי תנועת הכדור.

א. חשבו את גודל המהירות של הכדור ברגע פגיעתו בקרקע. (6 נקודות)

ב. האם גודל המהירות של הכדור ברגע שיצא מידיה של התלמידה היה קטן מגודל מהירות הכדור ברגע פגיעתו בקרקע, גדול ממנו או שווה לו? נמקו את תשובתכם. (5 נקודות)

לאחר שהכדור פגע בקרקע, הוא ניתר ממנה בכיוון אנכי כלפי מעלה. גודל המהירות של הכדור מייד לאחר הניתור מן הקרקע היה שווה לגודל המהירות של הכדור כאשר הוא פגע בקרקע.

ג. האם במהלך הפגיעה בקרקע הופעל על הכדור מתקף? אם כן – חשבו את גודלו של המתקף, אם לא – הסבירו. (6 נקודות)

ד. האם במהלך הפגיעה בקרקע בוצעה על הכדור עבודה? אם כן – חשבו את גודלה של העבודה, אם לא – הסבירו. (6 נקודות)

התלמידה ביצעה תרגיל שני, הפעם עם שני כדורים זהים, כדור 1 וכדור 2. התלמידה זרקה את כדור 1 כפי שזרקה את הכדור בתרגיל הראשון, אך הפעם היא הציבה בדרכו של כדור 1, לאחר שהוא חזר מן הקרקע, את כדור 2. היא שחררה את כדור 2 ממנוחה בגובה 1 מטר, בדיוק ברגע שבו כדור 1 הגיע לגובה זה, ושני הכדורים התנגשו זה בזה.

הַניחו שההתנגשות בין הכדורים הייתה אלסטית (לחלוטין) ונמשכה זמן קצר מאוד, וכן הייתה מצחית (הכיוון של תנועת כדור 1 לפני ההתנגשות התלכד עם הקו האנכי המחבר בין המרכזים של שני הכדורים).

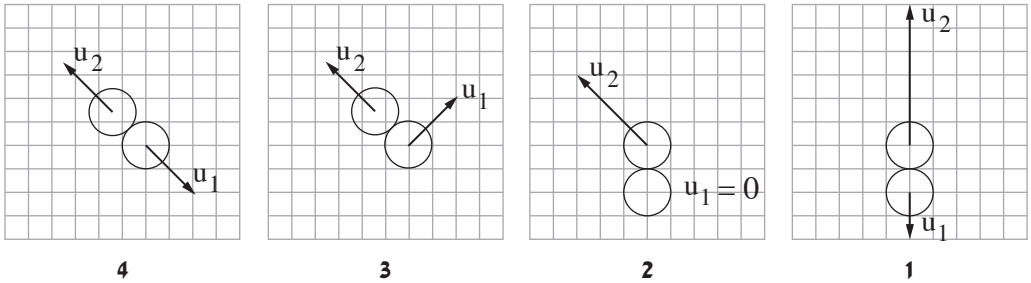
ה. חשבו את גודל המהירות של <u>כל אחד</u> משני הכדורים מייד בתום ההתנגשות. (6 נקודות)

התלמידה ביצעה את התרגיל עם שני הכדורים כמה פעמים, ובכל פעם ההתנגשות בין הכדורים הייתה אלסטית (לחלוטין). בחלק מן הפעמים ההתנגשות בין הכדורים הייתה מצחית ובחלק מן הפעמים היא לא הייתה מצחית.

ו. בכל אחד מן התרשימים 1–4 שלפניכם מוצגים שני כדורים ברגע שלאחר ההתנגשות ביניהם. החיצים שעל הכדורים שבתרשימים מייצגים את המהירויות שלהם (בקנה מידה אחיד) מייד בתום ההתנגשות.

קבעו מהו התרשים שיכול לתאר את המצב של הכדורים באחד מן התרגילים של התלמידה. נמקו את קביעתכם.

($4\frac{1}{3}$ נקודות)



/המשך בעמוד 9/

כבידה

6. "בראשית 2" הוא שמה של חללית ישראלית שמתכננים המהנדסים של חברת SPACE IL ומתכוונים לשגר לעבר הירח בעוד כמה שנים. החללית מתוכננת לשאת על סיפונה שתי נחתות שינחתו בשני אתרים שונים על פני הירח.
השאלה שלפניכם נכתבה בהשראת תוכנית השיגור של "בראשית 2", אולם הנתונים אינם זהים לאלה שבתוכנית.
חללית שעל סיפונה שתי נחתות, נחתת 1 ונחתת 2, משוגרת מכדור הארץ על גבי טיל ונעה לעבר הירח.

א. חשבו באיזה מרחק ממרכז כדור הארץ הגודל של כוח המשיכה שמפעיל כדור הארץ על הטיל שווה לגודל של כוח המשיכה שמפעיל הירח על הטיל. (7 נקודות)

בסעיפים ב–ה הַניחו שכוח המשיכה שמפעיל כדור הארץ על החללית ועל הנחתות ניתן להזנחה ביחס לכוח המשיכה שמפעיל עליהם הירח.
החללית מכניסה כל אחת מן הנחתות למסלול מעגלי אחר מסביב לירח: את נחתת 1 למסלול מעגלי שרדיוסו r_1, ואת נחתת 2 למסלול מעגלי שרדיוסו r_2. כאשר נחתת 1 משלימה תשעה סיבובים סביב הירח, נחתת 2 משלימה עשרה סיבובים סביבו.

ב. חשבו את $\frac{r_1}{r_2}$. (8 נקודות)

נחתת 2 נעה במסלול מעגלי סביב הירח בגובה $h = 260\text{km}$ מעל פני הירח.

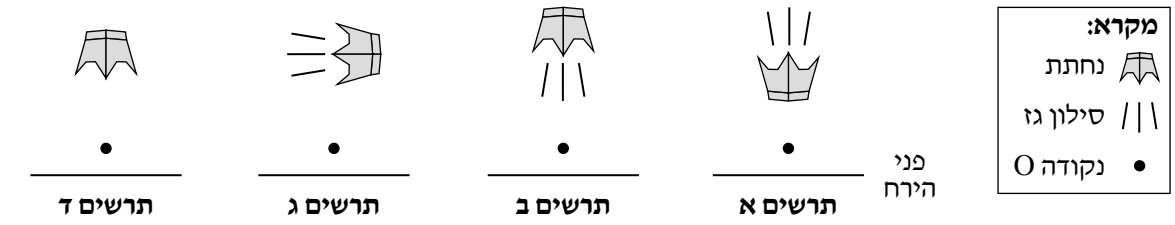
ג. האם יש לנחתת 2 תאוצה במהלך תנועתה המעגלית סביב הירח? אם כן – חשבו את גודל התאוצה של הנחתת.
אם לא – נמקו מדוע לנחתת 2 אין תאוצה. (8 נקודות)

בנוסחת הכבידה העולמית המסות של שני גופים מופיעות באופן סימטרי. הדבר נמצא בהתאמה לאחד מחוקי ניוטון.

ד. ציינו את שמו של החוק הזה (או נסחו אותו), והסבירו את הקשר בינו לבין נוסחת הכבידה העולמית.
(5 נקודות)

תנועתה של כל אחת משתי הנחתות נשלטת באמצעות מנוע סילון הפולט גז בעת פעולתו.
בשלב הנחיתה של נחתת 1 על פני הירח היא נעה לעברו לאורך מסלול ישר המאונך לפני הירח, ונעצרת (עצירה רגעית) בנקודה מסוימת O הנמצאת מעל פני הירח.
תרשימים א–ג שלפניכם מתארים מצבים שבהם המנוע פולט סילון גז בכיוונים שונים, ותרשים ד מתאר מצב שבו המנוע **אינו** מופעל ואינו פולט סילון גז.

ה. קבעו באיזה מן התרשימים א–ד מתואר מצב שמאפשר עצירה רגעית של הנחתת בנקודה O. נמקו את קביעתכם.
($5\frac{1}{3}$ נקודות)



בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך

מדינת ישראל
משרד החינוך

מועד קיץ

סוג הבחינה: בגרות
מועד הבחינה: קיץ תשפ"א, 2021
מספר השאלון: 036361
נספח: דפי נוסחאות ונתונים ל־5 יחידות לימוד

פיזיקה
מכניקה
הוראות לנבחן

א. <u>משך הבחינה</u>: שעתיים.

ב. <u>מבנה השאלון ומפתח ההערכה</u>:
בשאלון זה שש שאלות, ומהן עליך לענות על <u>שלוש</u> שאלות בלבד.
לכל שאלה — $33\frac{1}{3}$ נקודות; $3 \times 33\frac{1}{3} = 100$ נקודות

ג. <u>חומר עזר מותר בשימוש</u>: (1) מחשבון לא גרפי. אין להשתמש באפשרויות התכנות במחשבון שיש בו אפשרות תכנות.
(2) דפי נוסחאות ונתונים (מצורפים).

ד. <u>הוראות מיוחדות</u>:
(1) ענה על שלוש שאלות בלבד. אם תענה על יותר משלוש שאלות, ייבדקו רק שלוש התשובות הראשונות שבמחברתך.
ציין באופן ברור את מספר השאלה והסעיף שבחרת.
(2) בשאלות שבפתרון שלהן נדרש חישוב, הצג את השלבים האלה:
רישום הביטוי המתמטי כפי שהוא כתוב בדפי הנוסחאות והנתונים המצורפים, פיתוח מתמטי ושינוי נושא נוסחה בהתאם לבעיה, הצגה מפורשת של הנתונים בביטוי שהתקבל, הצגת תוצאות החישוב באמצעות שבר עשרוני ובו מספר סביר של ספרות משמעותיות ויחידות המדידה המתאימות.
(3) בשאלות שהתשובה עליהן מילולית, עליך לענות בקצרה אך ורק בנוגע למה שנשאלת.
(4) בגרפים, יש לסרטט קווים ישרים באמצעות סרגל.
(5) כאשר אתה נדרש להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, רשום ביטוי מתמטי הכולל את נתוני השאלה או את חלקם; במידת הצורך אפשר להשתמש גם בקבועים בסיסיים מתוך הטבלה שבדפי הנוסחאות והנתונים או בגודל תאוצת הנפילה החופשית g.
(6) בחישוביך השתמש בערך $10\ \mathrm{m/s^2}$ לגודל תאוצת הנפילה החופשית (בסמוך לפני כדור הארץ).
(7) כתוב את תשובותיך בעט. אם תכתוב בעיפרון או תמחק בטיפקס לא תוכל לערער.
מותר להשתמש בעיפרון לסרטוטים וגרפים בלבד.

כתוב <u>במחברת הבחינה בלבד</u>. רשום "טיוטה" בראש כל עמוד המשמש טיוטה.
כתיבת טיוטה בדפים שאינם במחברת הבחינה עלולה לגרום לפסילת הבחינה.

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

בהצלחה!

/המשך מעבר לדף/

השאלות

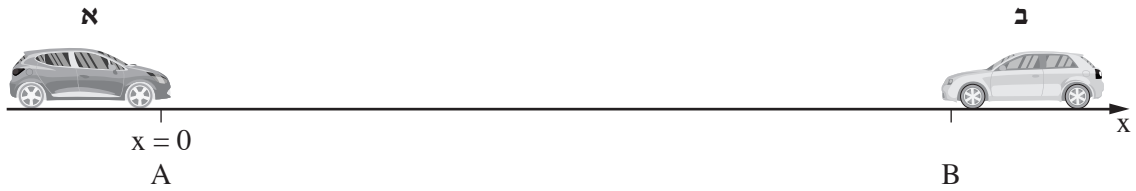
ענה על שלוש מן השאלות 1-6.

(לכל שאלה — $33\frac{1}{3}$ נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.)

1. שתי מכוניות, א ו־ב, נמצאות על כביש ישר ואופקי (ראה תרשים).

מכונית א נסעה במהירות שגודלה $30\frac{m}{s}$. ברגע $t=0$ היא חלפה בנקודה A, ומאותו רגע היא הקטינה את גודל מהירותה בקצב קבוע, עד לעצירתה.

ברגע שבו מכונית א חלפה בנקודה A, מכונית ב התחילה לנסוע ממנוחה מן הנקודה B לכיוון מכונית א, והגדילה את גודל מהירותה בקצב קבוע. שתי המכוניות נעו זו לקראת זו.



הכיוון החיובי של ציר ה־x נקבע ימינה וראשיתו בנקודה A.

א. לפניך ארבעה היגדים 1-4, רק אחד מהם נכון.

התייחס לרגע שבו מכונית ב התחילה לנסוע ולציר ה־x, וקבע איזה מן ההיגדים הוא הנכון.

נמק את קביעתך. (6 נקודות)

1. מכונית א נעה בתאוצה חיובית, ומכונית ב נעה בתאוצה שלילית.

2. מכונית א נעה בתאוצה שלילית, ומכונית ב נעה בתאוצה חיובית.

3. שתי המכוניות נעו בתאוצה חיובית.

4. שתי המכוניות נעו בתאוצה שלילית.

מכונית א הקטינה את גודל מהירותה בקצב של $2\frac{m}{s}$ בכל שנייה.

ב. חשב את הזמן מרגע $t=0$ ועד לרגע שבו נעצרה מכונית א. (4 נקודות)

ג. חשב את המרחק בין נקודת העצירה של מכונית א לבין הנקודה A. (5 נקודות)

מכונית ב הגדילה את גודל מהירותה במשך 10 השניות הראשונות של תנועתה בקצב של $3\frac{m}{s}$ בכל שנייה. לאחר מכן היא הקטינה את גודל מהירותה בקצב קבוע, ועצרה באותו הזמן ובאותו המקום שבו נעצרה מכונית א.

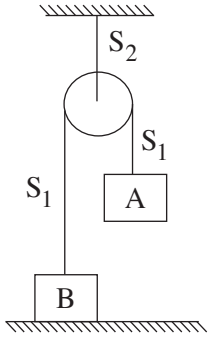
ד. חשב את גודל התאוצה של מכונית ב במהלך הבלימה. (7 נקודות)

ה. חשב את AB, המרחק שהיה בין שתי המכוניות ברגע $t=0$. (7 נקודות)

ו. התייחס לכיוון ציר ה־x שהוגדר בשאלה, וסרטט לכל אחת משתי המכוניות גרף המתאר את המהירות שלה כפונקציה של הזמן מרגע $t=0$ ועד לעצירתה. סרטט את שני הגרפים באותה מערכת צירים. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 3/

2. נתונה מערכת המורכבת משני גופים, A ו־ B , שמחוברים באמצעות חוט S_1 העובר על פני גלגלת.
הגלגלת מחוברת באמצעות חוט S_2 לתקרת חדר (ראה תרשים).
גוף A מוחזק בַּמקום והמערכת נמצאת במנוחה. במצב הזה גוף B צמוד לרצפה ולא מפעיל עליה כוח.
נתון כי $m_A > m_B$.
יש להזניח את מסת החוטים, מסת הגלגלת, התנגדות האוויר וכוחות החיכוך במערכת.



א. **(1)** סרטט תרשים של הכוחות הפועלים על הגוף B . ליד כל כוח רשום את שמו.
(2) סרטט תרשים של הכוחות הפועלים על הגלגלת. ליד כל כוח רשום את שמו.
(5 נקודות)

ב. בטא באמצעות נתוני השאלה את כוח המתיחות בחוט S_2 במצב המתואר, שבו המערכת במנוחה. (5 נקודות)

משחררים את גוף A והמערכת מתחילה לנוע. בכל מהלך התנועה שני הגופים אינם מגיעים אל הגלגלת.

ג. התייחס לפרק הזמן מרגע השחרור של גוף A ועד לרגע לפני פגיעתו בקרקע, וענה על התת־סעיפים (1)-(3) שלפניך. <u>נמק את קביעותיך</u>. (9 נקודות)
(1) קבע אם גודל התאוצה של גוף A קטן מגודל התאוצה של גוף B , גדול ממנו או שווה לו.
(2) קבע אם גודל הכוח השקול הפועל על גוף A קטן מגודל הכוח השקול הפועל על גוף B , גדול ממנו או שווה לו.
(3) קבע אם הגודל של כוח המתיחות הפועל על גוף A קטן מן הגודל של כוח המתיחות הפועל על גוף B , גדול ממנו או שווה לו.

ד. בטא את תאוצת המערכת בפרק הזמן מרגע שחרור גוף A ועד לרגע לפני פגיעתו בקרקע.
בתשובתך השתמש בפרמטרים m_A , m_B ו־ g . (5 נקודות)

נתון: $m_A = 3kg$, $m_B = 2kg$.

ה. חשב את התאוצה של גוף A (גודל וכיוון). (5 נקודות)

ו. חשב את גודל כוח המתיחות בחוט S_2 מרגע שחרור גוף A ועד לרגע לפני פגיעתו בקרקע. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 4/

3. במהלך ניסוי תלמיד זרק כדור קטן בכיוון אופקי במהירות v_0 כמה פעמים, בכל פעם מגובה אחר.
בכל פעם מדד התלמיד את הגובה h שממנו הוא זרק את הכדור, ואת המרחק האופקי d בין מקום הזריקה למקום הפגיעה של הכדור בקרקע. נוסף לכך חישב התלמיד את ריבוע המרחק האופקי, d^2 .
בשאלה זו יש להזניח את התנגדות האוויר.
בטבלה שלפניך מרוכזות תוצאות הניסוי שערך התלמיד.

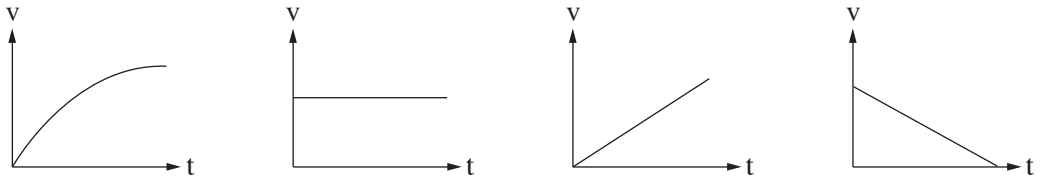
h (m)	10	20	30	40	50
d (m)	21.2	31.6	38.1	43.6	47.4
$\mathbf{d^2}$ (m^2)	449.4	998.6	1451.6	1901.0	2246.8

א. לפניך גרפים א-ד.

(1) קבע איזה מן הגרפים מתאר את גודל המהירות האופקית.

(2) קבע איזה מן הגרפים מתאר את גודל המהירות האנכית.

נמק את קביעותיך. (8 נקודות)



גרף ד **גרף ג** **גרף ב** **גרף א**

ב. בטא את ריבוע המרחק האופקי, d^2 , כפונקציה של הגובה h והפרמטרים v_0 ו־ g . (7 נקודות)

ג. **(1)** סרטט דיאגרמת פיזור (נקודות במערכת צירים) של ריבוע המרחק האופקי, d^2 , כפונקציה של הגובה h .

(2) הוסף לדיאגרמת הפיזור את הישר המתאים לה ביותר (קו מגמה).

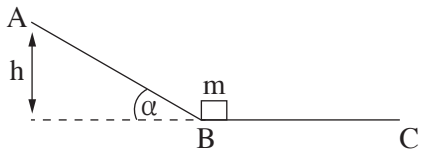
(8 נקודות)

ד. היעזר בשיפוע של הישר שסרטטת וחשב את v_0 , המהירות ההתחלתית שבה נזרק הכדור. (6 נקודות)

ה. הנח שהכדור נזרק מגובה $h = 25m$. חשב את המהירות (גודל וכיוון) של הכדור ברגע פגיעתו בקרקע.
($4\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 5/

4. נתונה מסילה ABC . הקטע AB של המסילה חלק ומשופע בזווית α ביחס לאופק, ואילו הקטע BC אופקי ולא חלק.
גוף שמסתו m נמצא במנוחה בנקודה B (ראה תרשים).
משכו את הגוף מן הנקודה B לעבר הנקודה A באמצעות כוח חיצוני F שכיוונו מקביל לקטע AB וגודלו איננו קבוע.
הגוף הגיע לנקודה A במהירות אפס. גודל הכוח F איננו נתון.



נתון: $m = 0.5kg$, $\alpha = 30^o$, גובה הנקודה A הוא $h = 2m$.

א. קבע או חשב את העבודה של הכוח הנורמלי ואת העבודה של כוח הכובד שפעלו על הגוף לאורך הקטע AB .
פרט את שיקוליך. (9 נקודות)

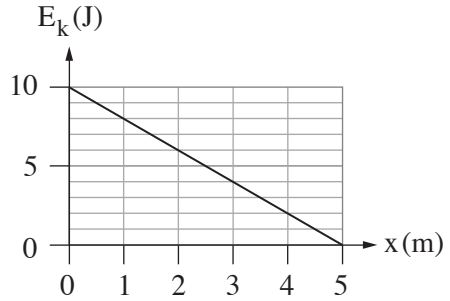
ב. חשב את העבודה הכוללת של הכוחות שפעלו על הגוף לאורך הקטע AB . (5 נקודות)

ג. חשב את עבודת הכוח החיצוני F שפעל על הגוף לאורך הקטע AB . (4 נקודות)

לאחר שהגוף הגיע אל הנקודה A , הכוח החיצוני F הפסיק לפעול, והגוף החל לנוע בחזרה על המסלול ABC .
בדרכו חזרה חלף הגוף בנקודה B , ונעצר לפני שהוא הגיע אל הנקודה C . מקדם החיכוך הקינטי בין המסילה לבין הגוף בקטע BC הוא μ_k.

ד. חשב את הגודל של מהירות הגוף בחולפו בנקודה B . (5 נקודות)

נסמן ב־ x את המרחק של הגוף מן הנקודה B במהלך תנועתו בקטע BC .
לפניך גרף המתאר את האנרגייה הקינטית של הגוף כפונקציה של x .



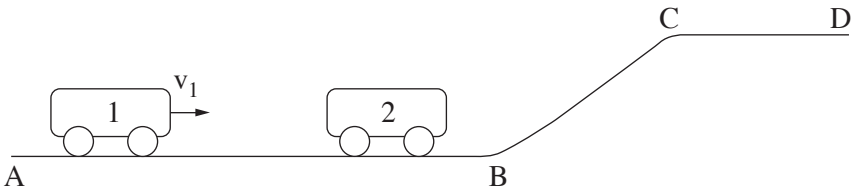
ה. בטא את האנרגייה הקינטית של הגוף במהלך תנועתו בקטע BC באמצעות x , g , h , m ו־ μ_k . (6 נקודות)

ו. היעזר בביטוי שקיבלת בסעיף ה ובגרף הנתון, וחשב את μ_k . ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 6/

5. בתרשים 1 מוצגת מסילה חלקה ABCD .

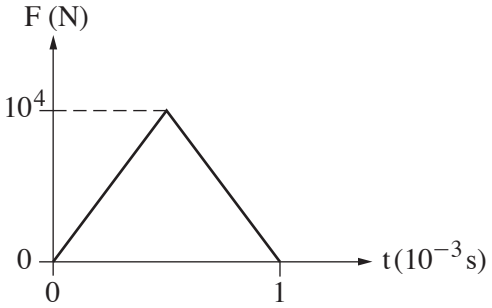
קרונית 1 שמסתה $m_1 = 2kg$ נעה ימינה על קטע המסילה האופקי AB במהירות שגודלה v_1 .



תרשים 1

קרונית 1 מתנגשת התנגשות מצח אלסטית (לחלוטין) בקרונית 2 הנמצאת במנוחה על קטע AB של המסילה.

הנח שתרשים 2 מתאר את הכוח F שהפעילה קרונית 1 על קרונית 2 במהלך ההתנגשות, כפונקציה של הזמן.



תרשים 2

א. איזה גודל פיזיקלי מייצג השטח הכלוא בין העקומה שבתרשים 2 ובין ציר הזמן? (6 נקודות)

ב. לאחר ההתנגשות קרונית 2 נעה ימינה במהירות $u_2 = 1.25\left(\frac{m}{s}\right)$.

חשב את המסה m_2 של קרונית 2. (9 נקודות)

ג. כתוב <u>שתי</u> משוואות לחישוב המהירות של קרונית 1 לפני ההתנגשות, והצב במשוואות את הערכים המתאימים.

אין צורך לפתור את המשוואות. (7 נקודות)

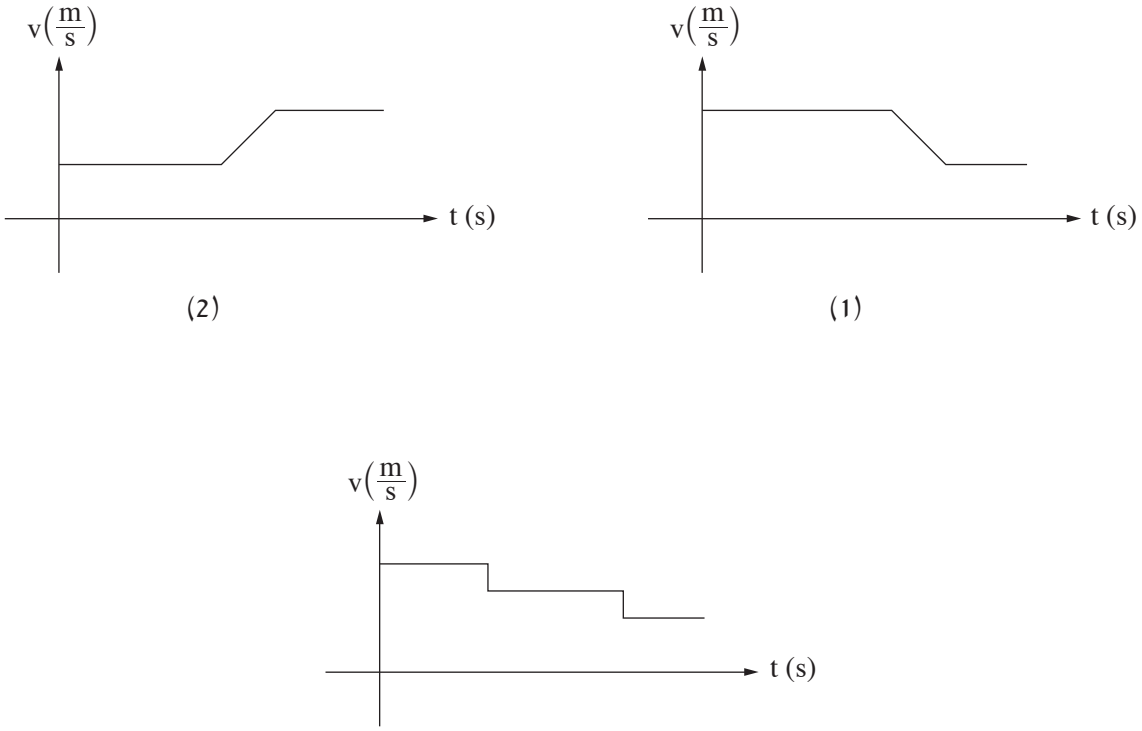
ד. העתק את תרשים 2 למחברתך. הוסף לתרשים עקומה המתארת את הכוח שקרונית 2 הפעילה על קרונית 1 במהלך ההתנגשות. (7 נקודות)

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 7/

ה. בשלב מסוים של תנועתה, עולה קרונית 2 לקטע המסילה BC ונעה לאורכו, וממשיכה לנוע על פני קטע CD של המסילה.

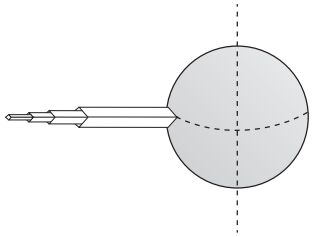
איזה מבין הגרפים (1)-(3) שלפניך מתאר נכון את גודל מהירותה של קרונית 2 כפונקציה של הזמן, מהרגע שבו הסתיימה ההתנגשות עד הרגע שבו היא הגיעה לנקודה D ? נמק. (4$\frac{1}{3}$ נקודות)



/המשך בעמוד 8/

כבידה

6. בשנת 1895 הציע המדען קונסטנטין ציולקובסקי לבנות "מגדל חלל" — מגדל בגובה עשרות אלפי קילומטר.
התברר כי רעיון זה בלתי ישים, אך כיום יש תוכניות חדשות לבניית מעלית שתגיע לחלל.
בשאלה זו נעסוק במקרה דמיוני שבו טיפס יעקב על מגדל גבוה מאוד הנמצא על קו המשווה של כדור הארץ (ראה תרשים 1). כוח הכבידה שפעל על יעקב לפני שהוא התחיל לטפס היה 700 ניוטון.



תרשים 1

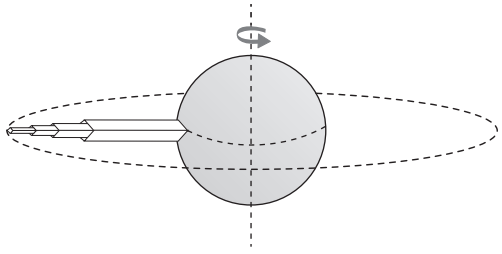
יעקב הגיע לנקודה שגובהה 3200 ק"מ מעל פני כדור הארץ.

בסעיפים א-ב הנח כי כדור הארץ <u>אינו</u> מסתובב סביב צירו.

א. סרטט תרשים המתאר את הכוחות הפועלים על יעקב בנקודה זו. ליד כל כוח רשום את שם הכוח, וציין מי הגורם שמפעיל כוח זה. (6 נקודות)

ב. חשב את גודל הכוח שהפעילה רצפת המגדל על יעקב בנקודה זו. (8 נקודות)

בסעיפים ג-ה עליך להתחשב בסיבוב כדור הארץ סביב צירו (ראה תרשים 2).



תרשים 2

ג. קבע אם גודל הכוח שרצפת המגדל הפעילה על יעקב כאשר כדור הארץ מסתובב סביב צירו קטן מגודל הכוח שחישבת בסעיף ב, שווה לו או גדול ממנו. נמק את קביעתך. (7 נקודות)

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 9/

כשהיה יעקב בגובה 3200 ק"מ הוא זרק לחלל כדור טניס. הכדור החל לנוע סביב כדור הארץ, כלוויין, במסלול מעגלי שגובהו 3200 ק"מ מעל פני כדור הארץ.

ד. חשב את זמן המחזור של כדור הטניס בתנועתו סביב כדור הארץ. (8 נקודות)

יעקב המשיך לטפס על המגדל עד לגובה שבו הכוח שרצפת המגדל הפעילה עליו התאפס (המגדל ממשיך להסתובב עם כדור הארץ סביב צירו).

ה. חשב גובה זה (מעל פני כדור הארץ). ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך

מדינת ישראל
משרד החינוך

סוג הבחינה: בגרות
מועד הבחינה: קיץ תש"ף, 2020
מספר השאלון: 036361
נספח: דפי נוסחאות ונתונים ל־5 יחידות לימוד

פיזיקה
מכניקה
הוראות לנבחן

א. <u>משך הבחינה</u>: שעתיים.

ב. <u>מבנה השאלון ומפתח ההערכה</u>:
בשאלון זה שש שאלות, ומהן עליך לענות על <u>שלוש</u> שאלות בלבד.
לכל שאלה — $33\frac{1}{3}$ נקודות; $33\frac{1}{3} \times 3 = 100$ נקודות

ג. <u>חומר עזר מותר בשימוש</u>: (1) מחשבון לא גרפי. אין להשתמש באפשרויות התכנות במחשבון שיש בו אפשרות תכנות.
(2) דפי נוסחאות ונתונים (מצורפים).

ד. <u>הוראות מיוחדות</u>:
(1) ענה על שלוש שאלות בלבד. אם תענה על יותר משלוש שאלות, ייבדקו רק שלוש התשובות הראשונות שבמחברתך. ציין באופן ברור את מספר השאלה והסעיף שבחרת.
(2) בשאלות שבפתרון שלהן נדרש חישוב, הצג את השלבים האלה:
רישום הביטוי המתמטי כפי שהוא כתוב בדפי הנוסחאות והנתונים המצורפים, פיתוח מתמטי ושינוי נושא נוסחה בהתאם לבעיה, הצגה מפורשת של הנתונים בביטוי שהתקבל, הצגת תוצאות החישוב באמצעות שבר עשרוני ובו מספר סביר של ספרות משמעותיות ויחידות המדידה המתאימות.
(3) בשאלות שהתשובה עליהן מילולית, עליך לענות בקצרה אך ורק בנוגע למה שנשאלת.
(4) בגרפים, יש לסרטט קווים ישרים באמצעות סרגל.
(5) כאשר אתה נדרש להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, רשום ביטוי מתמטי הכולל את נתוני השאלה או את חלקם; במידת הצורך אפשר להשתמש גם בקבועים בסיסיים מתוך הטבלה שבדפי הנוסחאות והנתונים או בגודל תאוצת הנפילה החופשית g.
(6) בחישוביך השתמש בערך $10\ \mathrm{m/s^2}$ לגודל תאוצת הנפילה החופשית (בסמוך לפני כדור הארץ).
(7) כתוב את תשובותיך בעט. אם תכתוב בעיפרון או תמחק בטיפקס לא תוכל לערער.
מותר להשתמש בעיפרון לסרטוטים וגרפים בלבד.

כתוב <u>במחברת הבחינה בלבד</u>. רשום "טיוטה" בראש כל עמוד המשמש טיוטה.
כתיבת טיוטה בדפים שאינם במחברת הבחינה עלולה לגרום לפסילת הבחינה.

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

בהצלחה!

/המשך מעבר לדף/

השאלות

ענה על שלוש מן השאלות 1-6.

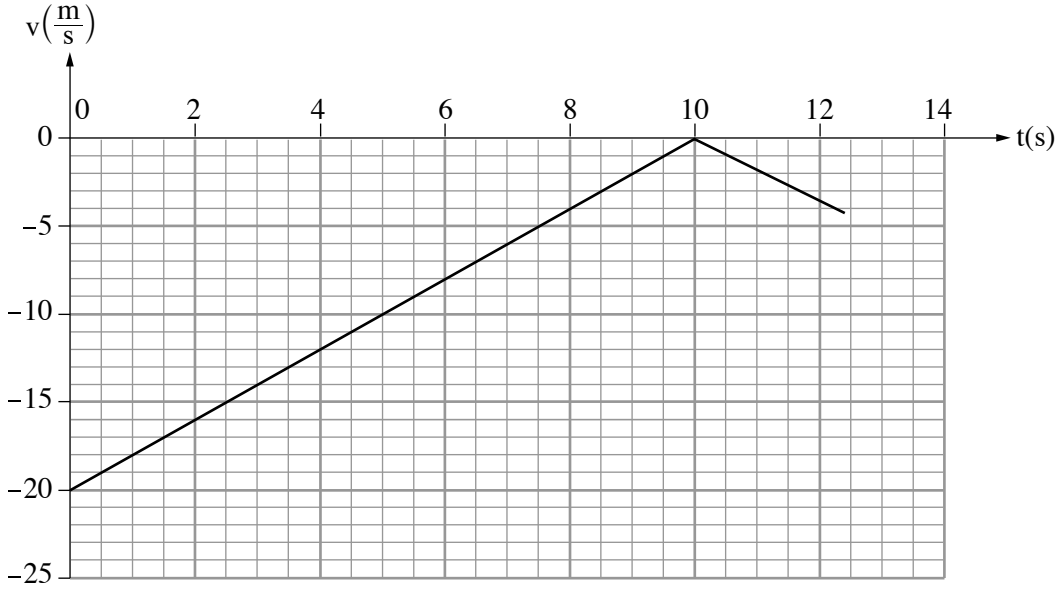
(לכל שאלה — $33\frac{1}{3}$ נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.)

1. שאלה זו אינה עוסקת בנושא כבידה.

"בראשית" היא הגשושית (חללית) הראשונה מתוצרת ישראל שהייתה אמורה לנחות על הירח בנחיתה רכה. נחיתה רכה היא הגעה לקרקע במהירות נמוכה מספיק כדי שלא ייגרם נזק. לשם כך, מנועי הגשושית אמורים לפעול במהלך הנחיתה באופן שיאֵט את מהירותה, וכך כשהיא תהיה בגובה של מטרים אחדים מעל פני הירח מהירותה תהיה אפס. מרגע זה הגשושית אמורה לנוע בנפילה חופשית אל פני הירח.

השאלה שלפניך מבוססת על נתוני הדמיה (סימולציה) של גשושית דמיונית, שנחתה נחיתה רכה אנכית על פני הירח. על הגשושית הותקן חיישן מהירות. בגרף שלפניך מוצגת מהירות הגשושית כפונקציה של הזמן. בזמן $t=0$ הגשושית הייתה בגובה H מעל פני הירח, ובזמן $t=12.45s$ היא נחתה על פני הירח. בשלב האחרון של תנועת הגשושית היא נעה בנפילה חופשית.

הנח כי מסת הגשושית קבועה, $m=164kg$, וכי גודל תאוצת הנפילה החופשית בקרבת הירח $g_M=1.67\frac{m}{s^2}$.



בשאלה זו יש להתייחס רק לכוחות המופעלים על ידי הירח ולא על ידי גרמי שמיים אחרים.

א. הגדר את המושג "נפילה חופשית". (4 נקודות)

ב. סרטט את תרשים הכוחות הפועלים על הגשושית הדמיונית מרגע $t=0$ עד $t=10s$. ליד כל כוח רשום את שמו. (5 נקודות)

ג. חשב את גודל הכוח שמנועי הגשושית מפעילים. (7 נקודות)

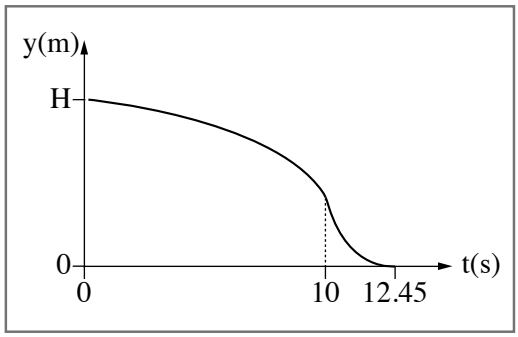
ד. חשב את הגובה מעל פני הירח שבו התאפסה מהירות הגשושית. (6 נקודות)

ה. חשב את H, הגובה מעל פני הירח ברגע $t=0$. (6 נקודות)

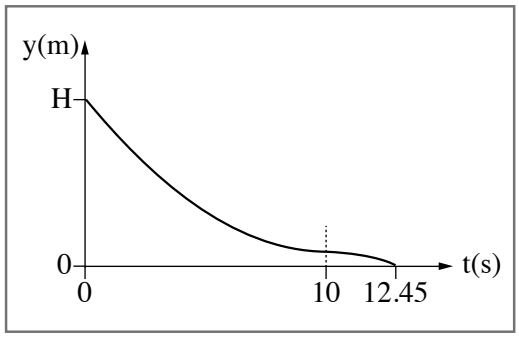
(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 3

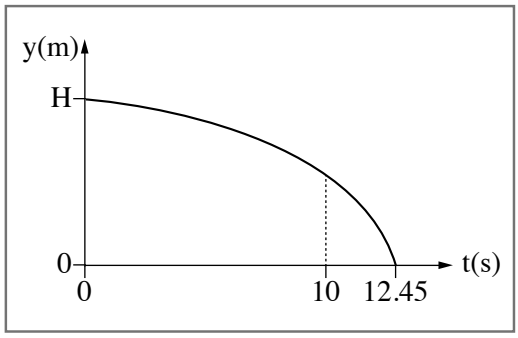
1. קבע איזה מן התרשימים 1-4 שלפניך מתאר נכון את גובה הגשושית מעל פני הירח כפונקציה של הזמן.
נמק את קביעתך. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)



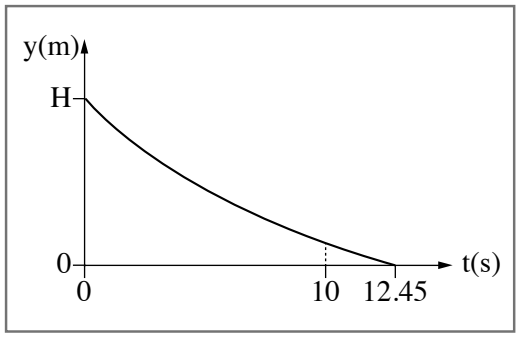
1



2



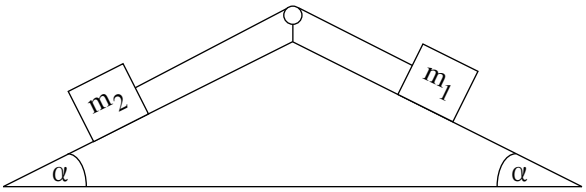
3



4

/המשך בעמוד 4/

2. בתרשים שלפניך מוצגת מערכת ובה שני גופים שמסותיהם m_1 ו־ m_2 המחוברים זה לזה בחוט העובר דרך גלגלת. הגופים מונחים על שני מישורים משופעים לא חלקים. זוויות השיפוע α של שני המישורים המשופעים שוות זו לזו. מקדמי החיכוך בין המישורים המשופעים לבין שני הגופים שווים.
מסת החוט זניחה והגלגלת אידיאלית.
נתון: $\alpha = 36.9^o$, $m_2 = 4kg$, $m_1 = 1kg$.



משחררים את מערכת שני הגופים ממנוחה, והיא מתחילה לנוע בתאוצה קבועה שגודלה $2\frac{m}{s^2}$.

א. סרטט את תרשים הכוחות הפועלים על הגוף m_1 ואת תרשים הכוחות הפועלים על הגוף m_2 . ליד כל כוח רשום את שמו. (7 נקודות)

ב. רשום את משוואות הכוחות הפועלים על כל אחד מן הגופים m_1 ו־ m_2 . (8 נקודות)

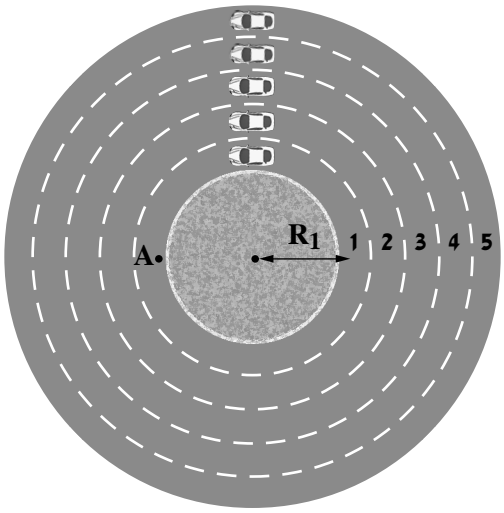
ג. חשב את מקדם החיכוך הקינטי. (9 נקודות)

במקרה אחר מעניקים לַמערכת מהירות התחלתית שגודלה $2.6\frac{m}{s}$, וברגע זה הגוף m_1 נע במורד המישור המשופע. לאורך כל התנועה שני הגופים אינם מגיעים לא לתחתית המישור המשופע ולא אל הגלגלת.

ד. חשב את התאוצה (גודל וכיוון) של גוף m_1 במהלך תנועתו במורד המישור המשופע. ($9\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 5/

3. בעיר גדולה תכננו מעגל תנועה אופקי שיש לו חמישה נתיבים מעגליים (ראה תרשים). הרדיוס R של כל נתיב הוא המרחק ממרכז מעגל התנועה לאמצע הנתיב. הרדיוסים נתונים בטבלה שבהמשך השאלה.



מכונית נוסעת בנתיב 1 בתנועה מעגלית.

א. סרטט את תרשים הכוחות הפועלים על המכונית ברגע שבו היא עוברת בנקודה A (ראה תרשים). ליד כל כוח רשום את שמו. (5 נקודות)

ב. כתוב את משוואות הכוחות הפועלים על המכונית. (6 נקודות)

בשלב תכנונו של מעגל התנועה בדקו את v_{max}, המהירות המרבית האפשרית בכל נתיב ללא חריגה מן המסלול המעגלי. המהירויות המרביות שהתקבלו נתונות בטבלה.

נתיב 5	נתיב 4	נתיב 3	נתיב 2	נתיב 1	
32	28	24	20	16	$\mathbf{R}\,[\mathrm{m}]$
16	14.97	13.86	12.65	11.31	$\mathbf{v_{max}}\left[\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right]$
256	224	192	160	128	$\mathbf{v^2_{max}}\left[\frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}\right]$

ג. בטא את ריבוע המהירות המרבית, v^2_{max}, כפונקציה של רדיוסי הנתיבים, R. (5 נקודות)

ד. סרטט במחברתך גרף (דיאגרמת פיזור) של ריבוע המהירות המרבית, v^2_{max}, כפונקציה של רדיוס המסלול R, והוסף בו את קו המגמה. (7 נקודות)

ה. **(1)** חשב את השיפוע של קו המגמה על פי שתי נקודות: $R = 18\mathrm{m}$, $R = 36\mathrm{m}$.

(2) חשב את מקדם החיכוך הסטטי של המכונית עם הכביש, באמצעות השיפוע שחישבת.

(6 נקודות)

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא)

/המשך בעמוד 6/

חמש מכוניות נעו בחמשת הנתיבים, כל אחת מהן נעה במהירות המרבית המתאימה למסלולה, כפי שמוצג בטבלה.
כל אחת מן המכוניות ביצעה הקפה שלמה.

1. קבע איזה מן ההיגדים 1-4 שלפניך נכון, ונמק את קביעתך. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

1. כל חמש המכוניות השלימו את ההקפה באותו פרק זמן.

2. המכונית בנתיב 1 (הפנימי ביותר) השלימה את ההקפה בפרק הזמן הקצר ביותר.

3. המכונית בנתיב 5 (החיצוני ביותר) השלימה את ההקפה בפרק הזמן הקצר ביותר.

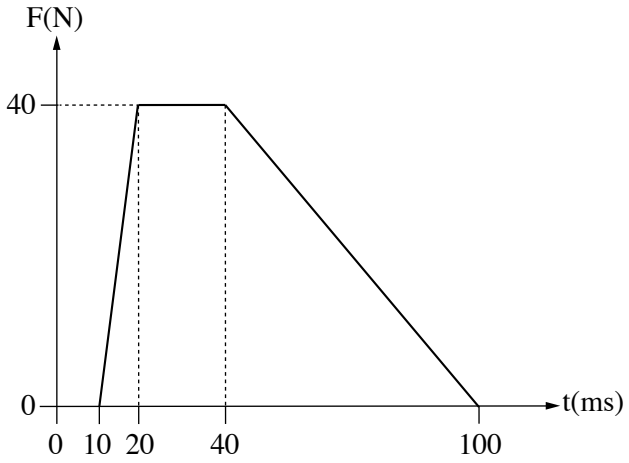
4. על פי נתוני השאלה אי אפשר לדעת איזו מכונית השלימה את ההקפה בפרק הזמן הקצר ביותר.

/המשך בעמוד 7/

4. תיבה שמסתה $m = 2kg$ נעה ימינה על משטח חסר חיכוך במהירות שגודלה $v = 0.8\frac{m}{s}$. התיבה התנגשה בקיר שמותקן עליו חיישן כוח המחובר למחשב (ראה תרשים 1). נתון כי לאחר ההתנגשות התיבה נעה שמאלה וכי הציר החיובי נקבע בכיוון ימין.

תרשים 1

לפניך גרף מקורב המתאר את הכוח שנמדד באמצעות החיישן במהלך ההתנגשות כפונקציה של הזמן.
שים לב: יחידות הזמן נתונות במילי שניות.



תרשים 2

א. קבע מהו הגודל הפיזיקלי שמבטא השטח הכלוא בין הגרף לבין ציר הזמן, חשב את גודלו ורשום את כיוונו (ימינה או שמאלה). (6 נקודות)

ב. סרטט במחברתך את התיבה וסמן את וקטור התנע של התיבה לפני ההתנגשות, ואת וקטור המתקף שפועל עליה בכל מהלך ההתנגשות. עליך להקפיד על היחס בין אורכי הווקטורים שסרטטת. (6 נקודות)

ג. חשב את גודל המהירות של התיבה לאחר ההתנגשות. (8 נקודות)

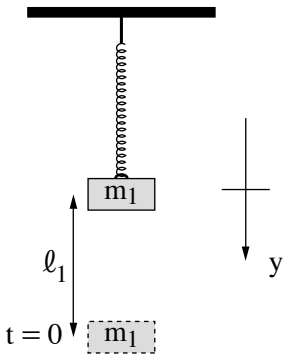
ד. סרטט גרף של תאוצת ה<u>תיבה</u> כפונקציה של הזמן בפרק הזמן שבין $t = 0$ ובין $t = 100ms$. (8 נקודות)

ה. חשב את גודלו של כוח קבוע, שיגרום לאותו השינוי במהירות התיבה אם הוא יפעל במהלך התנגשות זו. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 8/

תנועה הרמונית

5. על קפיץ אידיאלי המחובר לתקרת המעבדה תלו משקולת שמסתה $m_1 = 60g$, וערכו שני ניסויים.
בניסוי הראשון משכו את המשקולת ממצב שיווי המשקל של המערכת למרחק $\ell_1 = 20cm$ (ראה תרשים).
בזמן $t = 0$ שחררו את המשקולת, והיא התחילה להתנדנד בתנועה הרמונית פשוטה שזמן מחזורה הוא $T_1 = 0.5s$.
קבעו את ראשית הצירים בנקודת שיווי המשקל של הקפיץ, ואת הכיוון החיובי של הציר האנכי , y , כלפי מטה.



יש להזניח את התנגדות האוויר, את מסת הקפיץ ואת החיכוך בין חלקי המערכת.

א. בטא את המיקום y של המשקולת כפונקציה של הזמן t , על פי נתוני השאלה. (6 נקודות)

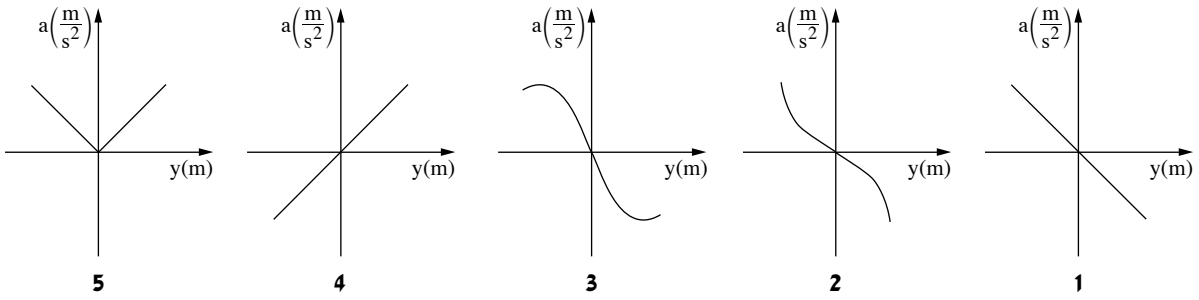
ב. חשב את מהירות המשקולת (גודל וכיוון) ברגע שבו היא עוברת בפעם הראשונה דרך הנקודה $y = \frac{\ell_1}{2}$.
(6 נקודות)

בניסוי השני הדביקו למשקולת התלויה משקולת נוספת, שמסתה m_2 . גרמו למערכת להתנדנד שוב בתנועה הרמונית פשוטה, אך הפעם זמן המחזור גדל ב- 20% .

ג. חשב את m_2 , מסת המשקולת שנוספה בניסוי השני. (8 נקודות)

ד. חשב את המרחק בין נקודת שיווי המשקל בניסוי השני לבין נקודת שיווי המשקל בניסוי הראשון. (8 נקודות)

ה. קבע איזה מן הגרפים 1-5 שלפניך מתאר נכון את התאוצה a של המשקולת כפונקציה של ההעתק y .
נמק את קביעתך. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

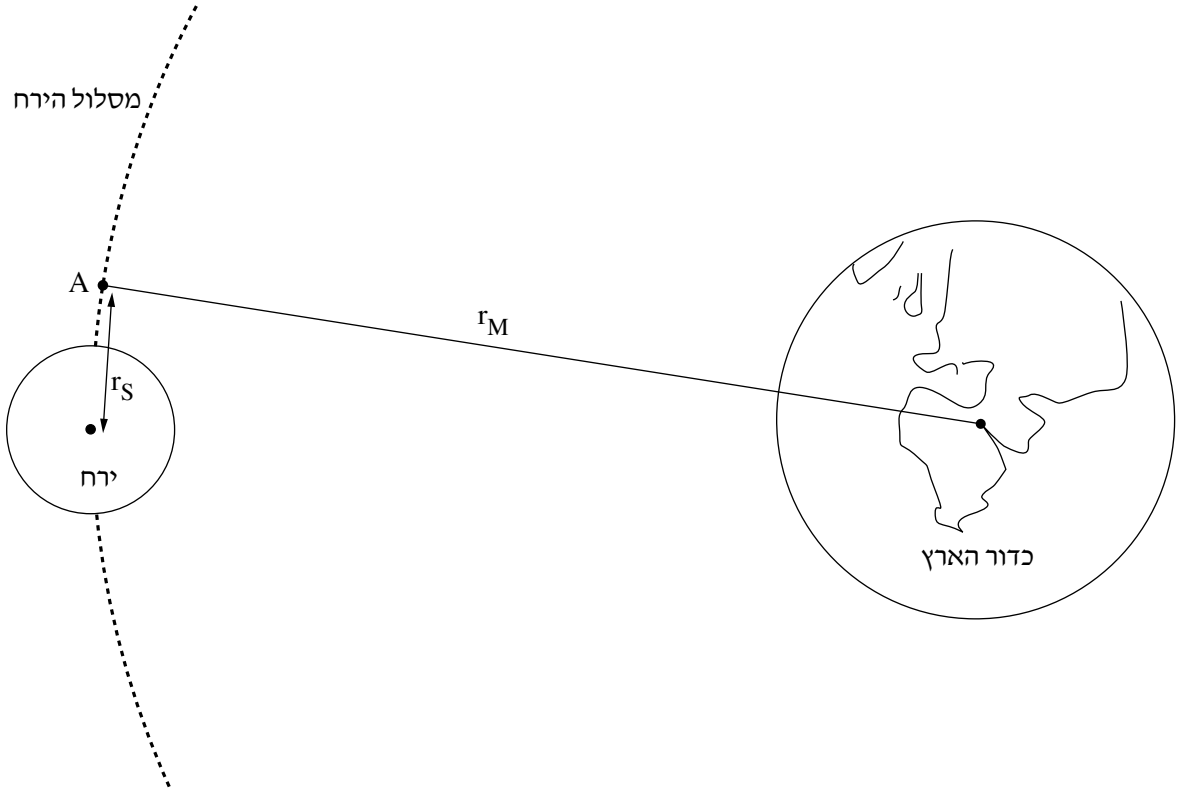


/המשך בעמוד 9/

כבידה

6. בחודש פברואר 2019 שוגרה הגשושית (חללית) הישראלית "בראשית" אל הירח. במהלך תנועתה של בראשית מכדור הארץ אל הירח היא הגיעה לנקודה A . החל מנקודה זו בראשית נעה סביב הירח (ראה תרשים — קנה המידה אינו מדויק). בהמשך תנועתה הופעלו מנועיה של בראשית כדי שהיא תאֵט ותנחת נחיתה רכה על פני הירח (מהירות אפסית בקרבת פני הירח). בפועל, בשל תקלה טכנית, המהירות של בראשית בקרבת פני הירח הייתה גבוהה מן המתוכנן, והיא התרסקה על פני הירח.

השאלה עוסקת בתנועתה של גשושית דמיונית, המבוססת על תוכנית הטיסה של הגשושית "בראשית".



r_M — הרדיוס של מסלול הירח סביב כדור הארץ.

r_S — מרחק הנקודה A ממרכז הירח.

נתון: גובה הנקודה A מפני הירח הוא $h = 200km$.

א. חשב את היחס בין הגודל של כוח הכבידה F_E שכדור הארץ מפעיל על הגשושית לבין הגודל של כוח הכבידה F_M שהירח מפעיל על הגשושית, ברגע שבו היא חולפת בנקודה A . (8 נקודות)

ב. חשב את גודל המהירות של הגשושית, v_A , במסלולה המעגלי r_S סביב הירח. (6 נקודות)

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 10/

עומר, תלמיד מגמת פיזיקה, טוען כי r_M ו- T_M (זמן המחזור של הירח סביב כדור הארץ) ידועים, ולכן אפשר לחשב את זמן המחזור T_S של הגשושית במסלול המעגלי r_S בעזרת החוק השלישי של קפלר.
דנה, הלומדת עם עומר באותה הכיתה, אינה מסכימה עם טענה זו.

ג. קבע מי צודק, עומר או דנה. נמק את קביעתך. (6 נקודות)

הנח כי מסת הגשושית קבועה, $m = 164kg$, וכי הגשושית נחתה על פני הירח במהירות אפס.

ד. חשב את העבודה W המבוצעת על הגשושית בעוברה מן המסלול r_S ועד נחיתתה הרכה על פני הירח.
בחישובך הזנח את השפעת כדור הארץ על הגשושית. (8 נקודות)

נתון כי בשלב הנחיתה הרכה, המנועים של הגשושית פולטים גזים בכיוון תנועתה של הגשושית.

ה. השתמש בשיקולים פיזיקליים והסבר מדוע המנועים פולטים את הגזים בכיוון זה. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך

מדינת ישראל
משרד החינוך

סוג הבחינה: בגרות
מועד הבחינה: קיץ תשע"ט, 2019
מספר השאלון: 036361
נספח: נוסחאות ונתונים בפיזיקה ברמה של 5 יח"ל

פיזיקה
מכניקה
הוראות לנבחן

א. <u>משך הבחינה</u>: שעתיים.

ב. <u>מבנה השאלון ומפתח ההערכה</u>:
בשאלון זה שש שאלות, ומהן עליך לענות על <u>שלוש</u> שאלות בלבד.
לכל שאלה — $33\frac{1}{3}$ נקודות; $3 \times 33\frac{1}{3} = 100$ נקודות

ג. <u>חומר עזר מותר בשימוש</u>: (1) מחשבון.
(2) נספח נוסחאות ונתונים בפיזיקה המצורף לשאלון.

ד. <u>הוראות מיוחדות</u>:
(1) ענה על מספר שאלות כפי שהתבקשת. תשובות לשאלות נוספות לא ייבדקו.
(התשובות ייבדקו לפי סדר הופעתן במחברת הבחינה.)
(2) בפתרון שאלות שנדרש בהן חישוב, רשום את הנוסחאות שאתה משתמש בהן.
כאשר אתה משתמש בסימן שאינו בדפי הנוסחאות, כתוב במילים את פירוש הסימן.
לפני שאתה מבצע פעולות חישוב, הצב את הערכים המתאימים בנוסחאות.
רשום את התוצאה שקיבלת ביחידות המתאימות.
אי־רישום הנוסחה או אי־ביצוע ההצבה או אי־רישום היחידות עלולים להפחית נקודות מן הציון.
(3) כאשר אתה נדרש להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, רשום ביטוי מתמטי הכולל את נתוני השאלה או חלקם;
במידת הצורך אפשר להשתמש גם בקבועים בסיסיים, כגון תאוצת הנפילה החופשית g או המטען היסודי e.
(4) בחישוביך השתמש בערך $10\ \mathrm{m/s^2}$ לתאוצת הנפילה החופשית.
(5) כתוב את תשובותיך בעט. כתיבה בעיפרון או מחיקה בטיפקס לא יאפשרו ערעור.
מותר להשתמש בעיפרון לסרטוטים בלבד.

כתוב <u>במחברת הבחינה בלבד</u>. רשום "טיוטה" בראש כל עמוד המשמש טיוטה.
כתיבת טיוטה בדפים שאינם במחברת הבחינה עלולה לגרום לפסילת הבחינה.

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

בהצלחה!

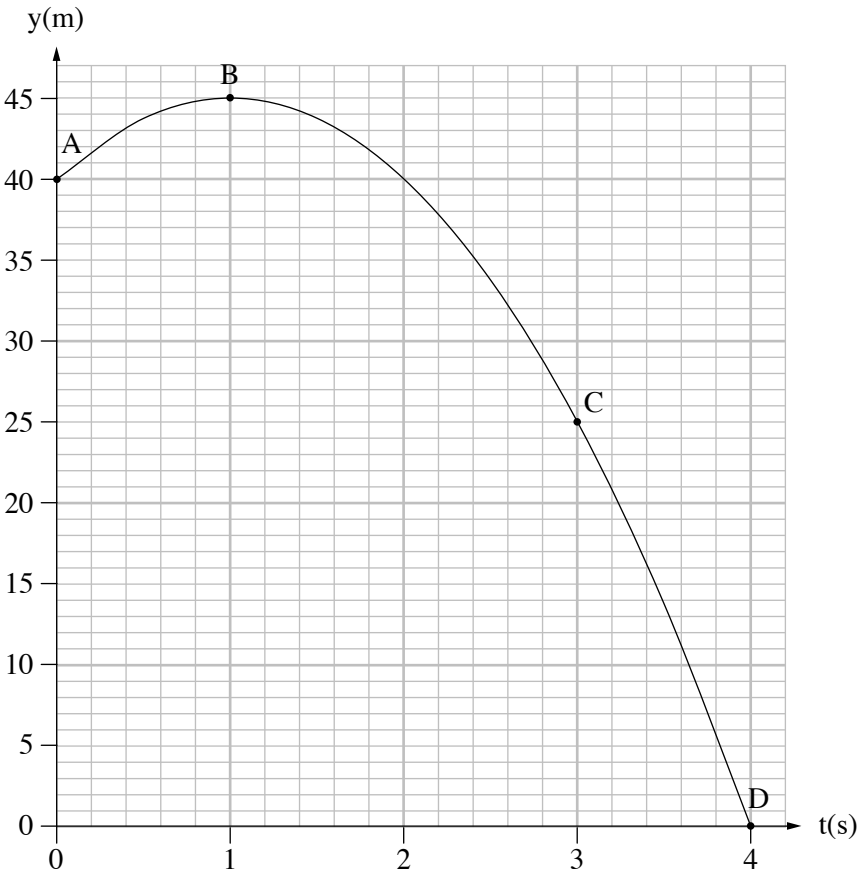
/המשך מעבר לדף/

השאלות

ענה על שלוש מן השאלות 1-6.

(לכל שאלה — $33\frac{1}{3}$ נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.)

1. אדם עמד על גגו של בניין וזרק כדור בכיוון אנכי כלפי מעלה. הגרף שלפניך מתאר את המיקום האנכי של הכדור כפונקציה של הזמן מרגע הזריקה ועד לסף פגיעתו בקרקע. בגרף מסומנות הנקודות A, B, C ו־ D.



התנגדות האוויר ניתנת להזנחה.

א. חשב את גודל המהירות ההתחלתית שבה נזרק הכדור. (6 נקודות)

ב. **(1)** קבע אם **גודל המהירות הרגעית** של הכדור בנקודה C קטן מגודל המהירות הרגעית בנקודה A, גדול ממנו או שווה לו. נמק את קביעתך.

(2) קבע אם **התאוצה** של הכדור בנקודה B זהה לתאוצתו בנקודה A. נמק את קביעתך. בתשובתך התייחס לגודל ולכיוון של התאוצה.

(8 נקודות)

/המשך בעמוד 3/

ג. חשב את המהירות הממוצעת (גודל וכיוון) של הכדור במהלך תנועתו, מרגע הזריקה ועד לסף פגיעתו בקרקע. (6 נקודות)

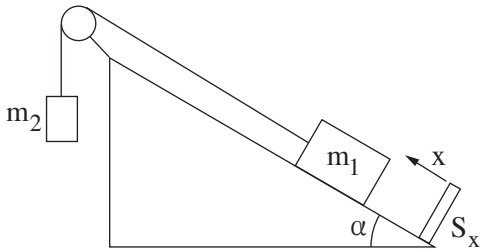
ד. סרטט במחברתך גרף של מהירות הכדור כפונקציה של הזמן במהלך תנועתו, מרגע הזריקה ועד לסף פגיעתו בקרקע. בגרף שסרטטת סמן באותיות a , b , c ו־d את הנקודות המייצגות בהתאמה את המהירות של הכדור בנקודות A , B , C ו־D. (8 נקודות)

האדם זרק את הכדור פעם נוספת מאותו מקום ובאותה מהירות התחלתית (גודל וכיוון). ברגע שהכדור חלף בנקודה C הופעל עליו כוח אופקי רגעי.

ה. קבע אם הגרף $y(t)$ הנתון בשאלה ישתנה בגלל הפעלת הכוח. נמק את קביעתך. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 4/

2. תלמידים ערכו ניסוי חקר תנועה באמצעות מערכת המורכבת משני גופים: גוף שמסתו $m_1 = 0.5kg$ וגוף שמסתו m_2. הגוף m_1 מוחזק במנוחה על מישור משופע חלק, וקשור לגוף m_2 באמצעות חוט העובר על פני גלגלת חסרת חיכוך (ראה תרשים). המישור המשופע נטוי בזווית $\alpha = 30^o$ לאופק. בתחתית המישור מצוי חיישן תנועה S_x, הניצב למישור המשופע ומחובר למחשב. הכיוון החיובי של תנועת הגוף m_2 נקבע כלפי מטה והכיוון החיובי של תנועת הגוף m_1 נקבע במעלה המישור. הנח כי התנגדות האוויר, מסת הגלגלת ומסת החוט זניחות.



ברגע $t = 0$ הפעילו את החיישן, שחררו את הגוף m_1 והגוף התחיל לנוע במעלה המישור. על מסך המחשב התקבלה טבלת הערכים שלפניך, המציגה את מהירות הגוף m_1 כפונקציה של הזמן.

$\mathbf{t}$(s)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
$\mathbf{v}\left(\frac{m}{s}\right)$	0.45	0.70	1.15	1.50	1.95	2.25

הנח כי הגוף m_1 אינו מגיע עד לגלגלת וכי הגוף m_2 אינו מגיע עד לרצפה.

א. התבסס על הטבלה הנתונה וסרטט גרף של מהירות הגוף m_1 כפונקציה של הזמן. (8 נקודות)

ב. חשב את שיפוע הגרף וציין את משמעותו הפיזיקלית. (5 נקודות)

ג. רשום את משוואות הכוחות של כל אחד משני הגופים. (6 נקודות)

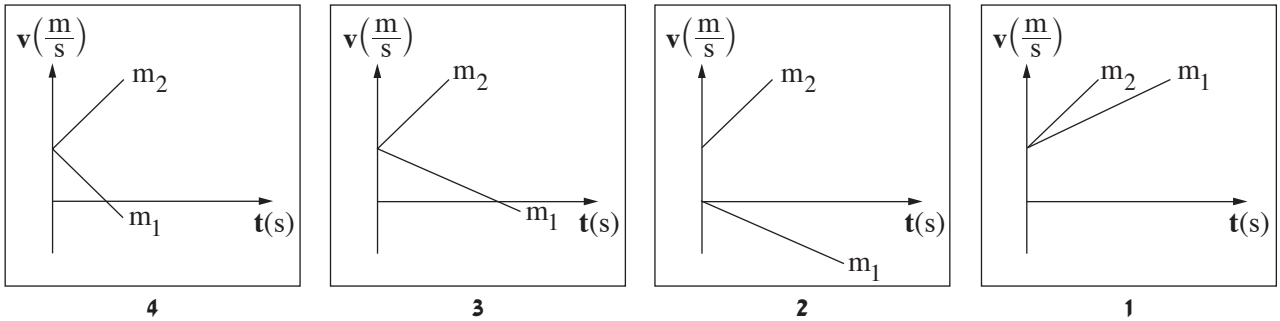
ד. חשב את מתיחות החוט במהלך התנועה. (5 נקודות)

כעבור שנייה אחת מתחילת המדידה נקרע החוט.

ה. חשב את $\frac{a_1}{a_2}$, היחס בין התאוצות של הגופים m_1 ו־ m_2, לאחר קריעת החוט. (5 נקודות)

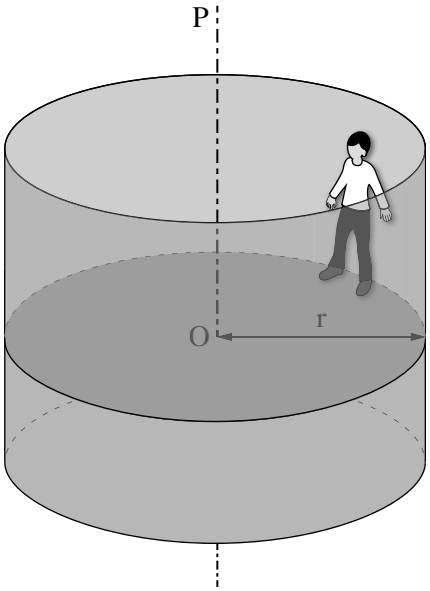
ו. קבע איזה מן הגרפים 1-4 שלפניך מתאר נכון את מהירות הגופים כתלות בזמן מרגע קריעת החוט.

נמק את קביעתך. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)



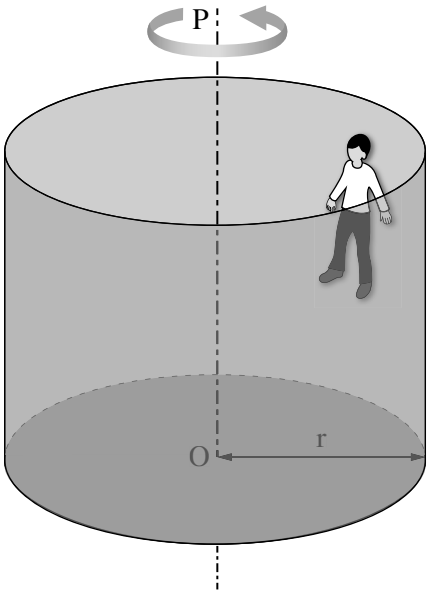
/המשך בעמוד 5/

3. בתרשים 1 מתואר מתקן בפארק שעשועים. צורתו של המתקן היא גליל שרדיוסו $r = 3m$, והוא יכול להסתובב סביב צירו האנכי OP . אדם שמסתו $m = 70\,kg$ עומד על הרצפה בתוך הגליל, צמוד בגבו אל הדופן הפנימית של הגליל. מקדם החיכוך הסטטי בין האדם לדופן הוא $\mu_s = 0.6$.



תרשים 1

מתחילים לסובב את הגליל סביב הציר OP , ומהירותו הולכת וגדלה. כאשר מהירות הסיבוב של הגליל מגיעה לערך מסוים, מורידים למטה את רצפת הגליל, אך מיקומו של האדם ביחס לדופן הגליל לא משתנה (ראה תרשים 2).



תרשים 2

(שים לב: סעיפי השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 6

הסעיפים שלפניך מתייחסים למצב המתואר בתרשים 2, שבו אין מגע בין רגלי האדם לרצפת הגליל.

א. סרטט במחברתך את תרשים הכוחות הפועלים <u>על האדם</u>. ליד כל כוח רשום את שמו. (6 נקודות)

ב. רשום את משוואת הכוחות הפועלים על האדם בכל אחד משני הצירים, הציר האנכי והציר האופקי (הרדיאלי). (7 נקודות)

ג. חשב את הגודל של המהירות ה<u>זוויתית</u> המינימלית הדרושה כדי שהאדם יישאר צמוד לדופן הגליל, מבלי שמיקומו האנכי ישתנה. (8 נקודות)

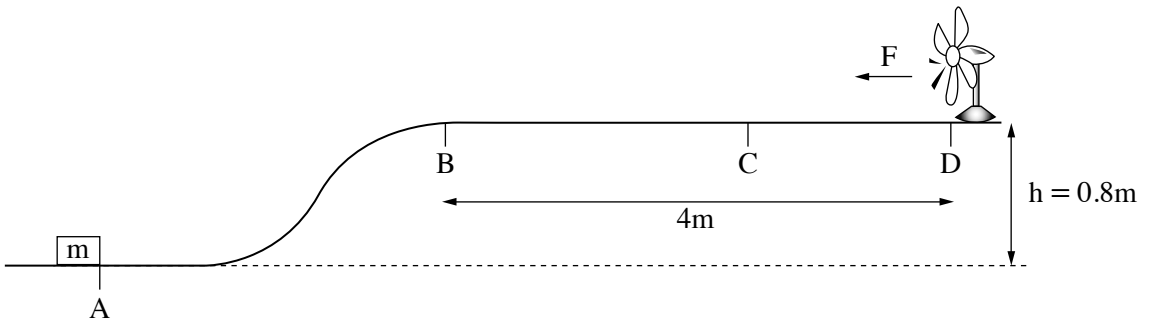
ד. קבע אם תשובתך על סעיף ג תשתנה אם מסת האדם תהיה 90kg . הנח שמקדם החיכוך לא השתנה. <u>נמק את תשובתך</u>. (6 נקודות)

מסובבים את הגליל במהירות זוויתית $\omega = 2.6\frac{1}{\text{s}}$, שבה מיקומו של האדם לא משתנה ביחס לדופן הגליל.

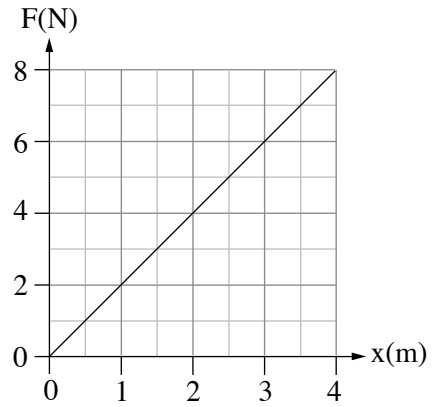
ה. חשב את הגודל של כוח החיכוך הסטטי הפועל על אדם שמסתו $m = 90\text{kg}$ במהירות זו. ($6\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 7/

4. כדי לחקור את נושא האנרגייה המכנית, תלמיד בנה מערכת ובה תיבה שמסתה $m = 2kg$, משטח AD ומאוּורר (ראה תרשים). הקטע BD של המשטח הוא מישור אופקי שאורכו $4m$, וגובהו מעל הקרקע הוא $h = 0.8m$. החיכוך בין המשטח ובין התיבה ניתן להזנחה.



התלמיד הציב את התיבה בנקודה A ואת המאוורר בנקודה D . המאוורר הניע את האוויר ויצר רוח אופקית. הנח כי גודל הכוח F שהרוח הפעילה על התיבה תלוי לינארית במרחק x של התיבה מן הנקודה B , כמתואר בגרף שלפניך. גודל הכוח הוא מרבי (מקסימלי) בנקודה D ומתאפס בנקודה B . משמאל לנקודה B הרוח אינה משפיעה.



בשאלה זו יש להתחשב בהשפעת האוויר מן המאוורר בלבד, ולהזניח כל השפעה אחרת של האוויר.

א. חשב את גודל המהירות המזערית (מינימלית) שיש להעניק לתיבה הנמצאת בנקודה A כדי שתנוע במעלה המשטח ותגיע לנקודה B . (6 נקודות)

בנקודה A העניק התלמיד לתיבה מהירות התחלתית $v_0 = 5\frac{m}{s}$ שכיוונה ימינה. כאשר הגיעה התיבה לנקודה B החל להשפיע עליה הכוח $F(x)$. בנקודה C נעצרה התיבה עצירה רגעית.

ב. חשב את עבודת הכוח $F(x)$ מן הנקודה B עד לנקודה C . (7 נקודות)

ג. חשב את המרחק של הנקודה C מן הנקודה B . (8 נקודות)

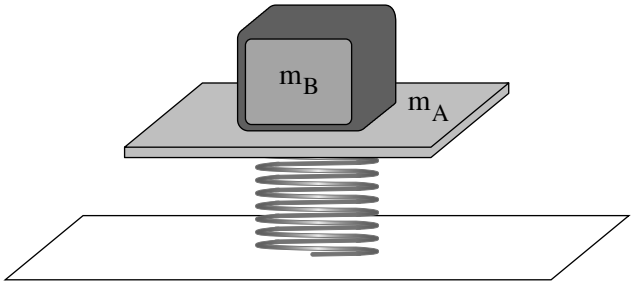
לאחר העצירה הרגעית בנקודה C , התיבה נעה חזרה לכיוון הנקודה B .

ד. תאר במילים את תנועתה של התיבה מן הנקודה C ועד לנקודה B . בתשובתך התייחס למאפיינים האלה:
תנועה קצובה או מואצת, תאוצה קבועה או משתנה, **גודל** מהירות קטן או גדל. (6 נקודות)

ה. קבע את גודל מהירות התיבה בהגיעה חזרה לנקודה A . נמק את קביעתך.
בתשובתך התייחס גם לכוחות הלא משמרים הקיימים במערכת. ($6\frac{1}{3}$ נקודות) /המשך בעמוד 8/

תנועה הרמונית

5. בתרשים שלפניך מוצגת מערכת למדידת מסה של גופים (שלא באמצעות מאזני קפיץ). המערכת מורכבת מקפיץ שהקבוע שלו k, ועליו מונח משטח A שמסתו m_A. מסת הקפיץ זניחה.
מניחים גוף B, שאת מסתו m_B רוצים למדוד, על גבי המשטח A, ומחברים ביניהם, כדי שהמשטח A והגוף B יישארו צמודים בכל מהלך הניסוי.

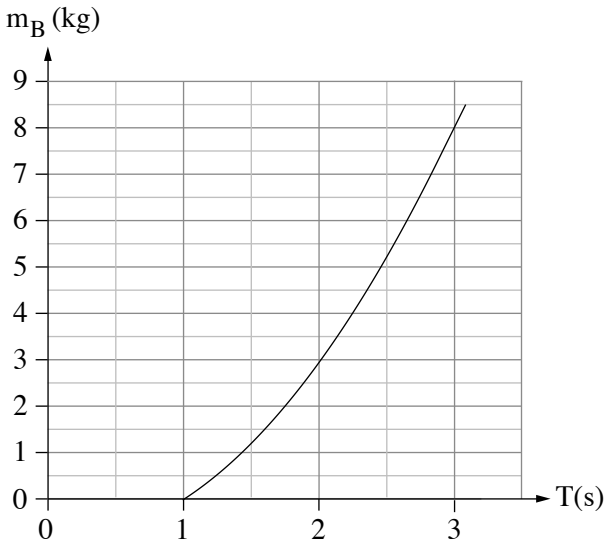


מסיטים את המערכת ממצב שיווי משקל כדי שתבצע תנועה הרמונית פשוטה (תה"פ). מודדים את הזמן של 10 מחזורי תנודה ומחשבים את זמן המחזור הממוצע T.

א. הסבר מהו היתרון במדידת זמן של 10 מחזורים לעומת מדידת זמן מחזור אחד. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

ב. בטא את מסת הגוף m_B כפונקציה של זמן המחזור הממוצע T. (6 נקודות)

באמצעות הגרף שלפניך אפשר לקבוע את מסת הגוף m_B על פי זמן המחזור הממוצע T.



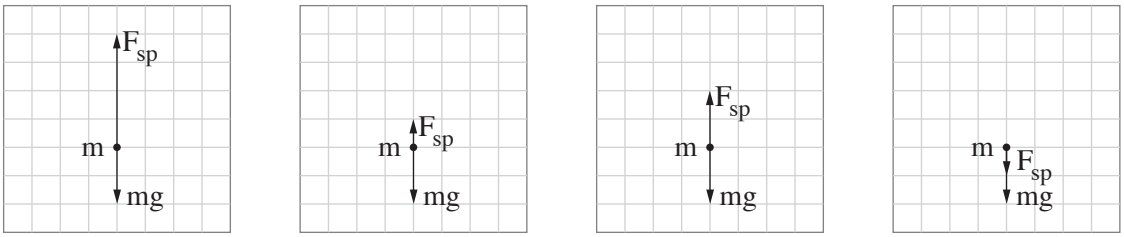
ג. בגרף שלפניך לא מופיעים זמני מחזור הקטנים מ־ $1.0\,s$. הסבר מדוע במערכת זו אי אפשר למדוד זמני מחזור הקטנים מ־ $1.0\,s$. (7 נקודות)

ד. נתון כי מסת המשטח היא $m_A = 1kg$. חשב את קבוע הקפיץ k. (7 נקודות)

/המשך בעמוד 9/

נסמן: $m = m_A + m_B$. F_{sp} — הכוח שהקפיץ מפעיל על המסה m .

לפניך ארבעה תרשימי כוחות הפועלים על המסה m בנקודות שונות במהלך תנועתה.



ה. התייחס לכל אחד מן התרשימים (1)-(4), וקבע אם המסה m נמצאת בנקודת שיווי משקל, מעליה או מתחתיה.

העתק את הטבלה ל**מחברתך** וסמן בה את קביעותיך. (8 נקודות)

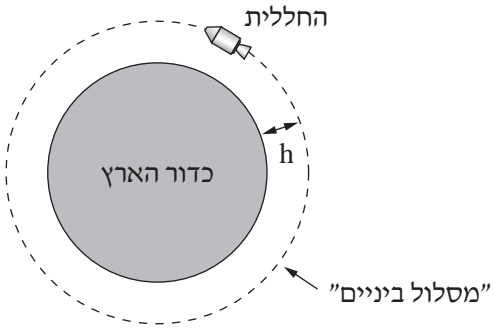
התרשים / מיקום המסה	(1)	(2)	(3)	(4)
מעל נקודת שיווי משקל				
בנקודת שיווי משקל				
מתחת לנקודת שיווי משקל				

/המשך בעמוד 10/

כבידה

6. ביולי 1969 במשימת אפולו 11 נשלחה חללית אל הירח. בדרכה הוכנסה החללית ל"מסלול ביניים" מעגלי סביב כדור הארץ, ובו היא נעה כמו לוויין (ראה תרשים 1). ממסלול הביניים המשיכה החללית אל הירח. במהלך משימה זו נחתו לראשונה אנשים על פני הירח.

הנח כי מסת החללית היא m וגובה מסלול הביניים מעל פני כדור הארץ הוא $h = 190\text{km}$.



תרשים 1

בסעיפים א-ג הנח כי רק כדור הארץ משפיע על החללית.

א. השתמש בקבועים הנתונים בדף הנוסחאות וחשב את גודל המהירות של החללית במסלול הביניים. (7 נקודות)

ב. תלמידה טוענת כי על פי החוק הראשון של ניוטון, במסלול הביניים החללית במצב התמדה, מאחר שהיא נעה במהירות שגודלה קבוע. קבע אם התלמידה צודקת ונמק את קביעתך. (7 נקודות)

ג. אילו הייתה לחללית הנעה במסלול הביניים הנתון מסה גדולה יותר:

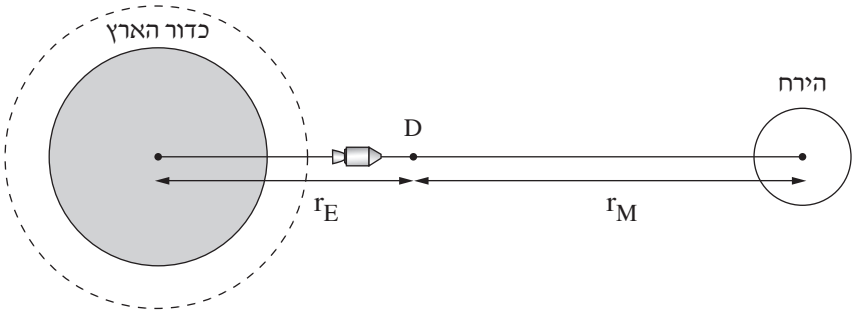
(1) קבע אם גודל המהירות של החללית היה גדֵל, קטֵן או לא משתנה. נמק את קביעתך.

(2) קבע אם האנרגייה המכנית הכוללת של החללית הייתה גדֵלה, קטֵנה או לא משתנה. נמק את קביעתך.
(שים לב לסימן של האנרגייה.)

(8 נקודות)

/המשך בעמוד 11/

הנח כי החללית המשיכה ממסלול הביניים למסלול סביב הירח לאורך קו ישר המחבר את מרכז כדור הארץ למרכז הירח.
הנקודה D נמצאת על ישר זה (ראה תרשים 2).
נתון: M_E — מסת כדור הארץ, M_M — מסת הירח.
r_E — המרחק ממרכז כדור הארץ עד לנקודה D. r_M — המרחק ממרכז הירח עד לנקודה D.

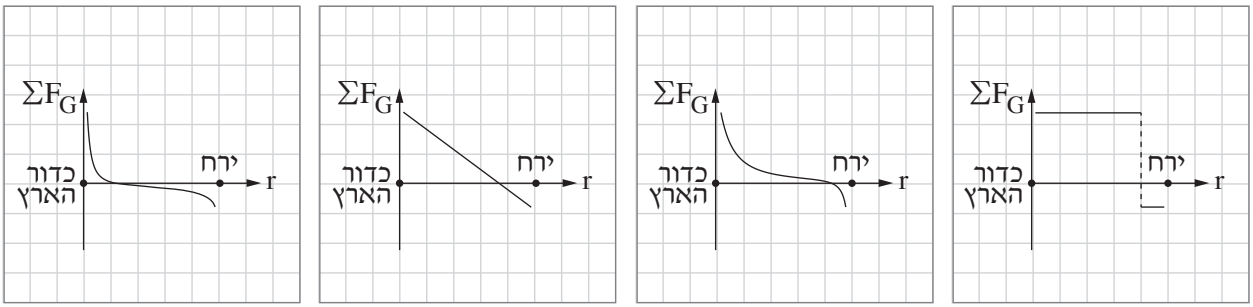


תרשים 2

בסעיפים ד-ה הנח כי רק כדור הארץ והירח משפיעים על החללית.

ד. בטא את שקול כוחות הכבידה הפועלים על החללית, ΣF_G, בנקודה D באמצעות r_M, r_E, M_M, M_E, m, G.
(7 נקודות)

לפניך ארבעה גרפים המייצגים באופן מקורב את שקול כוחות הכבידה, ΣF_G,
כפונקציה של מרחק החללית ממרכז כדור הארץ, r.



ה. קבע איזה מן הגרפים 1-4 מתאר נכון את שקול כוחות הכבידה, ΣF_G, הפועלים על החללית במהלך תנועתה ממסלול הביניים אל הירח. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

בהצלחה!
זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך

מדינת ישראל
משרד החינוך

סוג הבחינה: בגרות
מועד הבחינה: קיץ תשע"ח, 2018
מספר השאלון: 656 ,036201
נספח: נוסחאות ונתונים בפיזיקה ל־5 יח"ל

פיזיקה
מכניקה, אופטיקה וגלים

לתלמידי 5 יחידות לימוד

הוראות לנבחן

א. <u>משך הבחינה</u>: שעתיים וחצי (150 דקות).

ב. <u>מבנה השאלון ומפתח ההערכה</u>: בשאלון זה שני פרקים.

פרק ראשון	— מכניקה	25×3	—	75	נקודות
פרק שני	— אופטיקה וגלים	$12\frac{1}{2}\times2$	—	25	נקודות
		סה"כ	—	100	נקודות

ג. <u>חומר עזר מותר בשימוש</u>: (1) מחשבון.
(2) נספח נוסחאות ונתונים בפיזיקה המצורף לשאלון.

ד. <u>הוראות מיוחדות</u>:

(1) ענה על מספר שאלות כפי שהתבקשת. תשובות לשאלות נוספות לא ייבדקו.
(התשובות ייבדקו לפי סדר הופעתן במחברת הבחינה.)

(2) בפתרון שאלות שנדרש בהן חישוב, רשום את הנוסחאות שאתה משתמש בהן.
כאשר אתה משתמש בסימן שאינו בדפי הנוסחאות, כתוב במילים את פירוש הסימן.
לפני שאתה מבצע פעולות חישוב, הצב את הערכים המתאימים בנוסחאות.
רשום את התוצאה שקיבלת ביחידות המתאימות. אי־רישום הנוסחה או אי־ביצוע ההצבה או אי־רישום היחידות עלולים להפחית נקודות מן הציון.

(3) כאשר אתה נדרש להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, רשום ביטוי מתמטי הכולל את נתוני השאלה או חלקם;
במידת הצורך אפשר להשתמש גם בקבועים בסיסיים, כגון תאוצת הנפילה החופשית g או המטען היסודי e.

(4) בחישוביך השתמש בערך $10\ \mathrm{m/s^2}$ לתאוצת הנפילה החופשית.

(5) כתוב את תשובותיך בעט. כתיבה בעיפרון או מחיקה בטיפקס לא יאפשרו ערעור.
מותר להשתמש בעיפרון לסרטוטים בלבד.

כתוב <u>במחברת הבחינה בלבד</u>, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונך לכתוב <u>כטיוטה</u> (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).
רשום "טיוטה" בראש כל עמוד טיוטה. רישום טיוטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלול לגרום לפסילת הבחינה!

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

בהצלחה!

/המשך מעבר לדף/

השאלות

פרק ראשון — מכניקה (75 נקודות)

ענה על שלוש מן השאלות 1-5.

(לכל שאלה — 25 נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.)

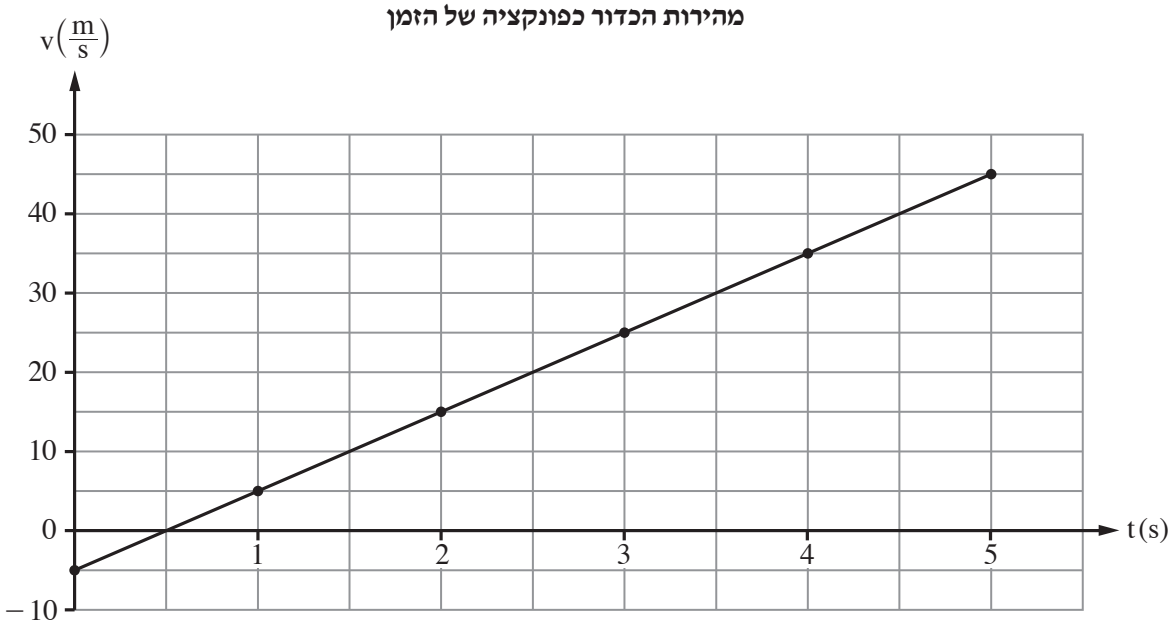
1. בעבודת חקר של תלמידי מגמת פיזיקה בבית ספר תיכון, החליטו התלמידים לבחון את מאפייני התנועה של גופים הנזרקים אנכית. לשם כך הם עלו על מגדל שגובהו H וזרקו באותו רגע שלושה כדורים זהים: A , B ו־ C .

כדור A נזרק כלפי מטה במהירות התחלתית שגודלה v_0 , כדור B נזרק כלפי מעלה במהירות התחלתית שגודלה זהה לגודל המהירות ההתחלתית של כדור A , וכדור C שוחרר ממנוחה. שלושת הכדורים לא התנגשו במהלך תנועתם.

התלמידים קבעו את כיוון הציר האנכי החיובי כלפי מטה.

הם סרטטו גרף מהירות־זמן של אחד הכדורים מרגע זריקתו עד לסף פגיעתו בקרקע, כמתואר בתרשים שלפניך.

מהירות הכדור כפונקציה של הזמן



בסעיפים א-ד הנח כי כוח החיכוך בין הכדורים לאוויר ניתן להזנחה.

א. קבע אם הגרף מתאר את מהירותו של כדור A , כדור B או כדור C . נמק את קביעתך. (5 נקודות)

ב. חשב את גובה המגדל, H . (5 נקודות)

/המשך בעמוד 3/

ג. חשב את המרחק האנכי בין מיקומו של כדור A לבין מיקומו של כדור B , בזמן $t = 2s$. (6 נקודות)

התלמידים הוסיפו לאותה מערכת צירים את הגרפים המתאימים לשני הכדורים האחרים.

ד. הסבר מהי המשמעות הפיזיקלית של כל אחד מן הערכים (1)-(3) שלפניך, וקבע לאֵילו מן הערכים האלה יש גדלים מספריים זהים לכל שלושת הגרפים.

(1) שיפוע הגרף

(2) נקודת חיתוך הגרף עם ציר המהירות

(3) השטח הכלוא בין הגרף לציר הזמן

(6 נקודות)

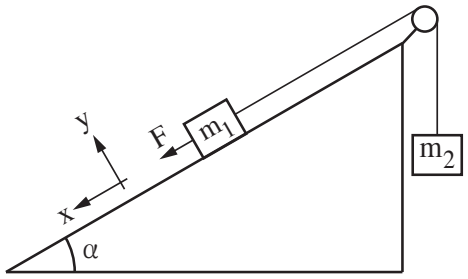
ה. בסעיף זה הנח שבין כל כדור לאוויר פעל כוח חיכוך שגודלו קבוע וקטן ממשקל הכדור. להזכירך, כל הכדורים זהים.

קבע אם גודל המהירות של כדור A ברגע פגיעתו בקרקע **קטן** מגודל המהירות של כדור B ברגע פגיעתו בקרקע, **גדול** ממנו או **שווה** לו. נמק את קביעתך באמצעות שיקולי אנרגייה או שיקולי קינמטיקה.

(3 נקודות)

/המשך בעמוד 4/

2. במעבדה לפיזיקה הרכיבה תלמידה את המערכת המתוארת בתרשים.



המערכת מורכבת משני גופים שהמסות שלהם m_1 ו־ m_2 . גוף m_1 מונח על מדרון חלק הנטוי בזווית α .
גוף m_2 תלוי וקשור לגוף m_1 בחוט העובר דרך גלגלת חסרת חיכוך (ראה תרשים).
אורך החוט קבוע, והגופים אינם מגיעים אל הגלגלת בשום שלב.
התנגדות האוויר, מסת הגלגלת ומסת החוט ניתנים להזנחה.
התלמידה החזיקה את המערכת במנוחה. ברגע מסוים היא שחררה את המערכת ממנוחה, ובאותו רגע התחילה להפעיל על הגוף m_1 כוח קבוע שגודלו F בכיוון מורד המדרון ובמקביל אליו, כמתואר בתרשים (כיוון זה מוגדר חיובי).
הגוף m_1 נע במורד המדרון, והתלמידה מדדה את תאוצת המערכת.

א. סרטט במחברתך את תרשים הכוחות הפועלים על כל אחד משני הגופים במהלך התנועה. ליד כל כוח רשום את שמו. (4 נקודות)

ב. פַּתח ביטוי לינארי (מהצורה $y = Ax + B$) עבור גודל התאוצה a כפונקציה של גודל הכוח F . בטא את תשובתך באמצעות g , α , m_1 , m_2 ו־ F. (6 נקודות)

התלמידה חזרה על הניסוי כמה פעמים. בכל פעם היא שינתה את גודל הכוח F ומדדה את גודל התאוצה a .
התוצאות שהתקבלו מוצגות בטבלה שלפניך.

F(N)	20	30	40	50	60
$\mathbf{a}\left(\frac{m}{s^2}\right)$	3.0	5.0	7.4	9.1	12.5

ג. סרטט במחברתך גרף של a (תאוצת המערכת) כפונקציה של הכוח F . (7 נקודות)

נתון: מסת שני הגופים שווה, $m_1 = m_2 = m$.

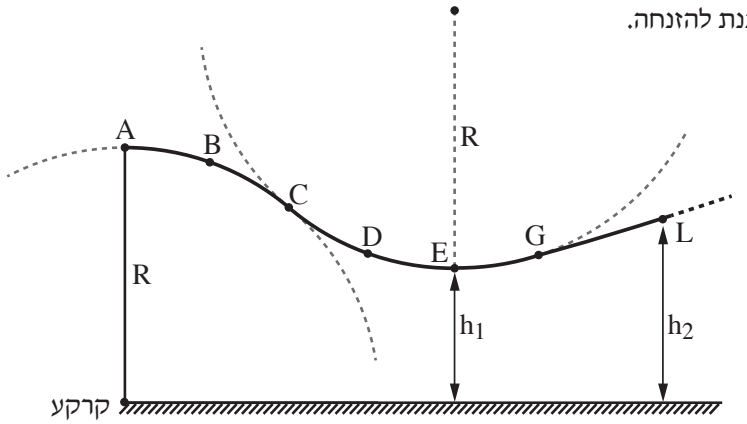
ד. התבסס על הגרף שסרטטת וחשב את המסה m . (5 נקודות)

ה. היעזר בגרף וקבע מהו גודל הכוח F שעבורו תנוע המערכת בתנועה קצובה (גודל המהירות קבוע). הסבר את קביעתך. (3 נקודות)

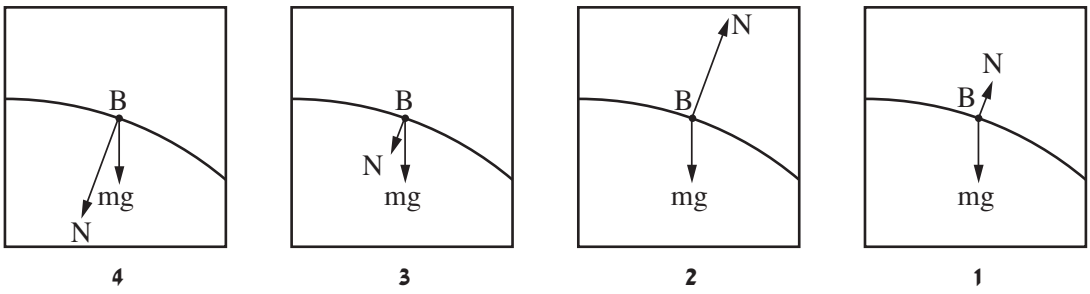
/המשך בעמוד 5/

3. בתרשים שלפניך מוצג מסלול גלישה על קרח המורכב משלושה קטעים: AC , CG ו־ GL .
שני הקטעים הראשונים, AC ו־ CG , הם קשתות מעגליות שרדיוסן R . הקטע השלישי, GL , הוא מסלול לא מעגלי.
בקטעים AC ו־ CG החיכוך בין גולש למסלול ניתן להזנחה, ואילו החל מן הנקודה G קיים חיכוך שלא ניתן להזנחה.

גולש מתחיל לנוע ממנוחה בנקודה A . הוא נע בהחלקה בלבד ולא נעזר במקלות סקי. בכל מהלך תנועתו הגולש לא מתנתק מן המסלול.
התנגדות האוויר ניתנת להזנחה.



א. קבע איזה מן האיורים 1-4 שלפניך מייצג נכון את תרשים הכוחות הפועלים על הגולש בנקודה B .
נמק את קביעתך. (6 נקודות)



ב. **(1)** קבע אם לתאוצה של הגולש בנקודה D יש רכיב משיקי. נמק את קביעתך.
(2) העתק למחברתך (באופן מקורב) את הקטע המעגלי CG , והוסף לתרשים חץ המתאר את התאוצה הכוללת של הגולש בנקודה D (אין צורך לחשב).
(5 נקודות)

נתון: $R = 60m$, מסת הגולש עם ציוד הגלישה היא $m = 80kg$.
הגובה של הנקודה E מעל לקרקע הוא $h_1 = 32m$ (הנקודה E היא הנקודה הנמוכה ביותר במסלול).

ג. חשב את גודל המהירות של הגולש בחולפו בנקודה E . (4 נקודות)

ד. חשב את הכוח (גודל וכיוון) שהגולש מפעיל על המסלול בנקודה E . (6 נקודות)

נתון: סך כל העבודה של כוח החיכוך מן הנקודה G ועד לנקודת עצירתו של הגולש הוא 20kJ .
גובה הנקודה L מעל הקרקע הוא $h_2 = 36m$.

ה. קבע אם הגולש הגיע לנקודה L . הסבר את קביעתך באמצעות חישוב. (4 נקודות) /המשך בעמוד 6/

4. עד המאה השמונה־עשרה לא היה אפשר למדוד את מהירותם של גופים מהירים כגון קליע של רובה. בשנת 1742 המציא המדען האנגלי בנג'מין רובינס שיטה למדידת מהירותם של קליעים באמצעות מטוטלת בליסטית.

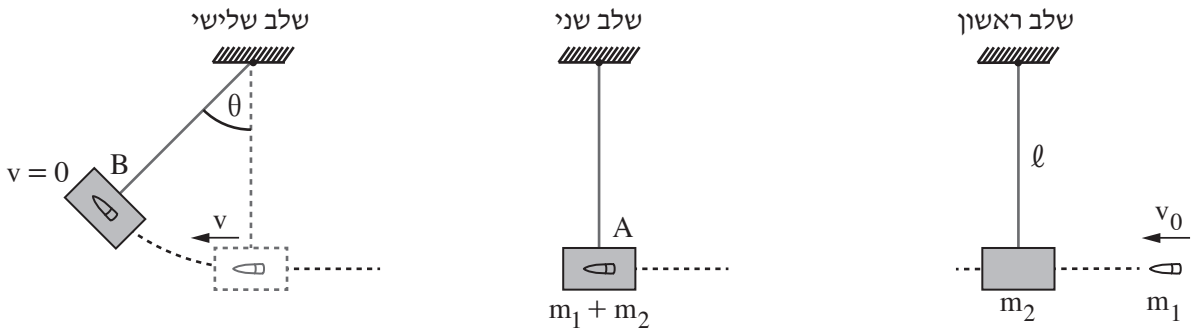
התרשים שלפניך מתאר שיטה זו בשלושה שלבים.

בשלב הראשון נורה קליע שמסתו m_1 לכיוון גוף שמסתו m_2 התלוי על חוט שאורכו ℓ.

בשלב השני הקליע פוגע בגוף בנקודה A במהירות אופקית שגודלה v_0, חודר לגוף ונעצר בתוכו. משך זמן החדירה של הקליע לתוך הגוף קצר ביותר ולכן תזוזת הגוף בזמן זה ניתנת להזנחה.

בשלב השלישי הגוף (עם הקליע בתוכו) עולה עד לנקודה B ושם נעצר רגעית. בנקודה זו זווית הסטייה של החוט מהאנך היא θ.

יש להזניח את התנגדות האוויר ואת מסת החוט.



הסעיפים שלפניך מתייחסים למערכת גוף + קליע.

א. קבע אם ה<u>תנע</u> ו<u>האנרגייה המכנית</u> נשמרים בפרק הזמן שבין רגע פגיעת הקליע בגוף ועד לעצירתו בתוך הגוף.

<u>הסבר את קביעותיך</u>. (4 נקודות)

ב. קבע אם ה<u>תנע</u> ו<u>האנרגייה המכנית</u> נשמרים בפרק הזמן שבין תחילת תנועת הגוף ועד לעצירתו הרגעית בנקודה B.

<u>הסבר את קביעותיך</u>. (4 נקודות)

נתוני המערכת: מסת הקליע $m_1 = 0.015kg$, מסת הגוף $m_2 = 4.985kg$, אורך החוט $\ell = 0.6m$, זווית הסטייה המרבית של החוט $\theta = 12^o$.

ג. חשב את האנרגייה הקינטית של המערכת, מיד לאחר שהגוף (עם הקליע בתוכו) התחיל את תנועתו בנקודה A. (7 נקודות)

ד. חשב את v_0, מהירות הקליע ברגע פגיעתו בגוף. (6 נקודות)

ה. חשב את האנרגייה המכנית ש"אבדה" בגלל החיכוך. (4 נקודות)

/המשך בעמוד 7/

5. סוכנות החלל הישראלית בשיתוף עם סוכנות החלל הצרפתית שיגרו באוגוסט 2017 לוויין זעיר שמכונה VENμS (Vegetation & Environment on a New Micro Satellite) למטרות תצפית ומחקר מדעי ייחודי. הלוויין מצויד באמצעים טכנולוגיים משוכללים, שחלקם פותחו ויוצרו בישראל. הלוויין יצלם מהחלל, בין השאר, שדות וחלקות אדמה לצורך מחקרים של ניטור מצב הקרקע, הצמחייה ואיכות המים.

הנח כי הלוויין ינוע במסלול מעגלי שרדיוסו $r = 7100km$.

א. חשב את תאוצת הנפילה החופשית של הלוויין במהלך תנועתו (גודל וכיוון). (6 נקודות)

ב. חשב את זמן המחזור ואת המהירות המשיקית של הלוויין. (8 נקודות)

ייתכן שבעתיד יוכנס לוויין זהה למסלול מעגלי סביב כוכב הלכת מאדים.

נתון: M_E ו־ R_E הם המסה והרדיוס של כדור הארץ.

M_M ו־ R_M הם המסה והרדיוס של כוכב הלכת מאדים.

$M_E = 9.3M_M$, $R_E = 1.88R_M$.

בסעיפים ג-ד הנח שרדיוס המסלול של הלוויין הסובב סביב מאדים יהיה שווה לרדיוס המסלול של VENμS הסובב סביב כדור הארץ $(r = 7100km)$.

ג. קבע אם תאוצת הנפילה החופשית של הלוויין הסובב סביב מאדים **קטנה** מן התאוצה שחישבת בסעיף א, **גדולה** ממנה או **שווה** לה. נמק את קביעתך. (5 נקודות)

תלמיד טוען שזמני המחזור של שני הלווייניים שווים. הוא מסתמך על החוק השלישי של קפלר ועל העובדה שהרדיוסים של שני המסלולים שווים.

ד. הסבר מדוע הטענה של התלמיד אינה נכונה. (3 נקודות)

T_1 הוא זמן המחזור של לוויין הנע במסלול שרדיוסו r_1 סביב מאדים, ו־ T_2 הוא זמן המחזור של לוויין זהה הנע במסלול שרדיוסו r_2 סביב כדור הארץ $(r_1 \neq r_2)$.

ה. בטא את הקשר $\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2$ באמצעות r_1 ו־ r_2 . (3 נקודות)

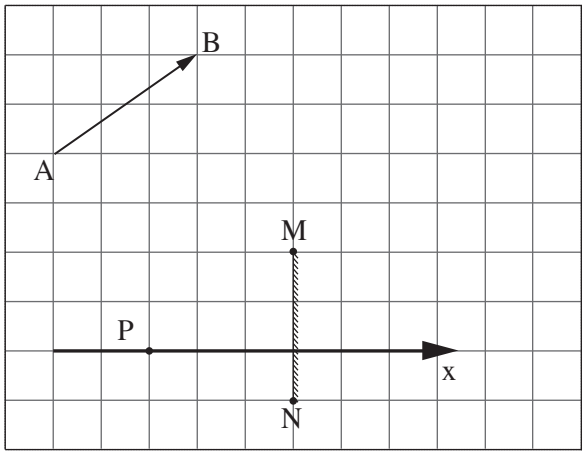
/המשך בעמוד 8/

פרק שני — אופטיקה וגלים (25 נקודות)

ענה על שתיים מן השאלות 6-8.

(לכל שאלה — $12\frac{1}{2}$ נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.)

6. בתרשים שלפניך מוצגים חתך של מראה מישורית MN , גוף AB שצורתו חץ ונקודה P שבה נמצאת עין של צופה.
אורך הצלע של כל משבצת בתרשים מייצגת אורך 20 ס"מ במציאות.



א. העתק את התרשים למחברתך. כל משבצת בתרשים תיוצג על ידי משבצת במחברתך. (נקודה אחת)

ב. הוסף לתרשים שבמחברתך:

(1) את הדמות A_1B_1 של הגוף AB הנוצרת על ידי המראה.

(2) את מהלך הקרן היוצאת מן הקצה A של הגוף, פוגעת במראה ומוחזרת ממנה לנקודה P (העין).
פרט את שיקוליך.

(5 נקודות)

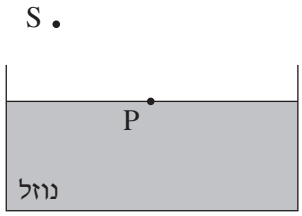
הצופה (העין) יכול לנוע לאורך ציר ה־ x המסומן בתרשים.

ג. קבע אם עליו להתרחק מן המראה או להתקרב אליה כדי לראות במראה חלק גדול יותר מן הדמות A_1B_1 .
(3 נקודות)

ד. היעזר בתרשים וקבע מהו המרחק המינימלי (בסנטימטרים) מן הנקודה P שהעין צריכה לעבור לאורך ציר ה־ x כדי לראות את הדמות A_1B_1 במלואה (שים לב לקנה המידה). ($3\frac{1}{2}$ נקודות)

/המשך בעמוד 9/

7. מקור אור נקודתי S נמצא באוויר $(n=1)$. קרן אור שנפלטת מן המקור מתקדמת באוויר, ופוגעת בנקודה P שעל פני נוזל שנמצא בכלי (ראה תרשים 1). חלק מן האור מוחזר וחלק נשבר. מקור האור S הוא היחיד בסביבה.



תרשים 1

א. העתק את התרשים למחברתך והוסף בו:

(1) את קרן האור הנפלטת מן המקור S ופוגעת בנוזל בנקודה P.

(2) את מהלך קרן האור המוחזרת מפני הנוזל בנקודה P.

(3) את מהלך קרן האור הנשברת בתוך הנוזל.

(נקודה אחת)

ב. סמן על גבי סרטוטך את זווית הפגיעה של קרן האור באות α, את זווית ההחזרה באות β, ואת זווית השבירה באות γ. (נקודה אחת)

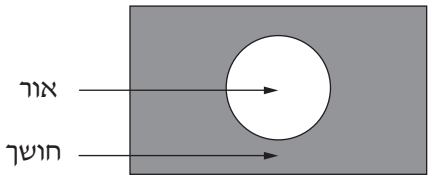
ג. קבע אם במקרה זה זווית ההחזרה β **גדולה** מזווית השבירה γ, **קטנה** ממנה או **שווה** לה. נמק את קביעתך.

(3 נקודות)

נתון: $\alpha = 51^o$, הזווית בין הקרן הנשברת לקרן המוחזרת היא 90^o.

ד. חשב את מקדם השבירה של הנוזל. (4 נקודות)

מניחים את מקור האור הנקודתי במרכז התחתית של הכלי שבו הנוזל. האור יוצא מן הנוזל לאוויר רק דרך חלק מפני הנוזל (ראה תרשים 2).

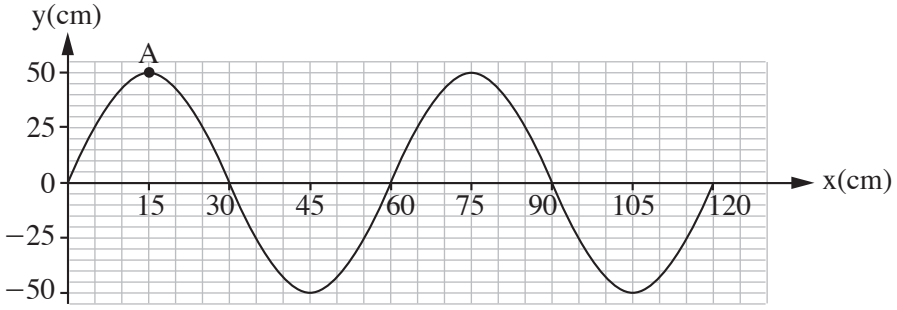


תרשים 2

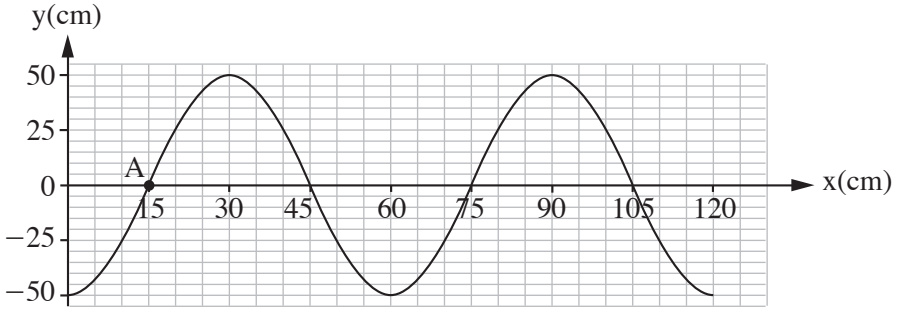
ה. הסתמך על חוקי השבירה והסבר תופעה זו. ($3\frac{1}{2}$ נקודות)

/המשך בעמוד 10/

8. בתרשים 1 שלפניך מוצג קטע חבל, ובו גל רוחב הנע ימינה. בתרשים 2 מוצג אותו קטע חבל, 0.3 שניות אחרי הרגע המתואר בתרשים 1. זמן המחזור של הגל גדול מ־ 0.3 שניות.



תרשים 1



תרשים 2

א. הסבר מהו ההבדל בין גל אורך לגל רוחב. (2 נקודות)

ב. קבע או חשב את:

(1) משרעת הגל (האמפליטודה).

(2) זמן המחזור של הגל.

(3) תדירות הגל.

(4 נקודות)

ג. חשב את מהירות ההתקדמות של הגל. (3 נקודות)

ד. סרטט במחברתך גרף מקורב המתאר את גובה הנקודה A כפונקציה של הזמן, בפרק הזמן שבין שני המצבים המתוארים בתרשים 1 ובתרשים 2. ($3\frac{1}{2}$ נקודות)

בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך

מדינת ישראל
משרד החינוך

סוג הבחינה: בגרות
מועד הבחינה: קיץ תשע"ז, 2017
מספר השאלון: 036201, 656
נספח: נוסחאות ונתונים בפיזיקה ל־5 יח"ל

פיזיקה
מכניקה, אופטיקה וגלים

לתלמידי 5 יחידות לימוד

הוראות לנבחן

א. <u>משך הבחינה</u>: שעתיים וחצי (150 דקות).

ב. <u>מבנה השאלון ומפתח ההערכה</u>: בשאלון זה שני פרקים.

פרק ראשון	— מכניקה	— 25×3	— 75	נקודות
פרק שני	— אופטיקה וגלים	— $12\frac{1}{2}\times2$	— 25	נקודות
		סה"כ	— 100	נקודות

ג. <u>חומר עזר מותר בשימוש</u>: (1) מחשבון.
(2) נספח נוסחאות ונתונים בפיזיקה המצורף לשאלון.

ד. <u>הוראות מיוחדות</u>:

(1) ענה על מספר שאלות כפי שהתבקשת. תשובות לשאלות נוספות לא ייבדקו (התשובות ייבדקו לפי סדר הופעתן במחברת הבחינה).

(2) בפתרון שאלות שנדרש בהן חישוב, רשום את הנוסחאות שאתה משתמש בהן.
כאשר אתה משתמש בסימן שאינו בדפי הנוסחאות, כתוב במילים את פירוש הסימן.
לפני שאתה מבצע פעולות חישוב, הצב את הערכים המתאימים בנוסחאות.
רשום את התוצאה שקיבלת ביחידות המתאימות. אי־רישום הנוסחה או אי־ביצוע ההצבה או אי־רישום יחידות עלולים להפחית נקודות מן הציון.

(3) כאשר אתה נדרש להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, רשום ביטוי מתמטי הכולל את נתוני השאלה או את חלקם; במידת הצורך אפשר להשתמש גם בקבועים בסיסיים, כגון תאוצת הנפילה החופשית g או קבוע הכבידה העולמי G.

(4) בחישוביך השתמש בערך $10\ m/s^2$ לתאוצת הנפילה החופשית.

(5) כתוב את תשובותיך בעט. כתיבה בעיפרון או מחיקה בטיפקס לא יאפשרו ערעור.
מותר להשתמש בעיפרון לסרטוטים בלבד.

כתוב <u>במחברת הבחינה בלבד</u>, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונך לכתוב <u>כטיוטה</u> (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).
רשום "טיוטה" בראש כל עמוד טיוטה. רישום טיוטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלול לגרום לפסילת הבחינה!

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

בהצלחה!

/המשך מעבר לדף/

השאלות

פרק ראשון — מכניקה (75 נקודות)

ענה על שלוש מן השאלות 1-5.

(לכל שאלה — 25 נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.)

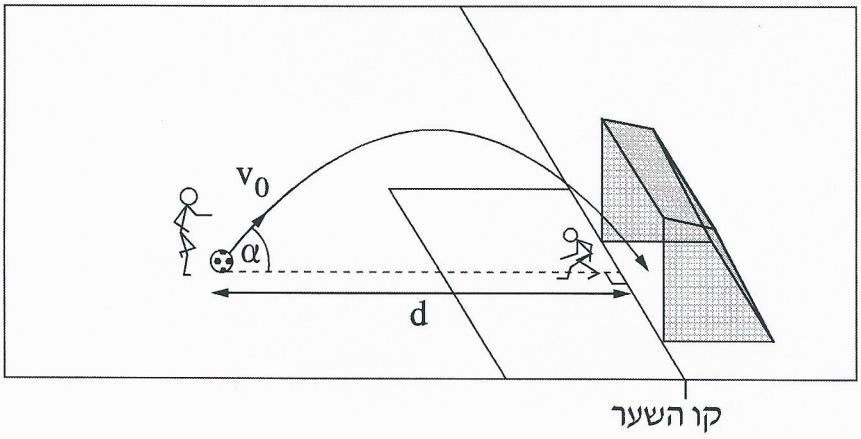
1. במשחק כדורגל נעמד שחקן כדי לבעוט בעיטת עונשין. כדי להטעות את השוער, השחקן התבונן על אחת מפינות השער, אולם בעט בכדור למרכז השער. שיטת בעיטה זו מכונה שיטת פנקה, על שמו של שחקן צ'כי. בעקבות בעיטה זו הכדור נע במסלול פרבולי במישור המאונך למגרש, וכך ההיטל של המסלול על המגרש ניצב לקו השער (ראה תרשים 1).

נסמן: d — מרחק הכדור מקו השער לפני שהוא נבעט

v_0 — גודל המהירות ההתחלתית של הכדור

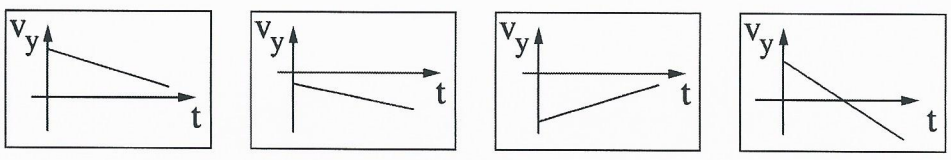
α — הזווית בין כיוון המהירות ההתחלתית לבין מישור המגרש

התנגדות האוויר זניחה.



תרשים 1

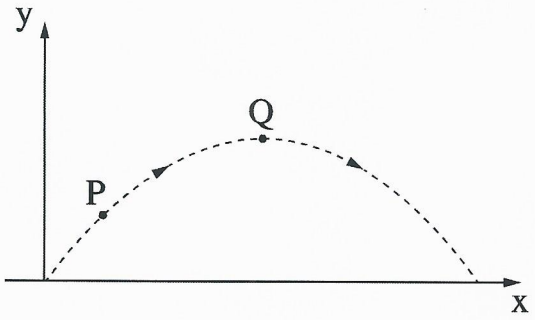
א. קבע איזה מבין ארבעת הגרפים 1-4 שלפניך מייצג נכון את הרכיב האנכי של מהירות הכדור במהלך תנועתו באוויר, כפונקציה של הזמן. נמק את קביעתך. (5 נקודות)



4 3 2 1

/המשך בעמוד 3/

ב. בתרשים 2 מוצג מסלולו של כדור שנכנס לשער. במסלול מסומנות נקודות P , Q .
נתון כי הנקודה Q גבוהה מן הנקודה P .



תרשים 2

(1) האם גודל <u>הרכיב האופקי</u> של מהירות הכדור בנקודה P קטן מגודל הרכיב האופקי של מהירותו בנקודה Q , גדול ממנו או שווה לו ? <u>הסבר את תשובתך</u>.

(2) האם <u>גודל התאוצה</u> של הכדור בנקודה P קטן מגודל התאוצה שלו בנקודה Q , גדול ממנו או שווה לו ? <u>הסבר את תשובתך</u>.

(8 נקודות)

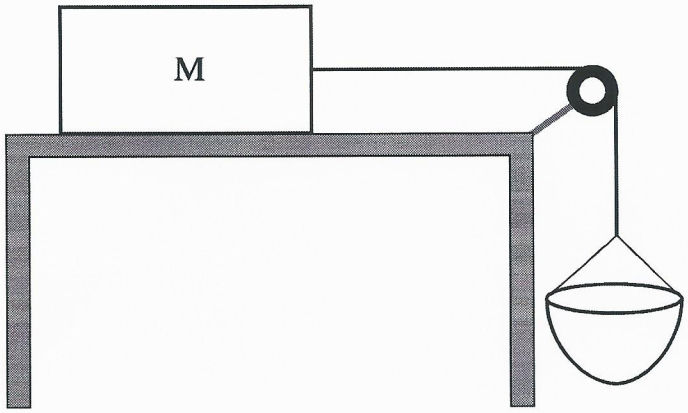
שחקן בעט בכדור בשיטת פנגקה ממרחק $d = 11m$ מקו השער.
הוא העניק לכדור מהירות שגודלה $v_0 = 11.5\frac{m}{s}$ בזווית $\alpha = 55^o$ מעל האופק.
נתון: גובה השער הוא $h = 2.44\ m$.

ג. הוכח שהכדור שנבעט נכנס בוודאות לתוך השער. הנח שלא הייתה הפרעה לתנועת הכדור (לדוגמה, מן השוער). התייחס אל הכדור כאל גוף נקודתי. (7 נקודות)

ד. שחקן אחר בעט בכדור מאותו מרחק ובאותה זווית, אבל העניק לכדור מהירות התחלתית גדולה מ־ v_0 . האם בבעיטה זו הכדור נכנס <u>בוודאות</u> לתוך השער ? <u>הסבר את תשובתך</u>.
אין צורך לחשב. (5 נקודות)

/המשך בעמוד 4/

2. תלמידים חקרו את כוח החיכוך באמצעות מערכת המורכבת מתיבה שמסתה M המונחת על משטח אופקי, גלגלת וסלסלה שאפשר להכניס לתוכה חול. התיבה קשורה אל הסלסלה בחבל העובר על פני הגלגלת (ראה תרשים 1).

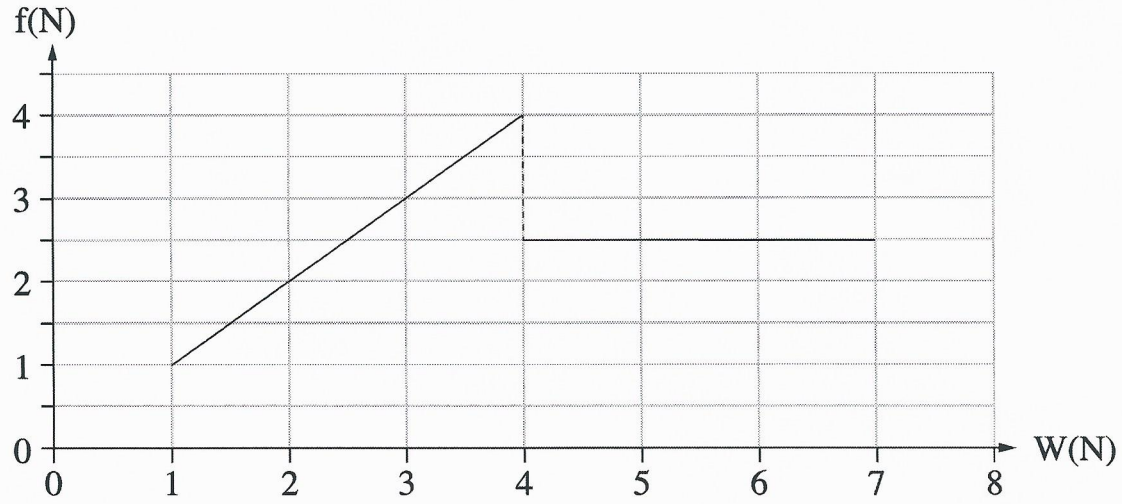


תרשים 1

החיכוך עם האוויר, מסת החבל ומסת הגלגלת זניחים.

בתחילת הניסוי המערכת נמצאה במנוחה. התלמידים הוסיפו בהדרגה וברציפות חול לתוך הסלסלה, וברגע מסוים המערכת התחילה לנוע.

בתרשים 2 מוצג גרף של גודל כוח החיכוך, f , שהפעיל המשטח האופקי על התיבה M כפונקציה של משקל הסלסלה והחול שבתוכה, W .



תרשים 2

/המשך בעמוד 5/

א. בלי להסתמך על תרשים 2, הסבר מדוע העקומה של הגרף חייבת לעבור בראשית הצירים. (3 נקודות)

נתון: $M = 0.8\ kg$

ב. חשב את מקדמי החיכוך (הסטטי והקינטי) בין התיבה M לבין המשטח. (7 נקודות)

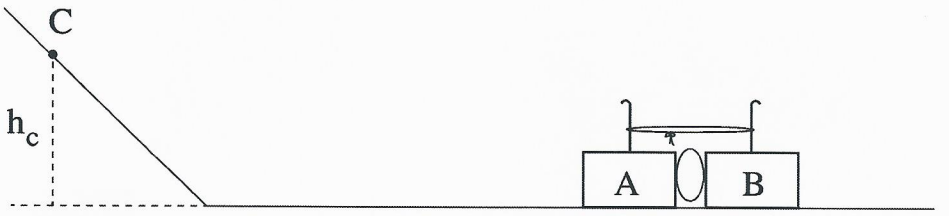
ג. חשב את הגודל של תאוצת המערכת כאשר $W = 6N$. (10 נקודות)

ד. כאשר המערכת עברה ממצב מנוחה למצב תנועה, האם המתיחות בחבל גָדלה, קָטנה או לא השתנתה? הסבר את תשובתך, **אין צורך לחשב.** (5 נקודות)

/המשך בעמוד 6/

3. שתי תיבות A ו־ B שמסותיהן $m_A = 300gr$ ו־ $m_B = 100gr$ נמצאות במנוחה על משטח אופקי חלק. בין התיבות לחוץ כדור גומי. בראשי התיבות מחוברים מוטות, וחוט הקשור לשני המוטות מוֹנֵע מן התיבות לנוע (ראה תרשים 1).

מסת הכדור זניחה.



תרשים 1

ברגע מסוים החוט נקרע. בעקבות זאת הכדור חזר לצורתו המקורית, ובתוך כדי כך הוא הדף את התיבות לכיוונים מנוגדים. לאחר ההדיפה נעו התיבות A ו־ B על פני המשטח האופקי במהירויות קבועות שהגדלים שלהן u_A ו־ u_B, והכדור נפל אנכית ארצה.

כמות האנרגייה שהשתחררה מן הכדור היא $2.4\,J$.

בסעיפים א-ב נדון במערכת שתי התיבות והכדור, בפרק הזמן שחלף מן הרגע שבו החוט נקרע עד לרגע שבו התיבות התנתקו מן הכדור.

א. קבע אם בפרק הזמן הזה נשמר התנע של המערכת. נמק את קביעתך. (4 נקודות)

ב. קבע אם בפרק הזמן הזה נשמרה האנרגייה המכנית הכוללת של המערכת. נמק את קביעתך. (4 נקודות)

ג. חשב את גודלי המהירויות u_A ו־ u_B. (7 נקודות)

בשלב מסוים של תנועתה הגיעה התיבה A למדרון משופע. התיבה עלתה עד הנקודה C שגובהה מעל למשטח האופקי $h_c = 0.1m$ (ראה תרשים 1), וירדה בחזרה.

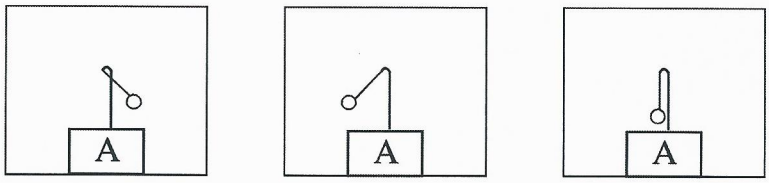
ד. הוכח שהמדרון אינו חלק. (6 נקודות)

/המשך בעמוד 7/

במהלך תנועתה של התיבה A על פני המשטח האופקי לאחר נפילת הכדור, תלו מטוטלת קטנה על המוט המחובר לתיבה זו. תליית המטוטלת נעשתה באופן שלא השפיע על תנועת התיבה.

ה. בתרשים 2 שלפניך מוצגים איורים I-III. קבע איזה מבין האיורים מתאר נכון את מצב המטוטלת במהלך התנועה של התיבה A על פני המשטח האופקי. הסבר את קביעתך.

(4 נקודות)



III II I

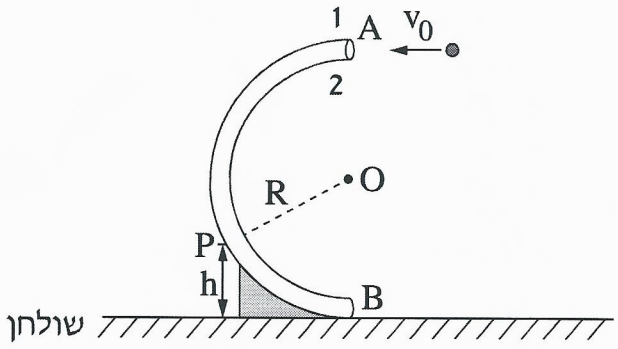
תרשים 2

/המשך בעמוד 8/

4. בתרשים שלפניך מוצג צינור דק הנמצא במישור אנכי הניצב לשולחן אופקי. צורת הצינור היא חצי מעגל, שמרכזו בנקודה O ורדיוסו $R = 80\ cm$.

כאשר זורקים כדור דרך הפתח הגבוה של הצינור בנקודה A, הכדור נע לאורך הצינור ויוצא דרך הפתח הנמוך בנקודה B (קוטר הכדור קטן רק מעט מקוטר הצינור).

כוחות החיכוך בין הכדור לצינור ניתנים להזנחה.



כדור שמסתו $m = 0.05kg$ נזרק בנקודה A לתוך הצינור במהירות התחלתית שגודלה $v_0 = 3.2\frac{m}{s}$ וכיוונה אופקי (ראה תרשים). הכדור נע בתוך הצינור ויצא ממנו בנקודה B.

א. חשב את גודלו של הכוח הצנטריפטלי שפעל על הכדור בנקודה A <u>בתחילת התנועה המעגלית</u>. (4 נקודות)

ב. **(1)** חשב את גודלו של הכוח שהצינור הפעיל על הכדור בחלפו בנקודה A.

(2) קבע איזה דופן של הצינור — 1 או 2 (ראה תרשים) — הפעיל כוח על הכדור בחלפו בנקודה A. <u>נמק את קביעתך</u>.

(6 נקודות)

במהלך תנועתו חלף הכדור בנקודה P, הנמצאת בגובה $h = 40\ cm$ מעל פני השולחן.

עבור <u>התנועה המעגלית</u> של הכדור בחלפו בנקודה P:

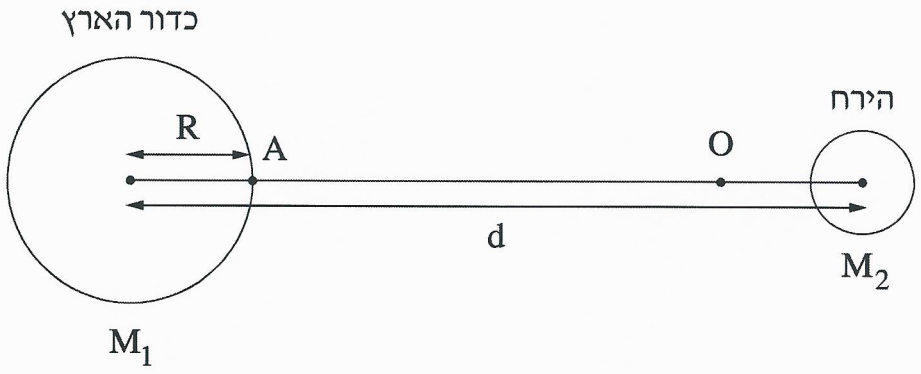
ג. חשב את גודל מהירות הכדור. (6 נקודות)

ד. חשב את גודל התאוצה הרדיאלית של הכדור. (4 נקודות)

ה. חשב את גודל התאוצה המשיקית של הכדור. (5 נקודות)

/המשך בעמוד 9/

5. שאלה זו עוסקת במערכת כדור הארץ והירח, אך מתעלמת מן התנועות שלהם ומן ההשפעות של גרמי שמים אחרים על מערכת זו. בתרשים שלפניך מוצגים חתכים של כדור הארץ ושל הירח. קנה המידה של התרשים אינו מדויק.



נסמן:

M_1 — מסת כדור הארץ, M_2 — מסת הירח, R — רדיוס כדור הארץ,

d — המרחק בין מרכז כדור הארץ לבין מרכז הירח

g — גודל תאוצת הנפילה החופשית על פני כדור הארץ

נתון: $M_2 = \frac{M_1}{81}$; $d = 60R$.

על הישר המחבר בין מרכז כדור הארץ לבין מרכז הירח נמצאת הנקודה O (ראה תרשים). בנקודה זו גוף שמוצב במנוחה — יישאר במנוחה.

א. בטא באמצעות R את מרחק הנקודה O ממרכז כדור הארץ. (8 נקודות)

משגרים חללית שמסתה m מן הנקודה A (ראה תרשים), שעל פני כדור הארץ, לירח.

ב. בטא באמצעות m, R ו־g את האנרגייה המינימלית E שיש להעניק לחללית כדי להביאה לנקודה O .

<u>שים לב</u>: עליך להתחשב בהשפעות של כדור הארץ ושל הירח על החללית. (12 נקודות)

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 10/

ב־21 בדצמבר 1968 שוגרה החללית אפולו 8, והצוות שנשאה היה הראשון שנע במסלול סביב הירח.

103 שנים לפני כן תיאר הסופר ז'ול ורן בספרו "מן הארץ אל הירח" מסע דומה לזה של אפולו 8. לשאלה "האם אפשר לשגר קליע עד הירח?", מוצגת בספרו של ז'ול ורן התשובה שלפניך (בתרגום חופשי).

"אפשר לשגר קליע עד הירח אם נותנים לו מהירות התחלתית שגודלה כ־ $v = 11 \frac{km}{s}$. מהירות זו מספיקה כדי שהקליע יגיע לנקודה שבה הכוחות שכדור הארץ והירח מפעילים על הקליע שווים בגודלם. מעבר לנקודה זו כדור הארץ כבר אינו מושך את הקליע אלא רק הירח, ולכן אם הקליע יעבור את הנקודה הזאת בדרכו לעבר הירח, הוא יצליח להגיע אליו".

ג. קבע אם כל התיאור הזה נכון. נמק את קביעתך. **אין צורך לחשב.** (5 נקודות)

/המשך בעמוד 11/

פרק שני — אופטיקה וגלים (25 נקודות)

ענה על שתיים מן השאלות 6-8.

(לכל שאלה — $12\frac{1}{2}$ נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.)

6. רמי ישב ליד בְּרֵכה ריקה. בתחתית הברכה הונח מטבע, אבל ממקום מושבו של רמי לא היה אפשר לראות את המטבע כשהברכה ריקה.

הִתחילו למלא את הברכה במים, וברגע מסוים ראה רמי את המטבע (רמי והמטבע לא זזו).

מקדם השבירה של המים הוא $n = 1.33$.

א. הגדר את תופעת השבירה של האור, וציין את סיבתה. ($3\frac{1}{2}$ נקודות)

ב. הסבר מדוע ראה רמי את המטבע רק לאחר שהברכה התמלאה חלקית במים.

לווה את תשובתך בסרטוט מהלך קרניים. (5 נקודות)

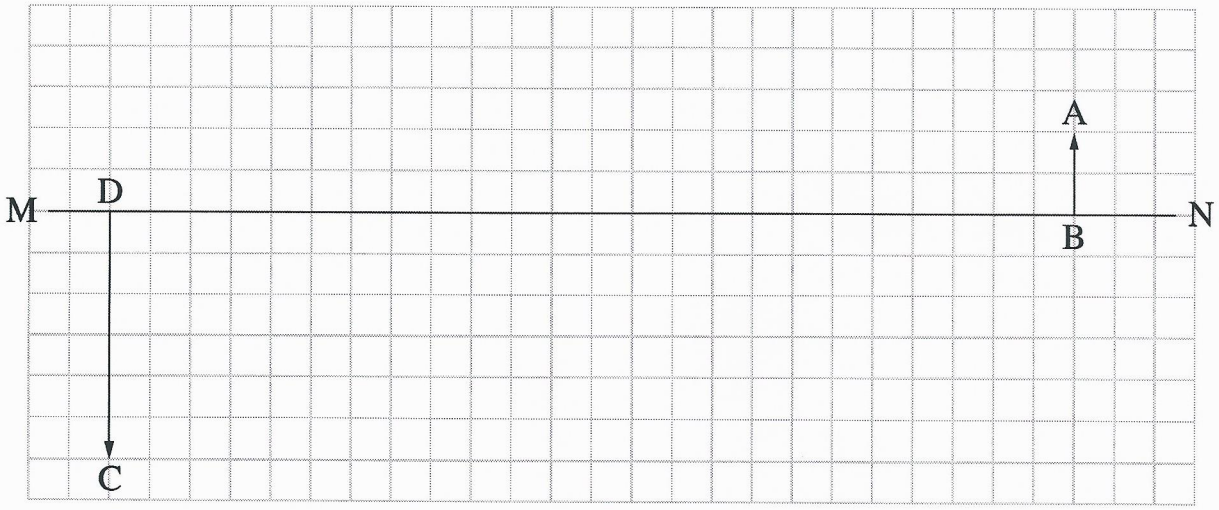
נתון: קרן היוצאת מן המטבע ומגיעה לעין של רמי עוברת בתוך המים מרחק $d = 0.61m$.

זווית השבירה של קרן זו היא $\beta = 13.6^o$.

ג. חשב את עומק המים. (4 נקודות)

/המשך בעמוד 12/

7. בתרשים שלפניך החִצים AB ו־ CD מייצגים עצם ואת דמותו המתקבלת על מסך. הדמות נוצרת באמצעות עדשה מרכזת שאינה מסומנת בתרשים. הקו MN מייצג את הציר האופטי של העדשה.



א. האם אפשר לקבוע, על סמך התרשים, איזה משני החצים מייצג את העצם, ואיזה מהם מייצג את דמותו? נמק. (2 נקודות)

ב. הסבר מדוע הדמות המתקבלת אינה יכולה להיות מדומה. (2 נקודות)

ג. **(1)** העתק את התרשים למחברתך: כל משבצת במחברתך תייצג משבצת אחת בתרשים.

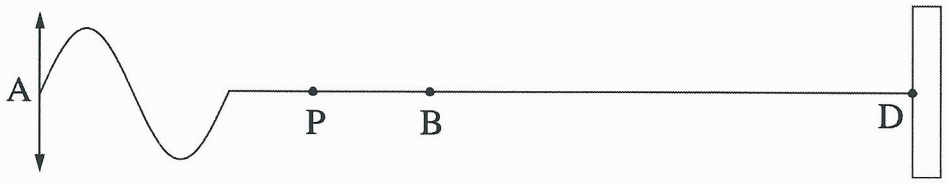
(2) מצא בעזרת סרטוט את מקום העדשה, וסרטט אותה במקום המתאים בתרשים שבמחברתך (קבע את קוטר העדשה כרצונך).

($4\frac{1}{2}$ נקודות)

ד. מצא בעזרת סרטוט מהלך קרניים את מוקדי העדשה, וסמן אותם בתרשים שבמחברתך. (4 נקודות)

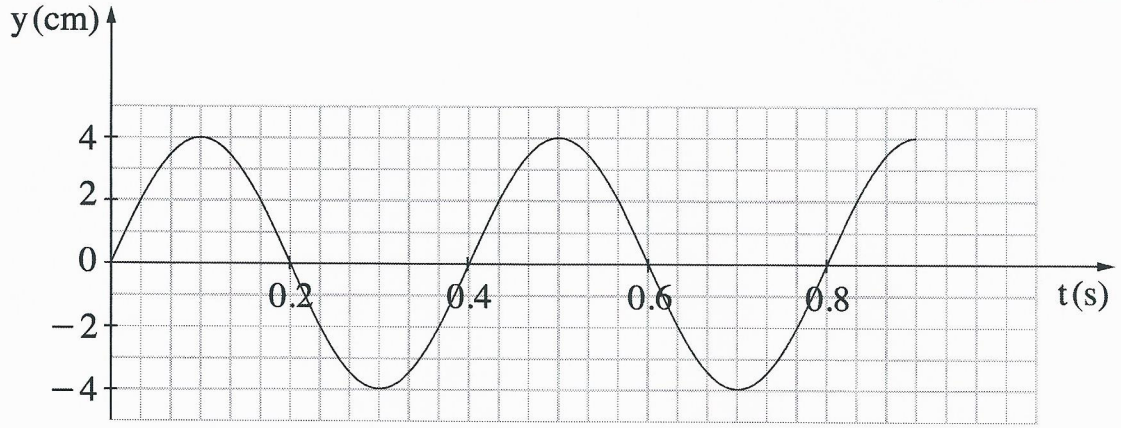
/המשך בעמוד 13/

8. תלמיד קשר קצה אחד של חבל אופקי ארוך, אחיד ואלסטי לנקודה קבועה D (ראה תרשים 1).
לאחר מכן נדנד התלמיד את קצהו האחר, A , של החבל בתנועה מחזורית מעלה ומטה.



תרשים 1

בתרשים 1 מסומנות על החבל שתי הנקודות B ו־ P .
תרשים 2 מתאר את מיקומה האנכי, y , של הנקודה B כפונקציה של הזמן, t , מרגע $t = 0$.
בפרק הזמן המתואר בתרשים, הגל עדיין לא הגיע לנקודה הקבועה D . אורך הגל שהתקבל היה 100 cm .



תרשים 2

א. חשב את התדירות שבה נדנד התלמיד את החבל. (2 נקודות)

ב. חשב את מהירות ההתפשטות של הגל בחבל. (2 נקודות)

ג. הנקודה P נמצאת על החבל במרחק 50 cm משמאל לנקודה B .
קבע מה היה המקום האנכי של הנקודה P ברגע $t = 0.5s$. הסבר את קביעתך.
($4\frac{1}{2}$ נקודות)

ד. התלמיד המשיך לנדנד את החבל, אך למרות זאת מרגע מסוים כבר לא התקבלו יותר תנודות בנקודה B , ומיקומה האנכי נשאר $y = 0$. הסבר כיצד הדבר ייתכן. (4 נקודות)

בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך

מדינת ישראל
משרד החינוך

סוג הבחינה: א. בגרות לבתי ספר על־יסודיים
ב. בגרות לנבחנים אקסטרניים
מועד הבחינה: קיץ תשע"ו, 2016
מספר השאלון: 656 ,036201
נספח: נוסחאות ונתונים בפיזיקה ל־5 יח"ל

פ י ז י ק ה
מכניקה, אופטיקה וגלים

לתלמידי 5 יחידות לימוד

הוראות לנבחן

א. <u>משך הבחינה</u>: שעתיים וחצי (150 דקות).

ב. <u>מבנה השאלון ומפתח ההערכה</u>: בשאלון זה שני פרקים.

פרק ראשון	— מכניקה	— 25×3	— 75	נקודות
פרק שני	— אופטיקה וגלים	— $12\frac{1}{2}\times2$	— 25	נקודות
		סה"כ	— 100	נקודות

ג. <u>חומר עזר מותר בשימוש</u>: (1) מחשבון.
(2) נספח נוסחאות ונתונים בפיזיקה המצורף לשאלון.

ד. <u>הוראות מיוחדות</u>:
(1) ענה על מספר שאלות כפי שהתבקשת. תשובות לשאלות נוספות לא ייבדקו (התשובות ייבדקו לפי סדר הופעתן במחברת הבחינה).
(2) בפתרון שאלות שנדרש בהן חישוב, רשום את הנוסחאות שאתה משתמש בהן.
כאשר אתה משתמש בסימן שאינו בדפי הנוסחאות, כתוב במילים את פירוש הסימן.
לפני שאתה מבצע פעולות חישוב, הצב את הערכים המתאימים בנוסחאות.
רשום את התוצאה שקיבלת ביחידות המתאימות. אי־רישום הנוסחה או אי־ביצוע ההצבה או אי־רישום יחידות עלולים להפחית נקודות מהציון.
(3) כאשר אתה נדרש להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, רשום ביטוי מתמטי הכולל את נתוני השאלה או את חלקם; במידת הצורך אפשר להשתמש גם בקבועים בסיסיים, כגון תאוצת הנפילה החופשית g או קבוע הכבידה העולמי G.
(4) בחישוביך השתמש בערך $10\ m/s^2$ לתאוצת הנפילה החופשית.
(5) כתוב את תשובותיך בעט. כתיבה בעיפרון או מחיקה בטיפקס לא יאפשרו ערעור.
מותר להשתמש בעיפרון לסרטוטים בלבד.

כתוב <u>במחברת הבחינה בלבד</u>, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונך לכתוב <u>כטיוטה</u> (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).
רשום "טיוטה" בראש כל עמוד טיוטה. רישום טיוטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלול לגרום לפסילת הבחינה!

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

ב ה צ ל ח ה !

/המשך מעבר לדף/

ה ש א ל ו ת

פרק ראשון — מכניקה (75 נקודות)

ענה על שלוש מן השאלות 1-5.

(לכל שאלה — 25 נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.)

1. שמעון והחתול שלו משחקים: שמעון הודף עכבר צעצוע על הרצפה. הצעצוע נע לאורך קו ישר מהנקודה A לכיוון הנקודה B (ראה תרשים). באותו רגע החתול מתחיל לרוץ מאותה הנקודה ולאותו כיוון. יש להזניח את התנגדות האוויר.

החתול האיץ ממנוחה בתאוצה קבועה של $1\frac{m}{s^2}$. לאחר 2 שניות הוא המשיך במהירות קבועה במשך 5 שניות נוספות, ובמהלך שנייה אחת נוספת הוא האט בקצב קבוע עד עצירתו בנקודה B.

א. סרטט במחברתך גרף של מהירות החתול כפונקציה של הזמן. (6 נקודות)

ב. חשב את המרחק של הנקודה B מהנקודה A. (4 נקודות)

לאחר ששמעון הִקנה לצעצוע מהירות התחלתית בנקודה A, הצעצוע הגיע לנקודה B שנייה וחצי **לפני** שהגיע לשם החתול. מקדם החיכוך μ בין הצעצוע לרצפה קבוע.

ג. חשב את המהירות ההתחלתית של הצעצוע. (4 נקודות)

ד. סרטט במחברתך את תרשים הכוחות הפועלים על הצעצוע, וחשב את μ. (6 נקודות)

בפעם אחרת חזר שמעון על המשחק והקנה לצעצוע את אותה המהירות התחלתית.

הפעם מקדם החיכוך μ' בין הצעצוע לרצפה גדול פי 2. $(\mu' = 2\mu)$.

ה. קבע באיזה מן הגדלים 1-4 שלפניך **לא** חל שינוי בתנועת הצעצוע. נמק את קביעתך.

1. התאוצה
2. הזמן עד העצירה
3. המרחק עד העצירה
4. המהירות הממוצעת

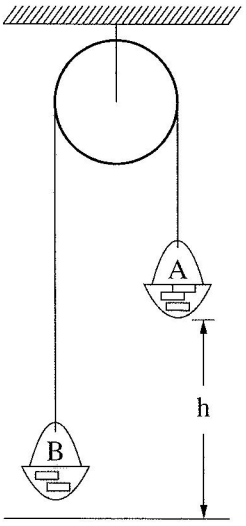
(5 נקודות)

/המשך בעמוד 3/

2. לפניך שני קטעים (קטע א וקטע ב) של דוח מעבדה שהגיש צוות תלמידים. עליך לקרוא כל אחד מן הקטעים ולענות על סעיפי השאלה שאחרי כל קטע.

-קטע א-

<u>נושא הניסוי:</u> יישום החוק השני של ניוטון



בתרשים מוצגת מערכת ("מכונת אטווד") המורכבת מגלגלת מקובעת לתקרה, ועליה כרוך חוט. בשני קצות החוט קשורים סלים A ו- B, ובתוכם מונחות משקולות. מסת הסל A עם המשקולות שבתוכו היא m_A, ומסת הסל B עם המשקולות שבתוכו היא m_B. הסל A (הכבד יותר) נמצא בגובה h מעל הרצפה (ראה תרשים). הסלים יכולים לנוע מעלה ומטה.

במערכת זו מסת החוט והגלגלת וכל כוחות החיכוך זניחים.

במהלך הניסוי משחררים את המערכת ממנוחה. באמצעות שעון עצר מודדים את זמן התנועה t של המערכת מרגע שחרורה ועד פגיעת הסל A ברצפה. על פי מדידת הגובה והזמן מחשבים את התאוצה a של הסל A.

<u>ניסוי 1</u>

<u>מטרת הניסוי:</u> לאמת את ההשערה שהסל A יורד בתאוצה קבועה.

<u>מהלך הניסוי:</u> שחררנו את הסל A כמה פעמים, בכל פעם מגובה אחר, בלי לשנות את מסות הסלים. אחר כך חישבנו את התאוצה a. התוצאות והחישובים של שלוש מדידות מוצגים בטבלה.

h (m)	t (s)	a ($\frac{m}{s^2}$)
0.5	1.01	0.98
1	1.40	1.02
1.5	1.72	1.01

א. הסבר בקצרה מדוע על פי חוקי ניוטון נכון להניח שהסל A יורד בתאוצה קבועה. בתשובתך על סעיף זה אין להתבסס על תוצאות המדידות. (4 נקודות)

ב. הראה כיצד חישבו התלמידים את התאוצה בניסוי זה. (3 נקודות)

ג. קבע אם הממצאים המוצגים בטבלה אכן מבססים את ההשערה שהסל A יורד בתאוצה קבועה. <u>נמק את קביעתך</u>. (3 נקודות)

(שים לב: המשך סעיפי השאלה בעמוד הבא)

/המשך בעמוד 4

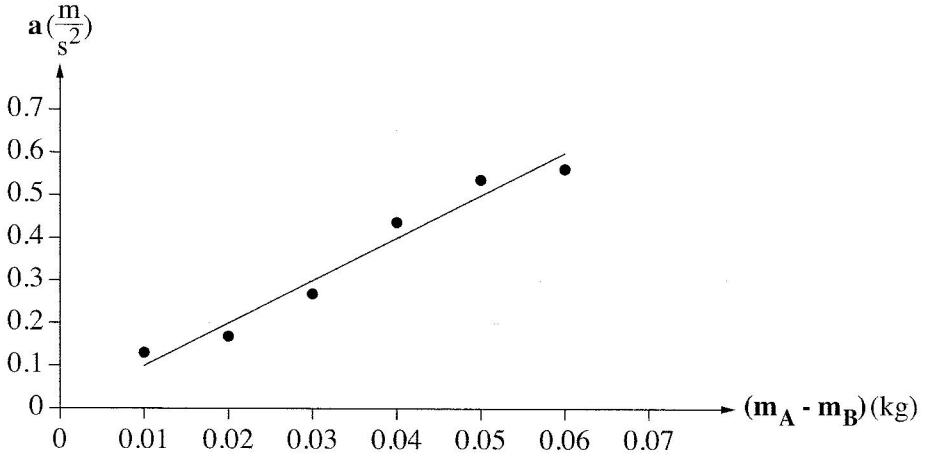
-קטע ב-

ניסוי 2

מטרת הניסוי: בדיקת התלות של התאוצה בהפרש המסות של הסלים, בעוד המסה הכוללת של המערכת נשארת קבועה.

מהלך הניסוי: חזרנו על מדידת זמן התנועה כמה פעמים, ובכל פעם העברנו משקולת מהסל B לסל A.

תוצאות המדידות וקו המגמה מוצגים להלן.



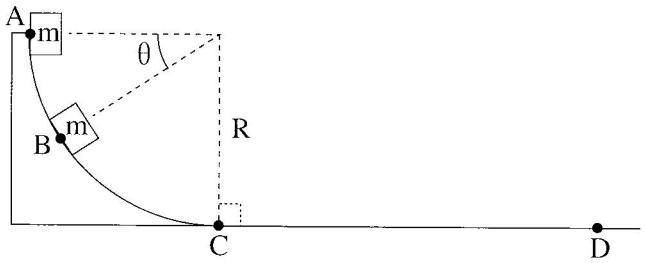
ד. סרטט במחברתך את תרשים הכוחות הפועלים על כל אחד מן הסלים. כתוב ליד כל כוח את שמו. (4 נקודות)

ה. התבסס על חוקי ניוטון, ופתח משוואה המקשרת בין התאוצה ובין הפרש המסות של הסלים. (6 נקודות)

ו. על פי הגרף שבקטע ב והמשוואה שפיתחת בסעיף ה, חשב את המסה הכוללת $(m_A + m_B)$ של הסלים במערכת. פרט את חישוביך. (5 נקודות)

/המשך בעמוד 5/

3. גוף שמסתו m משוחרר ממנוחה בנקודה A , והוא נע לאורך מסלול ABCD (ראה תרשים).
הקטע ABC חלק וצורתו רבע מעגל שרדיוסו R . הקטע CD הוא מישור מחוספס.
יש להזניח את התנגדות האוויר.



ענה על סעיפים א-ג באמצעות הפרמטרים θ , g , m , R (כולם או חלקם).

א. בטא את מהירותו של הגוף בנקודה B . (6 נקודות)

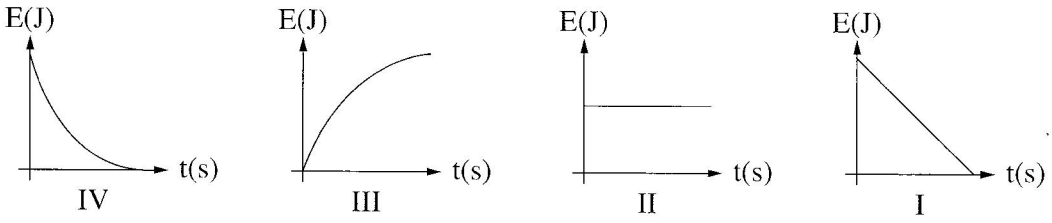
ב. בטא את התאוצה הרדיאלית של הגוף בנקודה B . (3 נקודות)

ג. בטא את התאוצה המשיקית של הגוף בנקודה B . (5 נקודות)

לאחר שהגוף עבר בנקודה C הוא נע בתאוצה קבועה עד שנעצר בנקודה D .
נתון: מרחק העצירה $CD = 2R$.

ד. השתמש בשיקולי אנרגיה וחשב את מקדם החיכוך בין הגוף למישור המחוספס.
(6 נקודות)

לפניך ארבעה גרפים המתארים אנרגיה מכנית כפונקציה של הזמן.



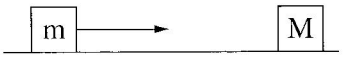
ה. **(1)** קבע איזה מן הגרפים IV-I מתאר נכון את האנרגיה המכנית של הגוף כפונקציה של הזמן, בקטע ABC .

(2) קבע איזה מן הגרפים IV-I מתאר נכון את האנרגיה המכנית של הגוף כפונקציה של הזמן, בקטע CD .

נמק <u>כל אחת</u> משתי הקביעות.
(5 נקודות)

/המשך בעמוד 6/

4. תיבה שמסתה $m = 0.5kg$ נעה על משטח אופקי חלק לכיוון תיבה שמסתה M שנמצאת במנוחה (ראה תרשים 1).

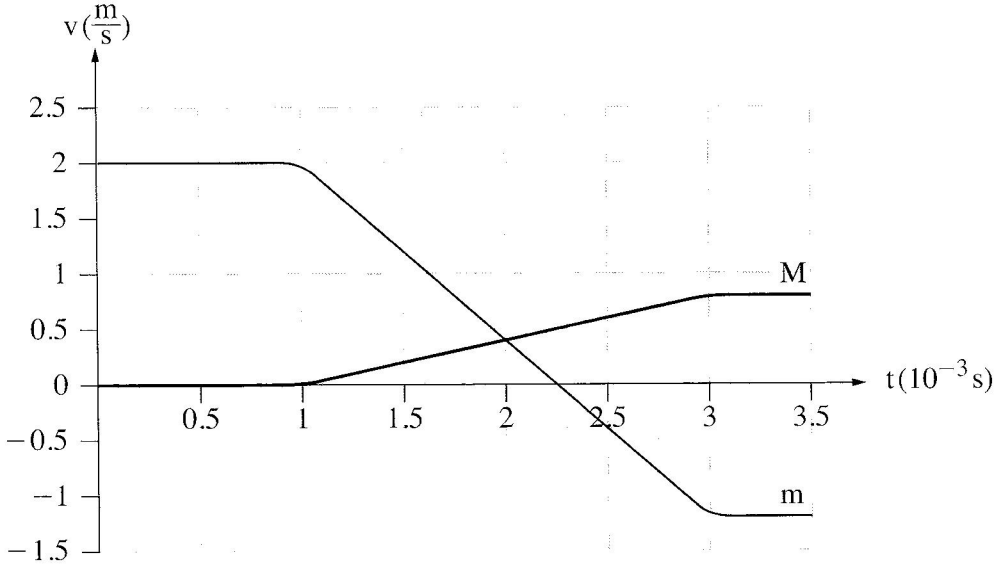


תרשים 1

שתי התיבות התנגשו התנגשות אלסטית (לחלוטין).

בגרף שלפניך מוצגות המהירויות של שתי התיבות כפונקציה של הזמן.

שים לב: הזמן בגרף נתון באלפיות שנייה.



תרשים 2

על פי הגרף ענה על הסעיפים האלה:

א. תאר במילים את תנועתה של התיבה m בפרק הזמן המתואר בגרף. (3 נקודות)

ב. חשב את מסת התיבה M. (5 נקודות)

ג. חשב את הכוח השקול הממוצע שפעל על התיבה M בזמן ההתנגשות. (5 נקודות)

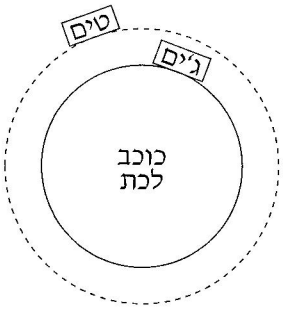
ד. בגרף אפשר לראות שבזמן ההתנגשות, השיפועים של שתי העקומות שונים זה מזה בגודל ובסימן. התבסס על חוקי ניוטון והסבר שוני זה. (5 נקודות)

ה. הוכח שההתנגשות הייתה אלסטית (לחלוטין). (4 נקודות)

ו. החליפו את התיבה שמסתה M בתיבה אחרת שמסתה M'. ההתנגשות בין התיבות נשארה התנגשות אלסטית (לחלוטין). חשב מה צריך להיות הערך המרבי של מסת התיבה M', כדי שתיבה m לא תשנה את כיוון תנועתה אחרי ההתנגשות. (3 נקודות)

/המשך בעמוד 7/

5. בתרחיש דמיוני, שני אסטרונאוטים טים וג'ים חקרו כוכב לכת שלא נע סביב צירו.
טים ישב על כיסא בתוך מעבורת שהקיפה את כוכב הלכת במסלול מעגלי במנוע כבוי.
ג'ים ישב על כיסא בתוך רכב חלל שעמד על פני כוכב הלכת (ראה תרשים).
לשני האסטרונאוטים מסה זהה $m = 100kg$.



א. קבע מיהו האסטרונאוט שהפעיל על כיסאו כוח גדול יותר: טים או ג'ים? נמק בלי חישוב.
(6 נקודות)

על הרצפה של רכב החלל שעמד על פני כוכב הלכת הותקן מד־משקל. כאשר ג'ים עמד עליו, הוריית המד־משקל הייתה $2000N$.
ג'ים התחיל בנסיעה לאורך מסלול מעגלי על קו המשווה של כוכב הלכת. הוא הבחין שככל שהגביר את מהירותו, כך קָטנה הוריית המד־משקל.

ב. הסבר מדוע קטנה הוריית המד־משקל. (3 נקודות)

נתון: כאשר הגיע רכב החלל למהירות של $v = 1.25 \cdot 10^4 \frac{m}{s}$, הייתה הוריית המד־משקל $980N$.

ג. חשב את הרדיוס של כוכב הלכת. (6 נקודות)

ד. חשב את מסתו של כוכב הלכת. (6 נקודות)

ה. תאוצת המעבורת שהקיפה את כוכב הלכת בתנועה מעגלית קצובה הייתה a.
נסמן ב־ g^* את תאוצת הכובד בגובה שבו סובבת המעבורת סביב כוכב הלכת.
קבע איזה מן ההיגדים 1-3 שלפניך נכון. נמק קביעתך.

1. $a > g^*$
2. $a = g^*$
3. $a < g^*$

(4 נקודות)

/המשך בעמוד 8/

פרק שני — אופטיקה וגלים (25 נקודות)

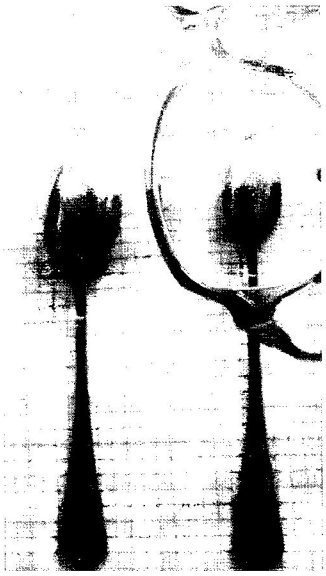
ענה על שתיים מן השאלות 6-8.

(לכל שאלה — $12\frac{1}{2}$ נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.)

6. תלמידה רצתה לבדוק את סוג העדשות במשקפיים של דודתה.

לשם כך הניחה התלמידה שתי כפיות זהות על השולחן, והניחה עדשה של המשקפיים מעל אחת הכפיות.

בתרשים שלפניך נראה תצלום הכפיות והמשקפיים שצילמה התלמידה.



א. בכל אחת מן האפשרויות (1)-(3) שלפניך, קבע מהו המאפיין הנכון של דמות הכפית הנראית מבעד לעדשה:

(1) ישרה או הפוכה.

(2) ממשית או מדומה.

(3) מוגדלת או מוקטנת.

(נקודה אחת)

ב. האם העדשה מרכזת או מפזרת? נמק את תשובתך. (2 נקודות)

/המשך בעמוד 9/

ג. מצא את דמות הכפית באמצעות סרטוט מדויק של מהלך שלוש קרניים.

נתון: רוחק מוקד העדשה $|f| = 12\ cm$, מרחק העצם מהעדשה $6\ cm$,

גובה העצם $3\ cm$.

בסרטוט השתמש בקנה מידה של 1 משבצת $= 1$ ס"מ.

(5 נקודות)

ד. חשב באמצעות נוסחאות את גובה הדמות ואת מרחקה מהעדשה.

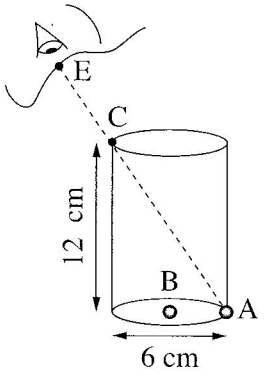
האם תוצאות החישוב מתאימות לאותם ערכים שהתקבלו בסרטוט?

($4\frac{1}{2}$ נקודות)

/המשך בעמוד 10/

7. בתרשים שלפניך מוצג כלי ריק שצורתו גליל. גובה הכלי 12 cm וקוטרו 6 cm .

בתחתית הכלי מונחים שני חרוזים קטנים מאוד: חרוז A צמוד לדופן הכלי וחרוז B במרכז התחתית של הכלי.



תלמיד הביט אל תוך הכלי בכיוון EC (הנקודה C נמצאת על שפת הכלי).

כאשר הכלי היה ריק התלמיד ראה את חרוז A בלבד.

מילאו את הכלי עד שפתו בנוזל שקוף. התלמיד הסתכל באותו כיוון וראה את חרוז B בלבד.

א. העתק את תרשים הכלי והעין למחברתך <u>בלי</u> הקו המקווקו.

הוסף לתרשים שבמחברתך קרן אור שמגיעה מחרוז B , עוברת בתוך הנוזל אל נקודה C ומגיעה לעין התלמיד.

סמן בתרשים שבמחברתך את זווית הפגיעה (α) ואת זווית השבירה (β) במעבר של קרן האור מהנוזל לאוויר.

(4 נקודות)

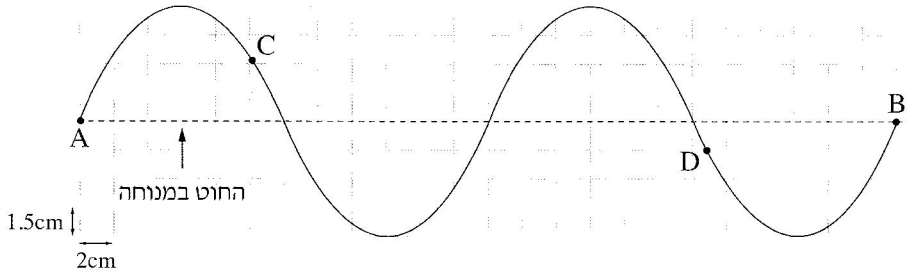
ב. חשב את מקדם השבירה של הנוזל. (4 נקודות)

ג. קבע אם חרוז B נראה לתלמיד בעומק האמִתי שהוא היה בו, גבוה יותר או נמוך יותר.

נמק את קביעתך באמצעות סרטוט תרשים נוסף של הכלי ומהלך הקרניים. ($4\frac{1}{2}$ נקודות)

/המשך בעמוד 11/

8. בתרשים שלפניך מוצג גל מחזורי שמתקדם לאורך חוט מתוח. הגל נוצר בקצה A ומתקדם במשך עשירית שנייה עד לקצה B הקשור לקיר. ממדי כל משבצת בתרשים $1.5\text{ cm} \times 2\text{ cm}$.



א. היעזר בתרשים ומצא את הגדלים האלה:

(1) משרעת (אמפליטודת) הגל

(2) תדירות הגל

(3) אורך הגל

(4) מהירות הגל

(4 נקודות)

ב. על החוט שבתרשים מסומנות שתי נקודות C ו־D. קבע את כיוון התנועה של כל אחת משתי הנקודות ברגע המתואר בתרשים (מעלה / מטה / ימינה / שמאלה).

(2 נקודות)

ג. מהו התנאי להיווצרות גל עומד? (2 נקודות)

ד. מה צריך להיות זמן המחזור של הגל, כדי שעל אותו החוט ייווצר גל עומד שיש לו שתי נקודות טבור (קמר)? ($4\frac{1}{2}$ נקודות)

בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך

מדינת ישראל
משרד החינוך

סוג הבחינה: א. בגרות לבתי ספר על־יסודיים
ב. בגרות לנבחנים אקסטרניים
מועד הבחינה: קיץ תשע"ה, 2015
מספר השאלון: 656 ,036201
נספח: נוסחאות ונתונים בפיזיקה ל־5 יח"ל

פ י ז י ק ה
מכניקה, אופטיקה וגלים

לתלמידי 5 יחידות לימוד

הוראות לנבחן

א. <u>משך הבחינה</u>: שעתיים וחצי (150 דקות).

ב. <u>מבנה השאלון ומפתח ההערכה</u>: בשאלון זה שני פרקים.

פרק ראשון	— מכניקה	— 25×3	— 75	נקודות
פרק שני	— אופטיקה וגלים	— $12\frac{1}{2}\times2$	— 25	נקודות
		סה"כ	— 100	נקודות

ג. <u>חומר עזר מותר בשימוש</u>: (1) מחשבון.
(2) נספח נוסחאות ונתונים בפיזיקה המצורף לשאלון.

ד. <u>הוראות מיוחדות</u>:

(1) ענה על מספר שאלות כפי שהתבקשת. תשובות לשאלות נוספות לא ייבדקו (התשובות ייבדקו לפי סדר הופעתן במחברת הבחינה).

(2) בפתרון שאלות שנדרש בהן חישוב, רשום את הנוסחאות שאתה משתמש בהן.
כאשר אתה משתמש בסימן שאינו בדפי הנוסחאות, כתוב במילים את פירוש הסימן.
לפני שאתה מבצע פעולות חישוב, הצב את הערכים המתאימים בנוסחאות.
רשום את התוצאה שקיבלת ביחידות המתאימות. אי־רישום הנוסחה או אי־ביצוע ההצבה או אי־רישום יחידות עלולים להפחית נקודות מהציון.

(3) כאשר אתה נדרש להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, רשום ביטוי מתמטי הכולל את נתוני השאלה או את חלקם; במידת הצורך אפשר להשתמש גם בקבועים בסיסיים, כגון תאוצת הנפילה החופשית g או קבוע הכבידה העולמי G.

(4) בחישוביך השתמש בערך $10\ \mathrm{m/s^2}$ לתאוצת הנפילה החופשית.

(5) כתוב את תשובותיך בעט. כתיבה בעיפרון או מחיקה בטיפקס לא יאפשרו ערעור.
מותר להשתמש בעיפרון לסרטוטים בלבד.

כתוב <u>במחברת הבחינה בלבד</u>, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונך לכתוב <u>כטיוטה</u> (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).
רשום "טיוטה" בראש כל עמוד טיוטה. רישום טיוטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלול לגרום לפסילת הבחינה!

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

ב ה צ ל ח ה !

/המשך מעבר לדף/

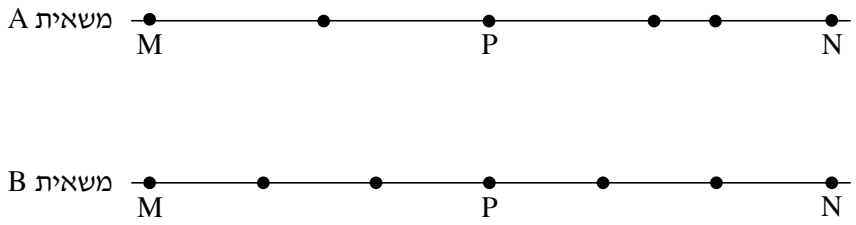
ה ש א ל ו ת

פרק ראשון — מכניקה (75 נקודות)

ענה על שלוש מהשאלות 1-5.

(לכל שאלה — 25 נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.)

1. שתי משאיות A ו־ B נכנסות באותו הזמן לשני מסלולים מקבילים זה לזה בקטע כביש ישר. בכל אחת מן המשאיות מותקן מכשיר המחשב בהפרשי זמן שווים את מיקומה (GPS). הנקודות בתרשים שלפניך מייצגות את מיקומי המשאיות A ו־ B, לאורך הקטע MN שאורכו 180 ק"מ. הנקודה P היא האמצע של קטע הנסיעה.



היעזר בתרשים וענה על הסעיפים א-ה שלפניך.

א. נתון כי זמן הנסיעה של משאית B מנקודה M לנקודה N היה 3 שעות.
חשב את מהירות הנסיעה הממוצעת של משאית זו בקטע MN .
בטא את תשובתך ביחידות של $\frac{\text{קילומטר}}{\text{שעה}}$ וגם $\frac{\text{מטר}}{\text{שנייה}}$. (5 נקודות)

ב. קבע אם מהירות הנסיעה הממוצעת של משאית A בקטע MN גדולה ממהירות הנסיעה הממוצעת של משאית B בקטע זה, קטנה ממנה או שווה לה. נמק בלי לחשב. (5 נקודות)

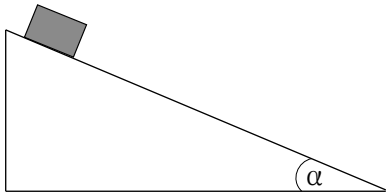
ג. חשב את מהירות הנסיעה הממוצעת של משאית A במחצית הראשונה של קטע הנסיעה (הקטע MP). (5 נקודות)

ד. חשב את מהירות הנסיעה הממוצעת של משאית A במחצית השנייה של קטע הנסיעה (הקטע PN) . (5 נקודות)

ה. קבע אם יש רגע שבו המהירות הרגעית של שתי המשאיות שווה. נמק. (5 נקודות)

/המשך בעמוד 3/

2. בניסוי בשיעור פיזיקה מדדו תלמידים את התאוצה של גוף הנע במורד מדרון שזווית שיפועו α (ראה איור).



התלמידים חזרו על המדידה כמה פעמים, ובכל פעם שינו את מקדם החיכוך בין הגוף למדרון.
הנח שמקדם החיכוך הסטטי שווה למקדם החיכוך הקינטי, והתנגדות האוויר זניחה.
תוצאות המדידות מוצגות בטבלה שלפניך.

μ	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
$a\left(\frac{m}{s^2}\right)$	2.5	2.0	1.6	1.1	0.6

א. העתק למחברתך את האיור, והוסף לו תרשים של הכוחות הפועלים על הגוף בעת תנועתו במורד המדרון. רשום ליד כל כוח את שמו. (3 נקודות)

ב. השתמש בתרשים הכוחות שסרטטת בתשובתך על סעיף א, ובטא את תאוצת הגוף (a) כפונקציה של מקדם החיכוך (μ). פרט את השלבים בפיתוח הביטוי. בביטוי הסופי השתמש בפרמטרים g ו־ α בלבד. (6 נקודות)

ג. על פי הנתונים שבטבלה, סרטט במחברתך גרף המתאר את תאוצת הגוף (a) כפונקציה של מקדם החיכוך (μ). (5 נקודות)

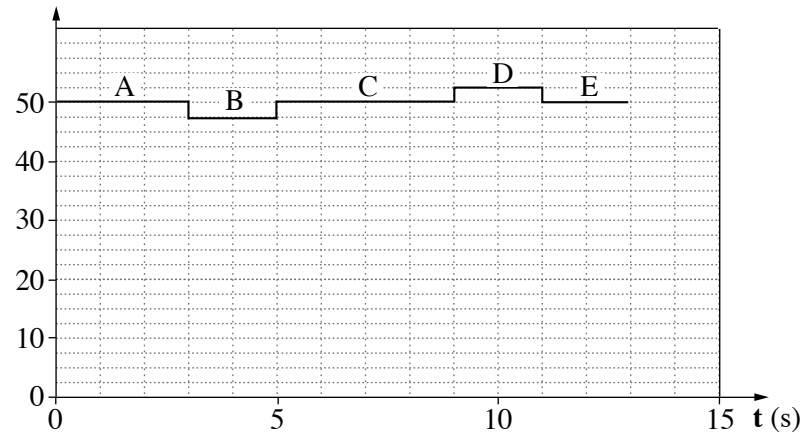
ד. הסבר את המשמעות הפיזיקלית של נקודות החיתוך של הגרף עם שני הצירים. (6 נקודות)

ה. חשב את זווית השיפוע (α) של המדרון. (5 נקודות)

/המשך בעמוד 4/

3. תמי, תלמידה במגמת פיזיקה, החליטה לחקור את השינויים החלים במהירות של מעלית בעת תנועתה. לצורך כך הוצבו במעלית מאזני רצפה ביתיים.
תמי נכנסה למעלית באחת מקומות הבניין, נעמדה על המאזניים ולחצה על לחצן קומה אחרת.
המעלית התחילה לנוע ונעצרה רק כשהגיעה לקומה האחרת.
הגרף שלפניך מתאר את הוריית המאזניים בפרק הזמן שתמי עמדה עליהם.

הוריית המאזניים (Kg)



א. לפניך רשומים שלושה כוחות (1)-(3) הפועלים על תמי במהלך תנועת המעלית.
קבע איזה מן הכוחות מיוצג על ידי הוריית המאזניים
(1) כוח הכובד המופעל על תמי על ידי כדור הארץ
(2) הכוח הנורמלי המופעל על תמי על ידי המאזניים
(3) הכוח השקול שפועל על תמי
(3 נקודות)

ב. קבע את מצב המעלית בכל אחד מן הקטעים $A\ ,B\ ,C\ ,D\ ,E$ של הגרף:
מנוחה, תנועה קצובה או תנועה במהירות משתנה. (5 נקודות)

ג. חשב את הגודל של תאוצת המעלית בכל אחד מן הקטעים. (6 נקודות)

ד. קבע אם במהלך נסיעה זו המעלית עלתה, ירדה או שאי־אפשר לקבוע זאת. הסבר.
(5 נקודות)

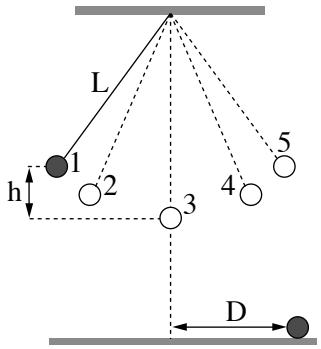
ה. סרטט במחברתך גרף המתאר את הגודל של מהירות המעלית כפונקציה של הזמן, עבור פרק הזמן $0 \le t \le 13s$. אינך נדרש לרשום את ערכי המהירות על ציר הגרף. (6 נקודות)

/המשך בעמוד 5/

4. מטוטלת פשוטה מורכבת מכדור קטן שמסתו m הקשור לתקרת חדר בחוט שאורכו L. מסת החוט זניחה.

בניסוי הסיטו תלמידים את הכדור מנקודת שיווי המשקל (נקודה 3 בתרשים) לנקודה 1 הנמצאת בגובה h מעל לנקודה 3 (ראה תרשים) ושחררו אותו.

יש להזניח את התנגדות האוויר.



במסלול תנועת הכדור מסומנות 5 נקודות (1-5).

א. קבע באיזו נקודה או באילו נקודות:

(1) גודל התאוצה המשיקית של הכדור מרבי.

(2) גודל המהירות המשיקית של הכדור מרבי.

(4 נקודות)

ב. כאשר הכדור חלף בנקודה הנמוכה ביותר של מסלולו (נקודה 3), האם המתיחות בחוט הייתה גדולה מכוח הכובד הפועל על הכדור, קטנה ממנו או שווה לו? <u>נמק</u>. (5 נקודות)

ג. פַּתח ביטוי של גודל הכוח השקול שפועל על הכדור בעודו חולף בנקודה הנמוכה ביותר של מסלולו. בטא את תשובתך באמצעות הפרמטרים: h , g , L , m. (6 נקודות)

התלמידים ערכו שני ניסויים נוספים במטוטלת דומה לזו המתוארת בפתיח לשאלה.

בניסוי 1 הסיטו את הכדור עד לנקודה 1 (גובה h מעל הנקודה 3) ושחררו אותו (אותו ניסוי שבפתיח).

בניסוי 2 הסיטו את הכדור עד לנקודה 2, הנמצאת בגובה $\frac{h}{2}$ מעל הנקודה 3, ושחררו אותו.

בשני הניסויים כשהכדור חלף בנקודה 3 הוא ניתק מן החוט והמשיך לנוע עד פגיעתו בקרקע.

את הזמן שחלף מרגע ניתוק הכדור מן החוט ועד שהגיע לקרקע נסמן ב־t_1 בניסוי 1, וב־t_2 בניסוי 2.

ד. האם זמן t_1 גדול מזמן t_2, קטן ממנו או שווה לו? נמק. (4 נקודות)

נסמן ב־D_1 וב־D_2 את המרחקים האופקיים שעבר הכדור בזמנים t_1 ו־t_2 בהתאמה.

ה. חשב את היחס בין המרחק D_1 למרחק D_2. (6 נקודות)

/המשך בעמוד 6/

5. בסרט "כוח משיכה" משנת 2013, האסטרונאוטים מנסים להגיע לתחנת החלל הבין־לאומית, לאחר שתיקנו לוויין הסמוך לתחנת החלל. הלוויין ותחנת החלל נעים סביב קו המשווה בגובה 400 קילומטרים מעל פני כדור הארץ.

הנח שמסלול התחנה הוא מסלול מעגלי, והכוח היחיד הפועל על התחנה הוא כוח המשיכה של כדור הארץ.

א. חשב את תאוצת התחנה בהיותה במסלול המתואר בפתיח לשאלה. (7 נקודות)

ב. לפניך ארבעה היגדים i-iv .

קבע איזה מן ההיגדים נכון, והעתק אותו למחברתך. (3 נקודות)

i תחנת החלל נעה במסלולה במהירות שגודלה קבוע.

ii תחנת החלל נעה במסלולה במהירות קבועה.

iii שקול הכוחות הפועלים על תחנת החלל הנעה במסלולה שווה לאפס.

iv תחנת החלל נעה במסלולה במהירות ובתאוצה קבועות.

ג. ידוע כי תאוצת הכובד בגובה המסלול של התחנה והלוויין היא בקירוב 90% מתאוצת הכובד על פני כדור הארץ.

כיצד אפשר להסביר את העובדה שהאסטרונאוטים שמתקנים את הלוויין נראים חסרי משקל (מרחפים)? (5 נקודות)

ד. ברגע מסוים עברה תחנת החלל במסלולה מעל נקודה כלשהי שנמצאת על קו המשווה.

כמה פעמים נוספות עברה תחנת החלל מעל נקודה זו ביממה (24 שעות)?

(אפשר להזניח את הסיבוב של כדור הארץ סביב עצמו.)

(6 נקודות)

ה. האם האנרגיה המכנית של התחנה נשמרת במהלך תנועתה במסלולה המעגלי סביב כדור הארץ? הסבר את קביעתך. (4 נקודות)

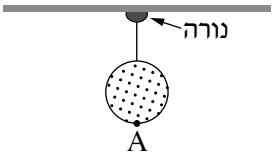
/המשך בעמוד 7/

פרק שני — אופטיקה וגלים (25 נקודות)

ענה על שתיים מהשאלות 6-8.

(לכל שאלה — $12\frac{1}{2}$ נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.)

6. כדור שקוטרו 40 ס"מ קשור בחוט דק אל נורה דולקת (מקור אור נקודתי) שקבועה בתקרת החדר (ראה תרשים א. שים לב: התרשים אינו בקנה מידה מדויק).



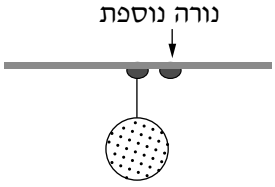
תרשים א

גובה התקרה 280 ס"מ מעל הרצפה. על הרצפה נוצרת צללית כהה של הכדור.
צורת הצללית עיגול וקוטרה 1 מטר.

א. העתק את תרשים א למחברתך וציין בו את מקום הנורה, הכדור והצל. (3 נקודות)

ב. חשב את הגובה של הנקודה הנמוכה ביותר על הכדור (נקודה A בתרשים א) מעל הרצפה. (5 נקודות)

מימין לנורה הראשונה וסמוך לה הדליקו נורה נוספת (ראה תרשים ב).

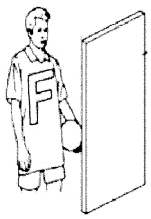


תרשים ב

ג. העתק את תרשים ב למחברתך. הסבר את ההיווצרות של אזורי צל מלא וצל חלקי באמצעות סרטוט של מהלך קרני אור מתאימות. קבע באיזה אזור (או באילו אזורים) נוצר צל מלא ובאיזה אזור (או באילו אזורים) נוצר צל חלקי. סמן את האזורים האלה בבירור בתרשים שבמחברתך. אין צורך לשמור על קנה מידה מדויק. ($4\frac{1}{2}$ נקודות)

/המשך בעמוד 8/

7. ילד הלובש חולצה שעליה מודפסת האות F עומד מול מראה מישורית התלויה על קיר (ראה איור).



א. מהי התופעה הפיזיקלית שגורמת להשתקפות הילד רק במראה ולא בקיר? (4 נקודות)

ב. המרחק של הילד מן המראה היה 1 מטר, והוא החל להתקרב אליה במהירות קבועה $v = 0.5\frac{m}{s}$.

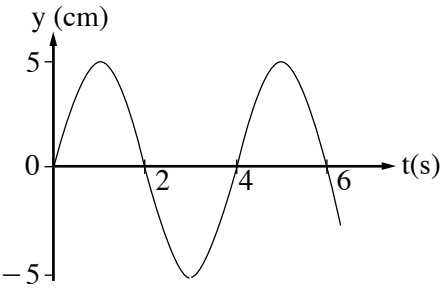
חשב בתוך כמה זמן יהיה המרחק בין הילד ובין דמותו 0.5 מטר. (4 נקודות)

ג. לפניך ארבע צורות I-IV של האות F. העתק למחברתך את המספר של צורת הדמות של האות F, כפי שהילד שמסתכל במראה רואה אותה. ($4\frac{1}{2}$ נקודות)

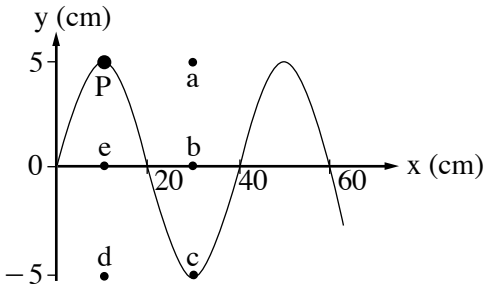
I II III IV

/המשך בעמוד 9/

8. שני התרשימים שלפניך מתארים גל מחזורי שמתקדם לאורך חבל מתוח.



תרשים א



תרשים ב

א. היעזר בתרשימים ומצא את הגדלים האלה:

(1) משרעת (אמפליטודת) הגל.

(2) תדירות הגל.

(3) אורך הגל.

(6 נקודות).

ב. חשב את המהירות של התקדמות הגל לאורך החבל המתוח. (2 נקודות)

ג. על החבל מסומנת נקודה בצבע שחור (נקודה P שבתרשים ב).

קבע באיזו נקודה (מן הנקודות a, b, c, d, e המסומנות בתרשים ב) תהיה נקודה P, כעבור 2 שניות מהרגע המתואר בתרשים. נמק. ($4\frac{1}{2}$ נקודות)

בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך

מדינת ישראל
משרד החינוך

סוג הבחינה: א. בגרות לבתי ספר על־יסודיים
ב. בגרות לנבחנים אקסטרניים
מועד הבחינה: קיץ תשע"ד, 2014
מספר השאלון: 656 ,036201
נספח: נוסחאות ונתונים בפיזיקה ל־5 יח"ל

פ י ז י ק ה
מכניקה, אופטיקה וגלים

לתלמידי 5 יחידות לימוד

הוראות לנבחן

א. <u>משך הבחינה</u>: שעתיים וחצי (150 דקות).

ב. <u>מבנה השאלון ומפתח ההערכה</u>: בשאלון זה שני פרקים.

פרק ראשון	— מכניקה	— 25×3	— 75	נקודות
פרק שני	— אופטיקה וגלים	— $12\frac{1}{2}\times2$	— 25	נקודות
		סה"כ	— 100	נקודות

ג. <u>חומר עזר מותר בשימוש</u>: (1) מחשבון.
(2) נספח נוסחאות ונתונים בפיזיקה המצורף לשאלון.

ד. <u>הוראות מיוחדות</u>:

(1) ענה על מספר שאלות כפי שהתבקשת. תשובות לשאלות נוספות לא ייבדקו (התשובות ייבדקו לפי סדר הופעתן במחברת הבחינה).

(2) בפתרון שאלות שנדרש בהן חישוב, רשום את הנוסחאות שאתה משתמש בהן.
כאשר אתה משתמש בסימן שאינו בדפי הנוסחאות, כתוב במילים את פירוש הסימן.
לפני שאתה מבצע פעולות חישוב, הצב את הערכים המתאימים בנוסחאות.
רשום את התוצאה שקיבלת ביחידות המתאימות. אי־רישום הנוסחה או אי־ביצוע ההצבה או אי־רישום יחידות עלולים להפחית נקודות מהציון.

(3) כאשר אתה נדרש להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, רשום ביטוי מתמטי הכולל את נתוני השאלה או את חלקם; במידת הצורך אפשר להשתמש גם בקבועים בסיסיים, כגון תאוצת הנפילה החופשית g או קבוע הכבידה העולמי G.

(4) בחישוביך השתמש בערך $10\ \mathrm{m/s^2}$ לתאוצת הנפילה החופשית.

(5) כתוב את תשובותיך בעט. כתיבה בעיפרון או מחיקה בטיפקס לא יאפשרו ערעור.
מותר להשתמש בעיפרון לסרטוטים בלבד.

כתוב <u>במחברת הבחינה בלבד</u>, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונך לכתוב <u>כטיוטה</u> (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).
רשום "טיוטה" בראש כל עמוד טיוטה. רישום טיוטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלול לגרום לפסילת הבחינה!

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

ב ה צ ל ח ה !

/המשך מעבר לדף/

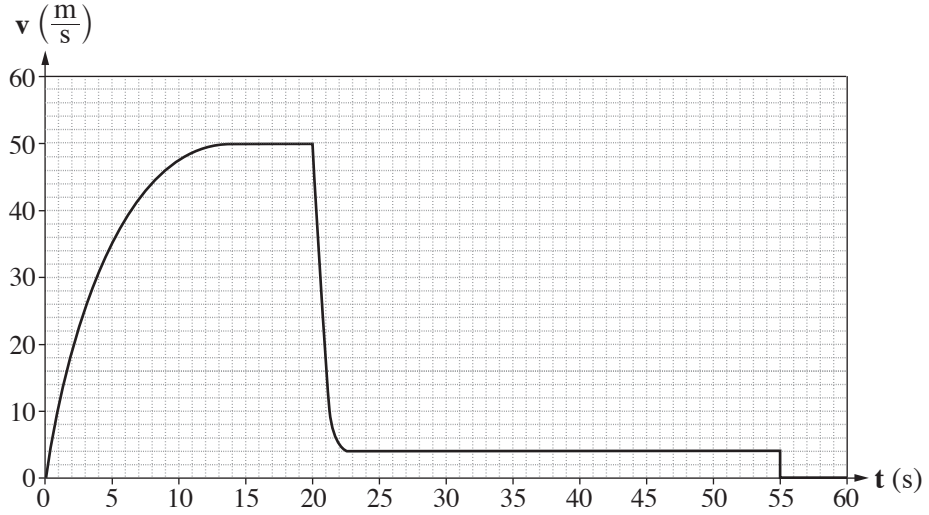
ה ש א ל ו ת

פרק ראשון — מכניקה (75 נקודות)

ענה על שלוש מהשאלות 1-5.

(לכל שאלה — 25 נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.)

1. צנחן קפץ ממטוס ברגע $t = 0$. בתוך כדי נפילתו הוא פתח את המצנח.
הצנחן והמצנח ייחשבו גוף אחד שייקרא: "הצנחן".
הגרף שלפניך מתאר את גודל הרכיב האנכי של מהירות הצנחן כפונקציה של הזמן.



א. תאר במילים את תנועת הצנחן בפרק הזמן $0 \le t < 20\ s$. בתשובתך התייחס לגודל הרכיב האנכי של מהירות הנפילה של הצנחן, ולגודל של תאוצתו. (6 נקודות)

ב. ציין את הסיבה לשינוי הפתאומי בגודל הרכיב האנכי של המהירות בפרק הזמן $20\ s < t < 22\ s$. (3 נקודות)

ג. הסבר איך היית מחשב בעזרת הגרף את המרחק האנכי שעבר הצנחן מרגע $t = 0$ עד הרגע שהמצנח נפתח (אין צורך לחשב מרחק זה). (3 נקודות)

ד. הראה מתוך הגרף שהגודל של תאוצת הנפילה החופשית בגובה שהצנחן קפץ ממנו הוא $g = 10\frac{m}{s^2}$ בקירוב. (5 נקודות)

על הצנחן פועלים בתוך כדי נפילתו שני כוחות: כוח הכובד והתנגדות האוויר.

ה. עבור כל אחד משני הכוחות קבע אם הוא גדל, קטן או נשאר קבוע בפרק הזמן $0 \le t < 20\ s$.
הסבר את קביעותיך. (5 נקודות)

ו. מסת הצנחן היא $m = 80\ kg$. בפרק הזמן $0 \le t < 55\ s$, קבע את הגודל המרבי (המקסימלי) של הכוח השקול שפעל על הצנחן, ואת גודלו המזערי (המינימלי) של כוח זה.
הסבר את קביעותיך. (3 נקודות)

/המשך בעמוד 3/

2. תפקיד המנוע במכונית הוא לסובב את גלגלי המכונית.

א. מכונית מתחילה בנסיעה. מהו הכוח החיצוני שפועל על המכונית בכיוון תנועתה, וגורם להגדלת מהירותה? ציין מה מפעיל את הכוח הזה. (4 נקודות)

ב. כאשר יש קרח על הכביש, המכונית אינה יכולה להגיע לתאוצה שהייתה מגיעה אליה אילו לא היה קרח על הכביש. הסבר מדוע. (4 נקודות)

ג. מכונית נוסעת במהירות שגודלה $90\frac{\text{km}}{\text{h}}$ ונבלמת. בזמן בלימתה גלגליה נעצרים, והמכונית מחליקה עד לעצירה מוחלטת.

(1) חשב את המרחק שתעבור המכונית מתחילת הבלימה ועד לעצירתה בשני מצבים:

— יש קרח על הכביש, ומקדם החיכוך הקינטי הוא $\mu_k = 0.1$.

— אין קרח על הכביש, ומקדם החיכוך הקינטי הוא $\mu_k = 0.8$.

(2) על סמך תשובותיך על תת־סעיף (1) הסבר מדוע סוגרים לתנועה כבישים שהצטבר עליהם קרח.

(8 נקודות)

ד. מכונית שמסתה $1{,}000\ \text{kg}$ נעה קדימה. ברגע מסוים הכוח הפועל על מכונית בכיוון תנועתה הוא $1{,}200\ \text{N}$, והשקול של כל כוחות החיכוך הפועלים על המכונית בכיוון המנוגד לכיוון תנועתה הוא $400\ \text{N}$.

חשב את תאוצת המכונית ברגע זה. (3 נקודות)

מלבד הכוח שכתבת בתשובתך על סעיף א, על מכונית נוסעת פועלת גם התנגדות אוויר. התנגדות האוויר גדֵלה ככל שמהירות המכונית גדלה.

ה. הכוח הפועל על מכונית בכיוון תנועתה מקנה לה תאוצה, וכך לכאורה מכונית יכולה להגיע לכל מהירות אם רק תאיץ די זמן. הסבר מדוע, בכל זאת, לכל מכונית יש מהירות **מרבית** (מקסימלית), והיא אינה יכולה לעבור מהירות זו בנסיעתה לאורך כביש אופקי. (6 נקודות)

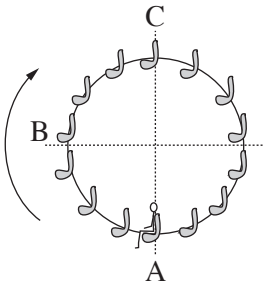
/המשך בעמוד 4/

3. לרגל חגיגות תחילת האלף השלישי נבנה בלונדון פארק שעשועים ובו גלגל־ענק שקוטרו 120 m, הנקרא "העין הלונדונית". גודל מהירות הסיבוב של הגלגל־ענק הוא קבוע, וסיבוב אחד שלו נמשך 20 דקות.

לפניך תצלום של הגלגל־ענק ותרשים המתאר את האירוע הנדון בשאלה.

(צילום: Crendo)

תצלום



תרשים

על אחד הכיסאות של הגלגל־ענק יושב ילד. מסת הכיסא עם הילד $M = 120\ kg$.

ראה במערכת "כיסא + הילד" גוף נקודתי, וענה על סעיפים א-ה.

א. האם בזמן שהגלגל מסתובב התאוצה של המערכת "כיסא + ילד" שווה ל־ 0 ? נמק.
(5 נקודות)

ב. **(1)** קבע מה הם הכוחות הפועלים על המערכת "כיסא + ילד" כאשר הגלגל מסתובב.

(2) העתק למחברתך את הטבלה שלפניך. הוסף לטבלה שורה עבור כל אחד מן הכוחות שכתבת בתת־סעיף (1), והשלם בה את הנתונים המתאימים לפי הכותרות.

שים לב: הגלגל־ענק מסתובב בכיוון השעון. הנקודות A , B ו־ C מסומנות בתרשים.

שם הכוח	**כיוון הכוח**		
	בנקודה A	בנקודה B	בנקודה C

(3) הוסף לטבלה שבמחברתך שורה עבור הכוח השקול, והשלם בה את הנתונים המתאימים.
(5 נקודות)

ברגע $t = 0$ המערכת "כיסא + ילד" נמצאת בנקודה B והיא נעה כלפי מעלה.

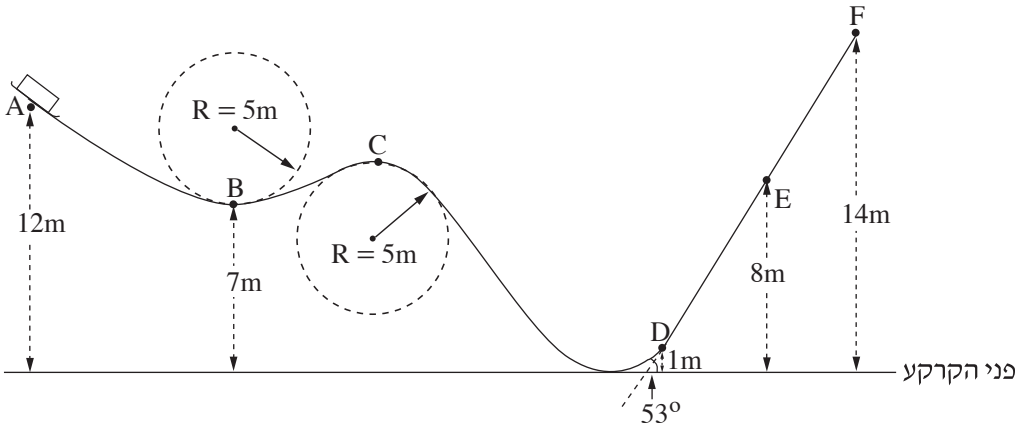
ג. סרטט במחברתך גרף מקורב של המקום האנכי של המערכת "כיסא + ילד" כפונקציה של הזמן, במשך סיבוב שלם אחד של הגלגל. (5 נקודות)

ד. חשב את שינוי האנרגיה המכנית של מערכת "כיסא + ילד" (ביחס לכדור הארץ), בפרק הזמן $0 < t < 0.375T$. T הוא זמן המחזור של סיבוב הגלגל־ענק.
(5 נקודות)

ה. קבע אם העבודה הכוללת הנעשית על המערכת "כיסא + ילד" בפרק הזמן המצוין בסעיף ד היא חיובית, שלילית או שווה לאפס. נמק את קביעתך. (5 נקודות)

/המשך בעמוד 5/

4. מסלול החלקה, הבנוי מקטעים ישרים ומקשתות של מעגלים ברדיוס 5m , מכוסה שלג, לכן הוא נחשב חסר חיכוך. על המסלול, בנקודה A , נמצאת מזחלת שמסתה 35 kg (ראה תרשים). גיל, שמסתו 65 kg , התיישב במזחלת כשהיא במנוחה.



א. המזחלת שוחררה ממנוחה והיא נעה לאורך המסילה בלי להתנתק ממנה. חשב את גודל מהירותה בנקודה B . (4 נקודות)

ב. האם תשובתך לסעיף א הייתה משתנה אילו נער אחר, שמסתו שונה מזו של גיל, היה מתיישב במזחלת? נמק. (4 נקודות)

במזחלת מותקנים מאזני קפיץ, שהמשטח העליון שלהם מקביל למסלול בזמן התנועה. גיל יושב על המאזניים, רגליו באוויר והן אינן נשענות על המזחלת.

ג. מה צריך להיות הגובה של נקודה C מעל פני הקרקע, כדי שגיל יהיה חסר משקל כאשר הוא חולף בנקודה זו? פרט את חישוביך. (6 נקודות)

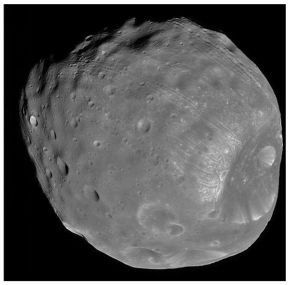
ד. חשב מה מורים המאזניים (ביחידות ניוטון) כאשר המזחלת חולפת בנקודה E . (6 נקודות)

ביום חם פחתה כמות השלג לאורך הקטע DF , ובקטע זה היה חיכוך בין המסלול למזחלת. בעקבות החיכוך המזחלת נעצרה (רגעית) בנקודה E .

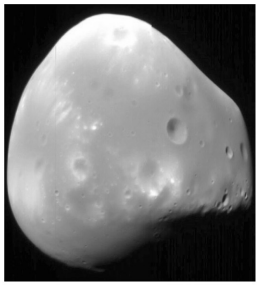
ה. חשב את הגודל של כוח החיכוך שפעל על המזחלת בקטע DE . (5 נקודות)

/המשך בעמוד 6/

5. בשנת 1877 התגלו שני ירחים המקיפים את כוכב הלכת מאדים: פובוס (Phobos) ודימוס (Deimos).



פובוס (NASA)



דימוס

זמן המחזור של פובוס בתנועתו סביב מאדים, T_P, הוא 0.3189 יממות ארציות, ורדיוס מסלולו הוא $r_P = 9.377 \cdot 10^6 \text{m}$.

זמן המחזור של דימוס סביב מאדים, T_D, הוא 1.262 יממות ארציות.

א. **(1)** חשב את רדיוס המסלול של דימוס (אפשר להזניח את השפעת הירחים זה על זה).

(2) נתון: זמן מחזור הירח של כדור הארץ בתנועתו סביב כדור הארץ, T_m, הוא 27.3 יממות.

האם על פי נתון זה, הנתונים שבפתיח וחוקי קפלר בלבד, אפשר לחשב את רדיוס המסלול של הירח בתנועתו סביב כדור הארץ? אם כן — חשב אותו; אם לא — הסבר מדוע אי אפשר לחשב.

(8 נקודות)

הנח שצורתו של כוכב הלכת מאדים היא כדורית וצפיפותו אחידה.

ב. חשב את מסת כוכב הלכת מאדים, על פי נתוני השאלה בלבד. <u>פרט את חישוביך</u>.

(6 נקודות)

חללית קטנה שמסתה 53 kg נשלחה לחקור את מאדים, וריחפה ללא נוע בגובה 20 m מעל נקודה מסוימת על פני מאדים. הנח שכוכב הלכת מאדים אינו מסתובב סביב צירו.

מטאוראיד שמסתו 1.3 kg נע במהירות קבועה שגודלה $12.5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ וכיוונה מקביל לקרקע המאדים, פגע בחללית וחדר לתוכה.

לאחר ההתנגשות שני הגופים האלה נעו כגוף אחד (נכנה אותו "גוף מורכב") ופגעו בקרקע המאדים.

הרדיוס של כוכב הלכת מאדים הוא $R = 3.4 \cdot 10^6 \text{m}$.

ג. חשב את גודל המהירות של הגוף המורכב מיד אחרי ההתנגשות. (4 נקודות)

ד. כמה זמן אחרי ההתנגשות פגע הגוף המורכב בקרקע המאדים? (7 נקודות)

/המשך בעמוד 7/

פרק שני — אופטיקה וגלים (25 נקודות)

ענה על שתיים מהשאלות 6-8.

(לכל שאלה — $12\frac{1}{2}$ נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.)

6. יאיר ישב במכונית ורצה לעיין במפה שבידיו (זה היה לפני עידן ה־ G.P.S).

בחוץ שרר חושך, ולכן יאיר הדליק נורה בתוך המכונית.

א. כדי שיראה היטב את המפה, האם על יאיר לכוון את אלומת האור מן הנורה לעבר עיניו או לעבר המפה? נמק. (3 נקודות)

לאחר שיאיר הדליק את הנורה הוא התבונן בשמשת החלון של מכוניתו. הוא לא ראה את הסביבה שבחוץ, אלא את דמותו המשתקפת בשמשת החלון.

ב. הסבר באמצעות תרשים כיצד נוצרת הדמות המשתקפת בשמשת החלון. ($3\frac{1}{2}$ נקודות)

יאיר מאס בפקקי התנועה שבכבישים, והחליט לנסוע ברכבת. בתוך קרון הרכבת דלק אור, ומחוץ לרכבת שרר חושך. יאיר הבחין בשתי דמויות שלו המשתקפות בחלון הרכבת.

חלון הרכבת מורכב משני לוחות זכוכית מקבילים וביניהם מרווח שבו שכבת אוויר.

אפשר להזניח את העובי של לוחות הזכוכית.

ג. מדוע ברכבת הבחין יאיר בשתי דמויות, ולא בדמות אחת, כפי שראה במכוניתו? פרט את תשובתך. (3 נקודות)

ד. באותם תנאי תאורה הכניסו נייר שחור למרווח שבין שני לוחות הזכוכית. הנייר אוטם את כל המרווח. כמה דמויות השתקפו בחלון? נמק.

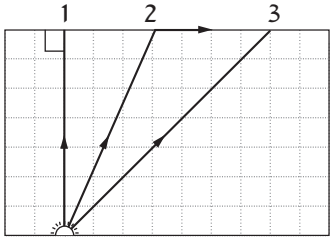
(3 נקודות)

/המשך בעמוד 8/

7. מקור אור נקודתי נמצא בתוך מנסרה מלבנית (תיבה) העשויה מחומר שקוף. המנסרה נמצאת באוויר.

בתרשים 1 מוצג חתך של המנסרה המקביל לשתיים מדופנות המנסרה, וכן מוצג בו מהלכן של שלוש קרניים 1, 2, 3 , שמקורן במקור האור.

זווית השבירה של קרן 2 היא 90^o בקירוב.



תרשים 1

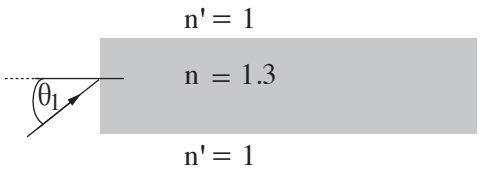
א. העתק את תרשים 1 למחברתך, והשלם בו במדויק את המשך המהלך של קרן 1 ושל קרן 3.

הסבר את שיקוליך ($5\frac{1}{2}$ נקודות)

ב. על פי התרשים, חשב את הזווית הגבולית (קריטית) למעבר אור מן החומר השקוף לאוויר.

(3 נקודות)

אפשר להעביר מידע למרחקים גדולים באמצעות סיבים אופטיים שאור מתפשט דרכם כמעט בלי הפסדי אנרגיה. בתרשים 2 מתואר חתך של סיב אופטי העשוי מחומר שקוף שמקדם השבירה שלו $n = 1.3$, וקרן אור נכנסת לתוכו מן האוויר בזווית פגיעה θ_1 .



תרשים 2

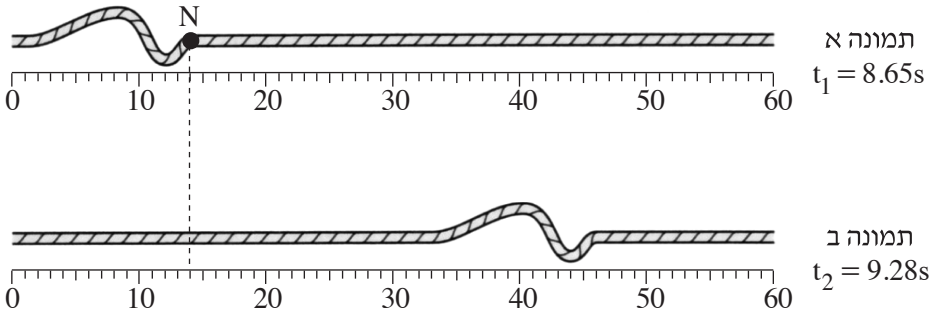
ג. כאשר האור נכנס לסיב מהצד (כמתואר בתרשים 2), זווית הפגיעה θ_1 צריכה להיות קטנה מ־ 57^o כדי למנוע דליפת (יציאת) אור מהסיב לאוויר. הסבר מדוע.

בתשובתך היעזר בתרשים.

(4 נקודות)

/המשך בעמוד 9/

8. בתרשים 1 מוצגות שתי תמונות של חבל, שלאורכו מתקדמת הפרעה (פולס).
בתמונה א מוצגת ההפרעה ברגע $t_1 = 8.65s$, ובתמונה ב מוצגת ההפרעה ברגע $t_2 = 9.28s$.
מתחת לכל תמונה מוצג סרגל המכויל בסנטימטרים.

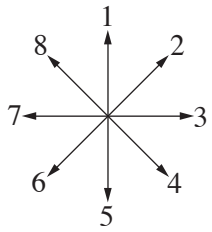


תרשים 1

א. **(1)** מהו כיוון ההתקדמות של ההפרעה (ימינה, שמאלה, מעלה או מטה)?
(2) מהו סוג ההפרעה (אורכית, רוחבית או אחרת)? נמק.
(4 נקודות)

ב. היעזר בתרשים 1 וחשב את מהירות ההתקדמות של ההפרעה. ($2\frac{1}{2}$ נקודות)

ג. N היא נקודה על החבל. קבע איזה מבין החִצים המסומנים בתרשים 2 מתאר נכון את כיוון התנועה של הנקודה N , רגע לאחר t_1 . (2 נקודות)



תרשים 2

ד. קצה החבל <u>קשור בנקודה קבועה</u> למוט אנכי שאינו נראה בתמונות.
ההפרעה מתקדמת לאורך החבל לעבר קצהו הקשור, והיא חוזרת לכיוון שהגיעה ממנו.
כאשר ההפרעה חוזרת היא מתהפכת בכיוון מעלה-מטה.
סרטט במחברתך תרשים מקורב של ההפרעה המוחזרת. (2 נקודות)

ה. במקרה אחר קצה החבל קשור לטבעת החופשייה לנוע מעלה-מטה לאורך המוט האנכי.
סרטט במחברתך תרשים מקורב של ההפרעה המוחזרת במקרה זה. (2 נקודות)

בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך

מדינת ישראל
משרד החינוך

סוג הבחינה: א. בגרות לבתי ספר על־יסודיים
ב. בגרות לנבחנים אקסטרניים
מועד הבחינה: קיץ תשע"ג, 2013
מספר השאלון: 036201, 656
נספח: נוסחאות ונתונים בפיזיקה ל־5 יח"ל

פ י ז י ק ה
מכניקה, אופטיקה וגלים

לתלמידי 5 יחידות לימוד

הוראות לנבחן

א. <u>משך הבחינה</u>: שעתיים וחצי (150 דקות).

ב. <u>מבנה השאלון ומפתח ההערכה</u>: בשאלון זה שני פרקים.

פרק ראשון	— מכניקה	— 25×3	— 75	נקודות
פרק שני	— אופטיקה וגלים	— $12\frac{1}{2}\times2$	— 25	נקודות
		סה"כ	— 100	נקודות

ג. <u>חומר עזר מותר בשימוש</u>: (1) מחשבון.
(2) נספח נוסחאות ונתונים בפיזיקה המצורף לשאלון.

ד. <u>הוראות מיוחדות</u>:
(1) ענה על מספר שאלות כפי שהתבקשת. תשובות לשאלות נוספות לא ייבדקו (התשובות ייבדקו לפי סדר הופעתן במחברת הבחינה).
(2) בפתרון שאלות שנדרש בהן חישוב, רשום את הנוסחאות שאתה משתמש בהן. כאשר אתה משתמש בסימן שאינו בדפי הנוסחאות, כתוב במילים את פירוש הסימן. לפני שאתה מבצע פעולות חישוב, הצב את הערכים המתאימים בנוסחאות. רשום את התוצאה שקיבלת ביחידות המתאימות. אי־רישום הנוסחה או אי־ביצוע ההצבה או אי־רישום יחידות עלולים להפחית נקודות מהציון.
(3) כאשר אתה נדרש להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, רשום ביטוי מתמטי הכולל את נתוני השאלה או את חלקם; במידת הצורך אפשר להשתמש גם בקבועים בסיסיים, כגון תאוצת הנפילה החופשית g או קבוע הכבידה העולמי G.
(4) בחישוביך השתמש בערך $10\ \mathrm{m/s^2}$ לתאוצת הנפילה החופשית.
(5) כתוב את תשובותיך בעט. כתיבה בעיפרון או מחיקה בטיפקס לא יאפשרו ערעור. מותר להשתמש בעיפרון לסרטוטים בלבד.

כתוב <u>במחברת הבחינה בלבד</u>, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונך לכתוב <u>כטיוטה</u> (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).
רשום "טיוטה" בראש כל עמוד טיוטה. רישום טיוטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלול לגרום לפסילת הבחינה!

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

ב ה צ ל ח ה !

/המשך מעבר לדף/

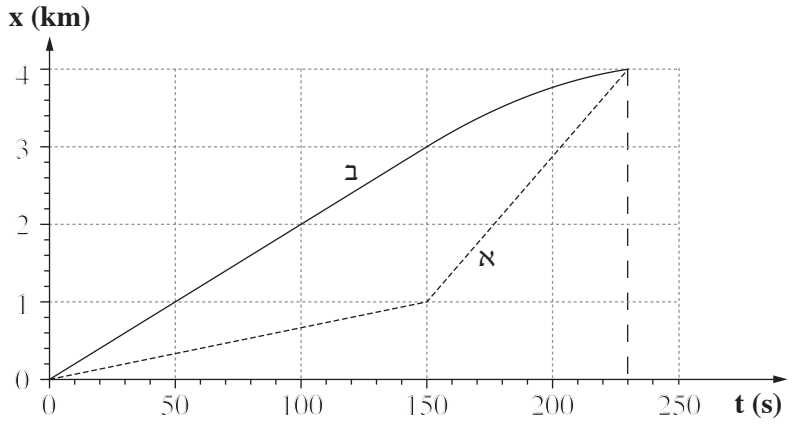
ה ש א ל ו ת

פרק ראשון — מכניקה (75 נקודות)

ענה על שלוש מהשאלות 1-5.

(לכל שאלה — 25 נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.)

1. הגרף שלפניך מתאר את מקומן של שתי סירות, א ו־ ב, כפונקציה של הזמן.
הסירות נעות במסלולים ישרים מקבילים.



א. הגדר את המושג "מהירות ממוצעת". (5 נקודות)

היעזר בגרף וענה על הסעיפים שלפניך.

ב. הסירות שטות במשך 230 s. קבע אם במשך פרק הזמן הזה המהירות הממוצעת של סירה א גדולה מן המהירות הממוצעת של סירה ב, קטנה ממנה או שווה לה.
נמק את קביעתך.
(4 נקודות)

החל מהרגע $t = 150\ s$ ועד הרגע $t = 230\ s$ סירה ב נעה בתאוצה קבועה.

ג. האם התאוצה חיובית או שלילית? נמק. (5 נקודות)

ד. חשב את גודל התאוצה של סירה ב החל מהרגע $t = 150\ s$. (5 נקודות)

ה. סרטט במחברתך גרף מדויק של מהירות סירה ב כפונקציה של הזמן, בפרק הזמן המתואר בגרף הנתון.
ציין על הגרף שסרטטת את המהירות הסופית שסירה ב הגיעה אליה.
(6 נקודות)

/המשך בעמוד 3/

2. גוף נופל ממנוחה מראש מגדל גבוה. גודלו של כוח החיכוך עם האוויר נתון על ידי הביטוי $f = kv^2$.

k הוא קבוע התלוי במאפייני הגוף, v הוא מהירות הגוף.

א. מה הן היחידות של k? (4 נקודות)

ב. הגדר מהי "נפילה חופשית", וקבע אם תנועת הגוף הנתון היא נפילה חופשית.

נמק את קביעתך.

(5 נקודות)

ג. סרטט במחברתך תרשים של כל הכוחות הפועלים על הגוף במהלך נפילתו, והסבר בעזרתו מדוע ייתכן שהחל מרגע מסוים הגוף נע במהירות קבועה. (6 נקודות)

נתון: $k = 0.25$ (ביחידות שחישבת בסעיף א.)

$m = 10\ kg$

החל מרגע מסוים הגוף נע במהירות קבועה.

ד. חשב את גודל המהירות הקבועה של הגוף מרגע זה. (5 נקודות)

ה. סרטט במחברתך גרף של מהירות הגוף כפונקציה של הזמן, מרגע שחרורו של הגוף ועד רגע פגיעתו בקרקע. בגרף זה אל תציין ערכים על ציר הזמן. (5 נקודות)

/המשך בעמוד 4/

3. א. מכונית הנוסעת במהירות v_0 על כביש ישר ואופקי מתחילה לבלום בתאוצה קבועה שגודלה a, ונעצרת לאחר שעברה ℓ מטרים.
פתח ביטוי המקשר בין ריבוע המהירות של המכונית (v_0^2) לבין מרחק הבלימה ℓ.
(5 נקודות)

ב. בפעם אחרת המכונית נוסעת באותו כביש במהירות כפולה $(2v_0)$, ובולמת באותה תאוצה קבועה, a.
חשב פי כמה השתנה מרחק הבלימה בפעם הזו, יחסית למרחק הבלימה המקורי, ℓ.
(5 נקודות)

לקראת החורף הוחלפו צמיגי המכונית, כדי שהמערכת למניעת החלקה תאפשר בלימה בתאוצה גדולה פי 1.5 מהתאוצה הקבועה a.

ג. המכונית נוסעת במהירות המקורית, v_0. חשב פי כמה השתנה מרחק הבלימה בפעם הזו יחסית למרחק הבלימה המקורי, ℓ. (5 נקודות)

נתון כי המהירות המקורית של המכונית היא $v_0 = 15\frac{m}{s}$, והמסה שלה היא $m = 1500\ kg$.

ד. חשב את הכמות הכוללת של האנרגיה שהפכה לחום, במהלך הבלימה המתוארת בסעיף א.
(5 נקודות)

ה. שקול הכוחות הפועלים על המכונית במהלך הבלימה הוא קבוע, וגודלו $f = 3000N$.
חשב את מרחק הבלימה המקורי, ℓ. (5 נקודות)

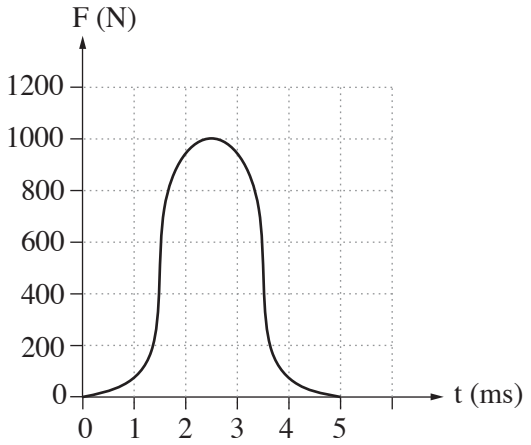
/המשך בעמוד 5/

4. א. ניוטון כתב את החוק השני באמצעות הגודל "כמות התנועה", $\vec{p} = m\vec{v}$.

הראה שכאשר מסת הגוף קבועה: $\frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t} = m\vec{a}$

(4 נקודות)

במשחק טניס מהירותו של הכדור משתנה בהשפעת הכוח שהמחבט מפעיל עליו.
הגרף שלפניך מתאר את גודל הכוח שהמחבט מפעיל על הכדור, כפונקציה של הזמן,
במהלך חבטה אחת של שחקן טניס.



היעזר בגרף וענה על סעיפים ב ו־ ג.

ב. חשב בקירוב את גודל השינוי שחל בתנע הכדור בעקבות חבטת המחבט. (6 נקודות)

נתון: מסת הכדור היא $m = 0.06\ kg$.

השחקן חובט <u>אופקית</u> בכדור הנע כלפי <u>מעלה</u> במהירות של $v = 5\frac{m}{s}$.

ג. חשב את מהירות הכדור (גודל וכיוון) מיד <u>לאחר</u> החבטה. (9 נקודות)

ד. כדור טניס מגיע לרצפה במהירות אנכית $v_1 = 12\frac{m}{s}$, וחוזר כלפי מעלה
במהירות אנכית $v_2 = 12\frac{m}{s}$.

לכל אחד מההיגדים (1)-(3) קבע אם הוא נכון או לא נכון.

<u>נמק את קביעותיך</u>.

(1) התנע של הכדור והתנע של כדור הארץ השתנו.

(2) התנע של הכדור השתנה, ואילו בתנע של כדור הארץ לא חל שום שינוי.

(3) התנע והאנרגיה הקינטית של הכדור השתנו.

(6 נקודות)

/המשך בעמוד 6/

5. משגרים לווין לחלל באמצעות רקטה.

על כַּן השיגור מסת הרקטה עם הדלק והלווין היא $M = 7.3 \cdot 10^5 \text{kg}$.

הכוח המרבי שהמנוע מפעיל בזמן השיגור הוא $F = 1.16 \cdot 10^7 \text{N}$.

א. סרטט במחברתך תרשים של הכוחות הפועלים על הרקטה בזמן השיגור. הנח שהתנגדות האוויר זניחה. (4 נקודות)

ב. הרקטה ניתקת מכן השיגור ברגע $t = 0$. מרגע ההינתקות המנוע מפעיל את הכוח המרבי. חשב את תאוצת הרקטה ברגע ההינתקות. (4 נקודות)

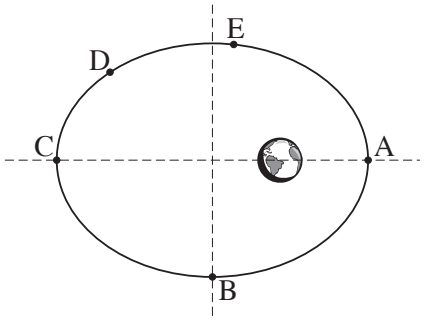
ג. **(1)** הסבר בקצרה את עקרון הפעולה של מנוע רקטי.

(2) בהנחה שהכוח F קבוע במשך השניות הראשונות, קבע אם בפרק הזמן הזה התאוצה גדֵלה, קטֵנה או לא משתנה. נמק את קביעתך.

(6 נקודות)

ברגע מסוים הלוויין מתנתק מהרקטה, וממשיך לנוע בהשפעת כוח הכובד של כדור הארץ.

ד. בתרשים שלפניך מוצג המסלול הקבוע של הלוויין, שצורתו אליפסה (התרשים אינו מסורטט בקנה מידה). הלוויין נע סביב כדור הארץ בכיוון השעון.



העתק את התרשים למחברתך, וסמן עליו חצים המייצגים את:

(1) וקטור מהירות הלוויין, בכל אחת מהנקודות B ו־ D .

(2) וקטור התאוצה של הלוויין בנקודה A .

(3) וקטור הכוח השקול הפועל על הלוויין, בכל אחת מהנקודות C ו־ E .

הסבר את שיקוליך.

(8 נקודות)

ה. קבע באיזו משתי הנקודות A ו־ E מהירות הלוויין היא מרבית. נמק את קביעתך.

(3 נקודות)

/המשך בעמוד 7/

פרק שני — אופטיקה וגלים (25 נקודות)

ענה על שתיים מהשאלות 6-8.

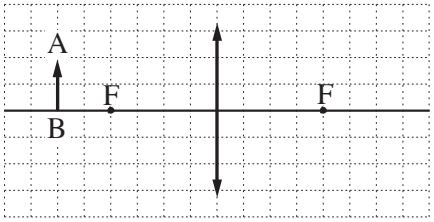
(לכל שאלה — $12\frac{1}{2}$ נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.)

6. אדם המרכיב משקפיים עם עדשות מרכזות זהות רואה בעזרתם את הדמות המדומה של עצם.

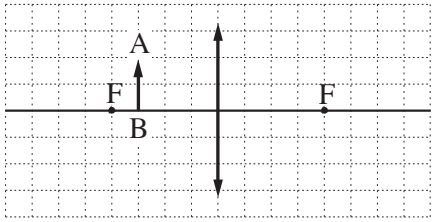
א. הסבר את המושגים "דמות ממשית" ו"דמות מדומה". בהסברך תוכל להיעזר בְּתרשימים. (3 נקודות)

ב. בתרשימים א-ג שלפניך החץ AB מייצג את העצם.

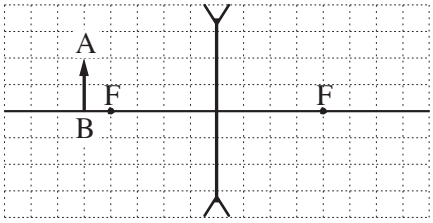
קבע איזה תרשים מתאים לתיאור שבפתיח. נמק את קביעתך. (4 נקודות)



תרשים א



תרשים ב



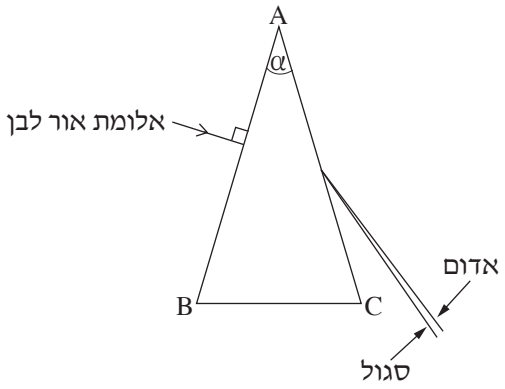
תרשים ג

ג. עוצמת העדשה היא 2 דיופטריות. מהו רוחק המוקד של העדשה? (2 נקודות)

ד. המרחק בין הדמות לעדשה הוא 60 cm . חשב את המרחק בין העצם לעדשה. ($3\frac{1}{2}$ נקודות)

/המשך בעמוד 8/

7. ABC מסמן חתך של מנסרה משולשת שוות שוקיים, בעלת זווית ראש $\alpha = 40^o$.
המנסרה עשויה זכוכית.
אלומה דקה של אור לבן פוגעת במנסרה בניצב לדופן AB . לאחר יציאת האלומה מהדופן AC ,
אפשר לראות כי האלומה מתפצלת לכל צבעי הקשת.



א. מהי זווית הפגיעה של האלומה בדופן AB ? (2 נקודות)

ב. תלמידים דנו בשאלה: באיזה מקום במנסרה מתפצלת אלומת האור?
נור טענה: האלומה מתפצלת במעבר דרך הדופן AB ובמעבר דרך הדופן AC .
אלכס טען: האלומה מתפצלת בהדרגה תוך כדי המעבר במנסרה.
אבטה טען: האלומה מתפצלת במעבר דרך הדופן AC בלבד.
מי מהתלמידים צודק? נמק את תשובתך. (3 נקודות)

ג. מקדם השבירה של המנסרה לאור אדום הוא $n = 1.513$.
חשב את זווית השבירה של האור האדום ביציאה מן המנסרה. (3 נקודות)

ד. קבע אם מקדם השבירה של המנסרה לאור סגול גדול ממקדם השבירה שלה לאור אדום,
קטן ממנו או שווה לו. נמק את קביעתך. ($2\frac{1}{2}$ נקודות)

ה. ציין תכונה פיזיקלית אחת המבדילה בין אור אדום לאור סגול. (2 נקודות)

/המשך בעמוד 9/

8. כאשר פורטים על מיתר מתוח של גיטרה, נוצרים גלי רוחב המתקדמים על המיתר.

א. הסבר בקצרה מהו ההבדל בין גלי רוחב לגלי אורך. הבא דוגמה לכל אחד מסוגי הגלים.
(3 נקודות)

ב. על מיתר מתוח יוצרים גלים בתדירות $f = 500\ Hz$. מהירות ההתקדמות של הגלים על המיתר היא $400\frac{m}{s}$.
חשב את אורך הגל של הגלים. ($3\frac{1}{2}$ נקודות)

כאשר שני הקצוות של המיתר המתוח (המתואר בסעיף ב) קבועים במקומם, מתרחשת סופרפוזיציה של הגלים הנעים על המיתר עם גלים המוחזרים מהקצוות. בעקבות זאת נוצר על המיתר גל עומד שבו שני הקצוות הם נקודות צומת (מינימום), ומרכז המיתר הוא נקודת קמר (מקסימום) יחידה.

ג. חשב את אורך המיתר. (2 נקודות)

ד. הגדילו את התדירות של הגל עד שנוצר שוב גל עומד.

(1) חשב מהי תדירות זו.

(2) כמה נקודות צומת התקבלו על המיתר (כולל הקצוות)?
(4 נקודות)

בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך

מדינת ישראל
משרד החינוך

סוג הבחינה: א. בגרות לבתי ספר על־יסודיים
ב. בגרות לנבחנים אקסטרניים
מועד הבחינה: קיץ תשע"ב, 2012
מספר השאלון: 917531, 653
נספח: נוסחאות ונתונים בפיזיקה ל־5 יח"ל

פ י ז י ק ה
מכניקה

לתלמידי 5 יחידות לימוד

הוראות לנבחן

א. <u>משך הבחינה</u>: שעה ושלושה רבעים (105 דקות).

ב. <u>מבנה השאלון ומפתח ההערכה</u>:
בשאלון זה חמש שאלות, ומהן עליך לענות על <u>שלוש</u> שאלות בלבד.
לכל שאלה — $33\frac{1}{3}$ נקודות; $3 \times 33\frac{1}{3} = 100$ נקודות

ג. <u>חומר עזר מותר בשימוש</u>: (1) מחשבון.
(2) נספח נוסחאות ונתונים בפיזיקה המצורף לשאלון.

ד. <u>הוראות מיוחדות</u>:
(1) ענה על מספר שאלות כפי שהתבקשת. תשובות לשאלות נוספות לא ייבדקו (התשובות ייבדקו לפי סדר הופעתן במחברת הבחינה).
(2) בפתרון שאלות שנדרש בהן חישוב, רשום את הנוסחאות שאתה משתמש בהן. כאשר אתה משתמש בסימן שאינו בדפי הנוסחאות, כתוב במילים את פירוש הסימן. לפני שאתה מבצע פעולות חישוב, הצב את הערכים המתאימים בנוסחאות. רשום את התוצאה שקיבלת ביחידות המתאימות. אי־רישום הנוסחה או אי־ביצוע ההצבה או אי־רישום יחידות עלולים להפחית נקודות מהציון.
(3) כאשר אתה נדרש להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, רשום ביטוי מתמטי הכולל את נתוני השאלה או את חלקם; במידת הצורך אפשר להשתמש גם בקבועים בסיסיים, כגון תאוצת הנפילה החופשית g או קבוע הכבידה העולמי G.
(4) בחישוביך השתמש בערך $10\ \mathrm{m/s^2}$ לתאוצת הנפילה החופשית.
(5) כתוב את תשובותיך בעט. כתיבה בעיפרון או מחיקה בטיפקס לא יאפשרו ערעור. מותר להשתמש בעיפרון לסרטוטים בלבד.

כתוב <u>במחברת הבחינה בלבד</u>, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונך לכתוב <u>כטיוטה</u> (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).
רשום "טיוטה" בראש כל עמוד טיוטה. רישום טיוטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלול לגרום לפסילת הבחינה!

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

ב ה צ ל ח ה !

/המשך מעבר לדף/

השאלות

ענה על שלוש מהשאלות 1-5.

(לכל שאלה — $33\frac{1}{3}$ נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו).

1. האסטרונאוטיות אליס וקורל נחתו על כוכב לכת, וערכו שם ניסוי בנפילה חופשית. הן שחררו גוף מגובה מסוים מעל פני הכוכב ורשמו את מקומו האנכי ביחס לציר ה־ y , שכיוונו החיובי כלפי מטה, כפונקציה של הזמן t . מהירות הגוף ברגע $t = 0$ אינה בהכרח אפס.

תוצאות הניסוי מוצגות בטבלה שלפניך.

t(s)	0	0.08	0.16	0.24	0.32	0.4	0.48
y(m)	0.016	0.150	0.430	0.810	1.400	2.000	2.840
v(m/s)							

א. העתק את הטבלה למחברתך. חשב בקירוב את מהירות הגוף בזמן $t = 0.24\ s$.
פרט את חישוביך, וכתוב את התוצאה במקום המתאים בטבלה שבמחברתך. (8 נקודות)

ב. חשב את מהירות הגוף בזמנים: $t(s) = 0.08\ ,\ 0.16\ ,\ 0.32\ ,\ 0.4$ וכתוב את התוצאות במקומות המתאימים בטבלה שבמחברתך. אין צורך לפרט את חישוביך. (4 נקודות)

ג. סרטט דיאגרמת פיזור (נקודות במערכת צירים) של מהירות הגוף כפונקציה של הזמן.
הוסף לדיאגרמת הפיזור קו מגמה. (10 נקודות)

ד. חשב את השיפוע של קו המגמה. מה מייצג גודל זה? הסבר. (6 נקודות)

ה. נתון כי רדיוס הכוכב שווה לרדיוס של כדור הארץ.
היעזר בתוצאות הניסוי וחשב את היחס בין מסת כוכב הלכת ובין מסת כדור הארץ.
($5\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 3/

2. גוף שמסתו m מחליק במהירות קבועה במורד מישור משופע שזווית נטייתו θ .

א. סרטט תרשים של הכוחות הפועלים על הגוף, וציין מהו כל כוח.

מהו הכוח השקול הפועל על הגוף? הסבר.

(8 נקודות)

בסעיפים שלפניך **בטא** את תשובותיך באמצעות הפרמטרים m , v_0 , θ , t , F ו־ g , בהתאם לצורך.

הגוף נע במעלה המישור ממהירות התחלתית v_0 שכיוונה מקביל למישור, ובשלב מסוים הוא נעצר ונשאר במקום.

ב. הסבר מדוע הגוף אינו מחליק מטה לאחר שהוא נעצר. (8 נקודות)

ג. איזה מרחק לאורך המישור עבר הגוף בתנועתו במעלה המישור? ($9\frac{1}{3}$ נקודות)

אחרי שהגוף נעצר מפעילים עליו במשך t שניות כוח קבוע F המקביל למישור , והגוף מתחיל לנוע במורד המישור.

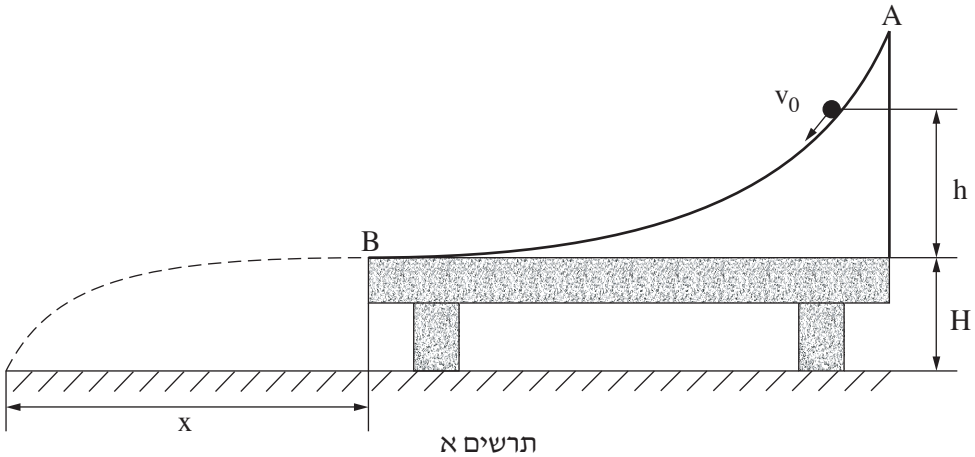
ד. **(1)** בטא את גודל המהירות שאליה יגיע הגוף כעבור פרק הזמן t . הנח שהגוף אינו מגיע לתחתית המישור בפרק הזמן t.

(2) האם הגוף יגיע לתחתית המישור במהירות שביטאת בתת־סעיף ד(1)? נמק.

(8 נקודות)

/המשך בעמוד 4/

3. אורי הידק מסילה חלקה AB לשולחן שגובהו H. הקצה התחתון של המסילה אופקי ומגיע בדיוק לקצה השולחן, כמתואר בתרשים א.



תרשים א

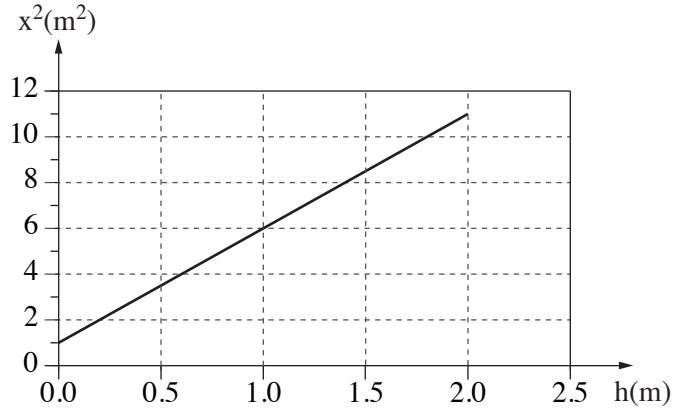
אורי ביצע ניסוי שבו הוא "ירה" כדור קטן על המסילה במהירות התחלתית שגודלה v_0 וכיוונה משיק למסילה.

הכדור נע לאורך המסילה עד שהגיע לקצה השולחן, B , והמשיך בתנועתו באוויר עד שפגע ברצפה.

אורי מדד את המרחק האופקי x מקצה השולחן עד נקודת הפגיעה (ראה תרשים א).

אורי ביצע את הניסוי כמה פעמים, ובכל פעם הוא שינה את הגובה h שממנו "נורה" הכדור, אך גודל המהירות ההתחלתית v_0 נשאר קבוע (וכיוון המהירות משיק למסילה).

בתרשים ב מוצג גרף של x^2 כפונקציה של h .



תרשים ב

(שים לב: סעיפי השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 5/

א. הוכח כי הקשר בין x^2 (ריבוע המרחק האופקי) לבין h (הגובה מעל פני השולחן)

נתון על ידי הביטוי $x^2 = \frac{2H}{g}v_0^2 + 4Hh$. (10 נקודות)

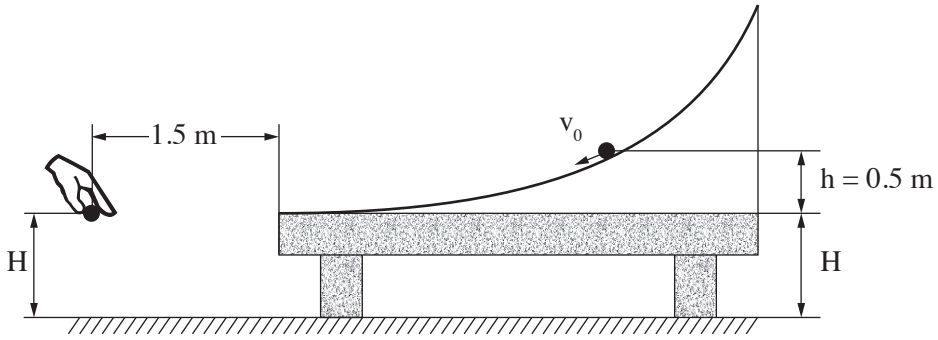
ב. הסבר מדוע $4H$ מייצג את שיפוע הגרף המוצג בתרשים ב. (4 נקודות)

ג. חשב את גובה השולחן H . (7 נקודות)

ד. חשב את גודל המהירות ההתחלתית v_0 (7 נקודות)

ה. באחת הפעמים ערך אורי את הניסוי כאשר הגובה היה $h = 0.5m$.

ברגע שהכדור <u>עזב את קצה המסילה</u> אורי שחרר ממנוחה כדור נוסף, מגובה H מעל הקרקע ובמרחק אופקי של $1.5m$ מקצה השולחן, כמתואר בתרשים ג.



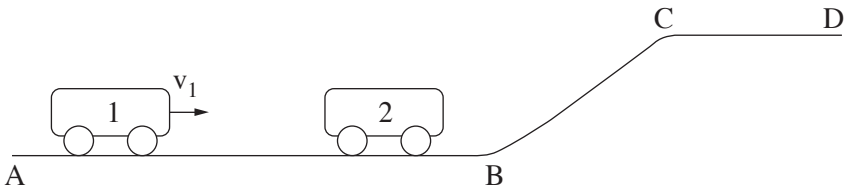
תרשים ג

הוכח שהכדורים ייפגשו לפני פגיעתם בקרקע. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 6/

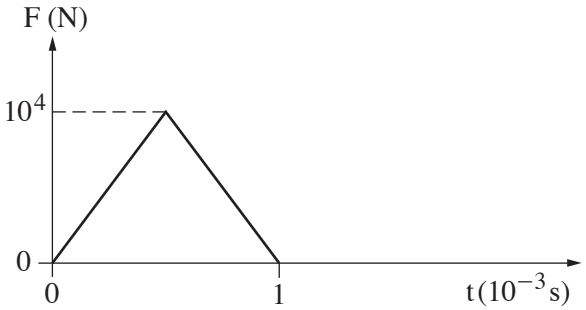
4. בתרשים א מוצגת מסילה חלקה ABCD .

קרונית 1 שמסתה $m_1 = 2kg$ נעה ימינה על קטע המסילה האופקי AB במהירות שגודלה v_1.



תרשים א

קרונית 1 מתנגשת התנגשות מצח אלסטית (לחלוטין) בקרונית 2 הנמצאת במנוחה על קטע AB של המסילה. הנח שתרשים ב מתאר את הכוח F שהפעילה קרונית 1 על קרונית 2 במהלך ההתנגשות, כפונקציה של הזמן.



תרשים ב

א. איזה גודל פיזיקלי מייצג השטח הכלוא בין העקומה שבתרשים לבין ציר הזמן?
(6 נקודות)

ב. לאחר ההתנגשות קרונית 2 נעה ימינה במהירות $u_2 = 1.25\left(\frac{m}{s}\right)$.
חשב את המסה m_2 של קרונית 2. (9 נקודות)

ג. כתוב <u>שתי</u> משוואות לחישוב המהירות של קרונית 1 לפני ההתנגשות, והצב במשוואות את הערכים המתאימים. אין צורך לפתור את המשוואות. (7 נקודות)

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 7/

ד. העתק את תרשים ב למחברתך.

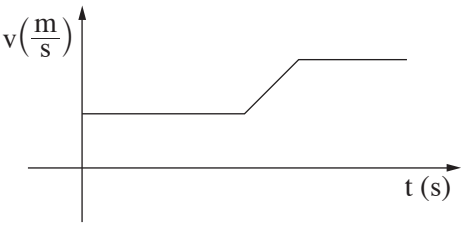
הוסף לתרשים עקומה המתארת את הכוח שקרונית 2 מפעילה על קרונית 1 במהלך ההתנגשות.

(6$\frac{1}{3}$ נקודות)

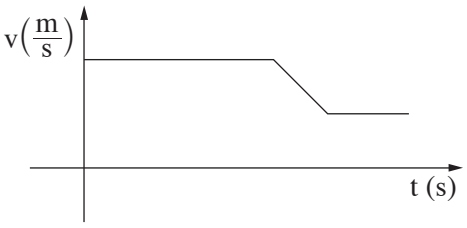
ה. בשלב מסוים של תנועתה, עולה קרונית 2 בקטע BC של המסילה, נעה לאורכו, וממשיכה לנוע על פני קטע CD של המסילה.

איזה מבין הגרפים (1)-(3) שלפניך מתאר נכון את גודל המהירות של קרונית 2 כפונקציה של הזמן, מהרגע שבו הסתיימה ההתנגשות עד הרגע שבו היא מגיעה לנקודה D? נמק.

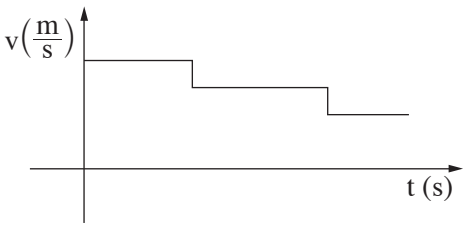
(5 נקודות)



(2)



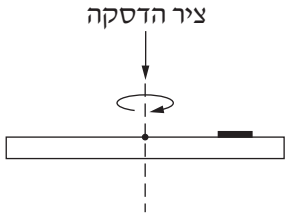
(1)



(3)

/המשך בעמוד 8/

5. דִסקה מסתובבת במישור אופקי בתדירות קבועה של 90 סיבובים לדקה. על הדסקה מונח מטבע קטן שמסתו 5gr, המסתובב עם הדסקה (ראה תרשימים א, ב). מקדם החיכוך הסטטי בין הדסקה למטבע הוא $\mu_s = 0.6$.



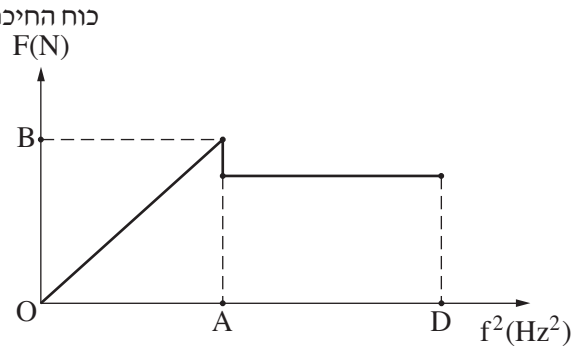
תרשים א

תרשים ב

א. העתק למחברתך את תרשים א, והוסף לו סרטוט של כל הכוחות הפועלים על המטבע כשהדסקה מסתובבת. ציין ליד כל כוח את שמו ורשום מי מפעיל כל כוח. (9 נקודות)

ב. חשב את המרחק המרבי (מקסימלי) מציר הדסקה, שבו יכול המטבע להימצא במנוחה ביחס לדסקה בלי שהוא יחליק על פני הדסקה. ($7\frac{1}{3}$ נקודות)

מניחים את המטבע על גבי הדסקה במרחק שחישבת בסעיף ב. מתחילים לסובב את הדסקה ומגדילים באִטיות את תדירות הסיבוב שלה, החל מאפס סיבובים לדקה.
בתרשים ג מוצג הגודל של כוח החיכוך הפועל על המטבע כפונקציה של ריבוע תדירות הסיבוב של הדסקה. בתחום התדירויות AD המטבע מחליק.



תרשים ג

ג. מצא את שיעורי הנקודות A ו־ B . הסבר את תשובתך. (9 נקודות)

ד. אילו מסת המטבע הייתה גדולה מזו הנתונה, האם הגרף המוצג בתרשים ג היה משתנה? נמק. (8 נקודות)

בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך

מדינת ישראל
משרד החינוך

סוג הבחינה: א. בגרות לבתי ספר על־יסודיים
ב. בגרות לנבחנים אקסטרניים
מועד הבחינה: קיץ תשע"א, 2011
מספר השאלון: 917531, 653
נספח: נוסחאות ונתונים בפיזיקה ל־5 יח"ל

פיזיקה
מכניקה

לתלמידי 5 יחידות לימוד

הוראות לנבחן

א. משך הבחינה: שעה ושלושה רבעים (105 דקות).

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה:
בשאלון זה חמש שאלות, ומהן עליך לענות על שלוש שאלות בלבד.
לכל שאלה — $33\frac{1}{3}$ נקודות; $3 \times 33\frac{1}{3} = 100$ נקודות

ג. חומר עזר מותר בשימוש: (1) מחשבון.
(2) נספח נוסחאות ונתונים בפיזיקה המצורף לשאלון.

ד. הוראות מיוחדות:
(1) ענה על מספר שאלות כפי שהתבקשת. תשובות לשאלות נוספות לא ייבדקו (התשובות ייבדקו לפי סדר הופעתן במחברת הבחינה).
(2) בפתרון שאלות שנדרש בהן חישוב, רשום את הנוסחאות שאתה משתמש בהן. כאשר אתה משתמש בסימן שאינו בדפי הנוסחאות, כתוב במילים את פירוש הסימן. לפני שאתה מבצע פעולות חישוב, הצב את הערכים המתאימים בנוסחאות. רשום את התוצאה שקיבלת ביחידות המתאימות. אי־רישום הנוסחה או אי־ביצוע ההצבה או אי־רישום יחידות עלולים להפחית נקודות מהציון.
(3) כאשר אתה נדרש להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, רשום ביטוי מתמטי הכולל את נתוני השאלה או את חלקם; במידת הצורך אפשר להשתמש גם בקבועים בסיסיים, כגון תאוצת הנפילה החופשית g או קבוע הכבידה העולמי G.
(4) בחישוביך השתמש בערך $10\ \mathrm{m/s^2}$ לתאוצת הנפילה החופשית.
(5) כתוב את תשובותיך בעט. כתיבה בעיפרון או מחיקה בטיפקס לא יאפשרו ערעור. מותר להשתמש בעיפרון לסרטוטים בלבד.

כתוב במחברת הבחינה בלבד, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונך לכתוב כטיוטה (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).
רשום "טיוטה" בראש כל עמוד טיוטה. רישום טיוטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלול לגרום לפסילת הבחינה!

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

בהצלחה!

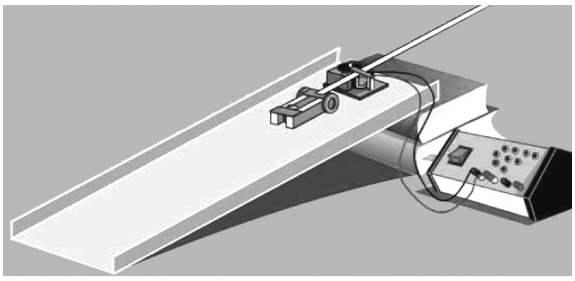
/המשך מעבר לדף/

ה ש א ל ו ת

ענה על שלוש מהשאלות 1-5.

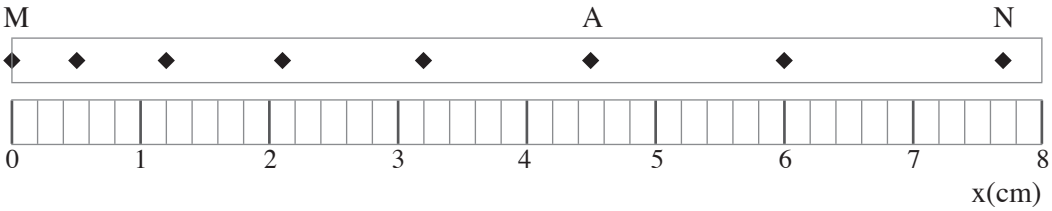
(לכל שאלה — $33\frac{1}{3}$ נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו).

1. רן מבצע במעבדה ניסוי לחקירת תנועת עגלה על מישור משופע. לצורך זה הוא משתמש במכשיר המכונה "רשם זמן", המסמן על סרט נייר נקודה בכל 0.02 s . בניסוי שרן מבצע סרט הנייר מחובר לעגלה המשוחררת ממנוחה (ראה תרשים א).



תרשים א

בתרשים ב מוצג חלק מהסרט שהתקבל בניסוי.



תרשים ב

א. על סמך תרשים ב, קבע אם תנועת העגלה היא תנועה קצובה או תנועה מואצת. נמק.
(6 נקודות)

ב. חשב את המהירות הממוצעת של העגלה בקטע MN . (8 נקודות)

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 3/

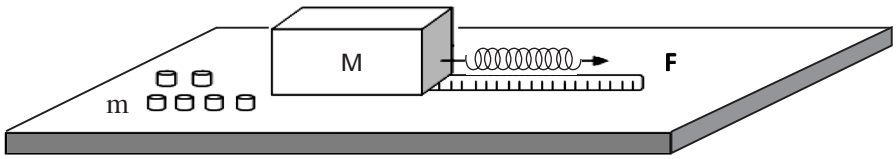
ג. חשב את המהירות הרגעית של העגלה בנקודה A . פרט את חישוביך. (8 נקודות)

ד. חשב את תאוצת העגלה, בהנחה שהיא קבועה. (6 נקודות)

ה. חשב את המרחק בין הנקודה N לבין הנקודה P הבאה אחריה.
(הנקודה P אינה מופיעה בתרשים.) ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 4/

2. תלמידים עורכים ניסוי למדידת מקדם החיכוך הסטטי μ בין שני משטחים. בניסוי התלמידים משתמשים בקופסה ריקה שהמסה שלה M , המונחת על שולחן אופקי; בקפיץ שקבוע הקפיץ שלו k ; בסרט מדידה ובגלילים שהמסה של כל אחד מהם היא m . תלמיד מחבר את הקפיץ לאחת מפאות הקופסה ומושך אותו, כמתואר בתרשים א . הקופסה נשארת במנוחה.



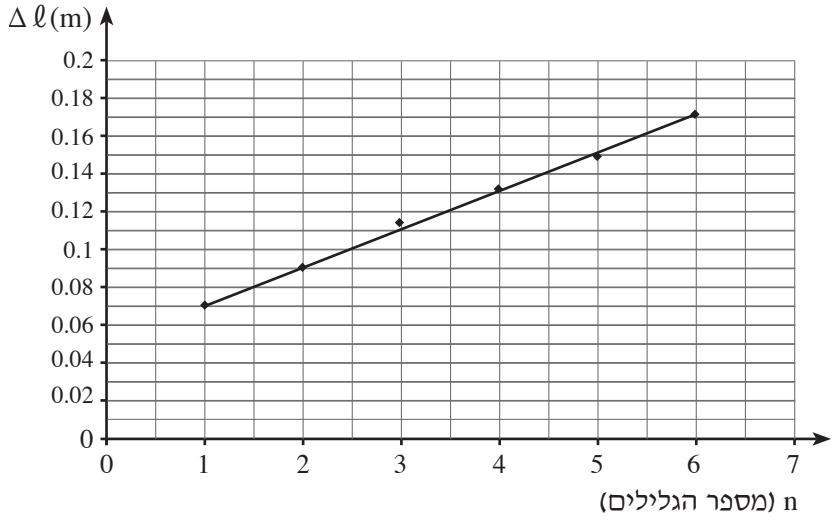
תרשים א

א. סרטט תרשים של כל הכוחות הפועלים על הקופסה הריקה במצב המתואר, ורשום ליד כל חץ את שם הכוח. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

התלמיד מכניס גליל אחד לתוך הקופסה, ומותח את הקפיץ.
ברגע שהקופסה נמצאת על סף תנועה, הוא מודד את התארכות הקפיץ $\Delta\ell$.
התלמיד מוסיף גלילים לתוך הקופסה, ובכל פעם מודד את התארכות הקפיץ ברגע שהקופסה על סף תנועה. תוצאות הניסוי מוצגות בגרף שבתרשים ב (בעמוד הבא).

(שים לב: תרשים ב והמשך השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 5/



תרשים ב

ב. חשב את שיפוע הגרף, וציין את משמעותו הפיזיקלית. (6 נקודות)

ג. הוכח כי הקשר בין $\Delta\ell$ (התארכות הקפיץ) לבין n (מספר הגלילים) נתון על ידי הביטוי:

$$\Delta\ell = \frac{\mu mg}{k}\cdot n + \frac{\mu Mg}{k}$$

(6 נקודות)

ד. נתון: קבוע הקפיץ $k = 12\frac{N}{m}$

המסה של כל אחד מהגלילים היא $80gr$.

מצא את מקדם החיכוך הסטטי בין הקופסה לבין המשטח. (7 נקודות)

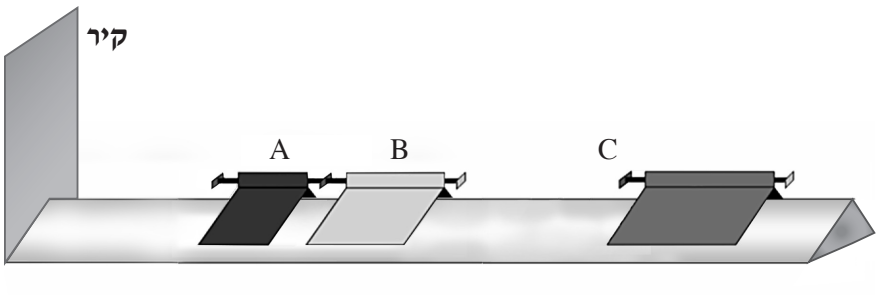
ה. היעזר בגרף ומצא את המסה של הקופסה הריקה. (5 נקודות)

ו. חשב את הגודל של כוח החיכוך הפועל על הקופסה הריקה, כאשר $\Delta\ell = 0.02m$.

(5 נקודות)

/המשך בעמוד 6/

3. בתרשים א שלפניך מוצגת מסילה חלקה, ועליה שלושה גופים A , B ו- C היכולים לנוע על המסילה ללא חיכוך. בקצה המסילה יש קיר.



תרשים א

הגופים A ו- B מחוברים זה לזה באמצעות קפיץ דרוך שמסתו זניחה.

נתון: $m_A = 0.1\,kg$

$m_B = 0.2\,kg$

א. משחררים את הקפיץ, והגופים A ו- B מתחילים לנוע.

(1) מהו תנע המערכת של שני הגופים A ו- B מיד לאחר שחרור הקפיץ? הסבר.

(2) מיד לאחר שחרור הקפיץ, גוף A נע לכיוון הקיר במהירות שגודלה $v_A = 0.6\frac{m}{s}$. חשב את המהירות של גוף B (גודל וכיוון) מיד לאחר שחרור הקפיץ.

($7\frac{1}{3}$ נקודות)

ב. גוף A מתנגש אלסטית בקיר שבקצה המסילה.

(1) מצא את המהירות של גוף A (גודל וכיוון) מיד לאחר ההתנגשות בקיר. הסבר.

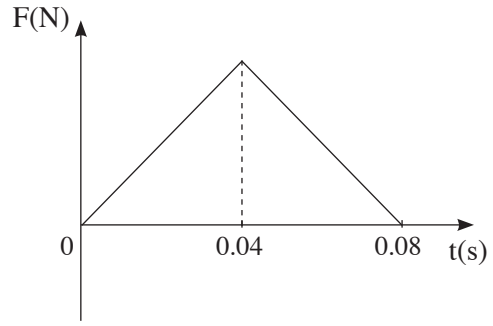
(2) חשב את גודל המתקף שמפעיל הקיר על גוף A , וציין את כיוונו.

(8 נקודות)

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 7/

ג. הגרף שלפניך מתאר את גודל הכוח שמפעיל הקיר על גוף A , כפונקציה של זמן.



תרשים ב

(1) מה מייצג השטח הכלוא בין הגרף לבין ציר הזמן?

(2) חשב בעזרת הגרף את הגודל המרבי של הכוח שהפעיל הקיר על גוף A במהלך ההתנגשות בקיר.

(8 נקודות)

ד. גוף B , שאת מהירותו חישבת בתת־סעיף א (2), מתנגש בגוף C שמסתו $m_C = 0.4kg$, הנע לקראתו. שני הגופים נצמדים זה אל זה.

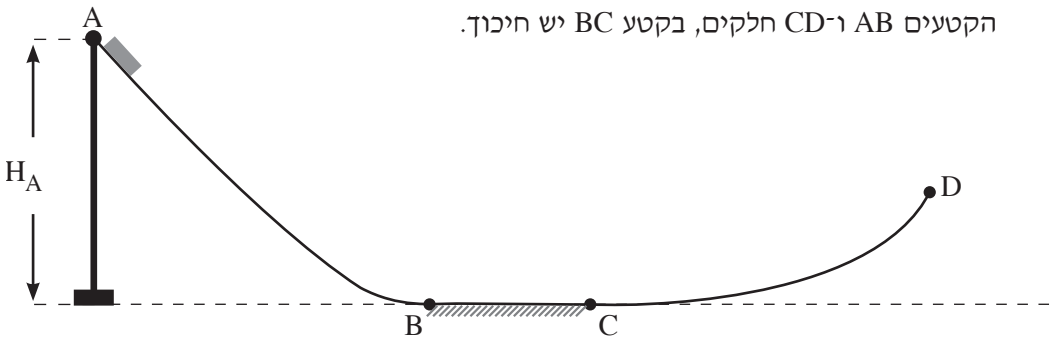
(1) נתון שהאנרגיה הקינטית של שני הגופים יחד אחרי ההתנגשות היא אפס. חשב את המהירות של גוף C לפני ההתנגשות.

(2) אם גודל המהירות של גוף C לפני ההתנגשות יהיה קטן מגודל המהירות שחישבת בתת־סעיף ד (1), לאיזה כיוון ינועו הגופים הצמודים B ו־ C ? קבע <u>בלי חישוב</u>.

(10 נקודות)

/המשך בעמוד 8/

4. תלמידה מבצעת ניסוי ובו גוף שמסתו M נע לאורך מסילה ABCD . המסילה מורכבת משלושה קטעים: קטע משופע AB , קטע אופקי BC וקטע עקום CD .
הקטעים AB ו-CD חלקים, בקטע BC יש חיכוך.



הגוף משוחרר ממנוחה מנקודה A , הנמצאת בגובה H_A מעל הקרקע (ראה תרשים).
התלמידה משנה את הגובה H_A של הנקודה A מעל הקרקע, ומחשבת בכל פעם את גודל מהירות הגוף בנקודה D , v_D .

א. **(1)** הסבר מדוע שינוי הגובה H_A משפיע על גודל המהירות v_D .

(2) משחררים את הגוף מגובה H_A השווה לגובה של נקודה D מעל הקרקע.
קבע אם הגוף יגיע לנקודה D . נמק את קביעתך.

($8\frac{1}{3}$ נקודות)

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 9

בטבלה שלפניך מוצגות תוצאות הניסוי של התלמידה.

$H_A(m)$	0.6	0.7	0.8	0.9	1.2
$v_D(\frac{m}{s})$	1.45	2.00	2.50	2.80	3.75
$v_D^2(\frac{m^2}{s^2})$					

ב. **(1)** העתק את הטבלה למחברתך, חשב את ערכי ריבוע המהירות v_D^2 והוסף אותם בשורה השלישית.

(2) סרטט גרף של v_D^2 כפונקציה של H_A.

(10 נקודות)

בתשובותיך לסעיפים ג-ד היעזר בגרף שסרטטת בסעיף ב (2).

ג. מצא את הגובה המינימלי שממנו יש לשחרר את הגוף כדי שיגיע לנקודה D .
הסבר את שיקוליך. (7 נקודות)

ד. כאשר שחררו את הגוף מגובה $H_A = 1.1m$ הוא הגיע לנקודה D שגובהה מעל הקרקע הוא $0.3m$. חשב את עבודת כוח החיכוך שפעל על הגוף בתנועתו במסילה אם נתון שמסת הגוף היא $M = 0.2\ kg$. (8 נקודות)

/המשך בעמוד 10/

5. עמוס 1 הוא לוויין התקשורת הישראלי הראשון, שפיתחה התעשייה האווירית של ישראל. המסלול של הלוויין עמוס 1 הוא מעגלי (בקירוב). כלוויין תקשורת עמוס 1 נמצא כל הזמן מעל אותה נקודה A שעל פני כדור הארץ.

א. קבע את זמן המחזור של הלוויין עמוס 1. נמק את קביעתך. (4$\frac{1}{3}$ נקודות)

ב. חשב את גובה המסלול של הלוויין עמוס 1 מעל פני כדור הארץ. (8 נקודות)

ג. חשב את גודל התאוצה של הלוויין עמוס 1 במסלולו. (8 נקודות)

ד. לוויין אחר (לא לוויין תקשורת) מקיף את כדור הארץ במסלול מעגלי במשך 12 שעות. השתמש בחוקי קפלר וחשב באיזה גובה מעל פני כדור הארץ עובר המסלול של לוויין זה. (8 נקודות)

ה. קבע איזה מההיגדים 1-3 שלפניך אינו נכון, והסבר מדוע הוא אינו נכון.

(1) תנועת לוויין במסלולו היא נפילה חופשית.

(2) גודל המהירות הקווית של נקודה A שעל פני כדור הארץ שווה לגודל המהירות הקווית של הלוויין עמוס 1 הנע במסלולו.

(3) גודל המהירות הזוויתית של נקודה A שעל פני כדור הארץ שווה לגודל המהירות הזוויתית של הלוויין עמוס 1 הנע במסלולו.

(5 נקודות)

בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך

מדינת ישראל
משרד החינוך

סוג הבחינה: א. בגרות לבתי ספר על־יסודיים
ב. בגרות לנבחנים אקסטרניים
מועד הבחינה: קיץ תש״ע, 2010
מספר השאלון: 917531, 653
נספח: נוסחאות ונתונים בפיזיקה ל־5 יח״ל

פ י ז י ק ה
מכניקה

לתלמידי 5 יחידות לימוד

הוראות לנבחן

א. <u>משך הבחינה</u>: שעה ושלושה רבעים (105 דקות).

ב. <u>מבנה השאלון ומפתח ההערכה</u>:
בשאלון זה חמש שאלות, ומהן עליך לענות על <u>שלוש</u> שאלות בלבד.
לכל שאלה — $33\frac{1}{3}$ נקודות; $3 \times 33\frac{1}{3} = 100$ נקודות

ג. <u>חומר עזר מותר בשימוש</u>: (1) מחשבון.
(2) נספח נוסחאות ונתונים בפיזיקה המצורף לשאלון.

ד. <u>הוראות מיוחדות</u>:
(1) ענה על מספר שאלות כפי שהתבקשת. תשובות לשאלות נוספות לא ייבדקו (התשובות ייבדקו לפי סדר הופעתן במחברת הבחינה).
(2) בפתרון שאלות שנדרש בהן חישוב, רשום את הנוסחאות שאתה משתמש בהן. כאשר אתה משתמש בסימן שאינו בדפי הנוסחאות, כתוב במילים את פירוש הסימן. לפני שאתה מבצע פעולות חישוב, הצב את הערכים המתאימים בנוסחאות. רשום את התוצאה שקיבלת ביחידות המתאימות. אי־רישום הנוסחה או אי־ביצוע ההצבה או אי־רישום יחידות עלולים להפחית נקודות מהציון.
(3) כאשר אתה נדרש להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, רשום ביטוי מתמטי הכולל את נתוני השאלה או את חלקם; במידת הצורך אפשר להשתמש גם בקבועים בסיסיים, כגון תאוצת הנפילה החופשית g או קבוע הכבידה העולמי G.
(4) בחישוביך השתמש בערך $10\ \mathrm{m/s^2}$ לתאוצת הנפילה החופשית.
(5) כתוב את תשובותיך בעט. כתיבה בעיפרון או מחיקה בטיפקס לא יאפשרו ערעור. מותר להשתמש בעיפרון לסרטוטים בלבד.

כתוב <u>במחברת הבחינה בלבד</u>, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונך לכתוב <u>כטיוטה</u> (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).
רשום ״טיוטה״ בראש כל עמוד טיוטה. רישום טיוטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלול לגרום לפסילת הבחינה!

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

ב ה צ ל ח ה !

/המשך מעבר לדף/

ה ש א ל ו ת

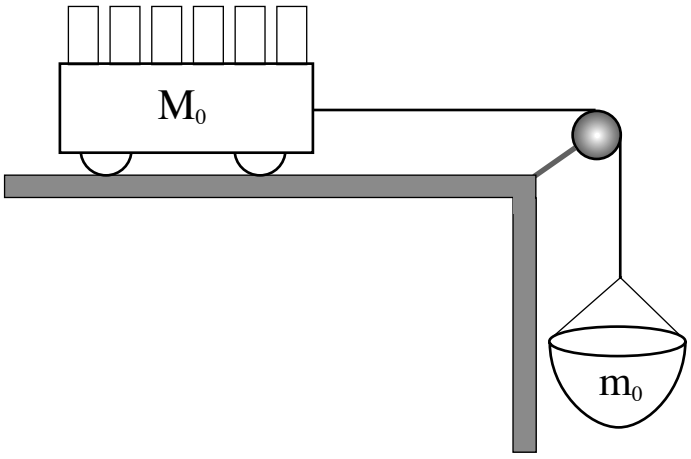
ענה על שלוש מהשאלות 1-5.

(לכל שאלה — $33\frac{1}{3}$ נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו).

1. תלמיד מבצע ניסוי בעזרת המערכת המתוארת בתרשים שלפניך .

על מסילה אופקית מונחת עגלה שהמסה שלה M_0 . העגלה קשורה בחוט העובר על פני גלגלת אל סל תלוי שהמסה שלו $m_0 = 100\ gr$. כוחות החיכוך, מסת הגלגלת ומסת החוט זניחים.

לרשות התלמיד 6 משקולות, שהמסה של כל אחת מהן היא $m_1 = 300\ gr$.



התלמיד מודד את תאוצת המערכת (עגלה + סל + משקולות) בעזרת חיישן כמה פעמים.

במדידה הראשונה כל המשקולות בתוך העגלה.

בכל מדידה נוספת התלמיד מעביר משקולת אחת מתוך העגלה אל הסל וחוזר על המדידה.

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 3/

תוצאות המדידות מוצגות בטבלה שלפניך.

מספר המדידה	התאוצה a $(\frac{m}{s^2})$	מספר המשקולות בסל	מספר המשקולות בעגלה
1	0.43	0	6
2	1.66	1	5
3	2.91	2	4
4	4.16	3	3
5	5.40	4	2
6	6.67	5	1

א. (1) סרטט במחברתך טבלה חדשה ובה 4 עמודות.

רשום בטבלה את הנתונים עבור כל אחת מהמדידות, לפי הפירוט הבא:

בעמודה הראשונה — את מספר המדידה.

בעמודה השנייה — מסת הסל עם המשקולות שבו, m , (ב- kg) .

בעמודה השלישית — כוח הכובד, F_g , הפועל על הסל עם המשקולות (ב- N) .

בעמודה הרביעית — התאוצה a (ב- $\frac{m}{s^2}$) .

(2) סרטט גרף של a כפונקציה של F_g .

(10 נקודות)

ב. (1) בנה תרשים של כל הכוחות הפועלים על העגלה (עם המשקולות) ועל הסל (עם המשקולות), ורשום ליד כל חץ את שם הכוח. סמן את מסת העגלה עם המשקולות ב- M ואת מסת הסל עם המשקולות ב- m .

(2) ציין מי מפעיל כל כוח.

(7 נקודות)

ג. (1) פתח ביטוי של a כפונקציה של F_g .

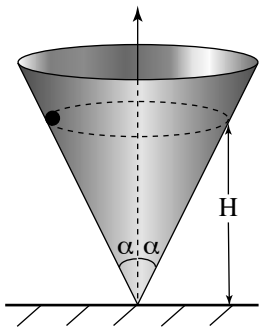
(2) האם מתקבלת פונקציה לינארית (קווית)? הסבר.

(10 נקודות)

ד. מצא בעזרת הגרף את מסת העגלה M_0 . ($6\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 4/

2. חרוז קטן נע בתנועה מעגלית קצובה במישור אופקי בתוך חרוט שזווית הפתיחה שלו 2α (ראה תרשים). כל כוחות החיכוך זניחים.



א. (1) בנה תרשים של כל הכוחות הפועלים על החרוז ורשום ליד כל חץ את שם הכוח.

(2) ציין מי מפעיל כל כוח.

(7 נקודות)

ב. השתמש בחוקי ניוטון כדי לכתוב את שתי המשוואות הקובעות את תנועת החרוז: משוואה אחת לכיוון הרדיאלי ומשוואה אחת לכיוון האנכי. (8 נקודות)

ג. נתונה המהירות הקווית של החרוז, v . בטא בעזרתה את גובה מישור התנועה של החרוז, H (ראה תרשים). (8 נקודות)

ד. הראה כי אם החרוז יאבד (מסיבה כלשהי) אנרגיה קינטית, מישור התנועה שלו בתוך החרוט יהיה נמוך יותר (כלומר H יקטן). ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

ה. החרוז נע בתוך החרוט, כאשר נתון:

$\alpha = 30^o$

$H = 20\ cm$

חשב את:

(1) המהירות הקווית של החרוז.

(2) זמן המחזור של תנועת החרוז.

(6 נקודות)

/המשך בעמוד 5/

3. תלמידים עורכים ניסויים בהתנגשות של דסקיות על שולחן אופקי חלק. באחת הפעמים דסקית שהמסה שלה m_1 נעה במהירות v ופוגעת בדסקית נחה שהמסה שלה m_2 . אחרי ההתנגשות (המצחית) הדסקית הנחה מתחילה לנוע בכיוון התנועה של הדסקית הפוגעת. הנח כי ההתנגשות אלסטית.

א. נתונות המסות $m_2 = 50\ gr$, $m_1 = 25\ gr$
ומהירות הדסקית הפוגעת (m_1) $v = 0.3\ \frac{m}{s}$.
חשב את:

(1) מהירות הדסקית הפוגעת (m_1) לאחר ההתנגשות, u_1 (גודל וכיוון).

(2) מהירות הדסקית השנייה (m_2) לאחר ההתנגשות, u_2 (גודל וכיוון).

הסבר את חישוביך. (12 נקודות)

ב. פתח ביטוי עבור המהירות u_2 למקרה שהדסקית m_1 פוגעת בדסקית הנחה m_2 . בטא את תשובתך בעזרת m_1 , m_2 ו- v . (10 נקודות)

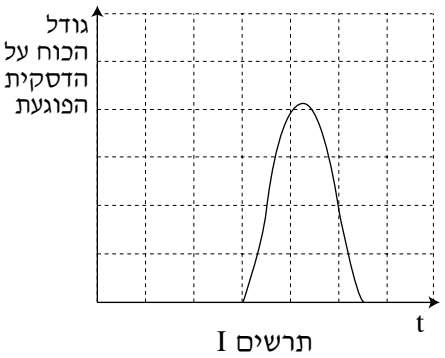
ג. הראה שכאשר $m_1 > m_2$ מהירות הדסקית m_2 אחרי ההתנגשות, u_2 , תהיה גדולה מן המהירות של הדסקית הפוגעת, v . (6 נקודות)

ד. לדסקית הפוגעת (m_1) מחובר חיישן כוח (שמסתו זניחה). גרף הכוח שפעל עליה בזמן ההתנגשות מתואר בתרשים I .

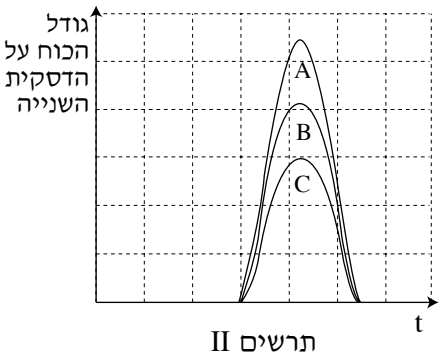
(1) קבע איזה מהגרפים A , B או C שבתרשים II מתאר נכון את גודלו של הכוח שפעל על הדסקית השנייה (m_2) כאשר $m_1 = m_2$.

(2) קבע איזה מהגרפים A , B או C שבתרשים II מתאר נכון את גודלו של הכוח שפעל על הדסקית השנייה (m_2) כאשר $m_1 > m_2$.

נמק את קביעותיך בשני המקרים.
($5\frac{1}{3}$ נקודות)



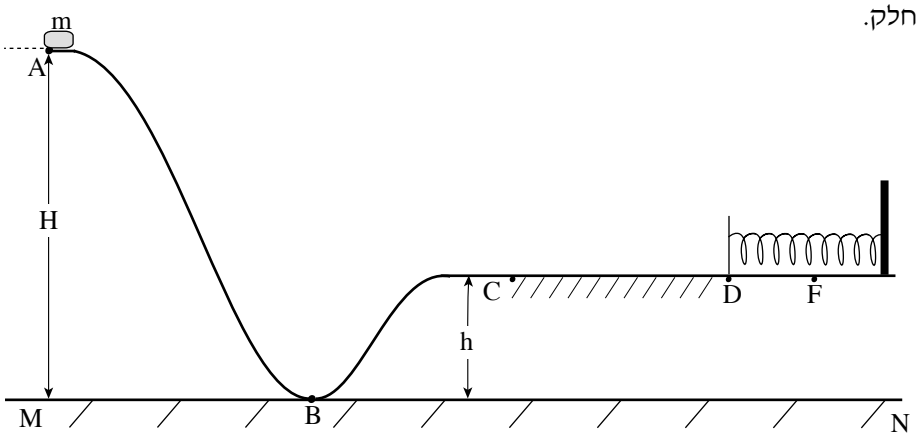
תרשים I



תרשים II

/המשך בעמוד 6/

4. בתרשים שלפניך מתוארת מסילה הנמצאת במישור אנכי ועליה נע גוף קטן שהמסה שלו m .
קטע המסלול ABC הוא חלק, והקטע האופקי CD מחוספס (מקדם החיכוך הקינטי μ_k).
בקצה הקטע CD נמצא קפיץ רפוי המחובר אל קיר. המשטח שהקפיץ מונח עליו הוא חלק.



הגוף משוחרר ממנוחה מהנקודה A (מגובה H ביחס למישור הייחוס MN) , ונע לאורך המסלול עד הנקודה F . בנקודה F הגוף עוצר עצירה רגעית לאחר שהוא מכווץ את הקפיץ.

א. הטבלה שלפניך מציגה את סוגי האנרגיה השונים של הגוף בכל אחת מהנקודות A , B , C , D , F שהוא עובר בהן לאורך המסילה.
העתק את הטבלה למחברתך וסמן בכל משבצת " + " אם האנרגיה המתאימה אינה מתאפסת, ו- " 0 " אם היא מתאפסת. ראה לדוגמה את העמודה של הנקודה A.
(8 נקודות)

הנקודה / האנרגיה	F	D	C	B	A
קינטית					0
פוטנציאלית כובדית יחסית למישור MN					+
פוטנציאלית אלסטית					0

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 7/

נתון: אורך הקטע CD הוא 1 m ; אורך הקטע DF הוא 0.1 m .

$\mu_k = 0.3$, $h = 1\,m$, $H = 3\,m$, $m = 1.5\,kg$.

ב. (1) חשב את מהירות הגוף בנקודה C בדרכו אל F .

(2) חשב את מהירות הגוף בנקודה D בדרכו אל F .

(8 נקודות)

ג. חשב את קבוע הקפיץ. (5 נקודות)

ד. אחרי העצירה בנקודה F , הגוף מתחיל לנוע בכיוון ההפוך ומתנתק מהקפיץ.

חשב עד איזה גובה יגיע הגוף לאחר שיתנתק מהקפיץ. (8 נקודות)

החליפו את הקפיץ בקפיץ אחר באותו אורך, אשר קבוע הקפיץ שלו גדול יותר, ושחררו שוב את הגוף ממנוחה מהנקודה A .

ה. האם הגובה שהגוף יגיע אליו לאחר שיתנתק מהקפיץ יהיה קטן מן הגובה שחישבת בסעיף ד, גדול ממנו או שווה לו? הסבר. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 8/

5. חללית שוגרה מכדור הארץ כדי לחקור את מערכת השמש. בשלב הראשון החללית נעה סביב השמש במסלול מעגלי. רדיוס המסלול שלה שווה לרדיוס המסלול של כדור הארץ סביב השמש.

הערה: בכל החישובים בשאלה זו תוכל להזניח את השפעת כדור הארץ ושאר כוכבי הלכת על החללית.

א. (1) המהירות הקווית של החללית שווה למהירות הקווית של כדור הארץ סביב השמש. הסבר מדוע.

(2) חשב את המהירות הקווית של החללית.

(10 נקודות)

בשנת 2005 התגלה במערכת השמש גוף דמוי כוכב לכת המכונה "אריס" (ERIS), שמרחקו מהשמש $1.01\cdot10^{10}\,\mathrm{km}$.

ב. בהנחה שאריס נע סביב השמש במסלול מעגלי, חשב את זמן המחזור שלו (בשנים).

(8 נקודות)

בזמן שהחללית נעה במסלולה סביב השמש, מפעילים ברגע מסוים את המנועים שלה. נתון שמסת החללית היא $800\,\mathrm{kg}$.

ג. חשב את האנרגיה המינימלית, E_0 , שיש להוסיף לחללית כדי שתעזוב את מערכת השמש. (9 נקודות)

רוצים לשגר את החללית ממסלולה סביב השמש אל אריס.

ד. קבע ללא חישוב מספרי, אם האנרגיה המינימלית שיש להוסיף לה לשם כך גדולה יותר מהאנרגיה E_0 שחישבת בסעיף ג, קטנה ממנה או שווה לה. הסבר את תשובתך. ($6\frac{1}{3}$ נקודות)

בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך

מדינת ישראל
משרד החינוך

סוג הבחינה: א. בגרות לבתי ספר על־יסודיים
ב. בגרות לנבחנים אקסטרניים
מועד הבחינה: קיץ תשס״ט, 2009
מספר השאלון: 917531, 653
נספח: נוסחאות ונתונים בפיזיקה ל־5 יח״ל

פיזיקה
מכניקה

לתלמידי 5 יחידות לימוד

הוראות לנבחן

א. משך הבחינה: שעה ושלושה רבעים (105 דקות).

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה:
בשאלון זה חמש שאלות, ומהן עליך לענות על שלוש שאלות בלבד.
לכל שאלה — $33\frac{1}{3}$ נקודות; $3 \times 33\frac{1}{3} = 100$ נקודות

ג. חומר עזר מותר בשימוש: (1) מחשבון.
(2) נספח נוסחאות ונתונים בפיזיקה המצורף לשאלון.

ד. הוראות מיוחדות:
(1) ענה על מספר שאלות כפי שהתבקשת. תשובות לשאלות נוספות לא ייבדקו (התשובות ייבדקו לפי סדר הופעתן במחברת הבחינה).
(2) בפתרון שאלות שנדרש בהן חישוב, רשום את הנוסחאות שאתה משתמש בהן. כאשר אתה משתמש בסימן שאינו בדפי הנוסחאות, כתוב במילים את פירוש הסימן. לפני שאתה מבצע פעולות חישוב, הצב את הערכים המתאימים בנוסחאות. רשום את התוצאה שקיבלת ביחידות המתאימות. אי־רישום הנוסחה או אי־ביצוע ההצבה או אי־רישום יחידות עלולים להפחית נקודות מהציון.
(3) כאשר אתה נדרש להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, רשום ביטוי מתמטי הכולל את נתוני השאלה או את חלקם; במידת הצורך אפשר להשתמש גם בקבועים בסיסיים, כגון תאוצת הנפילה החופשית g או קבוע הכבידה העולמי G.
(4) בחישוביך השתמש בערך $10\ \mathrm{m/s^2}$ לתאוצת הנפילה החופשית.
(5) כתוב את תשובותיך בעט. כתיבה בעיפרון או מחיקה בטיפקס לא יאפשרו ערעור. מותר להשתמש בעיפרון לסרטוטים בלבד.

כתוב במחברת הבחינה בלבד, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונך לכתוב כטיוטה (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).
רשום ״טיוטה״ בראש כל עמוד טיוטה. רישום טיוטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלול לגרום לפסילת הבחינה!

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

בהצלחה!

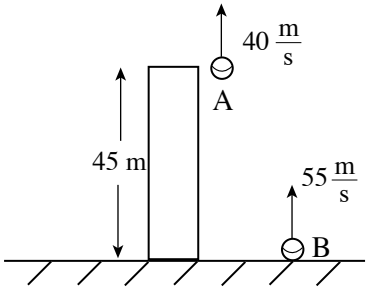
/המשך מעבר לדף/

ה ש א ל ו ת

ענה על שלוש מהשאלות 1-5.

(לכל שאלה — $33\frac{1}{3}$ נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו).

1. שני כדורים A ו- B נזרקו באותו רגע כלפי **מעלה**: כדור A נזרק מגג בניין שגובהו 45 מטר במהירות שגודלה 40 m/s , וכדור B — מרגלי הבניין במהירות שגודלה 55 m/s (ראה תרשים). כאשר כדור A נע כלפי מטה, הוא חולף סמוך לגג הבניין (ואינו פוגע בו). ברגע מסוים שני הכדורים חולפים זה ליד זה, בלי שהם מתנגשים. הזנח את התנגדות האוויר.



א. באיזה גובה מעל הקרקע שני הכדורים חולפים זה ליד זה? (8 נקודות)

ב. האם במהלך התנועה של שני הכדורים באוויר יש רגע שבו **וקטורי המהירות** שלהם שווים? אם כן — מצא רגע זה. אם לא — נמק. (7 נקודות)

ג. האם במהלך התנועה של שני הכדורים באוויר יש רגע שבו **הגודל** של המהירויות שלהם שווה? אם כן — מצא רגע זה. אם לא — נמק. (6 נקודות)

ציר מקום, y^* , "צמוד" לכדור B . ראשיתו של הציר בכדור B וכיוונו החיובי כלפי מעלה.

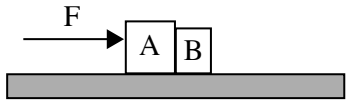
ד. מצא את תאוצת כדור A ביחס לציר y^* . (4 נקודות)

ה. מצא את המהירות של כדור A , ברגע זריקת הכדורים, ביחס לציר y^* . (4 נקודות)

ו. סרטט גרף של המקום של כדור A ביחס לציר y^* כפונקציה של הזמן, מרגע זריקת שני הכדורים עד הרגע שבו הם חולפים זה ליד זה. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 3/

2. שני גופים A ו- B צמודים זה לזה, ומונחים על משטח אופקי לא חלק. ברגע מסוים מפעילים על גוף A כוח אופקי קבוע, F , כמתואר בתרשים א, והגופים מתחילים לנוע ימינה.



תרשים א

א. האם הכוח שגוף A מפעיל על גוף B , בעת תנועת הגופים, גדול מהכוח שגוף B מפעיל על גוף A , קטן ממנו או שווה לו? נמק את תשובתך. (6 נקודות)

ב. נתון: $F = 13\,N$

$m_A = 3\,kg$

$m_B = 2\,kg$

מקדם החיכוך הקינטי בין כל גוף למשטח $\mu_k = 0.1$.

חשב את הכוח שגוף A מפעיל על גוף B . (10 נקודות)

ג. הכוח F פועל במשך כמה שניות בלבד. לאחר שכוח F מפסיק לפעול, מהו הכוח שגוף A מפעיל על גוף B ? פרט את תשובתך. (5 נקודות)

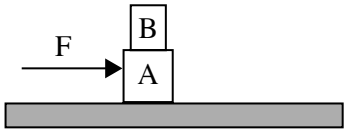
ד. לפניך שלושה היגדים (1)-(3). קבע מהו ההיגד הנכון, ונמק את תשובתך. (6 נקודות)

(1) ברגע שכוח F מפסיק לפעול, שני הגופים נעצרים מיד.

(2) אחרי שכוח F מפסיק לפעול, שני הגופים יעצרו כעבור אותו זמן (גדול מ- 0).

(3) אחרי שכוח F מפסיק לפעול, גוף A יעצור מוקדם יותר מגוף B .

ה. במקרה אחר, מדביקים את גוף B על גוף A (ראה תרשים ב). מפעילים על גוף A כוח השווה לכוח הנתון בסעיף ב.

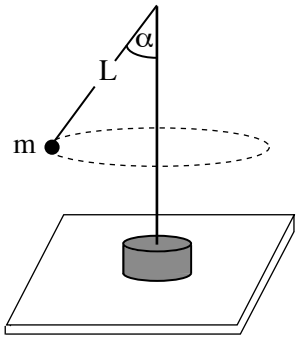


תרשים ב

האם תאוצת הגופים A ו- B במצב זה גדולה מתאוצת הגופים במצב המתואר בסעיף ב, שווה לה או קטנה ממנה? נמק את תשובתך. ($6\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 4/

3. אסף ערך ניסוי עם מנוע חשמלי בעל ציר אנכי. הוא חיבר לראש הציר חוט שאורכו L, ולקצה החוט קשר כדור קטן בעל מסה m. רדיוס הכדור קטן מאוד ביחס לאורך החוט. כאשר המנוע פועל, הכדור נע בתנועה מעגלית אופקית (ראה תרשים). אסף שינה כמה פעמים את תדירות הסיבוב f של הציר, ומדד בעבור כל תדירות את זווית הפריסה α של החוט.



תוצאות המדידות מוצגות בטבלה.

מדידה	1	2	3	4	5	6
f(Hz)	0.42	0.45	0.5	0.6	0.7	1
$\alpha(^o)$	18	32	45	63	70	80
$\frac{1}{f^2}(s^2)$						
$\cos\alpha$						

א. סרטט את תרשים הכוחות הפועלים על הכדור, ופתח בעזרתו ביטוי המתאר את $\cos\alpha$ כפונקציה של $\frac{1}{f^2}$. (10 נקודות)

ב. העתק את הטבלה למחברתך, השלם אותה (עגל את תוצאות החישוב עד שתי ספרות אחרי הנקודה העשרונית), וסרטט גרף של $\cos\alpha$ כפונקציה של $\frac{1}{f^2}$. (14 נקודות)

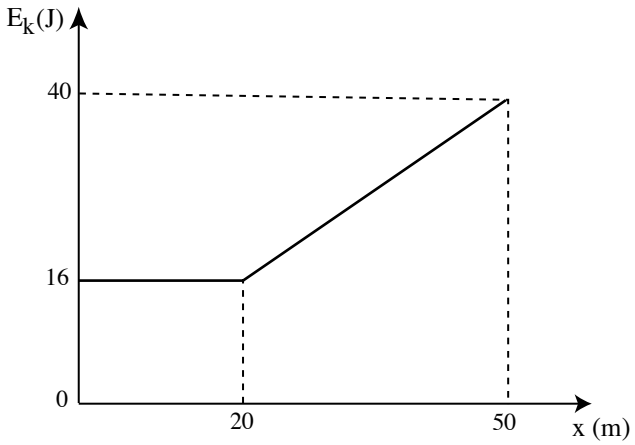
ג. חשב בעזרת שיפוע הגרף את אורך החוט, L. (6 נקודות)

ד. קבע על פי הגרף מהי התדירות המינימלית של סיבוב הציר שבה ינוע הכדור בתנועה מעגלית. ($3\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 5/

4. תיבה שמסתה 0.5 ק"ג נעה לאורך קו ישר על משטח אופקי מחוספס בכיוון החיובי של ציר ה- x . מקדם החיכוך הקינטי בין התיבה למשטח הוא $\mu_k = 0.1$. בזמן $t = 0$ הייתה התיבה בנקודה ששיעורה $x = 0$.

הגרף שבתרשים א מתאר את האנרגיה הקינטית, E_k , של התיבה כפונקציה של מיקומה, x , ב- 50 המטרים הראשונים של תנועתה.



תרשים א

א. האם במהלך 20 המטרים הראשונים של התנועה פועל על התיבה כוח אופקי בנוסף לכוח החיכוך? הסבר את תשובתך. (5 נקודות)

ב. במהלך תנועת התיבה מ- $x = 20\ m$ ל- $x = 50\ m$, פועל על התיבה כוח אופקי קבוע, F_1 , בנוסף לכוח החיכוך. חשב את גודל הכוח F_1 . (8 נקודות)

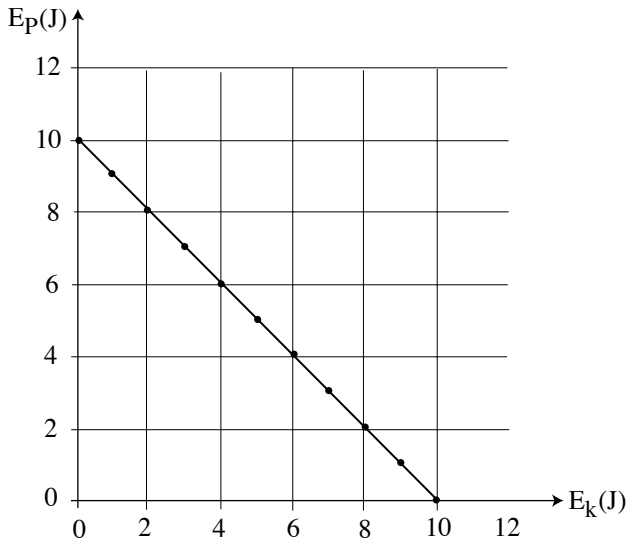
ג. הכוח F_1 הפסיק לפעול ברגע שהתיבה הגיעה ל- $x = 50\ m$. חשב את העבודה של כוח החיכוך בקטע התנועה מ- $x = 0$ עד שהתיבה נעצרת.
($8\frac{1}{3}$ נקודות)

ד. נניח שבקטע מ- $x = 20\ m$ ל- $x = 50\ m$, היו מפעילים על התיבה במקום את הכוח F_1 , כוח F_2 הנטוי בזווית α מעל האופק, כך שהרכיב האופקי שלו היה שווה ל- F_1 .
האם במקרה זה האנרגיה הקינטית של התיבה ב- $x = 50\ m$ הייתה שווה ל- / גדולה מ- / קטנה מ- 40 J? הסבר את תשובתך. (6 נקודות).

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 6/

ה. גוף קטן נע על פני משטח כלשהו. הגרף בתרשים ב מתאר את הקשר בין האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית של הגוף לבין האנרגיה הקינטית שלו.



תרשים ב

לפניך שלושה היגדים (1)-(3), המתארים את תנועת הגוף. כתוב אם הגרף שבתרשים ב מתאים או לא מתאים לכל אחד מההיגדים, והסבר מדוע. (6 נקודות)

(1) הגוף נע על משטח אופקי חלק בהשפעת כוח קבוע.

(2) הגוף נע במורד מישור משופע מחוספס.

(3) הגוף נופל חופשית.

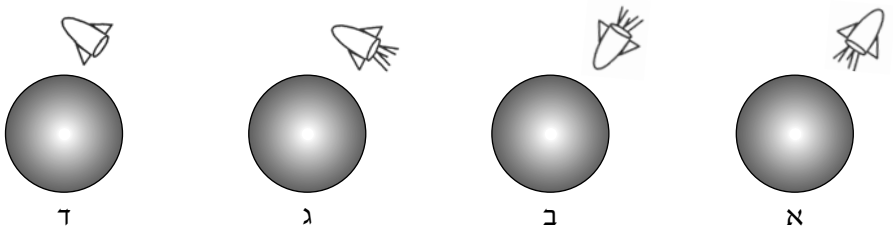
/המשך בעמוד 7/

5. אסטרונאוט בחללית רוצה לחקור כוכב לכת שצורתו כדורית.

א. בשלב מסוים של המחקר, האסטרונאוט בחללית נמצא במנוחה ביחס למרכז כוכב הלכת. איזה מהתרשימים א-ד שלפניך, מתאר נכון את מצב החללית ביחס לכוכב הלכת? נמק את תשובתך.

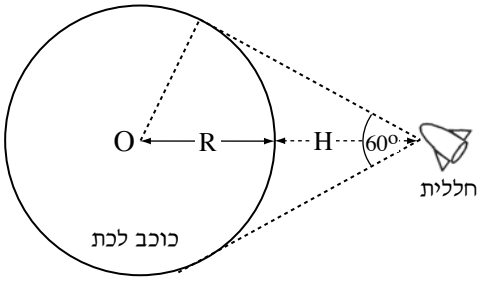
(שים לב: בתרשימים א-ג מנוע החללית פועל, ובתרשים ד מנוע החללית אינו פועל).

(7 נקודות)



האסטרונאוט מצא באמצעות מכשיר רָדָר כי החללית נמצאת בגובה $H = 10^7\ \text{m}$ מעל פני כוכב הלכת, וכי רואים את כוכב הלכת בזווית ראייה של 60^o .

O הוא מרכז כוכב הלכת (ראה תרשים ה).



תרשים ה

ב. חשב את הרדיוס, R , של כוכב הלכת.

(4 נקודות)

בעזרת מנוע החללית, האסטרונאוט מכניס את החללית לתנועה מעגלית סביב כוכב הלכת (בגובה H מעל פני הכוכב). האסטרונאט מצא כי זמן מחזור התנועה של החללית סביב כוכב הלכת הוא 150 דקות. הנח כי צפיפות כוכב הלכת אחידה.

ג. חשב את המסה של כוכב הלכת. (8 נקודות)

ד. חשב את גודל תאוצת הנפילה החופשית על פני כוכב הלכת. (8 נקודות)

ה. האם **במהלך התנועה המעגלית** נדרשת פעולת מנועי החללית כדי לקיים את התנועה המעגלית?

אם כן — הסבר את תפקיד המנועים. אם לא — הסבר מדוע התנועה המעגלית אפשרית בלי פעולת מנועי החללית.

($6\frac{1}{3}$ נקודות)

בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך

מדינת ישראל
משרד החינוך

סוג הבחינה: א. בגרות לבתי ספר על־יסודיים
ב. בגרות לנבחנים אקסטרניים
מועד הבחינה: קיץ תשס״ח, 2008
מספר השאלון: 917531, 653
נספח: נתונים ונוסחאות בפיזיקה ל־5 יח״ל

פ י ז י ק ה

מכניקה

לתלמידי 5 יחידות לימוד

הוראות לנבחן

א. <u>משך הבחינה</u>: שעה ושלושה רבעים (105 דקות).

ב. <u>מבנה השאלון ומפתח ההערכה</u>:
בשאלון זה חמש שאלות, ומהן עליך לענות על <u>שלוש</u> שאלות בלבד.
לכל שאלה — $33\frac{1}{3}$ נקודות; $3 \times 33\frac{1}{3} = 100$ נקודות

ג. <u>חומר עזר מותר בשימוש</u>: (1) מחשבון.
(2) נספח נתונים ונוסחאות בפיזיקה המצורף לשאלון.

ד. <u>הוראות מיוחדות</u>:
(1) ענה על מספר שאלות כפי שהתבקשת. תשובות לשאלות נוספות לא ייבדקו (התשובות ייבדקו לפי סדר הופעתן במחברת הבחינה).
(2) בפתרון שאלות שנדרש בהן חישוב, רשום את הנוסחאות שאתה משתמש בהן. כאשר אתה משתמש בסימן שאינו בדפי הנוסחאות, כתוב במילים את פירוש הסימן. לפני שאתה מבצע פעולות חישוב, הצב את הערכים המתאימים בנוסחאות. אי־רישום הנוסחה או אי־ביצוע ההצבה עלולים להפחית נקודות מהציון. רשום ביחידות המתאימות את התוצאה שקיבלת.
(3) כאשר אתה נדרש להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, רשום ביטוי מתמטי הכולל את נתוני השאלה או את חלקם; במידת הצורך אפשר להשתמש גם בקבועים בסיסיים, כגון תאוצת הנפילה החופשית g או קבוע הכבידה העולמי G.
(4) בחישוביך השתמש בערך $10\ \mathrm{m/s^2}$ לתאוצת הנפילה החופשית.
(5) כתוב את תשובותיך בעט. כתיבה בעיפרון או מחיקה בטיפקס לא יאפשרו ערעור. מותר להשתמש בעיפרון לסרטוטים בלבד.

כתוב <u>במחברת הבחינה בלבד</u>, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונך לכתוב <u>כטיוטה</u> (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).
רשום ״טיוטה״ בראש כל עמוד טיוטה. רישום טיוטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלול לגרום לפסילת הבחינה!

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

ב ה צ ל ח ה !

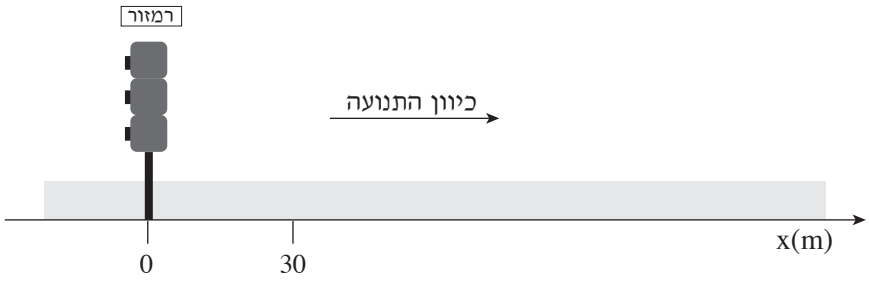
/המשך מעבר לדף/

ה ש א ל ו ת

ענה על שלוש מהשאלות 1-5.

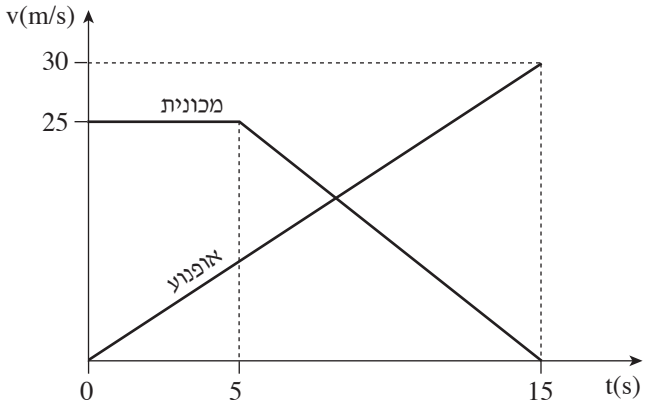
(לכל שאלה — $33\frac{1}{3}$ נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו).

1. בתרשים א מוצגים רמזור המוצב בצומת כבישים, וציר מקום x , שראשיתו ברמזור, והמשכו לאורך כביש ישר וכיוונו החיובי מצביע ימינה. על כביש זה, בנקודה ששיעורה 30 מטר = x, שוטר על אופנוע אורב לעברייני תנועה הנוסעים בכיוון התנועה. נהג מכונית שאינו מבחין שהאור ברמזור אדום, חוצה את הצומת ברגע $t = 0$. השוטר מבחין במכונית ומתחיל לנסוע בכיוון התנועה ברגע $t = 0$.



תרשים א

בתרשים ב מוצגות המהירויות של המכונית ושל האופנוע כפונקציה של הזמן.



תרשים ב

(שים לב: סעיפי השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 3

א. הראה כי תאוצת האופנוע היא $2\frac{m}{s^2}$, והסבר את המשמעות הפיזיקלית של המשפט "תאוצת האופנוע היא $2\frac{m}{s^2}$ ". (5 נקודות)

ב. חשב את תאוצת המכונית בפרק הזמן $t = 5\ s$ עד $t = 15\ s$ (ביחס לציר ה-x המוגדר בתרשים א), והסבר את המשמעות הפיזיקלית של התאוצה שקיבלת. (5 נקודות)

ג. איזה משני כלי הרכב מקדים את האחר ברגע $t = 15\ s$? נמק. (9 נקודות)

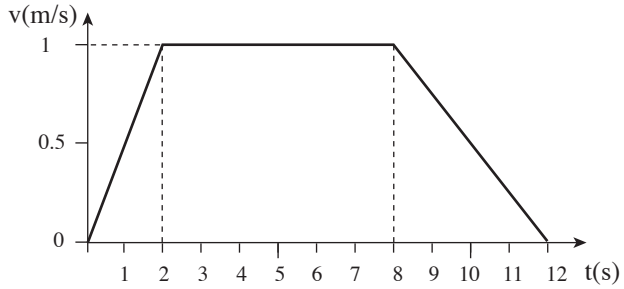
ד. כמה פעמים חלפו שני כלי הרכב זה על פני זה בפרק הזמן $t = 0$ עד $t = 15\ s$? הסבר. (4 נקודות)

ה. האם בפרק הזמן $t = 0$ עד $t = 15\ s$ המהירות הממוצעת של האופנוע גדולה מהמהירות הממוצעת של המכונית, קטנה ממנה או שווה לה? נמק. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

ו. מתי מהירות האופנוע שווה לזו של המכונית? (5 נקודות)

/המשך בעמוד 4/

2. לפניך גרף המתאר מהירות של מעלית כפונקציה של הזמן, במהלך תנועתה מקומת הקרקע לקומה העליונה. מהירות המעלית נקבעה ביחס לציר מקום שכיוונו החיובי מצביע כלפי מעלה.



א. חשב את הגובה של הקומה העליונה (הנח כי קומת הקרקע בגובה אפס).
(9 נקודות)

ב. צופה א, הנמצא במעלית, תלה אבטיח שמסתו 5 ק"ג על דינמומטר שבידו, וקרא את הוראת הדינמומטר (כלומר הוא שקל את האבטיח) בכל אחד משלושת פרקי הזמן: $0 < t < 2\ s$, $2\ s < t < 8\ s$, $8\ s < t < 12\ s$.
מצא את הוראת הדינמומטר (כלומר את תוצאות השקילה של האבטיח) בכל אחד משלושת פרקי הזמן. (12 נקודות)

ג. אילו היה נקרע כבל המעלית, המעלית הייתה נופלת נפילה חופשית.
מה הייתה הוראת הדינמומטר במהלך הנפילה החופשית של המעלית? נמק.
(7 נקודות)

(שים לב: סעיף ד של השאלה בעמוד הבא.)

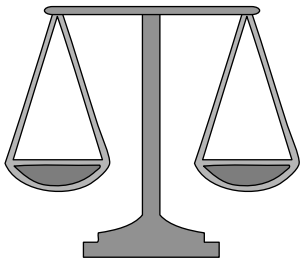
/המשך בעמוד 5/

ד. ענה על אחד מהתת־סעיפים (1) **או** (2). ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

(1) צופה ב, הניצב על הקרקע, שוקל אבטיח אחר, שגם מסתו 5 ק"ג, באמצעות דינמומטר. הוא מוצא שמשקל האבטיח שבידו שונה מהמשקל של האבטיח שמדד צופה א (הנמצא במעלית), בפרק הזמן $0 < t < 2\ s$, אף על פי שהמסות של שני האבטיחים שוות.

בעזרת עקרון השקילות (עקרון האקוויוולנציה), כיצד צופה ב יכול להסביר שתוצאת השקילה של צופה א שונה מתוצאת השקילה שלו?

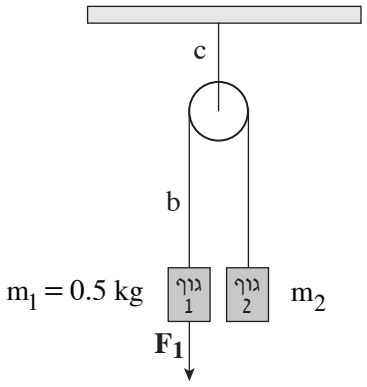
(2) נניח שלפני עליית המעלית המתוארת בגרף, היה צופה א (הנמצא במעלית) מניח את האבטיח על כף אחת של מאזניים שווי־כפות (ראה תרשים), ועל הכף השנייה הוא היה מניח משקולת של 5 ק"ג, כך שהמאזניים היו מאוזנים.



האם במהלך עליית המעלית היה מופר שיווי־המשקל של מאזני הכפות? נמק.

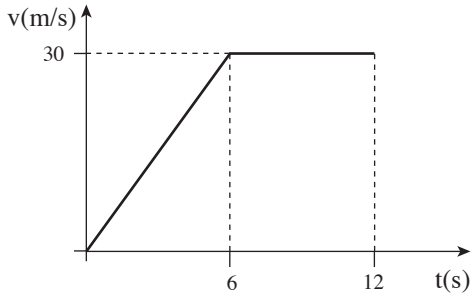
/המשך בעמוד 6/

3. שני גופים, 1 ו-2 , קשורים זה לזה באמצעות חוט b הכרוך סביב גלגלת, הקשורה אל התקרה באמצעות חוט c . מסת גוף 1 היא $m_1 = 0.5\ kg$ (ראה תרשים א).
מסות החוטים, מסת הגלגלת וכן כוחות חיכוך כלשהם ניתנים להזנחה.
במשך 6 שניות מפעילים על גוף 1 כוח קבוע שגודלו F_1 , וכיוונו כלפי מטה.



תרשים א

בתרשים ב מוצג גרף המתאר את מהירות גוף 1 (ביחס לציר מקום שכיוונו החיובי כלפי מטה) החל מרגע $t = 0$, הרגע שבו הכוח $\mathbf{F_1}$ החל לפעול, עד הרגע $t = 12\ s$.



תרשים ב

א. מצא את מסת גוף 2 , m_2 . הסבר את תשובתך. (8 נקודות)

ב. חשב את גודל הכוח F_1 . (9 נקודות)

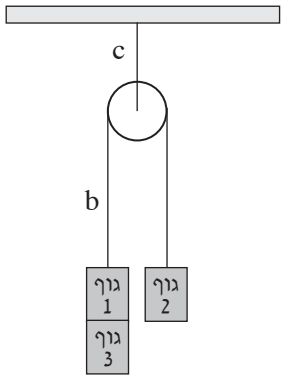
ג. חשב את המתיחות בחוט b ב- 6 השניות הראשונות של התנועה. (6 נקודות)

ד. חשב את המתיחות בחוט c ב- 6 השניות הראשונות של התנועה. (5 נקודות)

(שים לב: סעיף ה של השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 7/

ה. מביאים את המערכת למצב מנוחה. לגוף 1 מדביקים גוף 3 שמשקלו שווה לכוח $\mathbf{F_1}$, ומשחררים את המערכת ממנוחה (ראה תרשים ג).

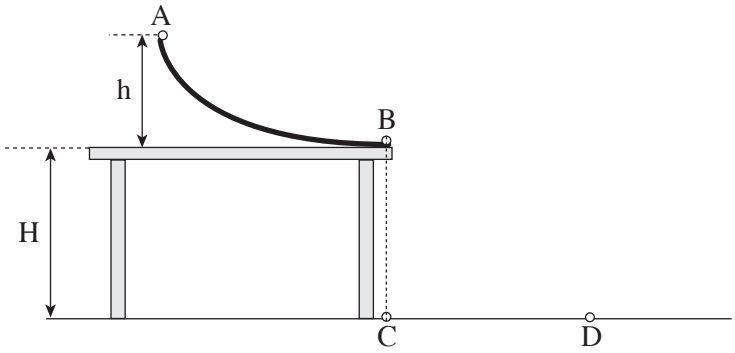


תרשים ג

המערכת מתחילה לנוע. כעבור 6 שניות מתחילת תנועתה, גוף 3 ניתק מגוף 1 .
האם הגרף מהירות-זמן של גוף 1 במצב זה זהה לגרף מהירות-זמן המסורטט בתרשים ב או שונה ממנו? נמק. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 8/

4. בתרשים שלפניך מוצגת מסילה חלקה AB הניצבת על פני שולחן הניצב על רצפה. גובה קצה המסילה A מעל פני השולחן הוא $h = 45\ cm$, וגובה פני השולחן מעל הרצפה הוא $H = 80\ cm$. קצה המסילה B הוא אופקי. הנקודה C היא היטל הנקודה B על הרצפה. התנגדות האוויר ניתנת להזנחה.



משחררים כדור קטן ("כדור 1") ממנוחה מהנקודה A. הכדור מחליק לאורך המסילה (ללא גלגול), ניתק ממנה בנקודה B, ופוגע ברצפה בנקודה D.

א. בסעיף זה התייחס לקטע של תנועת כדור 1 מ־ B ל־ D.
מהו סוג התנועה בכיוון האופקי בקטע תנועה זה (שוות־מהירות, שוות־תאוצה, תנועה אחרת), ומהו סוג התנועה בכיוון האנכי בקטע תנועה זה (שוות־מהירות, שוות־תאוצה, תנועה אחרת)? נמק את תשובותיך. (8 נקודות)

ב. חשב את המרחק CD. (8 נקודות)

ג. הכדור מתנגש ברצפה התנגשות אלסטית (לחלוטין). מהו הגובה המרבי מעל הרצפה שאליו יגיע הכדור לאחר ההתנגשות ברצפה בנקודה D? נמק את תשובתך.
(6 נקודות)

ד. במקרה שני מניחים על קצה המסילה, B, את "כדור 2" שמסתו זהה לזו של כדור 1. גם הפעם משחררים את כדור 1 ממנוחה מהנקודה A. כדור 1 מחליק לאורך המסילה ומתנגש בכדור 2 התנגשות פלסטית (כלומר הגופים נדבקים זה לזה).
חשב את המרחק בין נקודת הפגיעה של הכדורים ברצפה ובין הנקודה C. (8 נקודות)

ה. במקרה שלישי מניחים על קצה המסילה, B, את "כדור 3" שמסתו זהה לזו של כדור 1. גם הפעם משחררים את כדור 1 ממנוחה מהנקודה A. כדור 1 מחליק לאורך המסילה, ומתנגש בכדור 3 התנגשות מצח (חד־ממדית) אלסטית (לחלוטין).
האם ייתכן שכדור 3 יפגע ברצפה במרחק גדול יותר מהמרחק CD? נמק.
($3\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 9/

5. לרשות תלמיד שני קפיצים: קפיץ א שקבוע הכוח שלו $k_1 = 100\ \text{N/m}$,
וקפיץ ב שקבוע הכוח שלו $k_2 = 50\ \text{N/m}$. הנח כי מסות הקפיצים ניתנות להזנחה.

א. הסבר את המשמעות של הנתון — קבוע הכוח של קפיץ א הוא $k_1 = 100\ \text{N/m}$.
(6 נקודות)

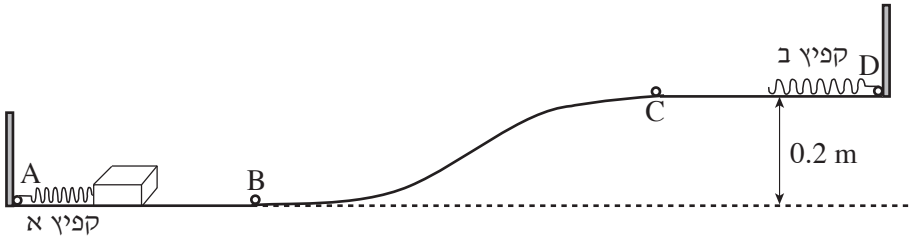
ב. שני תלמידים מושכים את הקצוות של קפיץ א — כל תלמיד מושך בקצה אחר,
בכוח שגודלו $50\ \text{N}$.
מה תהיה התארכות הקפיץ (מעבר למצבו הרפוי)? (5 נקודות)

ג. התלמיד קשר לנָו הקבוע לקיר את אחד הקצוות של קפיץ א, ואת הקצה האחר
קשר לאחד הקצוות של קפיץ ב. את הקצה החופשי של קפיץ ב הוא משך בכוח
שגודלו $25\ \text{N}$.

(1) מה הם הגדלים של הכוחות הפועלים בכל אחד משני הקצוות של קפיץ א,
ומה הם הכוחות הפועלים בכל אחד משני הקצוות של קפיץ ב? נמק. (6 נקודות)

(2) מהי ההתארכות של כל אחד משני הקפיצים (מעבר למצבם הרפוי)? (6 נקודות)

ד. בתרשים שלפניך מסלול <u>חסר חיכוך</u> ABCD. הקטעים AB ו- CD אופקיים.
הגובה של הקטע CD מעל AB הוא $0.2\ \text{m}$. קפיץ א מונח על הקטע AB , ואחד
מקצותיו קשור לנקודה A . קפיץ ב מונח על הקטע CD , ואחד מקצותיו קשור
לנקודה D. שני הקפיצים ניתנים לכיווץ. תלמיד מכווץ את קפיץ א ב- $0.2\ \text{m}$, מצמיד
לקצהו החופשי תיבה שמסתה $0.4\ \text{kg}$ (ראה תרשים), ומשחרר אותה ממנוחה. הנח כי
התיבה החליקה לאורך המסלול בלי להתנתק ממנו.



האם התיבה הגיעה לקפיץ ב? אם לא — נמק. אם כן — חשב את שיעור הכיווץ המרבי
של קפיץ ב לאחר שהתיבה התנגשה בו. ($10\frac{1}{3}$ נקודות)

בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך

פרק 17

הכוח החשמלי - חוק קולון- לפי המיקוד של 2026 לא תהיה שאלה עם שימוש בסופרפוזיציה אבל מומלץ להכיר את הנושא

הכוח החשמלי - חוק קולון 301

הכוח החשמלי - חוק קולון:

שאלות:

חוק קולון:

1) אלקטרון ופרוטון

אלקטרון ופרוטון נמצאים במרחק של 3A אחד מהשני.
מהו הכוח הפועל על כל אחד מהם? (גודל וכיוון).

2) שני מטענים על ציר ה-X

שני גופים טעונים במטענים: $q_1 = 0.2mc, q_2 = 0.3mc$.

מיקום הגוף הראשון הוא: $\vec{r}_1(3m,0)$ ומיקום הגוף השני הוא: $\vec{r}_1(8m,0)$.

א. חשב את הכוח החשמלי הפועל על כל גוף גודל וכיוון.

ב. מהי תאוצת כל גוף באותו הרגע אם מסותיהן הן: $m_1 = 3kg, m_2 = 8kg$.

3) שני מטענים במישור

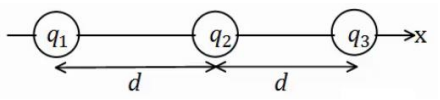
שני גופים טעונים במטענים: $q_1 = 15\mu c, q_2 = -20\mu c$.

מיקום הגוף הראשון הוא: $\vec{r}_1(0,0)$ ומיקום הגוף השני הוא: $\vec{r}_1(5m,3m)$.

א. חשב את הכוח החשמלי הפועל על כל גוף גודל וכיוון.

ב. מהי תאוצת כל גוף באותו הרגע אם מסותיהן הן: $m_1 = 3kg, m_2 = 8kg$.

4) 3 מטענים על ציר ה-X



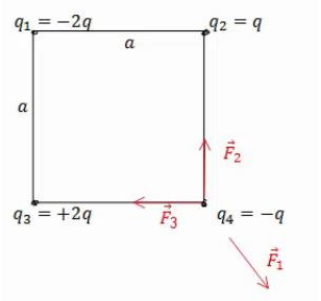
שלושה מטענים מונחים על ציר ה-x במרווחים של $d = 10cm$ אחד מהשני.

גודל המטענים הוא: $q_1 = 2\mu c, q_2 = -10\mu c, q_3 = 5\mu c$.

מצא את הכוח הפועל על כל מטען גודל וכיוון.

תרגילים:

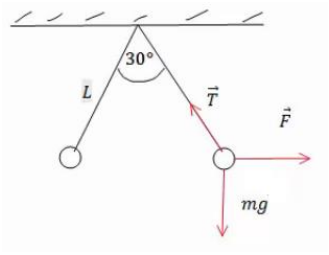
5) מטען בפינת ריבוע



חשב את הכוח הפועל על המטען בפינה הימנית התחתונה של הריבוע.

q ו-a נתונים.

6) שני כדורים תלויים

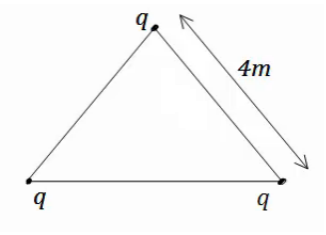


שני כדורים בעלי מסה m ומטען זהה תלויים מהתקרה ע"י חוטים בעלי אורך L , הזווית בין החוטים היא 30 מעלות.
מצא את מטען הכדורים.

7) מהירות זוויתית באטום המימן

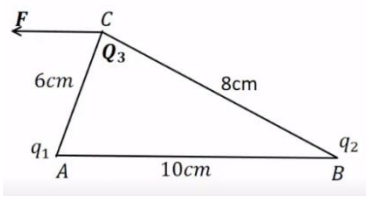
אטום המימן מורכב מפרוטון בגרעין ואלקטרון הסובב סביב הגרעין בתנועה מעגלית ברדיוס של 0.53 אנגסטרום.
מצא את המהירות הזוויתית של האלקטרון, אם ידוע כי מסת האלקטרון היא: $m_e = 9.1\cdot10^{-31}kg$ ומטען האלקטרון והפרוטון הוא: $q_e = -1.6\cdot10^{-19}c = -q_p$.

8) מטענים בקודקודי משולש



שלושה מטענים זהים נמצאים על קודקודיו של משולש שווה צלעות. גודל כל מטען הוא $q = 2\mu c$ ואורך צלע המשולש היא $4m$.
מצא את הכוח שמרגיש כל מטען כתוצאה מהמטענים האחרים.

9) נחש את סימן המטענים



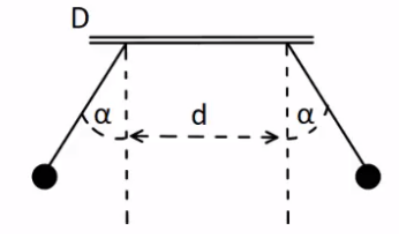
שני מטענים נקודתיים ממוקמים בקודקודי משולש ישר זווית, בקצוות המיתר AB.
נתון כי: $|q_1| = 3\mu c$ $Q_3 = 3\mu c$ והכוח השקול F הפועל על Q_3 פועל בכיוון אופקי שמאלה במקביל לצלע AB. בהזנחת כוח הכובד:

א. מהם סימני המטענים q_1 ו- q_2? נמק.

ב. חשב את מטען q_2 אם הזווית $\measuredangle ACB$ היא זווית ישרה.

ג. מהו גודלו של הכוח השקול F?

10) שני מטענים תלויים



שני כדורים שמסתם זהות $m = 8gr$ ומטען זהה q, תלויים באמצעות חוטים משתי נקודות שהמרחק בניהם הוא $d = 2cm$.
נתון: $\alpha = 30°$ ו- $l = 3cm$.
בטא את גודל המטען q באמצעות α , m , l , d
וחשב את גודל המטען q.

תשובות סופיות:

1) $F=-2.56\cdot10^{9}\,\mathrm{N}$, כוח המשיכה.

2) א. שניהם נעים בכיוונים הפוכים, ב- $F=21.6\mathrm{N}$. ב. $a_1=-7.2\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{sec}^2}\hat{x}$, $a_2=2.7\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{sec}^2}\hat{x}$.

3) א. $\theta_1=30.96°,\ \theta_2=210.96°$, $|\mathrm{F}_1|=|\mathrm{F}_2|=7.94\cdot10^{-2}\,\mathrm{N}$ ב. $a_1\approx2.65\cdot10^{-2}\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{sec}}$.

4) $\sum\vec{\mathrm{F}}_1=42.75\mathrm{N}\hat{x}$, $\sum\vec{\mathrm{F}}_2=27\mathrm{N}\hat{x}$, $\sum\vec{\mathrm{F}}_1=15.75\mathrm{N}\hat{x}$.

5) $\sum\mathrm{F}_y=\frac{\mathrm{kq}^2}{a^2}\left(1-\frac{1}{\sqrt{2}}\right)$.

6) $\mathrm{q}=\sqrt{\frac{\mathrm{mg}}{\mathrm{k}}\tan(15)\mathrm{L}^2\left(2-\sqrt{3}\right)}$.

7) $\omega=\sqrt{17}\cdot10^{16}\frac{1}{\mathrm{sec}}$.

8) $\sum\mathrm{F}=3.897\cdot10^{-3}\,\mathrm{N}$.

9) א. q_1 : שלילי, q_2 : חיובי. ב. $\mathrm{q}_2=7.11\mu\mathrm{c}$. ג. $\sum\mathrm{F}_x=37.5\mathrm{N}$.

10) $\mathrm{q}=\sqrt{\frac{\mathrm{mg}\tan\alpha}{\mathrm{k}}\left(\mathrm{d}+2\mathrm{l}\sin\alpha\right)}$, $\mathrm{q}\approx5.2\cdot10^{-8}\mathrm{c}$.

פרק 18

השדה החשמלי-לפי המיקוד של 2026 לא תהיה שאלה עם שימוש בסופרפוזיציה אבל מומלץ להכיר את הנושא

השדה החשמלי 304

השדה החשמלי:

שאלות:

שדה חשמלי של מטענים נקודתיים:

1) שדה בשתי נקודות

מטען q נמצא בראשית הצירים.

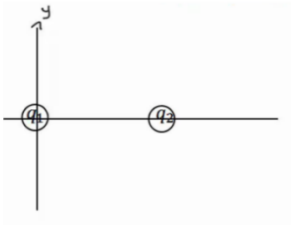
א. חשב את השדה בנקודות: $(1m,3m),(0,2m)$, אם נתון ש- $q=5c$ (גודל וכיוון).

ב. חזור על סעיף א' אם: $q=-7c$.

ג. מצא מה יהיה הכוח על מטען $q_2=3c$ המגיע לנקודה: $(1m,3m)$ עבור סעיף א'.

ד. מצא מה יהיה הכוח על מטען $q_3=-4c$ המגיע לנקודה: $(1m,3m)$ עבור סעיף א' ללא q_2.

2) חישוב שדה שקול בשלוש נקודות



מטען $q_1=5\mu c$ נמצא בראשית הצירים.

מטען $q_2=4\mu c$ נמצא במיקום: $(3cm,0)$.

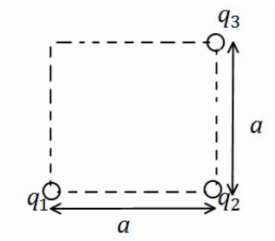
מצא את השדה בנקודות הבאות:

א. $(5cm,0)$.

ב. $(2cm,0)$.

ג. $(2cm,1cm)$.

3) חישוב שדה שקול בפינה של ריבוע

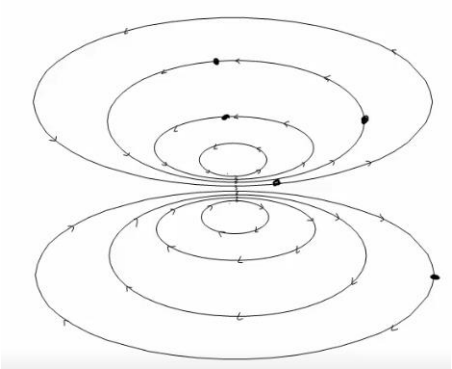


מטענים: q_1 , q_2 , q_3 נמצאים בשלוש פינותיו של ריבוע בעל צלע a.

מהו השדה בפינה הרביעית?

a , q_3 , q_2 , q_1 נתונים.

4) קווי שדה



באיור הבא מתוארים קווי שדה במרחב.

צייר איכותית את וקטור השדה החשמלי בכל הנקודות המסומנות.

תרגילים נוספים:

5) חלקיק על קו שדה

חלקיק מתחיל לנוע ממנוחה במרחב בו קיים שדה חשמלי.
האם החלקיק ימשיך לנוע לאורך קו השדה עליו היה בתחילת התנועה לעד?

6) יחידות של השדה

תלמיד טען שניתן לרשום את היחידות של השדה החשמלי גם כג׳אול לקולון למטר.
האם התלמיד צודק?

7) קווי שדה חוצים זה את זה

תלמיד טען שקווי השדה של שני מטענים במרחב חוצים זה את זה?
האם הדבר אפשרי? אם כן, אילו מטענים יקיימו טענה זו?

8) שדה מתאפס

בתוך אזור מבודד נמצאים שני מטענים במיקומים שונים. גודל המטענים זהה וסימנם אינו ידוע. קבעו האם המטענים בעלי סימן זהה או סימן הפוך אם ידוע שקיימת נקודה במרחב שבה השדה מתאפס. הניחו שאין עוד מטענים במרחב.

9) גוף מרגיש שדה

גוף קטן הנושא מטען של: $-5\cdot10^{-9}\text{C}$ חשב בכוח חשמלי שגודלו: $4\cdot10^{-8}\text{N}$
כלפי מטה. הניחו שכוח הכובד זניח.

א. מהו השדה החשמלי בנקודה בה נמצא הגוף?
ב. מה יהיה הכוח על פרוטון שיהיה באותה הנקודה?

10) שדה מתאפס בין שני מטענים

שני מטענים: $q_1=3\cdot10^{-9}\text{C}$ ו-$q_2=-5\cdot10^{-9}\text{C}$ מרוחקים 1.8m זה מזה.
באיזו נקודה מתאפס השדה החשמלי על הקו המחבר בין המטענים?

11) שדה בכמה נקודות

מטען: $q_1=4\cdot10^{-6}\text{C}$ נמצא בראשית. מטען אחר של: $q_2=-2\cdot10^{-9}\text{C}$ נמצא בנקודה $(1,2)$ במטרים.
חשבו את השדה השקול בנקודות הבאות:

א. $(0,2)$
ב. $(-1,-2)$
ג. $(-1,-4)$*

12) שני כדורים תלויים בשדה חיצוני

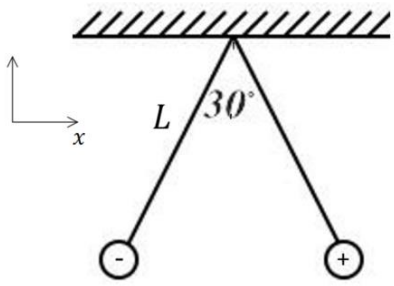
שני כדורים קטנים תלויים מהתקרה באמצעות חוטים זהים באורך: $L = 8\text{cm}$.

מסת הכדורים זהה ושווה ל- 4gr, מטעני הכדורים הם: $6\cdot10^{-8}\text{C}$

ו- $-6\cdot10^{-8}\text{C}$, המטען החיובי על הכדור הימני באיור.

בכל המרחב יש שדה חשמלי אחיד בכיוון ציר x.

מה צריך להיות גודל השדה כך שהכדורים יהיו במצב שיווי משקל בזווית של 30 מעלות בינהם?



תשובות סופיות:

1) א. $\vec{E}=1.42\cdot10^9\hat{x}+4.27\cdot10^9\hat{y}$ ב. $\vec{E}=6.3\cdot10^9\hat{x}+15.75\cdot10^9\left(-\hat{y}\right)$

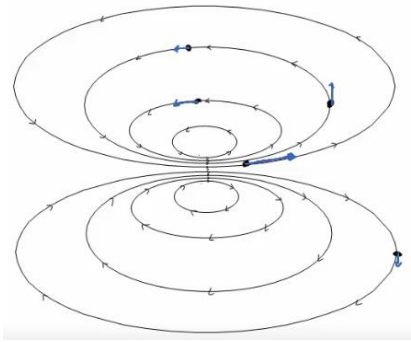
ג. $\vec{F}=4.26\cdot10^9\hat{x}+12.81\cdot10^9\hat{y}$ ד. $\vec{F}_3=-4\cdot\left(1.42\cdot10^9\hat{x}+4.27\cdot10^9\hat{y}\right)$

2) $E_{1_x}=8.05\cdot10^7,\ E_{1_y}=4.03\cdot10^7,\ E_{2_x}=-12.73\cdot10^7,\ E_{2_y}=12.73\cdot10^7$

$E_{T_x}=-4.68\cdot10^7,\ E_{T_y}=16.77\cdot10^7$

3) $E_{T_y}=\frac{kq_1}{a^2}+\frac{kq_2}{2a^2}\cdot\frac{1}{\sqrt{2}},\ E_{T_x}=\frac{kq_3}{a^2}-\frac{kq_2}{2a^2}\cdot\frac{1}{\sqrt{2}}$

4)



5) לא.

6) כן.

7) לא.

8) זהה.

9) א. $8\frac{N}{C}$, למעלה. ב. $1.28\cdot10^{-18}N$, כלפי מעלה.

10) $x_2=-6.19$

11) א. $\vec{E}=18\hat{x}+9\hat{y}$ ב. $\vec{E}=-2.82\hat{x}-5.63\hat{y}\frac{N}{C}$

ג. $\vec{E}=-0.37\hat{x}-1.63\hat{y}$

12) $4.94\cdot10^5\frac{N}{C}$

פרק 19

חוק גאוס (ברמה איכותית בלבד מספיק לרמה של הבגרות)- לפי המיקוד של 2026 הנושא לא יהיה אבל מומלץ לעבור עליו ברפרוף

הסבר 308

חוק גאוס:

רקע:

הקבוע הדיאלקטרי של הריק:

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8.85\frac{c^2}{N\cdot m^2}$$

ניתן לרשום את כל הנוסחאות עם k או עם ε_0 .

השדה של כדור וקליפה כדורית מחוץ לכדור או הקליפה הוא כמו של מטען נקודתי:

$$E = \frac{kQ}{r^2}$$

כאשר:

Q - הוא סך כל המטען

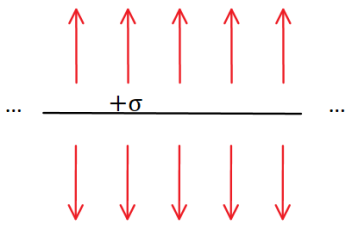
r - הוא המרחק ממרכז הקליפה/כדור

כיוון השדה הוא בכיוון הרדיאלי (כמו מטען נק')

בקליפה דקה ובכדור מוליך השדה בתוך הקליפה/כדור מוליך הוא אפס.

השדה של מישור אינסופי:

$$E = 2\pi k\sigma = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$

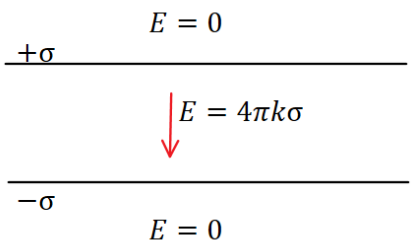


כאשר:

σ - היא צפיפות המטען ליחידת שטח במישור $(\sigma = \frac{Q}{S})$

כיוון השדה במאונך למישור (החוצה מהמישור עבור מטען חיובי וכלפי המישור עבור מטען שלילי)

השדה של שני מישורים אינסופיים עם צפיפות הפוכה הוא $4\pi k\sigma$ בין המישורים ואפס מחוץ



השדה של תיל אינסופי:

$$E = \frac{2k\lambda}{r}$$

כאשר:

λ - היא צפיפות המטען ליחידת אורך בתיל $(\lambda = \frac{Q}{L})$

r - הוא המרחק מהתיל

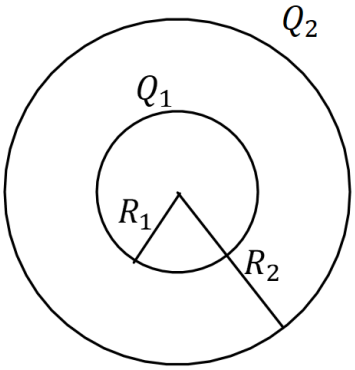
אותה הנוסחה גם עבור גליל מלא או קליפה גלילית אינסופיים מחוץ לגליל או לקליפה.

בקליפה גלילית דקה ובגליל מלא מוליך השדה בתוך הקליפה/גליל מוליך הוא אפס.

כיוון השדה הוא בכיוון הרדיאלי (גלילי)

שאלות:

1) שתי קליפות קונצנטריות

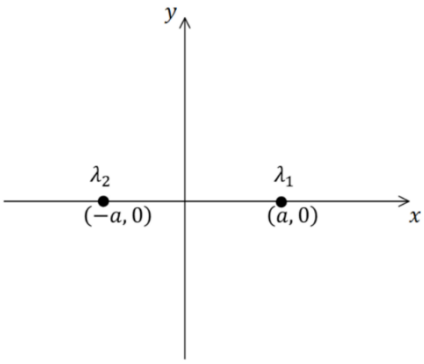


במערכת הבאה שתי קליפות (חלולות) בעלות מרכז משותף (קונצנטריות). רדיוס הקליפה הפנימית הוא $R_1 = 3cm$ והמטען עליה הוא $Q_1 = 2\mu C$,
רדיוס הקליפה החיצונית הוא $R_2 = 6cm$
והמטען עליה הוא $Q_2 = 5\mu C$.

א. חשבו את פונקציות השדה החשמלי בכל המרחב.
רמז: סופרפוזיציה.

ב. מה הכוח (גודל וכיוון) שירגיש מטען בגודל $Q_3 = 0.03\mu C$ הנמצא במרחק $r = 8cm$ ממרכז הכדור?

2) שני תיילים מקבילים



שני תיילים ארוכים מאוד טעונים בצפיפויות מטען זהות, $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda$, מונחים במקביל לציר z בנקודות $(a, 0)$ ו- $(-a, 0)$.

א. מצאו את השדה בנקודה כלשהיא על ציר הy.

ב. חזרו על סעיף א עבור $\lambda_1 = -\lambda_2 = \lambda$.

תשובות:

1) א.

$$E=\begin{cases}\dfrac{63\cdot10^3\ \frac{N\cdot m^2}{C}}{r^2} & 6cm<r\\ \dfrac{18\cdot10^3\ \frac{N\cdot m^2}{C}}{r^2} & 3cm<r<6cm\\ 0 & r<3cm\end{cases}$$

בכיוון רדיאלי.

ב. 0.295N בכיוון רדיאלי.

2) א. $\vec{E}=\dfrac{4k\lambda y}{y^2+a^2}\hat{y}$

ב. $\vec{E}=-\dfrac{4k\lambda y}{y^2+a^2}\hat{x}$

פרק 20

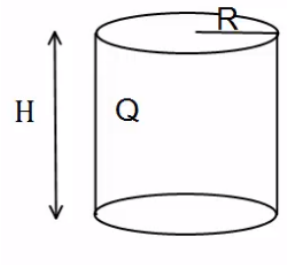
חוק גאוס (ברמה כמותית ובהרחבה מעבר לרמה הנדרשת בבגרות)

חוק גאוס 311

חוק גאוס:

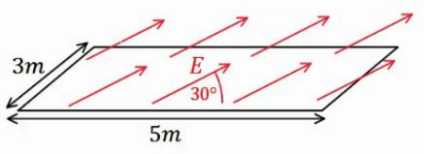
שאלות:

1) גליל עם חור



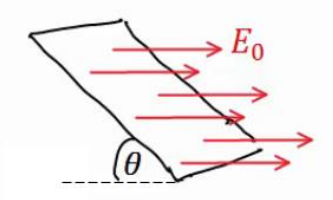
גליל בעל רדיוס R וגובה H, טעון במטען Q המתפלג בצורה אחידה.
קודחים בגליל חור ברדיוס $r < R$, לכל אורכו.
מהו המטען שיצא מהגליל?
(נוסחה לנפח גליל: $\pi r^2 h$).

2) שדה באלכסון



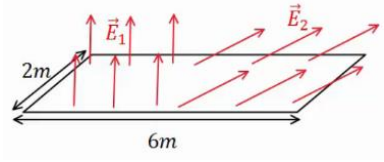
באיור הבא נתון כי השדה החשמלי על המשטח זהה בכל נקודה (שדה אחיד).
גודלו הוא: $E = 2\frac{N}{c}$ והזווית בינו למשטח היא $30°$.
אורך המשטח הוא $5m$ ורוחבו הוא $3m$.
מצא מהו השטף דרך המשטח.

3) משטח באלכסון



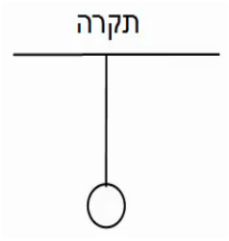
שדה חשמלי אחיד נמצא בכל המרחב בכיוון ציר ה-x,
גודלו הוא E_0.
מצא מה השטף דרך משטח המונח בזווית θ ביחס לציר ה-x.
אורך המשטח הוא a ורוחבו הוא b.

4) שדה מפוצל



באיור הבא נתון כי השדה החשמלי על המשטח,
בחציו השמאלי, הוא: $\vec{E}_1 = 2\frac{N}{c}\hat{y}$ (שדה אחיד).
בחציו הימני של המשטח, השדה הוא: $\vec{E}_2 = 7\frac{N}{c}\hat{x} + 3\frac{N}{c}\hat{y}$.
אורך המשטח הוא $6m$ ורוחבו הוא $2m$.
מצא מהו השטף דרך המשטח.

5) מישור מתחת לכדור תלוי



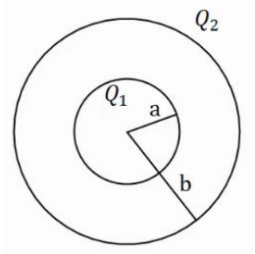
כדור בעל מסה: $m=5kg$ ומטען: $Q=20\mu c$ תלוי באמצעות חוט מהתקרה. מתחת לכדור ישנו מישור אינסופי בעל צפיפות מטען משטחית: $\sigma=-\frac{30\mu c}{m^3}$.

א. מצא את המתיחות בחוט.

ב. מצא את המתיחות בחוט אם: $\sigma=+\frac{5\mu c}{m^3}$.

6) שתי קליפות כדוריות

במערכת הבאה שתי קליפות (חלולות) בעלות מרכז משותף (קונצנטריות). רדיוס הקליפה הפנימי הוא a והמטען עליה הוא Q_1, רדיוס הקליפה החיצונית הוא b והמטען עליה הוא Q_2.



א. חשב את פונקציית השדה החשמלי בכל המרחב.

ב. מה הכוח (גודל וכיוון) שירגיש מטען בגודל Q_3, הנמצא במרחק $3b$ ממרכז הכדור.

תשובות סופיות:

1) $q=\frac{Qr^2}{R^2}$

2) $\Phi_E=15\cdot\frac{m^2N}{C}$

3) $\Phi_E=E_0\sin\theta\cdot a\cdot b$

4) $\Phi_E=30\frac{N\cdot m^2}{C}$

5) א. $T=83.93N$ ב. $T\approx 44.35N$

6) א.
$$E=\begin{cases}0 & r<a\\ \frac{kQ_1}{r^2} & a<r<b\\ \frac{k(Q_1+Q_2)}{r^2} & b<r\end{cases}$$

ב. $\vec{F}=Q_3\frac{k(Q_1+Q_2)}{(3b)^2}$, כיוון: כלפי חוץ.

קורס מלא לבגרות בפיזיקה 5 יחידות

פרק 22

תנועה בשדה חשמלי אחיד

תנועה בשדה חשמלי אחיד 314

תנועה בשדה חשמלי אחיד:

שאלות:

1) מלוח אל לוח

שני לוחות ריבועיים נמצאים אחד מעל השני. אורך כל צלע היא 6 ס״מ, והמרחק בין הלוחות הוא 2 מ״מ. הלוחות טעונים בצפיפות מטען אחידה.

המטען הכולל על הלוח התחתון הוא: $Q=6\cdot10^{-6}c$ והמטען הכולל על הלוח העליון זהה והפוך בסימנו.

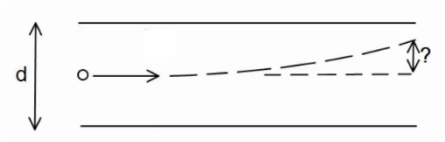
משחררים אלקטרון ממנוחה קרוב מאוד ומתחת ללוח העליון: $\begin{pmatrix} q_e=-1.6\cdot10^{-19}c \\ m_e=9.1\cdot10^{-31}kg \end{pmatrix}$.

א. כמה זמן ייקח לאלקטרון להגיע אל הלוח התחתון?

ב. מהי מהירותו בזמן פגיעתו בלוח?

ג. מהי האנרגיה הקינטית של האלקטרון באותו הרגע?

2) חישוב סטייה



שני לוחות ריבועיים נמצאים אחד מעל השני. אורך הצלע של כל לוח היא 5 ס״מ והמרחק בין הלוחות הוא 2 מ״מ.

הלוחות טעונים בצפיפות מטען אחידה.

המטען הכולל על הלוח העליון הוא: $Q=3\cdot10^{-11}c$,

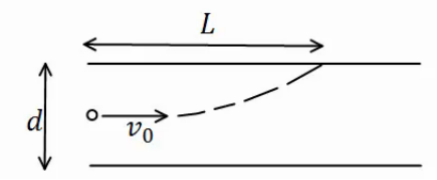
והמטען הכולל על הלוח התחתון זהה והפוך בסימנו.

אלקטרון נע במהירות: $v_0=2\cdot10^7\frac{m}{sec}$ במקביל ללוחות: $\begin{pmatrix} q_e=-1.6\cdot10^{-19}c \\ m_e=9.1\cdot10^{-31}kg \end{pmatrix}$.

א. מצא את הסטייה של האלקטרון (כמה זז בציר ה- y) ברגע צאתו מן הלוחות.

ב. מהו כיוון מהירותו של האלקטרון בצאתו מן הלוחות?

3) מטען לא מזוהה



שני לוחות ריבועיים נמצאים אחד מעל השני. המרחק בין הלוחות הוא d ואורך הצלע של כל לוח גדולה בהרבה מהמרחק בין הלוחות.

הלוחות טעונים בצפיפות מטען אחידה, צפיפות המטען המשטחית על הלוח העליון היא σ והצפיפות על הלוח התחתון זהה והפוכה בסימנה. מטען לא מזוהה נכנס בדיוק במרכז בין הלוחות במהירות v_0 בכיוון מקביל ללוחות. המטען פוגע בלוח העליון במרחק L.

א. מצא את סימנו של המטען, בהנחה שהצפיפות הנתונה חיובית.

ב. מצא את היחס בין גודל המטען למסה שלו.

תשובות סופיות:

1) א. $t \approx 1.1 \cdot 10^{-10}\,\text{sec}$. ב. $v(t) = 3.65 \cdot 10^{7}\,\frac{\text{m}}{\text{sec}}$. ג. $E_k = 6.06 \cdot 10^{-16}\,\text{J}$.

2) א. $y_x = 0.747\,\text{mm}$. ב. $\theta \approx 1.72°$.

3) א. סימן המטען שלילי. ב. $\frac{q}{m} = \frac{dv_0^2}{4\pi k \sigma L^2}$.

פרק 23

מתח, פוטנציאל ואנרגיה פוטנציאלת חשמלית- לפי המיקוד של 2026 לא יהיו הנושאים של הארקה, הקשר בין פוטנציאל לשדה והיחידות אלקטרון וולט

מתח, פוטנציאל ואנרגיה פוטנציאלת חשמלית 316

מתח, פוטנציאל ואנרגיה פוטנציאלית חשמלית

שאלות

1) עבודה להביא מטען מהאינסוף

מהי העבודה הדרושה להביא מטען: $Q_1 = 2\cdot10^{-6}c$ מהאינסוף למרחק: $r = 50cm$

ממטען: $Q_2 = 3\cdot10^{-6}c$ המקובע במקום?

2) מטען מגיע עם מהירות מהאינסוף

מטען: $Q_1 = 4\cdot10^{-5}c$ בעל מסה: $m = 10^{-3}kg$ נע מהאינסוף במהירות: $v_0 = 20\frac{m}{sec}$

כלפי מטען: $Q_2 = 5\cdot10^{-5}c$ המקובע למקום.

א. מהו המרחק בו ייעצר רגעית המטען?

ב. מהי מהירות המטען כאשר מרחקו $100m$?

3) עבודה להרחיק שני מטענים

חשב את העבודה הדרושה להרחיק שני מטענים: $Q_1 = 3\cdot10^{-6}c$, $Q_2 = -4\cdot10^{-6}c$

ממרחק: $r_1 = 20cm$ למרחק: $r_2 = 40cm$.

בדוק האם הסימן הגיוני.

4) עבודה להכניס מטען לתוך קליפה טעונה

חשב את העבודה הדרושה להביא מטען של: $Q_1 = 3\cdot10^{-5}c$ לתוך קליפה כדורית

ברדיוס: $R = 0.8m$ הטעונה בצפיפות מטען משטחית: $\sigma = 2\cdot10^{-3}\frac{c}{m^2}$.

5) עבודה של לוח אינסופי

מטען: $Q = 2\cdot10^{-6}C$ נמצא במרחק: $d = 30c.m$ מלוח אינסופי הטעון בצפיפות

מטען ליחידת שטח: $\sigma = 5\cdot10^{-3}\frac{c}{m^2}$.

חשב את העבודה הדרושה להביא את המטען אל הלוח.

6) מטען זז בין שני לוחות

שני לוחות גדולים מאוד טעונים בצפיפויות מטען משטחיות הפוכות: $\sigma = \pm 3\cdot 10^{-3}\frac{c}{m^2}$.

המרחק בין הלוחות הוא: $d = 5cm$.

מצא את העבודה הדרושה להעביר מטען של: $Q = 2\cdot 10^{-6}c$ מהלוח השלילי אל הלוח החיובי. הזנח את השפעת המטען על השדה של הלוחות.

7) פוטנציאל שיוצר מטען בשתי נקודות

חשב את הפוטנציאל שיוצר המטען: $Q_1 = 2\cdot 10^{-6}c$ במרחק: $r_1 = 0.8m$

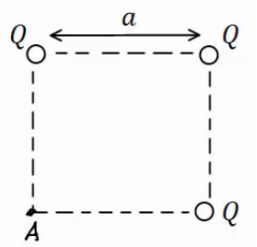
ובמרחק: $r_2 = 0.3m$ מהמטען.

מהי העבודה הדרושה להזיז את המטען: $Q_2 = 5\cdot 10^{-6}c$ מהמרחק הראשון למרחק השני?

8) 3 מטענים בפינות של ריבוע

בשלוש פינות של ריבוע מקובעים שלושה מטענים זהים: $Q = 2\cdot 10^{-5}c$.

אורך צלע הריבוע היא: $a = 3cm$.

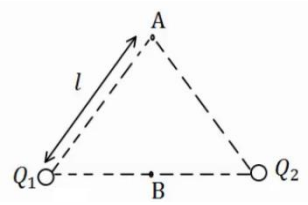


א. חשב את הפוטנציאל בפינה הרביעית של הריבוע.

ב. חשב את הפוטנציאל במרכז הריבוע.

ג. חשב את העבודה הדרושה להזיז את המטען: $q = 3\cdot 10^{-6}c$ ממרכז הריבוע לקצה הריבוע.

9) שני מטענים על משולש שווה צלעות



שני מטענים זהים: $Q_1 = Q_2 = 10^{-6}c$ נמצאים על קדקודיו של משולש שווה צלעות בעל אורך צלע: $l = 5cm$.

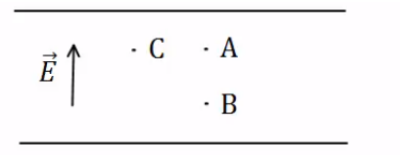
א. מצא את המתח בין הנקודה A הנמצאת בקודקוד השלישי של המשולש לבין הנקודה B הנמצאת באמצע הצלע המחברת את שני המטענים.

ב. חשב את העבודה הדרושה להביא מטען של: $q = 5\cdot 10^{-6}c$ מהקדקוד אל אמצע הצלע.

10) פוטנציאל בין לוחות

שני לוחות גדולים מאוד טעונים במטענים בעלי סימן הפוך.

ידוע כי כיוון השדה בין הלוחות הוא מהלוח התחתון ללוח העליון.



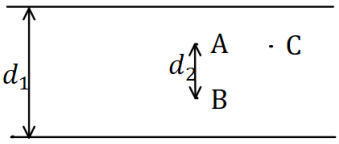
א. איזה מהלוחות טעון במטען חיובי ואיזה במטען שלילי?

ב. איזה מהלוחות נמצא בפוטנציאל יותר גבוה?

ג. איזו מהנקודות A ו-B נמצאת בפוטנציאל יותר גבוה?

ד. איזה מהנקודות A ו-C, הנמצאות באותו גובה, נמצאת בפוטנציאל גבוה יותר?

11) מתח בין לוחות



שני לוחות גדולים מאוד נמצאים במרחק $d_1 = 40cm$ זה מזה. המתח בין הלוחות הוא $\Delta V = 20V$ וידוע כי הלוח העליון נמצא בפוטנציאל גבוה יותר.

א. איזה מהלוחות טעון במטען חיובי ואיזה במטען שלילי?

ב. מהו השדה בין הלוחות (גודל וכיוון)?

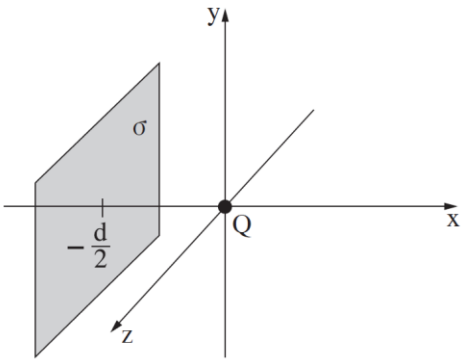
ג. מהו המתח V_{BA} אם ידוע שהמרחק בין הנקודות A ו Bהוא $d_2 = 5cm$?

ד. מהי העבודה הדרושה להזיז מטען $Q = 2\cdot10^{-6}c$ מ-A ל-B?

ה. מהי העבודה הדרושה להזיז מטען $Q = 2\cdot10^{-6}c$ מ-A ל-C - הנמצאת באותו הגובה של A?

12) תרגיל -בגרות חשמל 2022 שאלה 1

נתונה מערכת המורכבת ממטען נקודתי חיובי שמטענו Q, ומִלוח מישורי גדול מאוד ("לוח אין-סופי") הטעון בצפיפות משטחית חיובית אחידה σ. המטען הנקודתי מוחזק במנוחה בראשית הצירים, והלוח ממוקם בנקודה $x = -\frac{d}{2}$ בניצב לציר ה- x (הלוח מקביל למישור yz). המערכת מתוארת בתרשים שלפניכם.

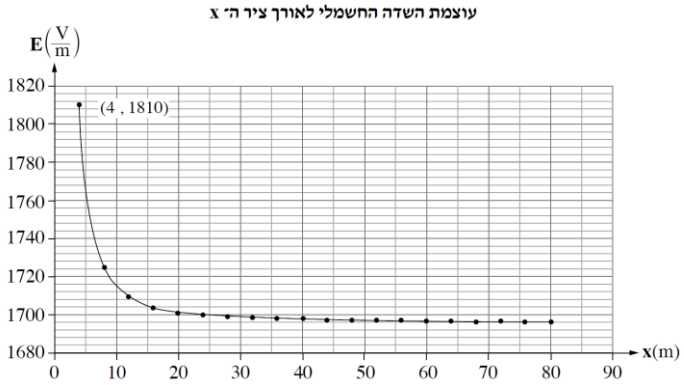


המערכת נמצאת בתנאי ריק. ההשפעה של המטען הנקודתי על צפיפות המטען המשטחית σ ניתנת להזנחה בשאלה כולה.

א. בטאו את עוצמת השדה החשמלי, $E(x)$, לאורך ציר ה- x, עבור $x > 0$.

השתמשו בפרמטרים σ, Q ובקבועים בסיסיים.

לפניכם גרף המתאר את עוצמת השדה החשמלי, E, בכמה נקודות לאורך ציר ה- x, החל בנקודה $x = d$. נתון: $d = 4m$, $E(4) = 1810\frac{V}{m}$.



ב. 1. חשבו באמצעות הגרף את צפיפותה מטען המשטחית, σ.

2. חשבו את גודל המטען הנקודתי Q.

משחררים ממנוחה חלקיק שטעון במטען חיובי מנקודה הנמצאת על החלק החיובי של ציר ה- x. החלקיק נע לאורך ציר ה- x בכיוון החיובי.

ג. קבעו איזה מן ההיגדים 1-4 שלפניכם נכון, ונמקו את קביעתכם.

1. כשהחלקיק נמצא במרחק גדול מאוד מן המערכת – תנועתו היא שוות תאוצה בקירוב.
2. כשהחלקיק נמצא במרחק גדול מאוד מן המערכת – תנועתו היא שוות מהירות בקירוב.
3. כשהחלקיק נמצא במרחק גדול מאוד מן המערכת – מהירותו מתאפסת.
4. אי אפשר לדעת מהו סוג התנועה בלי לדעת מהי מסת החלקיק.

ד. חשבו את $V_{d.2d}$, הפרש הפוטנציאלים בין הנקודה $x=d$ לנקודה $x=2d$ (שתי הנקודות נמצאות על ציר ה- x).

ה. אילו הלוח הטעון היה ממוקם בנקודה $x=\frac{d}{2}$, האם הפרש הפוטנציאלים בין הנקודה $x=d$ לנקודה $x=2d$ היה גדל, קטן או לא משתנה? נמקו את קביעתכם.

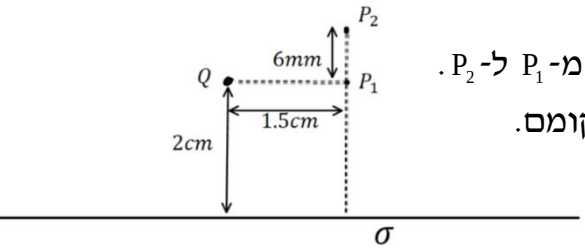
13) פוטנציאל של לוח ומטען נקודתי

מטען נקודתי $Q=3\mu C$ נמצא בגובה $2cm$ מעל לוח אינסופי הטעון בצפיפות אחידה: $\sigma=8\cdot10^{-4}\frac{C}{m^2}$.

א. מצאו את הפוטנציאל בנקודות שבאיור (הניחו שהפוטנציאל של הלוח הוא אפס על הלוח).

ב. מהי העבודה הדרושה להזיז מטען $q=10^{-10}C$ מ- P_1 ל- P_2.

הניחו שהמטען Q והלוח אינם משנים את מיקומם.



14) חישוב שדה ותנועה בין 3 לוחות

שלושה לוחות גדולים מאוד נמצאים אחד אחרי השני ומקביל כפי שמתואר באיור 1. הלוחות טעונים בצפיפויות מטען (אחידות) שונות.
הפוטנציאל כתלות במיקום נתון באיור 2 .

א. חשבו את השדה החשמלי בתחומים:

$0 < x < 15\ \text{cm}$ ו- $-15\text{cm} < x < 25\text{cm}$

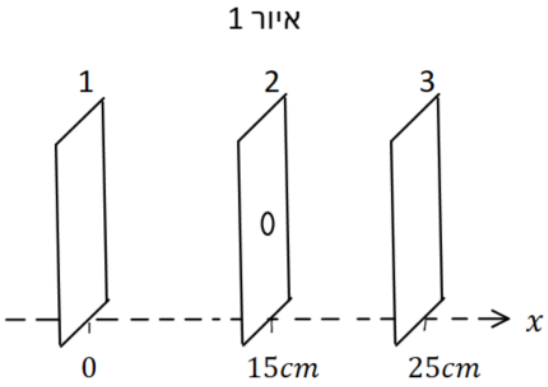
נתון כי צפיפות המטען המשטחית של לוח 1 היא: $\sigma_1 = 2 \cdot 10^{-8}\ {}^{\text{C}}/_{\text{m}^2}$
וכי צפיפות המטען המשטחית של לוח 3 חיובית.

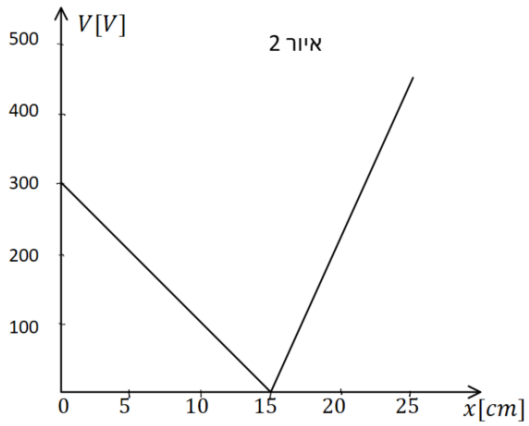
ב. חשבו את σ_2 ו- σ_3.

חלקיק קטן בעל מסה $5 \cdot 10^{-16}\text{kg}$ שמטענו q אינו ידוע משוחרר ממנוחה בסמוך ומימין ללוח 1. החלקיק נע לעבר לוח 2 ועובר דרך חור קטן בלוח במהירות: $3 \cdot 10^6\ {}^{\text{m}}/_{\text{s}}$.

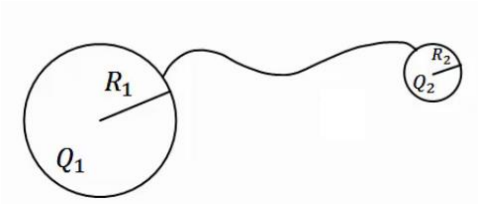
ג. מהו מטען החלקיק (כולל הסימן)?

ד. האם החלקיק יגיע ללוח 3? אם כן, מהי תהיה מהירותו?
אם לא, היכן ייעצר?



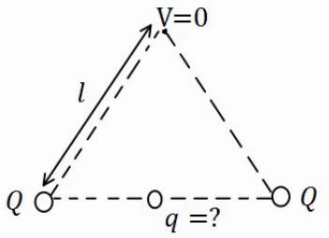


15) שני כדורים מוליכים מחוברים



שני כדורים מוליכים בעלי רדיוסים: R_1 , R_2
נמצאים במרחק גדול מאוד אחד מהשני.
הכדורים טעונים במטענים: Q_1 , Q_2 בהתאמה.
מחברים את הכדורים באמצעות חוט מוליך.
מה היה המטען על כל כדור לאחר זמן רב?

16) מטען שמאפס פוטנציאל בקודקוד



בשני קודקודיו של משולש שווה צלעות נמצאים
מטענים זהים שגודלם הוא: $Q = 2\cdot10^{-5}c$.
מטען נוסף, q , מונח במרכז הצלע שביניהם.
אורך הצלע של המשולש הוא: $l = 20cm$.

א. מצא את גודלו של המטען q כך שהפוטנציאל בקודקוד השלישי יתאפס.
ב. חזור על סעיף א' אם המטען q נמצא במרכזה של צלע אחרת במשולש.

17) פוטנציאל בנקודה מסוימת

בנקודה מסוימת קיים פוטנציאל של $15V$.

א. מהי העבודה להביא מטען שגודלו $1c$ מהאינסוף לנקודה זו?
ב. מהי העבודה הדרושה להביא מטען של $Q = 2\cdot10^{-6}c$ לנקודה זו?
ג. מהי העבודה הדרושה להביא מטען של $Q = -3\cdot10^{-6}c$ מפוטנציאל של $V = 5V$ לנקודה זו?
ד. מהי העבודה הדרושה להביא מטען של: $Q = 2\cdot10^{-6}c$ מנקודה זו לפוטנציאל של $10V$?

18) עבודה לא תלויה במסלול

מטען נקודתי: $Q_1 = 10^{-5}c$ ממוקם בראשית הצירים.
מטען נקודתי נוסף: $Q_2 = 2\cdot10^{-5}c$ ממוקם ב-$(0.8m,0)$.

א. מצא את הפוטנציאל בנקודות: $C(0.8m,1m)$, $B(1.5m,1m)$, $A(1.5m,0)$.
ב. מהי העבודה הדרושה להעביר את המטען: $q = 3\cdot10^{-6}c$ מנקודה A ל-B?
ג. מהי העבודה הדרושה להעביר את אותו המטען מנקודה B אל נקודה C?
ד. מהי העבודה הדרושה להעביר את אותו המטען מנקודה A לנקודה C, דרך הקו הישר בין הנקודות?

19) אלקטרון מואץ בהפרש פוטנציאלים

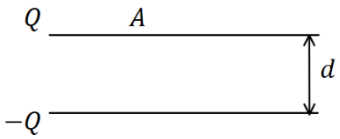
אלקטרון מואץ בהפרש פוטנציאלים של $300V$.
האלקטרון מתחיל תנועתו ממנוחה.

א. מהו ההפרש בין האנרגיה הפוטנציאלית החשמלית של האלקטרון בתחילת התנועה לסוף התנועה, ביחידות של אלקטרון וולט וביחידות של ג'אול?

ב. מהי מהירות האלקטרון בסוף התהליך?

נתון: $m_e = 9.11\cdot10^{-31}kg$, $q_e = -1.6\cdot10^{-19}c$.

20) פרוטון נע בין לוחות



שני לוחות גדולים בעלי שטח: $A = 2m^2$ נמצאים במרחק: $d = 10cm$ אחד מהשני.
טוענים את אחד הלוחות במטען: $Q = 6\cdot10^{-3}c$,
ואת הלוח השני במטען זהה והפוך בסימנו.

א. חשב את צפיפות המטען ליחידת שטח על כל לוח.

ב. מהו השדה בין הלוחות?

ג. מהו המתח בין הלוחות?

ד. פרוטון משוחרר ממנוחה קרוב מאוד ללוח החיובי.
מהי מהירות הפרוטון בהגיעו ללוח השלילי?

נתון: $m_p = 1.67\cdot10^{-27}kg$, $q_p = 1.6\cdot10^{-19}c$.

21) פוטנציאל של כדור מוליך

כדור מוליך שרדיוסו: $R = 20cm$ טעון במטען: $Q = 3\cdot10^{-6}c$.

א. מהו השדה החשמלי במרחק: $r_1 = 25cm$ ובמרחק: $r_2 = 15cm$ ממרכז הכדור?

ב. מהו הפוטנציאל באותם מרחקים?

22) מתח בין שני כדורים מוליכים

שני כדורים מוליכים, בעלי רדיוסים: $R_1 = 1m$ ו- $R_2 = 1.4m$,
טעונים במטענים: $Q_1 = 2\cdot10^{-6}c$ ו- $Q_2 = 6\cdot10^{-6}c$.

א. מהו הפרש הפוטנציאלים בין שפות הכדורים, אם הם מרוחקים מאוד זה מזה?

ב. מהו הפרש הפוטנציאלים בין שתי הנקודות הכי קרובות של הכדורים, אם המרחק בין מרכזיהם הוא $d = 5m$?
הנח שהתפלגות המטען על כל כדור עדיין אחידה.

23) שני מטענים מתרחקים

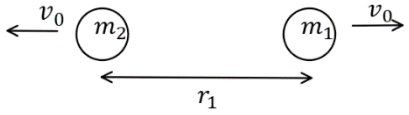
שני גופים בעלי מסות: $m_1 = 20gr$ ו- $m_2 = 60gr$ ומטענים: $Q_1 = 2\cdot10^{-6}c$

ו- $Q_2 = 6\cdot10^{-6}c$ נמצאים במרחק: $r_1 = 80cm$ זה מזה, ובמנוחה.

א. מה תהיה מהירות הגופים כאשר המרחק ביניהם הוא: $r_2 = 1.2m$?

ב. מה תהיה מהירות הגופים לאחר זמן רב מאוד?

24) שני מטענים מתרחקים ומתקרבים



שני גופים בעלי מסות: $m_1 = 25gr$ ו- $m_2 = 50gr$

ומטענים: $Q_1 = 4\cdot10^{-6}c$ ו- $Q_2 = -5\cdot10^{-6}c$

נמצאים במרחק: $r_1 = 1m$ זה מזה.

לגופים מהירות התחלתית כך שאחד מתרחק מהשני.

גודל המהירות ההתחלתית של שני הגופים הוא: $v_0 = 5\frac{m}{sec}$.

א. מה תהיה מהירות הגופים כאשר המרחק ביניהם הוא: $r_2 = 5m$?

ב. מהו v_0 המינימאלי עבורו הגופים לא יפגשו לעולם?

ג. כעת נניח כי v_0 שווה לחצי מהערך שחישבת בסעיף ב'.
מהו המרחק המקסימאלי אליו יגיעו הגופים?

ד. מצא את מהירות הגופים כאשר $r_3 = 0.5m$.

25) 1000 טיפות שמן

1000 טיפות שמן זהות טעונות במטען זהה ונמצאות בפוטנציאל זהה v_1.

הטיפות מתחברות לטיפה אחת גדולה.

מהו הפוטנציאל של הטיפה הגדולה (v_1 נתון)?

רמז: ניתן להתייחס לכל טיפה ככדור מוליך.

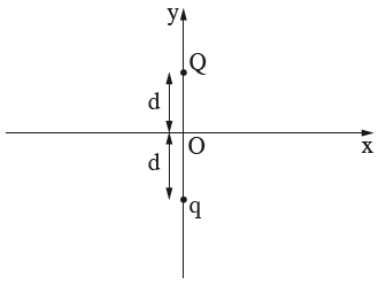
26) בגרות 2024 שאלה 2

בתרשים 1 מוצגת מערכת צירים ושני מטענים נקודתיים חיוביים q ו־ Q.

המטענים ממוקמים לאורכו של הציר האנכי (ציר y), כל אחד במרחק d מראשית הצירים O.

נתון: $Q > q$.

בשאלה כולה יש להזניח את השפעת כוח הכבידה.



תרשים 1

א. בטאו את גודל השדה החשמלי הנוצר בראשית הצירים, O, באמצעות הפרמטרים d , Q , q וקבועים פיזיקליים בהתאם לצורך. ציינו את כיוון השדה. (6 נקודות)

הפוטנציאל באין־סוף נבחר להיות אפס.

ב. האם יש נקודה כלשהי במרחב (מלבד באין־סוף) שבה הפוטנציאל החשמלי שווה לאפס? אם כן – בטאו את המיקום של נקודה זו. אם לא – הסבירו מדוע. (6 נקודות)

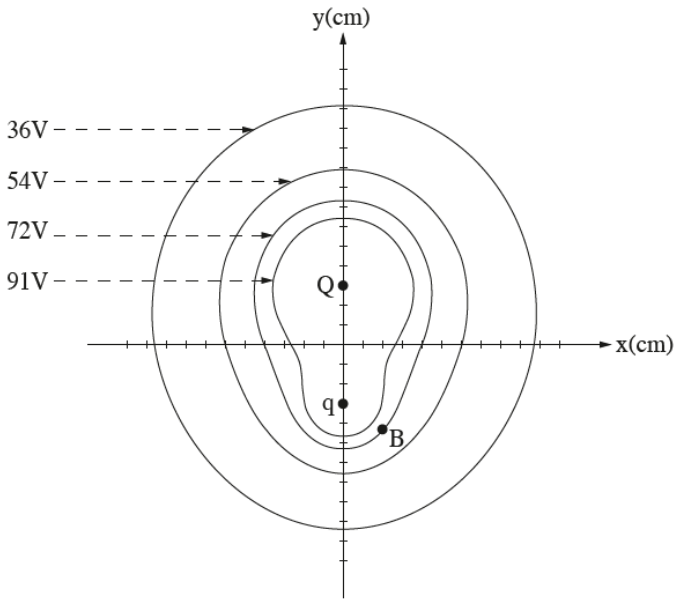
בתרשים 2 מוצגים קווים המתארים משטחים שווי פוטנציאל של מערכת המטענים.

ערך הפוטנציאל של כל קו מסומן בתרשים באמצעות חץ.

בצירים שבתרשים, המרחק בין כל שתי שנתות סמוכות מייצג מרחק של 2cm.

מטען Q ממוקם בנקודה $(0\,,\,6\,\text{cm})$ ומטען q בנקודה $(0\,,\,-6\,\text{cm})$, כמתואר בתרשים 2.

נתון: $Q = 6 \cdot 10^{-10}\text{C}$.

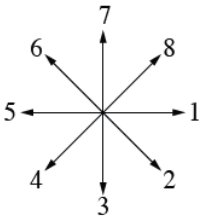


תרשים 2

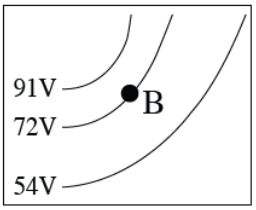
ג. היעזרו בתרשים 2 וחשבו את הגודל של המטען q. פרטו את חישוביכם. (8 נקודות)

ד. מעניקים לחלקיק חיובי (פוזיטרון, המסומן e^+), הנמצא בראשית הצירים O, מהירות שגודלה $v_O = 5.2 \cdot 10^6 \frac{m}{s}$.
נתון: מסתו של פוזיטרון $m_{e^+} = 9.11 \cdot 10^{-31} kg$, מטענו $q_{e^+} = +1.6 \cdot 10^{-19} C$.
הפוזיטרון נע במסלול כלשהו בהשפעת הכוחות החשמליים המופעלים עליו על ידי המטענים q ו־Q, ובמהלך תנועתו הוא חולף בנקודה B הנמצאת על אחד הקווים שווי הפוטנציאל, כמתואר בתרשים 2.
חשבו את גודל המהירות של הפוזיטרון, v_B, בחולפו בנקודה B. (8 נקודות)

ה. בתרשים 3א מוצגת שושנת כיוונים ובה שמונה כיוונים (1–8).
היעזרו בתרשים 3ב וקבעו איזה מן הכיוונים 1–8 מתאים בקירוב לתיאור כיוון התאוצה של הפוזיטרון בחולפו בנקודה B.
נמקו את קביעתכם. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)



3א: שושנת כיוונים



3ב: הגדלה של האזור שבקרבת נקודה B

תרשים 3

תשובות סופיות

1) $W = 108 \cdot 10^{-3} J$

2) א. $r = 90m$ ב. $v_F \approx 6.32 \frac{m}{sec}$

3) $W = 0.27J$, כן.

4) $W = 5.43 \cdot 10^{3} - 0$

5) $W = 170J$

6) $W = 33.9J$

7) $W = 18.75 \cdot 10^{-2} J$

8) א. $V_A = 16.24 \cdot 10^{6} V$ ב. $V_B = 25.46 \cdot 10^{6} V$ ג. $W = -27.65J$

9) א. $V_{BA} = 3.6 \cdot 10^{5} V$ ב. $W_{A \to B} = 1.8J$

10) א. הלוח הטעון במטען חיובי נמצא למטה, והשלילי למעלה.
ב. התחתון. ג. B ד. הפוטנציאל שווה.

11) א. הלוח הטעון במטען חיובי נמצא למעלה, והשלילי למטה.
ב. $E = 50 \frac{N}{m}$ ג. $-2.5V$ ד. $-5 \cdot 10^{-6} J$ ה. 0

12) א. $E(x) = \frac{kQ}{x^2} + 2\pi k\sigma$ ב. $Q = 200nc$, $\sigma = 30 \cdot 10^{-9} \frac{C}{m^2}$
ג. היגד 1. ד. $V_{d,2d} = 7011V$ ה. לא משתנה.

13) א. $V(P_1) = 8.95 \cdot 10^{5} V$,$V(P_2) = 4.90 \cdot 10^{5} V$ ב. $-4.05 \cdot 10^{5} J$

14) א.
$$E = \begin{cases} 2000 \frac{V}{m} & 0 < x < 15 \\ -4500 \frac{V}{m} & 15 < x < 25 \end{cases}$$
ב. $\sigma_2 = -5.75 \cdot 10^{-8} \frac{C}{m^2}$, $\sigma_3 = 4.21 \cdot 10^{-8} \frac{C}{m^2}$ ג. $q = 7.5 \mu C$
ד. לא ב- $x \approx 22_{cm}$

15) $q_1' = (Q_2 + Q_1) \frac{R_1}{R_1 + R_2}$, $q_2' = (Q_2 + Q_1) \frac{R_2}{R_1 + R_2}$

16) א. $q = -3.46 \cdot 10^{-5} c$ ב. $q = -2 \cdot 10^{-5} c$

17) א. $W = 15J$ ב. $W = 3 \cdot 10^{-7} J$ ג. $W = -3 \cdot 10^{-5} J$
ד. $W = -10^{-5} J$

18) א. $V_A = 3.17 \cdot 10^{5} V$, $V_B \approx 1.97 \cdot 10^{5} V$, $V_C = 2.5 \cdot 10^{5} V$
ב. $W_{AB} = -3.6 \cdot 10^{-1} J$ ג. $W_{B \to C} = 1.59 \cdot 10^{-1} J$ ד. $W_{AC} = -2.01 \cdot 10^{-1} J$

19) א. $\Delta U = -300eV \ / = 4.8 \cdot 10^{-17} J$ ב. $V_F \approx 1.02 \cdot 10^{7} \frac{m}{sec}$

20) א. $\sigma = 3\cdot10^{-6}\frac{c}{m^2}$ ב. $E \approx 3.39\cdot10^{5}\frac{N}{C}$ ג. $V = 3.39\cdot10^{4}V$

ד. $v = 2.55\cdot10^{6}\frac{m}{sec}$

21) א. $E(r_2) = 0$, $E(r_1) = 4.32\cdot10^{5}\frac{N}{C}$

ב. $V(r_2) = 1.35\cdot10^{5}V$, $V(r_1) = 1.08\cdot10^{5}V$

22) א. $V_{21} \approx 2.06\cdot10^{4}V$ ב. $V_{ba} = 7.6\cdot10^{3}V$

23) א. $u_2 = 0.612\frac{m}{sec}$, $u_1 \approx -1.84\frac{m}{sec}$ ב. $u_2 = 1.06\frac{m}{sec}$, $u_1 = -3.18\frac{m}{sec}$

24) א. $u_2 = -4.81\frac{m}{sec}$, $u_1 = 4.62\frac{m}{sec}$ / $u_2 = 1.48\frac{m}{sec}$, $u_1 = -7.96\frac{m}{sec}$

ב. $v_{0_{min}} \approx 2.18\frac{m}{sec}$ ג. $r_{max} = 1.29m$ ד. $u_2 = 1.35\frac{m}{sec}$, $u_1 = -3.79\frac{m}{sec}$

25) $V_{1000} = 100V_1$

26) א. גודל השדה הוא $\frac{k}{d^2}(Q-q)$ וכיוונו כלפי מטה.

ב. בגלל ששני המטענים חיוביים הפוטנציאל של כל אחד מהם בכל נקודה במרחב חיובי וגם סכום הפוטנציאלים חיובי. לכן אין נקודה במרחב מלבד באינסוף שבה הפוטנציאל הוא אפס.

ג. $2\cdot10^{-10}C$

ד. $6.63\cdot10^{6}\,m/s$

ה. כיוון התאוצה הוא בכיוון שקול הכוחות. מהתרשים ניתן לראות ששקול הכוחות הוא בערך בכיוון 2 של השושנה.

קורס מלא לבגרות בפיזיקה 5 יחידות

פרק 24

זרם מתח והתנגדות

זרם מתח והתנגדות 328

זרם מתח והתנגדות:

שאלות:

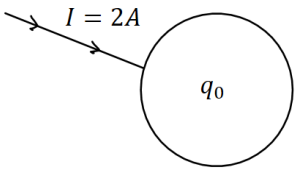
1) פלאפון מחובר למטען

פלאפון המחובר למטען נטען בזרם קבוע של 1 אמפר במשך שעה אחת.

א. מהי כמות המטען שעברה בחוט?

ב. מהו מספר האלקטרונים שעברו בחוט?

2) זרם לתוך כדור מוליך



כדור מוליך טעון במטען של: $q_0 = 5c$.

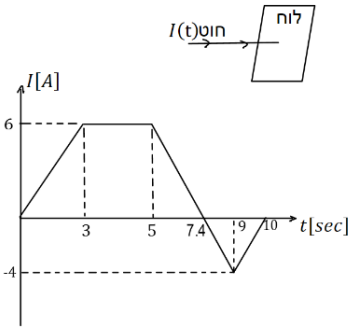
מחברים את הכדור לחוט מוליך והחוט מעביר זרם של 2 אמפר לתוך הכדור.

א. רשום נוסחה המתארת את המטען על הכדור כתלות בזמן.

ב. צייר גרף של המטען על הכדור כתלות בזמן.

ג. צייר גרף של הזרם כתלות בזמן.

3) חוט מחובר ללוח



חוט מוליך מחובר ללוח מוליך שאינו טעון ב- $t = 0$.

בחוט מתחיל לזרום זרם והתלות של הזרם בזמן נתונה לפי הגרף הבא:

א. מהו המטען הכולל בלוח אחרי עשר שניות?

ב. מהו המטען על הלוח אחרי 5 שניות?

4) חוק אוהם

על מוליך מסוים הופעל מתח של 5 וולט.

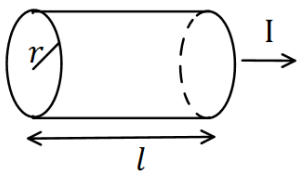
כתוצאה מכך נוצר זרם במוליך של: $10mA$.

א. מהי ההתנגדות של המוליך?

ב. נניח כי התנגדות המוליך קבועה.

מה יהיה הזרם במוליך אם יופעל עליו מתח של 10 וולט?

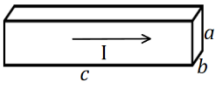
5) נגד גלילי

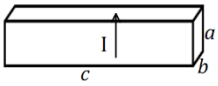


חשב את ההתנגדות של נגד בצורת גליל באורך: $l = 1m$

ורדיוס בסיס של: $r = 2mm$. הנגד עשוי מנחושת בעלת התנגדות סגולית: $\rho = 1.72 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$ (הזרם זורם לאורך ציר הסימטריה של הגליל).

6) נגד בצורת תיבה



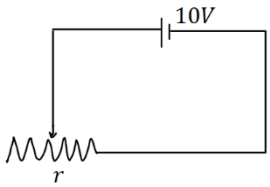


א) מוליך בנוי בצורת תיבה עם צלעות שאורכן : a,b,c .
התייחס לגודל הצלעות ולהתנגדות הסגולית ρ כנתונים.
ב) חשב את התנגדות המוליך בכל אחד מהמקרים הבאים.
שים לב : בכל מקרה הזרם זורם במוליך בכיוון אחר!

7) נגד

מקור מתח בעל מתח של 10 וולט מחובר דרך חוטים אידיאליים (בעלי התנגדות זניחה) לנגד בעל התנגדות : $R = 2\Omega$.
צייר איור של המעגל וחשב את הזרם בנגד.

8) נגד משתנה



במעגל הבא ישנו מקור מתח בעל מתח של 10 וולט.
המקור מחובר לנגד משתנה בעל התנגדות ליחידת אורך : $r = 50\frac{\Omega}{m}$.
מה צריך להיות אורך הנגד על מנת שהזרם במעגל יהיה $2A$?

9) כאמ ומתח הדקים

סוללה מייצרת כא"מ של $5V$. לסוללה התנגדות פנימית של : $r = 2\Omega$.
מחברים את הסוללה לנגד חיצוני R שהתנגדותו אינה ידועה.
נתון כי הזרם בכל רכיב במעגל זהה ושווה ל- $I = 0.5A$.

א. שרטט תרשים המתאר את המעגל.
ב. חשב את מתח ההדקים שמספקת הסוללה.
ג. מהי ההתנגדות של הנגד?

10) תרגיל 1

מהו הזרם במוליך אם עובר בו מטען של 50 קולון ב-10 שניות?

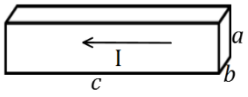
11) תרגיל 2

כמה אלקטרונים עוברים במוליך בשניה אחת אם זורם בו זרם קבוע של 2 אמפר?

12) תרגיל 3

מהי ההתנגדות של גליל ניקל בעל התנגדות סגולית של : $\rho = 7.8\cdot10^{-8}\Omega\cdot m$,
שאורכו 20 ס"מ ורדיוסו 3 מ"מ?

13) תרגיל 4

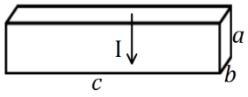


א)

תיבה בעלת צלעות: $a=3\text{mm}, b=2\text{mm}, c=4\text{cm}$

עשויה מחומר בעל התנגדות סגולית: $\rho=10^{-8}\Omega\cdot\text{m}$.

מצא את התנגדות התיבה בשני המקרים הבאים.



ב)

14) תרגיל 5

סוללה בעלת מתח 6V מחוברת לנגד משתנה.

כאשר אורך הנגד הוא: $l=6\text{cm}$ הזרם במעגל הוא: 1A.

מהי ההתנגדות ליחידת אורך של הנגד?

15) תרגיל 6

סוללה עם כא"מ של 4V מחוברת למעגל חשמלי.

במעגל זורם זרם: $I=0.5\text{A}$.

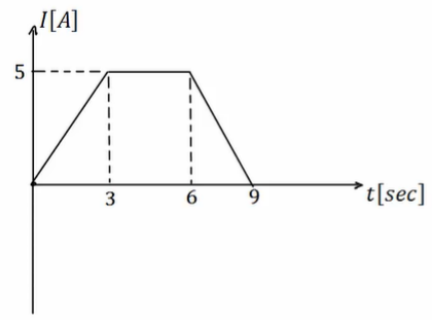
ההתנגדות הפנימית של הסוללה היא: $r=0.5\Omega$.

מהו מתח ההדקים של הסוללה?

16) תרגיל 7

בגרף הבא נתון הזרם במוליך כתלות בזמן.

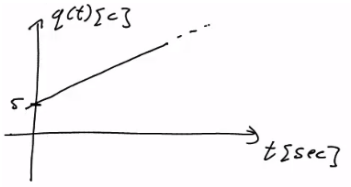
כמה מטען עבר במוליך?

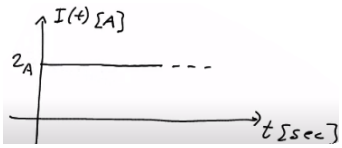


תשובות סופיות:

1) א. $\Delta q = 3600c$ ב. $N_e = 2.25 \cdot 10^{22}$

2) א. $q(t) = 5 + 2 \cdot t$ ב. ג.





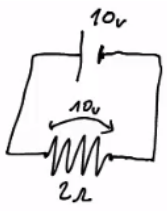
3) א. $\Delta q = 23c$ ב. $q(t=5) = 21c$

4) א. $R = 500\Omega$ ב. $I = 20mA$

5) $R = 0.00137\Omega$

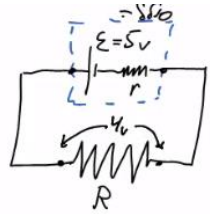
6) א. $R = \rho \cdot \frac{c}{a \cdot b}$ ב. $R = \rho \cdot \frac{a}{b \cdot c}$

7) $I = 5A$,



8) $x = 10cm$

9) א.



ב. $V = 4V$ ג. $R = 8\Omega$

10) $I = 5A$

11) $N = 1.25 \cdot 10^{19}$

12) $R = 5.51 \cdot 10^{-4}\Omega$

13) א. $R \approx 6.67 \cdot 10^{-5}\Omega$ ב. $R = 3.75 \cdot 10^{-7}\Omega$

14) $r = 100 \frac{\Omega}{m}$

15) $V = 3.75V$

16) $\Delta q = 30c$

קורס מלא לבגרות בפיזיקה 5 יחידות

פרק 25

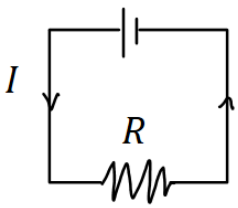
אנרגיה והספק במעגל החשמלי

אנרגיה והספק במעגל החשמלי 332

אנרגיה והספק במעגל החשמלי:

שאלות:

1) חישובי עבודה ואנרגיה בנגד



בנגד בעל התנגדות: $R = 30\Omega$ זורם זרם: $I = 0.3A$.

א. כמה מטען עובר בנגד במשך 3 שניות?

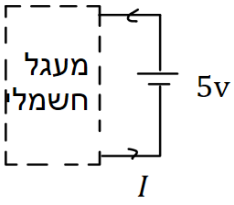
ב. מהו המתח על הנגד?

ג. מהי העבודה שמתבצעת על המטען?

ד. כמה חום נוצר בנגד במשך הזמן הנתון?

ה. כמה אנרגיה איבדה הסוללה במשך הזמן הנתון.

2) חישובי עבודה של סוללה



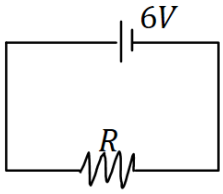
סוללה מחוברת למעגל חשמלי כלשהו.

המתח בסוללה הוא: $V = 5\ Volt$ והזרם במעגל (וגם בסוללה) הוא: $I = 0.4A$.

א. כמה מטען עובר דרך הסוללה במשך 2 שניות?

ב. כמה עבודה ביצעה הסוללה במשך הזמן הנתון?

3) הספק של מקור ושל נגד

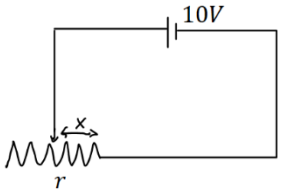


במעגל הבא מקור מתח של 6 וולט מחובר לנגד שהתנגדותו: $R = 12\Omega$.

א. מהו ההספק של מקור המתח?

ב. מהו ההספק של הנגד וכמה חום נוצר בנגד כל שניה?

4) הספק בנגד משתנה



במעגל הבא סוללה בעלת מתח של 10 וולט מחוברת לנגד משתנה שהתנגדותו ליחידת אורך היא: $r = 100\frac{\Omega}{m}$.

א. מהו ההספק של הנגד כאשר אורכו 5 ס"מ?

ב. מהו ההספק בנגד כאשר אורכו 10 ס"מ?

ג. מהו ההספק בנגד כפונקציה של האורך?

5) נורה במתח אחר

נורה שההספק שלה הוא 100W במתח של 220V חוברה למתח של 110V.
הנח שהתנגדות הנורה קבועה וחשב מה ההספק של הנורה במתח החדש.

6) כמה עולה להפעיל מזגן כל הלילה

מזגן של 1.5 כוח סוס פועל בהספק מרבי.

א. מהי כמות האנרגיה שצורך המזגן בשעה אחת ביחידות של קוט"ש (קילו וואט שעה) כאשר : $1hp = 746Watt$?

ב. תעריף חברת החשמל לצריכת ביתית הוא בערך חצי שקל לקוט"ש. כמה עולה להפעיל את המזגן כל הלילה (8 שעות)?

7) תרגיל 1

מקור מתח אידיאלי בעל מתח של 5V מחובר לנגד בעל התנגדות של 10 אוהם.

א. מהו הזרם בנגד?

ב. מהו ההספק בנגד?

ג. כמה חום מיוצר בנגד בעשר שניות?

8) תרגיל 2

על נורה רשום 60W/220V.

א. מהי התנגדות הנורה?

ב. מהי כמות המטען שעברה בנורה במשך דקה אחת?

ג. מהו הספק הנורה במתח של 110V בהנחה שההתנגדות שלה לא משתנה?

9) תרגיל 3

למזגן שני מצבי קירור, במצב הראשון הספקו 1000W ובמצב השני הספקו 1500W.
מצא את היחס בין ההתנגדויות בשני המצבים.

10) תרגיל 4

נורה של 60W דולקת במשך שעה כל יום.
מהי צריכת האנרגיה של הנורה במשך חודש ביחידות של kWh?

11) תרגיל 5

מנוע של משאבה עובד במתח של 220V ובזרם של 10A.

א. מהי כמות המים שניתן לשאוב במשך דקה מבאר בעומק 30m.
הנח שהנצילות של המנוע היא 100 אחוז.

ב. חזור על סעיף א' אם נצילות המנוע היא 40 אחוז.

12) תרגיל 6

למנוע של מכונית יש הספק מרבי של 100 כוח סוס.
המכונית מתחילה לנסוע ממנוחה ומסתה 1 טון.

א. מהי המהירות המרבית אליה יכולה להגיע המכונית לאחר 10 שניות?
הנח שנצילות המנוע היא 100 אחוז ומצא את התשובה בקמ"ש.

ב. חזור על סעיף א' אם נצילות המנוע היא 30 אחוז?

ג. חזור על סעיף א' וב' ובדוק כמה חום נוצר במשך 10 השניות, ביחידות של קלוריות?

תשובות סופיות:

1) א. $\Delta q = 0.9c$ ב. $V = 9V$ ג. $W = 8.1J$ ד. $Q = 8.1J$ ה. $W = 8.1J$

2) א. $\Delta q = 0.8c$ ב. $W = 4J$

3) א. $\rho = 3W$ ב. $\rho = 3W$

4) א. $\rho = 20W$ ב. $\rho = 10W$ ג. $\rho = \frac{1}{x}$

5) $\rho = 25W$

6) א. $W = 1.119kWhr$ ב. 4 ₪.

7) א. $I = 0.5A$ ב. $\rho = 2.5W$ ג. $Q = 25J$ / $\approx 5.9cal.$

8) א. $R = 807\Omega$ ב. $\Delta q \approx 16.4c$ ג. $\rho \approx 15W$

9) $\frac{R_1}{R_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1} = 1.5$

10) $E = 1.8kWh$

11) א. $V = 440Litter$ ב. $V = 176Litter$

12) א. $v \approx 139\frac{km}{hr}$ ב. $v = 76.2\frac{km}{hr}$ ג. $Q = 124,333cal.$

קורס מלא לבגרות בפיזיקה 5 יחידות

פרק 26

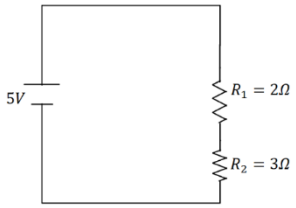
חיבור נגדים וחוקי קירכהוף

חיבור נגדים וחוקי קירכהוף 335

חיבור נגדים וחוקי קירכהוף

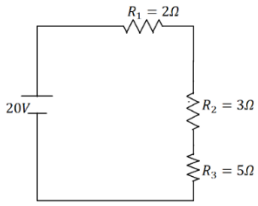
שאלות

1) דוגמה 1



חשב את הזרם במעגל הבא וחשב את ערך הפוטנציאל בין הנגדים (הנח שההדק השלילי נמצא בפוטנציאל אפס).

2) דוגמה 2



חשב את הזרם במעגל הבא ומצא את המתח על כל נגד.

3) דוגמה 3

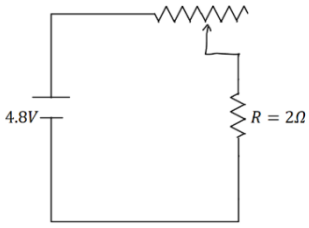
סוללה עם כא"מ של $3V$ והתנגדות פנימית: $r = 2\Omega$ מחוברת לנגד: $R = 10\Omega$.

א. סרטט איור של המעגל.

ב. מהו הזרם במעגל?

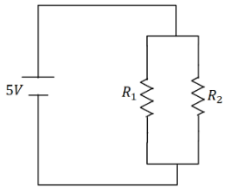
ג. מהו מתח ההדקים של הסוללה?

4) דוגמה 4



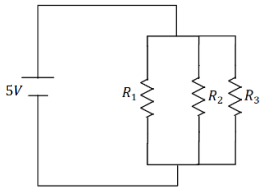
במעגל הבא ישנו מקור מתח אידיאלי (ללא התנגדות פנימית) המחובר לנגד רגיל ונגד משתנה.
אורך הנגד המשתנה הוא 20 ס"מ והתנגדותו ליחידת אורך היא: $r = 2\frac{\Omega}{m}$.
מהו הזרם במעגל ומהו המתח על כל נגד?

5) דוגמה 5



במעגל הבא: $R_1 = 6\Omega$, $R_2 = 2\Omega$ מצא את הזרם במעגל והזרם בכל נגד.

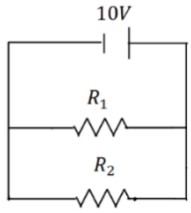
6) דוגמה 6



במעגל הבא: $R_1 = 1\Omega$, $R_2 = 2\Omega$, $R_3 = 4\Omega$ מצא את הזרם במעגל והזרם בכל נגד.

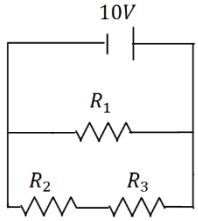
7) דוגמה 7

במעגל הבא: $R_1 = 5\Omega$, $R_2 = 3\Omega$ מצא את הזרם במעגל והזרם בכל נגד.



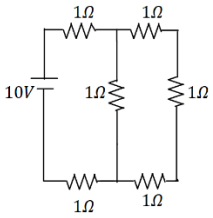
8) דוגמה 8

במעגל הבא: $R_1 = 4\Omega$, $R_2 = 3\Omega$, $R_3 = 1\Omega$ מצא את הזרם במעגל והזרם בכל נגד.



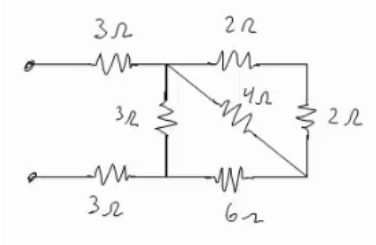
9) דוגמה 9

מצא את כל הזרמים במעגל הבא:



10) דוגמה 10

חשב את ההתנגדות השקולה של המעגל הבא בין שני ההדקים.



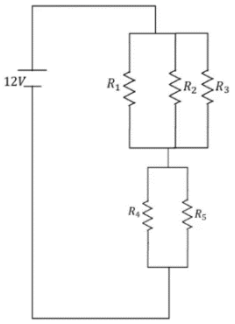
11) חישוב הספק מעגל

נתון המעגל הבא $R_3 = R_2 = R_1 = 6\Omega,\quad R_5 = R_4 = 8\Omega$.

א. מצאו את הזרם במעגל והזרם בכל נגד.

ב. חשבו את הספק המעגל והראו כי הוא שווה להספק הסוללה.

ג. מוסיפים נגד כלשהו המחובר בטור לסוללה.
האם ההספק של המעגל יקטן, יגדל או לא ישתנה?

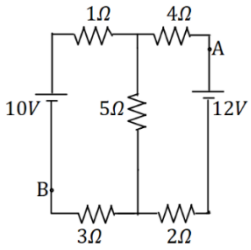


12) קירכהוף תרגיל 1

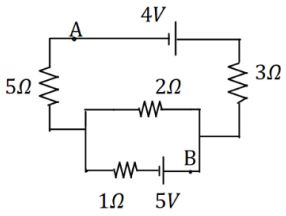
במעגל הבא התנגדות הנגדים ומתח המקורות נתונים באיור.

א. מצא את הזרמים במעגל.

ב. מצא את V_{AB} באמצעות שני מסלולים שונים.



13) קירכהוף תרגיל 2

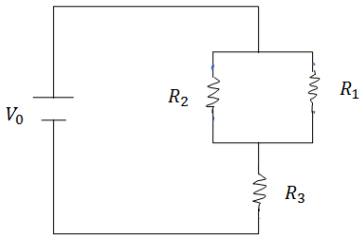


במעגל הבא התנגדות הנגדים ומתח המקורות נתונים באיור.

א. מצא את הזרמים במעגל.

ב. מצא את V_{AB}.

14) תרגיל 1



במעגל הבא נתונים ההתנגדות של כל נגד ומתח המקור: $V_0 = 31V$, $R_1 = 2\Omega$, $R_2 = 3\Omega$, $R_3 = 5\Omega$.

א. מצא את ההתנגדות השקולה של המעגל.

ב. מצא את הזרם העובר בסוללה.

חשב את הזרם והמתח על כל אחד מהנגדים.

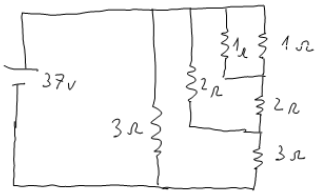
15) תרגיל 2

נתונים שלושה נגדים זהים עם התנגדות ידועה R.

מצא את כל האפשרויות השונות לחבר את הנגדים.

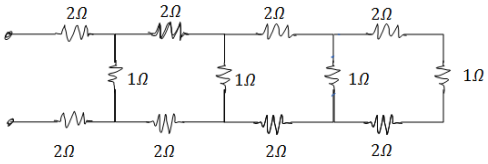
מצא את ההתנגדות השקולה של כל אפשרות.

16) תרגיל 3



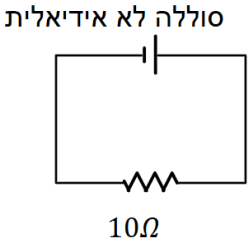
חשב את הזרם והמתח בכל נגד במעגל הבא:

17) תרגיל 4



מצא את ההתנגדות השקולה של המעגל בין שני ההדקים:

18) דוגמה 1



המעגל הבא מורכב מסוללה לא אידיאלית המחוברת לנגד של 10 אוהם. ההתנגדות הפנימית של הסוללה היא 1 אוהם. במעגל זורם זרם של 2 אמפר.

א. מהו הכא"מ של הסוללה?

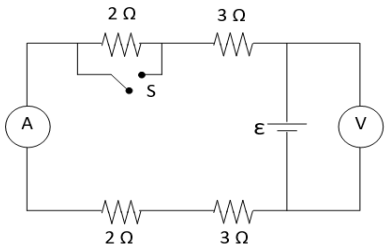
ב. מהו מתח ההדקים שמספקת הסוללה במעגל?

19) דוגמה 2

מחברים סוללה לא אידיאלית לנגד של 10 אוהם ומודדים את הזרם במעגל. המדידה מראה כי הזרם הוא 2 אמפר. לאחר מכן מנתקים את הסוללה מהנגד ומחברים אותה לנגד של 6 אוהם.
מודדים שוב את הזרם במעגל ורואים כי הזרם השתנה ל-3 אמפר.

א. מצא את הכא"מ וההתנגדות הפנימית של הסוללה.
ב. מצא את מתח ההדקים של הסוללה בכל אחד מהחיבורים.

20) מעגל עם סוללה לא אידיאלית



המעגל שבתרשים מכיל ארבעה נגדים, מד מתח ומד זרם אידיאלים, סוללה (לא אידיאלית) ומפסק. קריאת האמפרמטר נרשמה פעמיים, כאשר המפסק פתוח וכאשר המפסק סגור.
אחת הקריאות הייתה 1.5A והאחרת הייתה 1.8A.

א. האם הזרם הגבוה יותר נמדד כאשר המפסק היה פתוח או כאשר הוא היה סגור? נמק/י.
ב. מה הוראת מד המתח בשני מצבי המפסק? פרט/י חישוביך.
ג. חשב/י את הכא"מ ואת ההתנגדות הפנימית של הסוללה.
ד. מה היו מראים אותם שני מכשירי מדידה אילו היו מחברים את מד המתח במקום מד הזרם ולהפך? נמק.

21) תרגיל מעבדה – כאמ ומתח הדקים

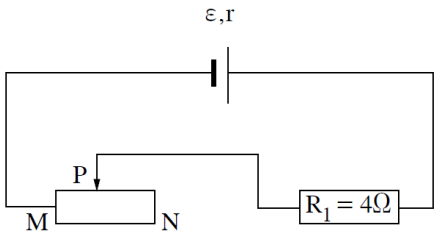
בשיעור פיזיקה ביצעו את הניסוי הבא:
לקחו סוללה שהכא"מ שלה הוא 1.5 וולט והתנגדותה הפנימית לא ידועה.
חיברו סוללה זו לנגד משתנה ובטור אליו – אמפרמטר.
בנוסף חיברו וולטמטר כך שימדוד את מתח ההדקים של הסוללה.
הזיזו את הגררה של הנגד המשתנה כך שבכל פעם השתנה הזרם במעגל, והמתח שמדד הוולטמטר. התוצאות מופיעות בטבלה הבאה:

מדידה מספר	$I(A)$	$V(volt)$
1	0.2	1.4
2	0.4	1.26
3	0.6	1.21
4	0.8	1.13
5	1	1.03
6	1.2	0.9
7 – נתק	0	1.45
8 - קצר	2	0.5

א. שרטטו את המעגל המדובר.
ב. פתחו ביטוי למתח ההדקים של הסוללה.
ג. שרטטו גרף של מתח הדקי הסוללה כתלות בזרם במעגל.
ד. בעזרת הגרף מיצאו את כא"מ הסוללה והתנגדותה הפנימית.
ה. מהי השגיאה היחסית במדידה של כא"מ הסוללה, כפי שרשום עליה (1.5 וולט)?
ו. מדוע נקודת הקצר לא יצאה בחיתוך עם הציר האופקי כפי שהיה צפוי?

22) בגרות בחשמל 2022 שאלה 2

בתרשים 1 מתואר מעגל חשמלי המורכב מסוללה שהכא"מ שלה ε והתנגדותה הפנימית r, נגד שהתנגדותו קבועה $R_1 = 4\Omega$, נגד משתנה MN שנקודת המגע הנייד (הגררה) שלו היא P ותילים אידיאליים. נתון כי ההתנגדות של הנגד המשתנה ליחידת אורך היא $\lambda = 0.8\frac{\Omega}{cm}$ ואורכו הכולל $\ell = 30cm$.



תרשים 1

א. לפניכם חמישה היגדים 1-5. העתיקו למחברת הבחינה רק את ההיגדים הנכונים.

1. הערך של מתח ההדקים תלוי בהתנגדות הפנימית של הסוללה.
2. הערך של מתח ההדקים קטן כאשר ההתנגדות החיצונית של המעגל גדלה.
3. ככל שעוצמת הזרם במעגל גדלה – מתח ההדקים גדל.
4. ערך הכא"מ אינו תלוי בזרם.
5. $\frac{J}{C}$ היא יחידה המבטאת כא"מ.

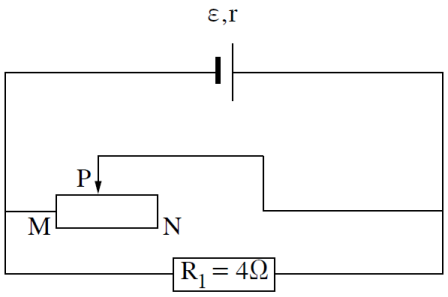
נתון: כאשר עוצמת הזרם במעגל היא $I=1.5A$, מתח ההדקים הוא $V=18V$.

כאשר עוצמת הזרם במעגל היא $I=1.5A$, מתח ההדקים הוא $V=18V$.

ב. חשבו את כא"מ הסוללה, ε, ואת התנגדותה הפנימית, r.

ג. חשבו את המרחק של המגע הנייד P מן הקצה N של הנגד המשתנה, כאשר הזרם במעגל הוא $I=1.5A$.

פירקו את המעגל המתואר בתרשים 1 והרכיבו מאותם הרכיבים מעגל אחר, המתואר בתרשים 2. המג הנייד P נמצא במיקום שחישבתם בסעיף ג.



תרשים 2

ענו על סעיפים ד-ה בנוגע למעגל המתואר בתרשים 2.

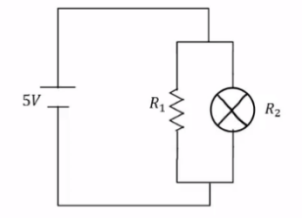
ד. האם מתח ההדקים שווה ל-18V, גדול ממנו או קטן ממנו? נמקו את קביעתכם.

ה. 1. האם אפשר למדוד במעגל זה מתח הדקים שערכו $V=\varepsilon$? אם כן – הסבירו כיצד, ואם לא – נמקו את קביעתכם.

2. האם אפשר למדוד במעגל זה מתח הדקים שערכו $V=0$? אם כן – הסבירו כיצד, ואם לא – נמקו את קביעתכם.

23) דוגמה נצילות

במעגל הבא נתונה התנגדות הנגד, התנגדות הנורה והמתח של הסוללה: $R_2=5\Omega$, $R_1=3\Omega$, $V=5V$.



א. מהו הזרם בנורה ומהו הזרם בסוללה?

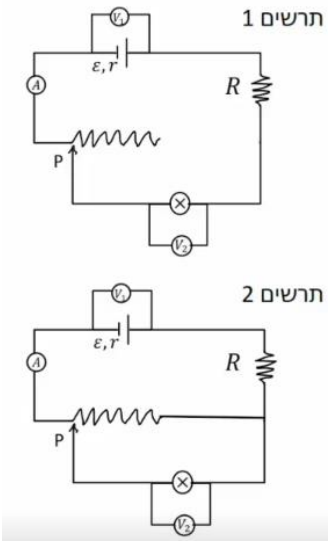
ב. מהו ההספק המתפתח בנורה ומהו ההספק של הסוללה?

ג. מהי הנצילות של המעגל?

ד. מהו אחוז ההספק שהולך לאיבוד במעגל?

24) תרגיל – נצילות

במעגל הבא (תרשים 1) כל מכשירי המדידה אידיאליים: $\varepsilon = 5V$, $R = 2\Omega$, התנגדות הנגד המשתנה היא 8 אוהם. כאשר הגררה P נמצאת בנקודה הכי שמאלית של הנגד המשתנה, מדידת האמפרמטר היא: $0.2A$, והוולטמטר: $V_1 = 4V$.



א. מהי ההתנגדות הפנימית של הסוללה, ומהי התנגדות הנורה?

ב. מהי נצילות המעגל במצב הנתון?

ג. משנים את מיקום הגררה בצורה רציפה, האם הנצילות תגדל / תקטן / לא תשתנה?

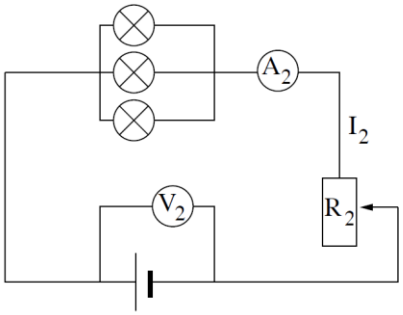
מחברים את הקצה השני של הנגד המשתנה, כפי שאפשר לראות בתרשים 2, כאשר הגררה נשארת בקצה השמאלי של הנגד.

ד. האם הספק הסוללה גדל, קטן, או לא השתנה? נמק ללא חישוב.

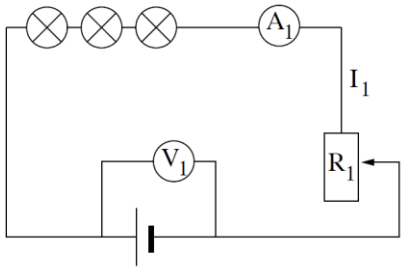
ה. באיזה מעגל הנורה מאירה בעוצמה חזקה יותר? הסבר ללא חישוב.

25) תרגיל - בגרות בחשמל 2022 שאלה 3

בתרשימים שלפניכם מתוארים שני מעגלים חשמליים שונים, מעגל 1 ומעגל 2, המורכבים מרכיבים זהים: מקור מתח שהכא"מ שלו ε והתנגדותו הפנימית r, שלוש נורות שעל כל אחת מהן רשום $3V$ ו-$2W$, נגד משתנה, תילים ומכשירי מדידה אידיאליים.



מעגל 2



מעגל 1

בכל אחד משני המעגלים מזיזים את הגררה של הנגד המשתנה עד שכל הנורות מאירות באורן המלא, בהתאם לרשום עליהן. מצב זה אינו משתנה בכל סעיפי השאלה.

א. חשבו את I_1, הוריית המד-זרם במעגל 1, ואת I_2, הוריית המד-זרם במעגל 2.

נתון: הוריית המד-זרם במעגל 1 היא $V_1 = 9\frac{1}{3}V$, והוריית המד-זרם במעגל 2 היא $V_2 = 4V$.

ב. חשבו את R_1, ההתנגדות של הנגד המשתנה במעגל 1, ואת R_2, ההתנגדות של הנגד המשתנה במעגל 2.

ג. קבעו באיזה משני המעגלים, מעגל 1 או מעגל 2, ההספק המושקע על ידי מקור המתח גדול יותר, וחשבו פי כמה ההספק המושקע גדול יותר.

ד. קבעו באיזה משני המעגלים, מעגל 1 או מעגל 2, ההספק המבוזבז בתוך מקור המתח גדול יותר, וחשבו פי כמה ההספק המבוזבז גדול יותר.

נצילות המעגל מוגדרת כך: היחס בין ההספק המנוצל על ידי המעגל כולו (נורות ונגד משתנה) לבין ההספק המושקע על ידי מקור המתח.

תלמיד טוען שההספק הכולל של הנורות במעגל 1 שווה להספק הכולל של הנורות במעגל 2, ולכן המעגל שבו ההספק של הנגד המשתנה גדול יותר, הוא המעגל שנצילותו גדולה יותר.

ה. קבעו אם ההטענה נכונה או שגויה. נמקו את קביעתכם.

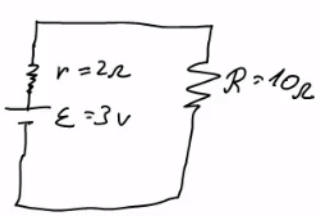
ו. קבעו באיזה משני המעגלים, מעגל 1 או מעגל 2, הנצילות גדולה יותר. נמקו את קביעתכם.

תשובות סופיות

1) $I=1A\ ,\ V_3=3V$

2) $I=2A\ ,\ V_1=4V\ ,\ V_2=6V\ ,\ V_3=10V$

3) א. ב. $I=0.25A$ ג. $V=2.5V$



4) $I=2A\ ,V_r=0.8V\ ,\ V_R=4V$

5) $I=\frac{10}{3}A\ ,\ V_1=\frac{5}{6}A\ ,\ V_2=\frac{5}{2}A$

6) $I=24.5A\ ,\ I_1=14A\ ,\ I_2=7A\ ,\ I_3=3.5A$

7) $I=5.33A\ ,\ I_1=2A\ ,\ I_2=\frac{10}{3}A$

8) $I=5A\ ,\ I_1=2.5A\ ,\ I_2=2.5A$

9) $I=\frac{40}{11}A\ ,\ I_1=\frac{10}{11}A\ ,\ I_2=\frac{30}{11}A$

10) $R_T=\frac{66+24}{11}$

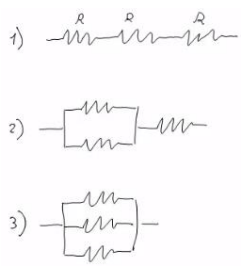
11) א. $I_T=2A,\ I_1=I_2=I_3=\frac{2}{3}A,\ I_4=I_5=1A$ ב. $24w$ ג. יקטן.

12) א. $I_1=0.67A\ ,\ I_2\approx1.46A\ ,\ I_3\approx0.79A$ ב. $V_{AB}=12.49V$

13) א. $I_1=0.08A\ ,\ I_2\approx1.69A\ ,\ I_3\approx-1.61A$ ב. $V_{AB}=-3.79V$

14) א. $R_T=\frac{31}{5}\Omega$ ב. $V_3=25V\ ,V_{1,2}=6V\ ,\ I_1=3A\ ,\ I_2=2A$

15) $R_{T_1}=3R\ ,\ R_{T_2}=\frac{3}{2}R\ ,\ R_{T_3}=\frac{R}{3}$



16) $I_1=2A\ ,\ I_2=4A\ ,\ I_3=9A\ ,\ V_1=2V\ ,\ V_2=8V\ ,\ V_3=27V$

17) $R_T=\frac{169}{204}+4$

18) א. $\varepsilon = 22V$ ב. $V = 20V$

19) א. $\varepsilon = 24V$, $r = 21\Omega$ ב. $V_2 = 18V$, $V_1 = 20V$

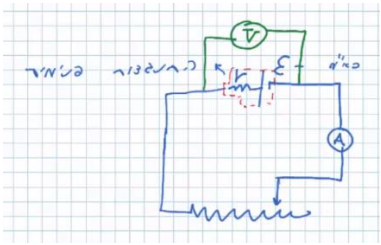
20) א. ככל שההתנגדות השקולה נמוכה יותר, הזרם יהיה גבוה יותר.
לכן, הזרם הגבוה יהיה כאשר המפסק סגור.

ב. סגור: $V_{AB} = 14.4V$, פתוח: $V_{AB} = 15V$.

ג. $\varepsilon = 18V$, $r = 2\Omega$

ד. האמפרמטר: $I = 9A$, הוולטמטר: $V = 0$.

21) א. שרטוט:



ב. $V = \varepsilon - I \cdot r$

ג. שרטוט:

ד. כא"מ: $\varepsilon = 1.5V$, פנימית: $r = 0.5\Omega$.

ה. 0% ו. ראו סרטון.

22) א. היגדים 1, 4 ו-5 נכונים. ב. $\varepsilon = 21v,\ r = 2\Omega$ ג. $PN = 20cm$

ד. ראו בסרטון. ה. ראו בסרטון.

23) א. בנורה: $I = 1A$, בסוללה: $I = \frac{8}{3}A$. ב. בנורה: $\rho = 5W$, בסוללה: $\rho = \frac{40}{3}W$.

ג. $\eta = 37.5\%$. ד. 62.5%.

24) א. פנימית: $r = 5\Omega$, נורה: $R = 18\Omega$. ב. $\eta = 72\%$. ג. תקטן.

ד. גדל. ה. ראה סרטון.

25) א. $I_1 = \frac{2}{3}A,\ I_2 = 2A$ ב. $R_1 = R_2 = 0.52\Omega$ ג. $\frac{P_2}{P_1} = 3$ ד. $\frac{Pr_2}{Pr_1} = 9$

ה. שגויה. ו. $\eta_1 > \eta_2$

קורס מלא לבגרות בפיזיקה 5 יחידות

פרק 27

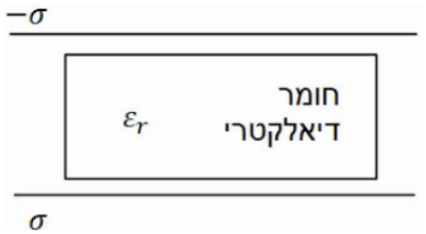
חומרים דיאלקטריים

חומרים דיאלקטריים 345

חומרים דיאלקטריים:

שאלות:

1) חומר דיאלקטרי בין שני לוחות



חומר דיאלקטרי בעל מקדם $\varepsilon_r = 2$ מוכנס בין שני לוחות גדולים מאוד, הטעונים בצפיפות מטען משטחית: $\sigma = 3\cdot 10^{-3}\,\frac{\mathrm{c}}{\mathrm{m}^2}$.

מהו השדה החשמלי בתוך החומר, אם הצפיפות בלוח העליון שלילית ובתחתון חיובית.

תשובות סופיות:

1) $\mathrm{E} = 1.7\cdot 10^{8}\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{C}}$

פרק 28

קבלים-הפרק ירד במיקוד של 2026

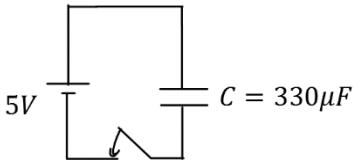
קבל וקיבול 346
תרגילים נוספים 351
תהליכי טעינה ופריקה של קבל 356

קבל וקיבול:

שאלות:

1) קבל ומקור דוגמה בסיסית

קבל בעל קיבול $C=330\mu F$ מחובר לסוללה במתח $V=5V$. סוגרים את המפסק במעגל ומחכים זמן רב.



א. מה יהיה הזרם במעגל?

ב. מה יהיה המתח בין לוחות הקבל?

ג. מה יהיה המטען על הלוחות? ציין איפה יהיה המטען החיובי ואיפה השלילי.

ד. חזור על הסעיפים במקרה שבו מחובר גם נגד בטור במעגל

2) מוציאים מטען מהקבל

קבל טעון במטען של $5\mu c$. מד מתח שמחובר לקבל מראה קריאה של 3 וולט.

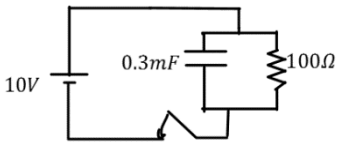
א. מצא את הקיבול של הקבל.

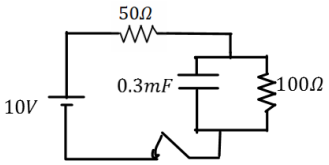
כעת מוציאים $2\mu c$ מהמטען על הקבל (ו- $-2\mu c$ מהצד השלילי).

ב. מה יראה מד המתח?

3) קבל במקביל לנגד

במעגל הבא סוגרים את המפסק ומחכים זמן רב.





א. מצא את המתח והמטען על הקבל .

ב. האם יזרום זרם במעגל?
אם כן, מצא את גודלו וכיוונו.

ג. חזור על הסעיפים עבור המקרה בו יש נגד נוסף במערכת (ראה תרשים).

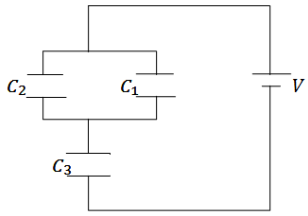
4) חישוב קיבול של קבל לוחות

קבל לוחות מורכב מלוחות זהים בעלי שטח $2cm^2$ ומרחק בין הלוחות $0.3mm$.

א. חשב את הקיבול של הקבל.

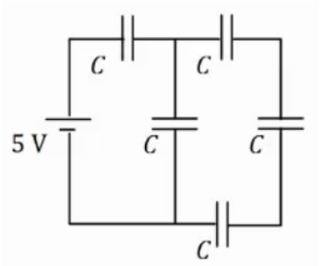
ב. מה יהיה המטען על הקבל אם נחבר אותו למקור מתח $V=3V$ (לאחר זמן רב)?

5) חיבור במקביל ובטור



במעגל הבא נתון מתח הסוללה $V=3V$ והקיבול של כל קבל: $C_1=2\mu F$, $C_2=3\mu F$, $C_3=5\mu F$.
מצא את המטען על כל קבל.

6) חיבור 5 קבלים



במעגל הבא לכל הקבלים קיבול זהה $C=200\mu F$.
המתח של הסוללה הוא $V=5V$.

א. מצא את הקיבול השקול של המעגל.
ב. מצא את המתח והמטען על כל קבל זמן רב לאחר סגירת המעגל.

7) מרחיקים לוחות בקבל

קבל לוחות מורכב מלוחות זהים בעלי שטח $3cm^3$ ומרחק בין הלוחות $0.4mm$.

א. חשב את הקיבול של הקבל
ב. מה יהיה המטען על הקבל אם נחבר אותו למקור מתח $V=3V$ (לאחר זמן רב).

כעת מנתקים את הקבל ממקור המתח ומגדלים את המרחק בין הלוחות פי 2.

ג. מצא את הקיבול החדש.
ד. מצא את המטען והמתח על הקבל החדש.
ה. חזור על סעיפים ג' ו-ד', אם היינו מרחיקים את הלוחות מבלי לנתק את מקור המתח.

8) אנרגיה של קבל לוחות

קבל לוחות מורכב מלוחות זהים בעלי שטח $5cm^2$ ומרחק בין הלוחות $2mm$.

א. חשב את הקיבול של הקבל.

מחברים את הקבל לסוללה במתח 4 וולט.

ב. מהי האנרגיה האגורה בקבל לאחר זמן רב?

9) מקרבים את הלוחות

קבל לוחות מורכב מלוחות זהים בעלי שטח $6cm^2$ ומרחק בין הלוחות $3mm$.

א. חשב את הקיבול של הקבל.

מחברים את הקבל לסוללה במתח 5 וולט.

ב. מהי האנרגיה האגורה בקבל לאחר זמן רב?

מקרבים את לוחות הקבל למרחק $1mm$.

ג. מצא את האנרגיה החדשה אם הקבל מחובר לסוללה במשך כל התהליך. רשום גם את שינוי האנרגיה בקבל.
ד. חזור על ג' עבור המקרה שבו מנתקים את הקבל מהסוללה לפני שמקרבים את הלוחות.

10) מכניסים חומר לקבל בשתי דרכים

קבל בעל קיבול של $5\mu F$ מחובר למקור מתח של $12V$.

א. חשב את המטען, המתח והאנרגיה האגורה בקבל זמן רב לאחר החיבור למקור.

מכניסים לקבל חומר דיאלקטרי בעל מקדם דיאלקטרי $\varepsilon_r = 1.2$ הממלא את כל הרווח בין לוחות הקבל.

ב. בהנחה שהקבל מחובר למקור בכל התהליך.
חשב את המתח המטען והאנרגיה בקבל לאחר זמן רב.

ג. חשב את השינוי במטען ובאנרגיה בעקבות הכנסת החומר.

ד. חזור על סעיף ב' אם מנתקים את הקבל מהמקור לפני שמכניסים את החומר הדיאלקטרי.

11) מכניסים ומוציאים חומר מקבל

קבל בעל קיבול של $8\mu F$ מחובר למקור מתח של $12V$.

א. חשב את המטען, המתח והאנרגיה האגורה בקבל זמן רב לאחר החיבור למקור.

מכניסים לקבל חומר דיאלקטרי בעל מקדם דיאלקטרי $\varepsilon_r = 1.4$ הממלא את כל הרווח בין לוחות הקבל.

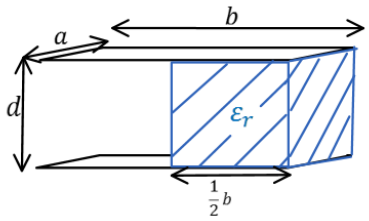
ב. בהנחה שהקבל מחובר למקור בכל התהליך.
חשב את המתח המטען והאנרגיה בקבל לאחר זמן רב.

כעת מנתקים את הקבל מהמקור ומוציאים את החומר הדיאלקטרי.

ג. מה יהיה המתח המטען והאנרגיה בקבל לאחר זמן רב?

ד. חשב את שינוי האנרגיה בכל שלב בתהליך.

12) קבל עם חצי ימין מלא



קבל לוחות מורכב משני לוחות בעלי שטח $A = a \times b$, ומרחק d בין הלוחות.

נתון: $a = 3cm$, $b = 4cm$, $d = 2mm$.

א. מצא את הקיבול של הקבל.

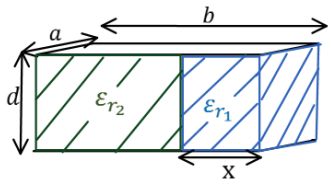
ממלאים את חציו הימיני של הקבל בחומר דיאלקטרי בעל מקדם $\varepsilon_r = 3$ וחציו השמאלי נשאר ריק (ראה איור).

ב. מצא את הקיבול החדש של הקבל.

ג. מחברים את הקבל למקור מתח $V_0 = 5V$.

כמה מטען יהיה על כל לוח ומה תהיה האנרגיה של הקבל?

13) קבל עם חלק ימין שונה מחלק שמאל

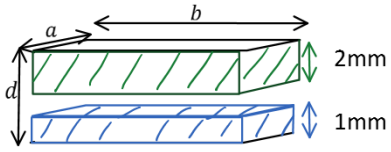


קבל לוחות מורכב משני לוחות בעלי שטח $A = a \times b$,
ומרחק d בין הלוחות. $a = 5\text{cm}$, $b = 6\text{cm}$, $d = 1\text{mm}$.
ממלאים את חלק של הקבל ברוחב $x = 1\text{cm}$ בחומר
דיאלקטרי בעל מקדם $\varepsilon_{r_1} = 4$, ואת החלק הנותר
בחומר דיאלקטרי בעל מקדם $\varepsilon_{r_2} = 2$ (ראה איור).

א. מצא את הקיבול החדש של הקבל.

ב. מחברים את הקבל למקור מתח $V_0 = 5\text{V}$.
כמה מטען יהיה על כל לוח ומה תהיה האנרגיה של הקבל?

14) קבל עם שלושה חלקים אחד מעל השני



קבל לוחות מורכב משני לוחות בעלי שטח $A = a \times b$,
ומרחק d בין הלוחות. $a = 5\text{cm},\ b = 6\text{cm},\ d = 4\text{mm}$.
ממלאים חלק של הקבל בגובה 1mm ולכל הרוחב
בחומר דיאלקטרי בעל מקדם $\varepsilon_{r_1} = 4$.
את החלק מגובה 2mm ועד הלוח העליון ממלאים בחומר דיאלקטרי בעל
מקדם $\varepsilon_{r_2} = 2$ (ראה איור).

א. מצא את הקיבול החדש של הקבל.

ב. מחברים את הקבל למקור מתח $V_0 = 5\text{V}$.
כמה מטען יהיה על כל לוח ומה תהיה האנרגיה של הקבל?

תשובות סופיות:

1) א. $I=0$ ב. $|V_c|=5V$ ג. $1.65mc$ ד. ללא שינוי.

2) א. $1.67\mu F$ ב. $1.8V$

3) א. $V_c=V_0=10V,\ Q=3mc$ ב. $I=0.1A$

ג. $I=0.067A\ ,\ V_c=6.7\ ,\ Q=2.01mc$

4) א. $C\approx 5.9\cdot 10^{-12}F$ ב. $Q=17.7pC$

5) $q_1=3\mu C\ ,\ q_2=4.5\mu C\ ,\ q_3=7.5\mu C$

6) א. $C_{T_1}=\frac{C}{3}\ ,\ C_{T_2}=\frac{4C}{3}\ ,\ C_T=114\mu F$

ב. $q_1=q_T=571\mu c\ ,\ q_2=q_3=q_4=q_{T_1}=143\mu c$

$V_1=2.86V\ ,\ V_5=2.14V\ ,\ V_2=V_3=V_4=0.715V$

7) א. $C=6.64pF$ ב. $Q=19.9pc$ ג. $C'=3.32pF$ ד. $Q'=19.9pc\ ,V'=6V$

ה. (ג) $C'=3.32pF$ (ד) $V'=3V\ ,\ Q'=9.96pc$

8) א. $C=2.21pF$ ב. $U_c=17.68\cdot 10^{-12}J$

9) א. $C=1.77pF$ ב. $U_c=22.13pJ$ ג. $U_c^{'}=66.375\ ,\ \Delta U=44.245pJ$

ד. $U_c^{'}\approx 7.38pJ\ ,\ \Delta U=-14.76pJ$

10) א. $V_c=12V\ ,\ Q=60\mu c\ ,\ U_c=3.6\cdot 10^{-4}J$ ב. $C'=6\mu F\ ,\ U_c^{'}=432\mu J\ ,\ Q'=72\mu c$

ג. $\Delta Q=12\mu c\ ,\ \Delta U=72\mu J$ ד. $V'=10V\ ,\ U_c=300\mu J$

11) א. $V_c=12V\ ,\ Q=96\mu F\ ,\ U_c=576\mu J$ ב. $V_c^{'}=12V\ ,\ Q'=134.4\mu F\ ,\ U_c^{'}=806.4\mu J$

ג. $V_c^{"}=16.8V\ ,\ Q"=134.4\mu F\ ,\ U_c^{"}\approx 1129\mu J$

ד. במעבר מסעיף א' ל-ב': $\Delta U=230.4\mu J$, במעבר מסעיף ב' ל-ג': $\Delta U\approx 323\mu J$

12) א. $C=5.31pF$ ב. $C_T=10.62pF$ ג. $U_c=132.75pJ$

13) א. $C_T=61.95pF$ ב. $Q=309.75pc\ ,\ U_c=1548.75pJ$

14) א. $C_T 11.8pF$ ב. $q=59\cdot 10^{-9}c\ ,\ U_c=1.475\cdot 10^{-7}J$

תרגילים נוספים:

שאלות:

תרגילים ברמה א':

1) מציאת מטען

מה המטען המצטבר על קבל של $C=30\mu F$ לאחר זמן רב,
אם נחבר אותו למתח של $10V$?

2) קבל לוחות

קבל לוחות מורכב משני לוחות בעלי שטח $A=4cm^2$, שביניהם מרחק של $d=1mm$.

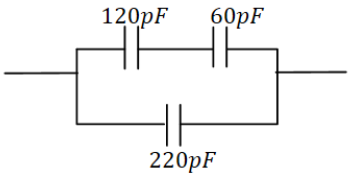
א. מה הקיבול של הקבל אם המרווח בין הלוחות ריק?

ב. מה הקיבול של הקבל אם המרווח בין הלוחות מלא בחומר דיאלקטרי אחיד בעל מקדם $\varepsilon_r=2.5$?

ג. מצא את המטען על הקבל, עבור כל אחד מהמקרים בסעיפים הקודמים, אם מחברים את הקבל למקור מתח של $5V$.

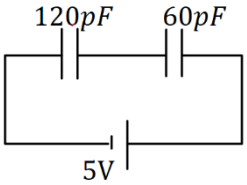
3) חיבור קבלים

מצא את הקיבול השקול של החיבור הבא.



4) חיבור קבלים

מה המטען והמתח על כל קבל במערכת הבאה (זמן רב לאחר חיבור הסוללה)?
ציין איפה המטען החיובי והיכן המטען השלילי בכל קבל.

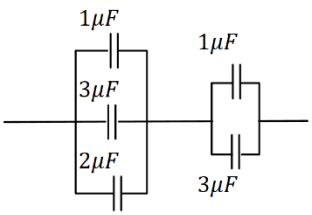


5) חיבור קבלים

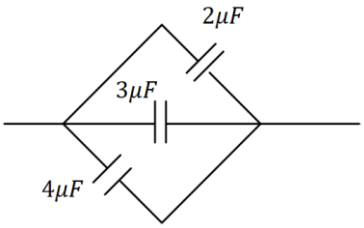
נתונה מערכת הקבלים הבאה:

א. מצא את הקיבול השקול בין שני הקצוות של החוט.

ב. מצא את המתח והמטען על כל קבל אם מחברים את הקצוות למקור מתח של $10V$.



6) יהלום

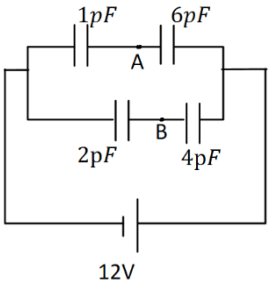


נתונה מערכת הקבלים הבאה:

א. מצא את הקיבול השקול במקרה הבא.

ב. מצא את המתח והמטען על כל קבל אם מחברים את הקצוות למקור מתח של $10V$.

7) חיבור קבלים ומציאת מתח

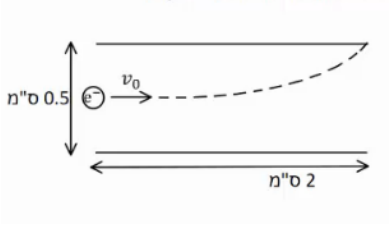


במעגל הבא נתון הקיבול של כל קבל ומתח הסוללה:

א. מצא את המתח על כל קבל והמטען על כל קבל.
סמן על כל קבל היכן המטען החיובי.

ב. מהו V_{AB} המתח בין הנקודות A ל-B?

8) אלקטרון נכנס לקבל לוחות



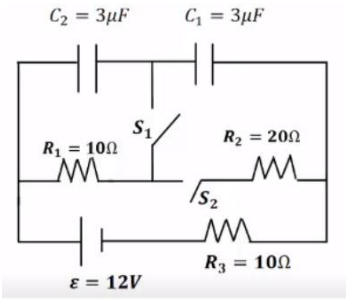
קבל לוחות מורכב משני לוחות ריבועיים בעלי אורך צלע של 2 ס״מ ומרחק בין הלוחות של 0.5 ס״מ.
אלקטרון נכנס במרכז הלוחות עם מהירות, המקבילה ללוחות, שגודלה $v_0 = 10^7 \frac{m}{sec}$ (ראה איור).
האלקטרון פוגע בדיוק בקצה הלוח העליון.

א. חשב את השדה בין הלוחות (גודל וכיוון).

ב. חשב את המתח אליו מחובר הקבל.

תרגילים ברמה ב':

9) מעגלים



ענה על הסעיפים הבאים עבור המעגל שבציור.
פתור את הסעיפים זמן רב לאחר סגירת או פתיחת המתגים.

א. מהו המתח והמטען על כל קבל,
כאשר שני המפסקים פתוחים?

ב. סוגרים את S_1. S_2 פתוח.
מהו המתח והמטען של כל קבל?

ג. סוגרים את S_2 ופותחים את S_1. מהו המתח על כל קבל?

ד. הפעם שניהם סגורים. מהו המתח והמטען על כל קבל?

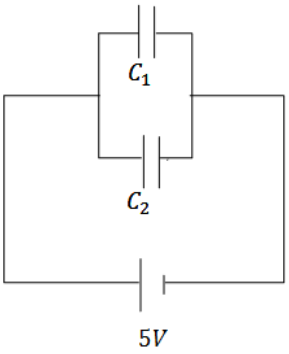
10) מעגלים

שני קבלים, האחד של $10\mu F$ והשני של $15\mu F$, חוברו בנפרד למקורות מתח של $6V$ ו- $8V$, בהתאמה. לאחר מכן נותקו ממקורות המתח וחוברו זה לזה.

א. מה יהיה המתח והמטען הסופי על כל קבל, אם הקבלים חוברו כאשר הדקים שווי סימן מחוברים זה לזה?

ב. ללא קשר לסעיף א', מה יהיה המתח והמטען הסופי על כל קבל, אם הקבלים חוברו כאשר הדקים שוני סימן מחוברים זה לזה.

11) שני קבלים טעונים מחוברים לקבל שלישי



במעגל הבא קיבול הקבלים הוא: $C_1 = 3\mu F$, $C_2 = 2\mu F$,
והמתח בסוללה הוא $5V$.
לאחר שהקבלים נטענים מנתקים את המקור
ומחליפים אותו בקבל של $C_3 = 5\mu F$.
מצא את המטען המתח והאנרגיה של הקבל החדש,
לאחר שהמערכת מתייצבת.

12) מרחיקים לוחות בקבל לוחות

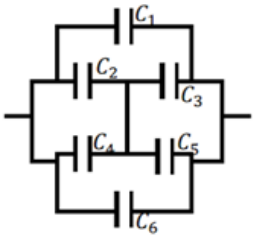
קבל לוחות בעל אורך צלע $a = 2cm$ ומרחק בין הלוחות $d = 1mm$, נטען ע"י סוללה במתח $3V$. אחרי שהקבל נטען במלואו מנתקים את הסוללה ומרחיקים את הלוחות למרחק $3d$.

א. מצא את הפרש הפוטנציאל החדש על הקבל.

ב. מצא את האנרגיה ההתחלתית והסופית האגורה בקבל.

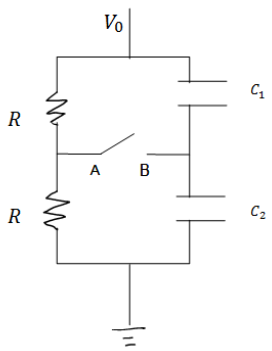
ג. מצא את העבודה הנדרשת ע"מ להרחיק את הלוחות ע"י הגדרת העבודה.

13) חיבור קונפיגורציית קבלים



נתונה מערכת קבלים המחוברים על פי השרטוט.
מצא את הקיבול השקול של המערכת.

14) קבלים עם מפסק



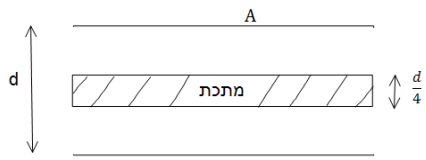
במעגל הבא מחזיקים את הקצה העליון בפוטנציאל קבוע,
ונתון V_0 הקצה התחתון מוארק.
נתון: הקיבול של כל קבל, ההתנגדות הזהה של הנגדים.

א. מצא את המתח (הפרש הפוטנציאלים)
בין הנקודה A לנקודה B.

ב. סוגרים את המפסק AB.
כמה מטען עבר דרך המפסק עד שהמערכת התייצבה?

15) קבל עם פיסת מתכת

קבל לוחות מחובר למקור מתח V . שטח כל לוח בקבל הוא A ,
והמרחק בין הלוחות הוא d $\left(d \ll \sqrt{A}\right)$.



א. מצא את המטען על הקבל, את השדה בתוך הקבל ואת האנרגיה של המערכת.

ב. כעת מכניסים לקבל פיסת מתכת בעובי $\frac{d}{4}$ עם שטח A ממרכז הקבל. חזור על סעיף א.

ג. כעת מוציאים את המתכת, מחכים שהקבל יטען שוב ומנתקים את מקור המתח. לאחר הניתוק מכניסים את המתכת חזרה פעם שניה. חזור על סעיף א' (סעיף ב' אינו משפיע על סעיף ג').

תשובות סופיות:

1) $Q = 0.3mF$

2) א. $C = 3.54pF$ ב. $C' = 8.85pF$ ג. $Q_A = 17.7pc\ ,\ Q_B = 44.25pc$

3) $C_T = 260pF$

4) $Q_1 = Q_2 = 200pc\ ,\ V_{C_1} = 1.67V\ ,\ V_{C_2} = 3.33V$

5) א. $C_T = 2.4\mu F$

ב. $V_{4,5} = 6V\ ,\ V_{1,2,3} = 4V\ ,\ Q_1 = 4\mu C\ ,\ Q_2 = 12\mu C\ ,\ Q_3 = 8\mu C\ ,\ Q_4 = 6\mu C\ ,\ Q_5 = 18\mu C$

6) א. $C_T = 9\mu F$ ב. $V_T = 10V\ ,\ Q_1 = 20\mu C\ ,\ Q_2 = 30\mu C\ ,\ Q_3 = 40\mu C$

7) א. $Q_{1,2} = 10.29\mu C\ ,\ Q_{3,4} = 16\mu C\ ,\ V_1 = 10.29V\ ,\ V_2 = 1.71V\ ,\ V_3 = 8V\ ,\ V_4 = 4V$

ב. $V_{AB} = -2.28V$

8) א. $\vec{E} \approx -7.12 \cdot 10^3 \frac{N}{C} \hat{y}$ ב. $V \approx 35.5V$

9) א. $Q_1 = Q_2 = 24\mu C\ ,\ V_1 = 8V\ ,\ V_2 = 4V$ ב. $V_{C_2} = 0\ ,\ V_{C_1} = 12V\ ,\ Q_1 = 36\mu C$

ג. $Q_{1,2} = 18\mu C\ ,\ V_1 = 6V\ ,\ V_2 = 3V$

ד. $V_{C_1} = 6V\ ,\ Q_{C_1} = 18\mu C\ ,\ V_{C_2} = 3V\ ,\ Q_2 = 18\mu C$

10) א. $q_2 = 108\mu C\ ,\ q_1 = 72\mu C\ ,\ V_1 = V_2 = 10.8V$ ב. $q_2 = 36\mu C\ ,\ q_1 = 24\mu C\ ,\ V_1 = V_2 = 2.4V$

11) $q'_3 = 12.5\mu C\ ,\ V'_3 = 2.5V\ ,\ U = 15.625J$

12) א. $V' = 9V$ ב. $U_{C_i} = 15.93 \cdot 10^{-12} J\ ,\ U_{C_F} = 47.79 \cdot 10^{-12} J$

ג. $|W| = 31.86 \cdot 10^{-12} J$

13) $C_T = C_1 + C_6 + C_{2,3,4,5}$

14) א. $V_{AB} = \frac{V_0}{2} - \frac{V_0 C_2}{C_1 + C_2}$ ב. $q_1 = \frac{C_1 V_0}{2}\ ,\ q_2 = \frac{C_2 V_0}{2}\ ,\ \Delta q = \frac{V_0}{2}(C_2 - C_1)$

15) א. $q = CV = \frac{\varepsilon_0 A}{d} V\ ,\ E = \frac{V}{d}\ ,\ U = \frac{1}{2}\frac{\varepsilon_0 A}{d} V$

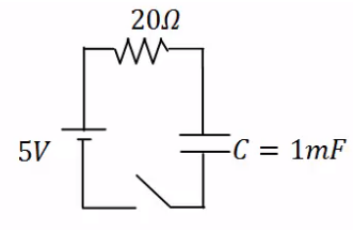
ב. $q_1 = q_2 = \frac{4\varepsilon_0 AV}{3d}\ ,\ E_1 = E_2 = \frac{4V}{3d}\ ,\ U = \frac{1}{2} C_T V^2 = \frac{2\varepsilon_0 A}{3d} V^2$

ג. $E_1 = E_2 = \frac{V}{d}\ ,\ U = \frac{3\varepsilon_0 A V^2}{8d}$

תהליכי טעינה ופריקה של קבל:

שאלות:

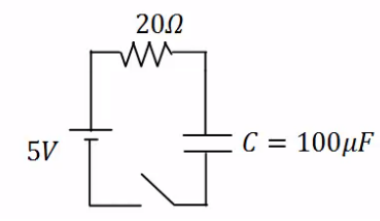
1) טעינה



במעגל הבא הקיבול של הקבל הוא: $C=1\text{mF}$,
התנגדות הנגד היא: $R=20\Omega$ ומתח המקור
הוא: $V_0=5\text{V}$. סוגרים את המפסק ב-$t=0$.

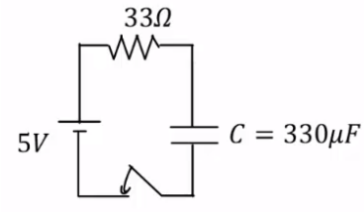
א. מהו המטען על הקבל לאחר 0.01 שניות?
ב. המתח על הקבל באותו הרגע?
ג. מהם המטען והמתח על הקבל לאחר 0.1 שניות?

2) זמן אופייני



במעגל הבא הקיבול של הקבל הוא: $C=100\mu\text{F}$,
התנגדות הנגד היא: $R=100\Omega$ ומתח המקור
הוא: $V_0=5\text{V}$. סוגרים את המפסק ב-$t=0$.
מהו המטען והמתח על הקבל לאחר 0.3 שניות?

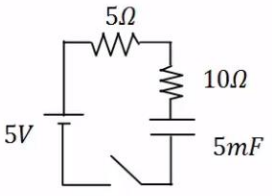
3) חישוב זרם



במעגל הבא הקיבול של הקבל הוא: $C=330\mu\text{F}$,
התנגדות הנגד היא: $R=33\Omega$ ומתח המקור
הוא: $V_0=5\text{V}$. סוגרים את המפסק ב-$t=0$.

א. מהו הזרם במעגל ב-$t=0.005\text{sec}$?
ב. מהו ההספק בנגד באותו הרגע?

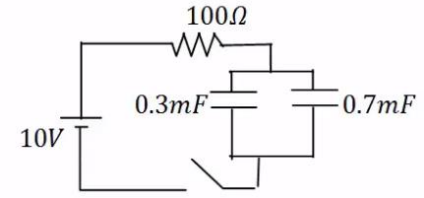
4) שני נגדים



במעגל הבא סוגרים את המפסק ב-$t=0$.

א. מהו הזמן האופייני במעגל?
ב. מצא את המתח והזרם בקבל בזמנים: $t=0.01\ ,\ 0.6\text{sec}$.

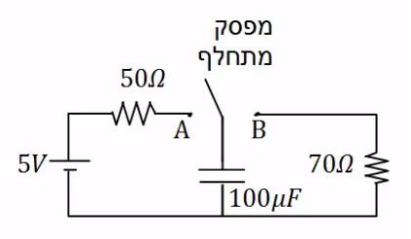
5) שני קבלים



במעגל הבא סוגרים את המפסק ב-$t=0$.

א. מהו הזמן האופייני במעגל?
ב. מצא את המתח והמטען בכל קבל
בזמנים: $t=0.2\ ,\ 0.8\text{sec}$.

6) דוגמה מסכמת



במעגל הבא מחברים את המפסק המתחלף לנקודה A ומחכים זמן רב.

א. רשום את המתח על הקבל כתלות בזמן.
מהו "זמן רב"?

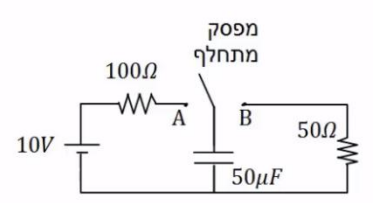
לאחר מכן מעבירים את המפסק לנקודה B.

ב. רשום שוב את המתח על הקבל כתלות בזמן.

7) מתג מתחלף

במעגל הבא מחברים ב-$t=0$ את המפסק המתחלף לנקודה A.

ב-$t=0.01$ מעבירים את המפסק לנקודה B.



א. רשום את המתח על הקבל כתלות בזמן.

ב. מה המטען על הקבל ב-$t=0.02$?

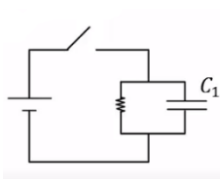
ג. רשום את הזרם כתלות בזמן.

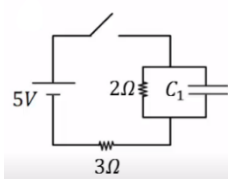
ד. צייר גרפים עבור המתח והזרם כתלות בזמן.

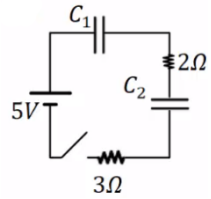
8) מציאת זרם במספר מעגלים

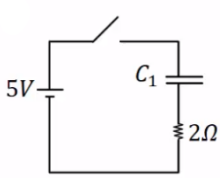
מצא את הזרם, בכל נגד, במעגלים הבאים. ברגע סגירת המתג הנח שהקבלים אינם טעונים לפני הסגירה של המתג וכי הסוללה והחוטים אידיאלים.

א. ב. ג. ד.









9) קבלים במעגל בהתחלה ולאחר זמן רב

נתוני הרכיבים במעגל הבא הם:

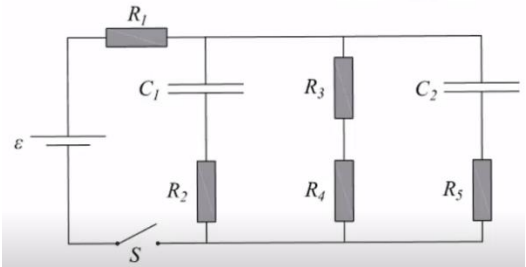
$R_1=4\Omega$, $R_2=3\Omega$, $R_3=2\Omega$, $R_4=1\Omega$, $R_5=6\Omega$, $\varepsilon=24V$, $C_1=2\mu F$, $C_2=4\mu F$

לפני סגירת המפסק הקבלים אינם טעונים.

א. מהו הזרם דרך כל אחד מהנגדים במעגל ברגע סגירת המפסק?

ב. מהו הזרם דרך כל אחד מהנגדים במעגל זמן רב לאחר סגירת המפסק?

ג. מהו המטען על כל אחד מהקבלים זמן רב לאחר סגירת המפסק?



תשובות סופיות:

1) א. $q_C(t)\approx 1.97\cdot 10^{-3}C$ ב. $V_C=1.97V$

ג. $q_C(t=0.1)=4.97\cdot 10^{-3}C$, $V_C=4.97V$

2) $q_C=5\cdot 10^{-4}C$, $V_C=V_0=5V$

3) א. $I(0.005)\approx 0.096A$ ב. $P\approx 0.305W$

4) א. $\tau=0.075sec$

ב. $V_C(t=0.01)=0.624V$, $I(t=0.01)\approx 0.292A$, $V_C(t=\infty)=5V$, $I(t=\infty)=0$

5) א. $\tau=0.1sec$

ב. $V_T(t=0.2)=8.65V$, $q_1(t=0.2)=2.60\cdot 10^{-3}C$, $q_2(t=0.2)=6.01\cdot 10^{-3}C$

6) א. $V_C(t)=5V\left(1-e^{-\frac{t}{5\cdot 10^{-3}}}\right)$ ב. $V_C(t)=5\cdot e^{-\frac{t^*}{7\cdot 10^{-3}}}$

7) א. $V_C(t)=\begin{cases}10\left(1-e^{-\frac{t}{0.005}}\right) & 0<t<0.01\\ 8.65\cdot e^{-\frac{t-0.01}{0.0025}} & 0.01<t\end{cases}$ ב. $q_C(t=0.02)\approx 7.92\cdot 10^{-6}C$

ג. $I(t)=\begin{cases}\frac{10}{100}\cdot e^{-\frac{t}{0.005}} & 0<t<0.01\\ \frac{8.65}{50}\cdot e^{-\frac{t-0.01}{0.0025}} & 0.1<t\end{cases}$ ד. ראה סרטון.

8) א. $I(t=0)=2.5A$ ב. $I=1A$ ג. $I=\frac{5}{3}A$ ד. $I(t=0)=\infty$

9) א. $I_T=I_1\approx 4.62A$, $I_2\approx 1.85A$, $I_{3,4}=1.85A$, $I_5\approx 0.92A$

ב. $I_{1,3,4}=3.43A$, $I_{2,5}=0$ ג. $q_1\approx 20.58\cdot 10^{-6}C$, $q_2\approx 41.16\cdot 10^{-6}C$

קורס מלא לבגרות בפיזיקה 5 יחידות

פרק 29

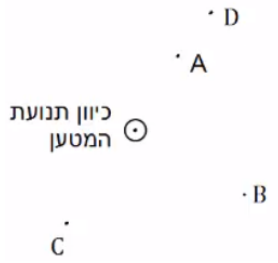
השדה המגנטי

השדה המגנטי 359

השדה המגנטי:

שאלות:

1) דוגמה 1

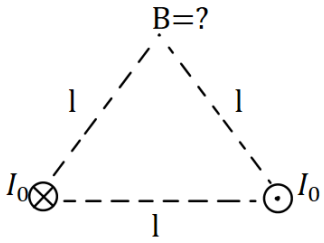


מטען נע מהדף אלינו.
צייר את כיוון השדה המגנטי בנקודות: A , B , C , D.

2) דוגמה 2

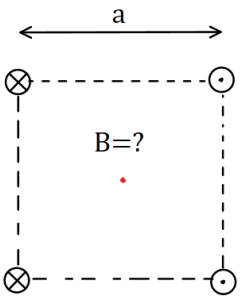
מטען נע במישור הדף כלפי מעלה.
מה כיוון השדה המגנטי שיוצר המטען משני הצדדים של הקו עליו נע המטען?

3) דוגמה 3 - שדה בפינת משולש



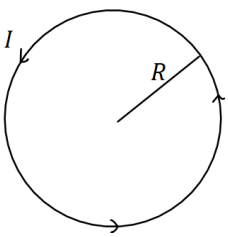
במערכת הבאה ישנם שני תיילים אינסופיים הנושאים זרם: $I_0 = 2A$.
התיילים מונחים בקודקודי הבסיס של משולש שווה צלעות בעל אורך צלע: $l = 20_{c.m}$.
התיילים מונחים במקביל כך שבאחד הזרם נכנס לתוך הדף ובשני הזרם יוצא מן הדף.
חשב את השדה המגנטי בקודקוד השלישי של המשולש (גודל וכיוון).

4) דוגמה 4 - שדה במרכז ריבוע



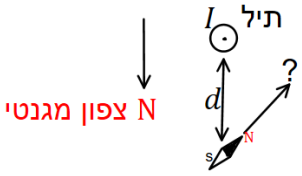
במערכת הבאה ישנם ארבעה תיילים אינסופיים בפינותיו של ריבוע בעל אורך צלע: $a = 10_{c.m}$.
גודל הזרם בכל התיילים זהה ושווה ל-$I = 3A$.
כיוון הזרם מתואר באיור.
מהו השדה המגנטי במרכז הריבוע?

5) דוגמה 5 - שדה במרכז טבעת



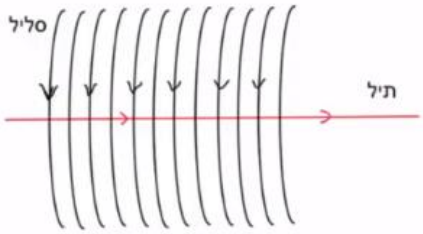
מצא את גודל וכיוון השדה המגנטי במרכז הטבעת שבאיור.
רדיוס הטבעת הוא: $R = 5c.m$ והזרם בה הוא: $I = 0.2A$
בכיוון השעון.

6) דוגמה 6 - שדה של תיל וכדה"א



תיל ארוך מונח במאונך לפני כדור הארץ
ונושא זרם $I = 5A$ במרחק $d = 5c.m$.
מהתיל לכיוון הצפון המגנטי של כדור הארץ נמצא מצפן, המוחזק אופקית לכדור הארץ.
מצא את הכיוון אליו תצביע המחט.
(רכיב השדה המגנטי המקביל לפני כדה"א הוא: $B_t = 2.9\cdot10^{-5}T$).

7) תיל בתוך סליל



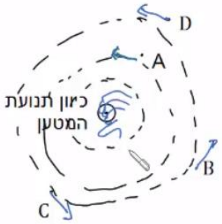
סליל ארוך מאוד מונח כך שהציר המרכזי שלו לאורך ציר z. צפיפות הליפופים בסליל היא 15 ליפופים לס"מ והזרם בו הוא: 2.5mA.
מניחים תיל ארוך מאוד בתוך הסליל ולאורך הציר המרכזי. הזרם בתיל הוא: 0.8A.
כיווני הזרמים מתוארים בתרשים.

א. מהו המרחק הרדיאלי מהציר בו השדה המגנטי שנוצר יהיה בזווית 30 מעלות עם ציר ה-z?

ב. מהו גודלו של השדה בנקודה זו?

תשובות סופיות:

1)



2) מצד ימין השדה נכנס, מצד שמאל השדה יוצא.

3) $\vec{B} = -2\cdot10^{-6}\,\hat{y}$

4) $\vec{B} = -24.24\cdot10^{-6}T\,\hat{y}$

5) $B = 8\pi\cdot10^{-7}T$

6) $\theta \approx 55.4°$

7) א. $r = 5.9cm$ ב. $B_T \approx 5.4\cdot10^{-6}T$

קורס מלא לבגרות בפיזיקה 5 יחידות

פרק 30

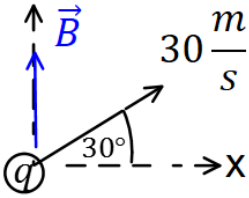
הכוח המגנטי

הכוח המגנטי 361

הכוח המגנטי:

שאלות:

1) דוגמה 1



מטען $q=2c$ נע במהירות: $v=30\frac{m}{sec}$ בכיוון 30 מעלות ביחס לציר ה-x החיובי.

במרחב ישנו שדה מגנטי אחיד: $\vec{B}=4T\,\hat{y}$.

מצא את גודל הכוח המגנטי שפועל על המטען.

2) דוגמה 2

מטען $q=3c$ נע במהירות: $\vec{v}=2\frac{m}{sec}\hat{x}+4\frac{m}{sec}\hat{y}$.

במרחב ישנו שדה מגנטי אחיד: $\vec{B}=5T\,\hat{y}$.

מצא את גודל הכוח המגנטי שפועל על המטען.

3) דוגמה 3

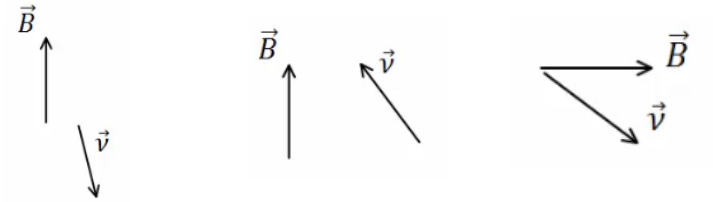
מצא את כיוון הכוח המגנטי במקרים הבאים:

א. ב. ג. ד.

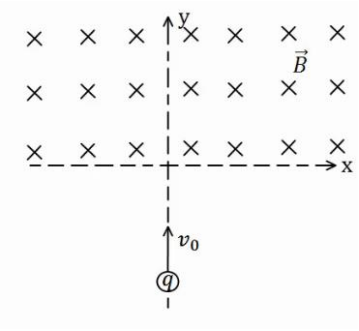
4) דוגמה 5

מצא את כיוון הכוח המגנטי במקרים הבאים:

א. ב. ג.



5) דוגמה 6

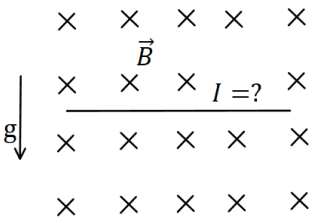


מטען $q=4c$ נע מ- $y=-\infty$ לאורך הכיוון החיובי של ציר ה- y. בכל התחום $y>0$ קיים שדה מגנטי אחיד $B=5T$ לתוך הדף.
מסת המטען היא: $m=10gr$ ומהירותו היא: $v_0=20\frac{m}{sec}$.

א. שרטט את תנועת המטען.

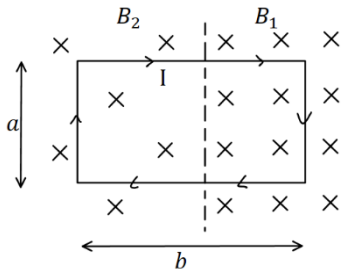
ב. מצא את המיקום בו יצא המטען מהתחום בו נמצא השדה המגנטי.

6) דוגמה 7



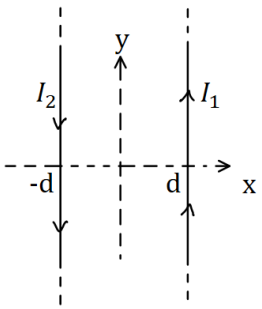
תיל ישר נמצא במאונך לשדה מגנטי אחיד: $B=10^{-2}T$ לתוך הדף. צפיפות המסה של התיל ליחידת אורך היא: $\lambda=20\frac{gr}{cm}$.
מצא מה צריך להיות גודל וכיוון הזרם בתיל, כך שהתיל ירחף באוויר.

7) דוגמה 8



מסגרת מלבנית בעל צלעות a,b נמצאת במישור של הדף ובתוך שדה מגנטי שכיוונו לתוך הדף.
גודלו של השדה המגנטי אינו אחיד.
המסגרת מונחת כך, שחלק מהמסגרת נמצא בשדה: $B_1=4T$, והחלק השני נמצא בשדה: $B_2=3T$.
במסגרת זורם זרם: $I=2A$ עם כיוון השעון.
מצא את הכוח השקול הפועל על המסגרת $(a=0.5m)$.

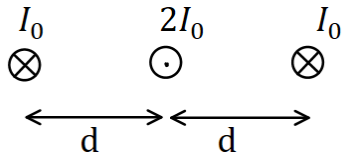
8) דוגמה 9



תיל ארוך מאוד מונח במקביל לציר ה- y ובו- $x=d$.
בתיל זורם זרם: $I_1=1A$ בכיוון.
תיל ארוך נוסף מונח גם כן במקביל לציר ה- y ובו- $x=d$.
הזרם בתיל זה הוא: $I_2=2A$ בכיוון הפוך לציר ה- y.
מהו הכוח ליחידת אורך על כל תיל, אם: $d=20cm$?

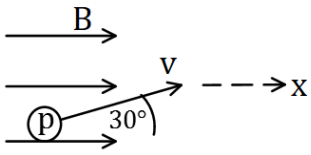
9) דוגמה 10

שלושה תיילים אינסופיים מונחים במקביל, כמתואר באיור.
המרחקים בין התיילים קבועים ושווים ל- d.
הזרם בתיל האמצעי הוא: $2I_0$ החוצה מהדף,
והזרם בתיילים האחרים הוא I_0 לתוך הדף.
מהו הכוח על כל תיל?



10) תרגיל 1

פרוטון נכנס לאזור בו ישנו שדה מגנטי אחיד
שעוצמתו $10T$ בכיוון ציר ה- x. מהירות הפרוטון
היא: $10^6 \frac{m}{sec}$ וכיוונה בזווית 30 מעלות ביחס לשדה.

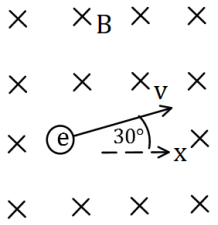


א. מהו גודל וכיוון הכוח הפועל על הפרוטון?
ב. מהי תאוצת הפרוטון?

נתון: $q_p = 1.6 \cdot 10^{-19} c$, $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} kg$

11) תרגיל 2

אלקטרון נמצא בשדה מגנטי אחיד שגודלו $5T$ וכיוונו
לתוך הדף. לאלקטרון מהירות: $v_0 = 10^5 \frac{m}{sec}$ בכיוון 30
מעלות ביחס לציר ה- x.

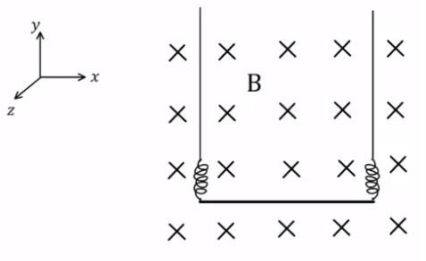


א. מהו הכוח הפועל על האלקטרון ברגע זה (גודל וכיוון)?
ב. צייר את תנועת האלקטרון בשדה.
מהו רדיוס הסיבוב?

נתון: $q_e = -1.6 \cdot 10^{-19} c$, $m_e = 9.1 \cdot 10^{-31} kg$

12) תיל תלוי על שני קפיצים

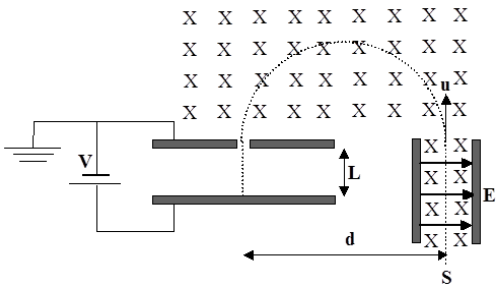
תחל מוליך נושא זרם תלוי לאורך ציר x על
ידי שני תילים דקים ושני קפיצים זהים.
בכל המרחב קיים שדה מגנטי אחיד לתוך הדף.
אורך התיל המוליך הוא $0.4m$ ומסתו
היא: $0.03kg$. גודל השדה המגנטי הוא: $B = 0.2T$



וקבוע הקפיץ הוא: $k = 10 \frac{N}{m}$, ניתן להזניח את השדות שיוצרים התילים
האנכיים ואת הכוחות שהם מפעילים על התיל האופקי.

א. מהו גודל וכיוון הזרם בתיל אם ידוע שהתיל בשיווי משקל כאשר
הקפיצים רפויים (לא מפעילים כוח)?
ב. בכמה יתארכו הקפיצים אם יהפכו את הזרם בתיל? תזכורת: גודל הכוח
שמפעיל קפיץ הוא: $F = k\Delta l$ כאשר Δl היא ההתארכות של הקפיץ מהמצב הרפוי.

13) בורר מהירויות ומתח עצירה

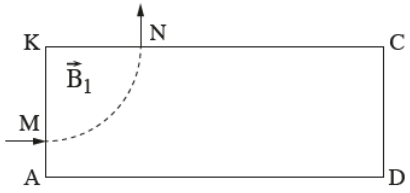


חלקיקים, בעלי מטען $+q$ ומסה m, נפלטים ממקור S במהירויות שונות ונכנסים אל בין לוחות קבל.
בין לוחות הקבל פועלים שדה חשמלי אחיד $\vec{E}$ שכיוונו ימינה, ושדה מגנטי אחיד $\vec{B}$ המכוון אל תוך הדף, כמו בתרשים.
השדה המגנטי פועל על החלקיקים גם לאחר יציאתם מהקבל.
במרחק d מנקודת היציאה של החלקיקים מהקבל נמצא נקב קטן, דרכו נכנסים החלקיקים אל תוך הקבל השני, אשר בין לוחותיו לא פועל שדה מגנטי.
על הקבל השני מופעל מתח עצירה V. ידוע כי המרחק בין לוחות הקבל השני הינו L. ניתן להזניח את כוח הכובד הפועל על החלקיקים.
נתונים: $L, q, m, \vec{E}, \vec{B}$.

א. באיזו מהירות u יוצאים החלקיקים מהקבל הראשון?
ב. מהו המרחק d (ראה ציור)?
ג. תוך כמה זמן משלים החלקיק את חצי הסיבוב?
ד. מה צריך להיות ערכו המינימלי של מתח העוצר V, המופעל על הקבל השני, כדי שהחלקיקים הנכנסים לתוכו יעצרו לחלוטין?
ה. מחברים את הקבל השני לסוללה, שמתחה גדול פי שתיים ממה שחישבת בסעיף ד'.
תוך כמה זמן יעצור החלקיק מרגע כניסתו אל בין לוחות הקבל השני כעת?

14) בגרות 2024 שאלה 5

חלקיק בעל מסה m ומטען חיובי q נכנס לאזור מלבני $AKCD$ שבו שורר שדה מגנטי אחיד $\vec{B}_1$ שכיוונו מאונך לדף.
החלקיק נכנס לשדה המגנטי בנקודה M במאונך לצלע AK, ויוצא ממנו בנקודה N במאונך לצלע KC,
כמתואר בתרשים 1.
בשאלה כולה יש להזניח את השפעת כוח הכבידה.



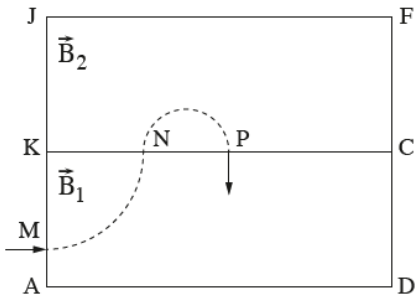
תרשים 1

נתון: מהירות הכניסה של החלקיק לשדה המגנטי: $v_0 = 2 \cdot 10^6 \frac{m}{s}$, מטען החלקיק: $q = 1.6 \cdot 10^{-19} C$,
גודל השדה המגנטי: $B_1 = 0.05T$, זמן השהייה של החלקיק בשדה המגנטי: $t_1 = 3.279 \cdot 10^{-7} s$.

א. מצאו את כיוון השדה המגנטי $\vec{B}_1$, פרטו את שיקוליכם. (5 נקודות)

ב. חשבו את מסת החלקיק m. (8 נקודות)

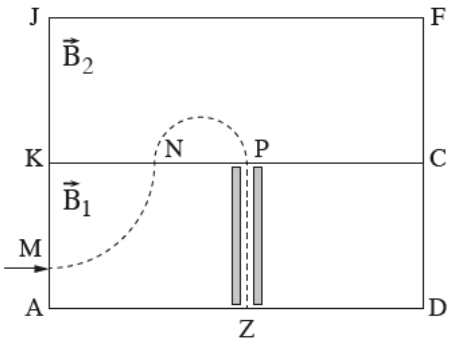
יוצרים שדה מגנטי אחר, $\vec{B}_2$, גם הוא אחיד ומאונך לדף, באזור מלבני $KJFC$ שנמצא מעל האזור המלבני הראשון, כמתואר בתרשים 2. מעניקים לחלקיק שוב את אותה המהירות ההתחלתית v_0, והוא נע במסלול המתואר בתרשים 2.
הוא יוצא מן המלבן $KJFC$ בנקודה P במאונך לצלע KC.
נתון כי המרחק KP הוא $62.6\ cm$.



תרשים 2

ג. חשבו את השדה המגנטי $\vec{B}_2$ (גודל וכיוון). (9 נקודות)

הוסיפו למלבן AKCD שני לוחות טעונים שביניהם יש שדה חשמלי אחיד $\vec{E}$ (בורר מהירויות).
לאחר שהחלקיק עובר בנקודה P ונכנס שוב לאזור המלבן AKCD, הוא נע בקו ישר בין שני הלוחות ויוצא מן המלבן בנקודה Z, כמתואר בתרשים 3.



תרשים 3

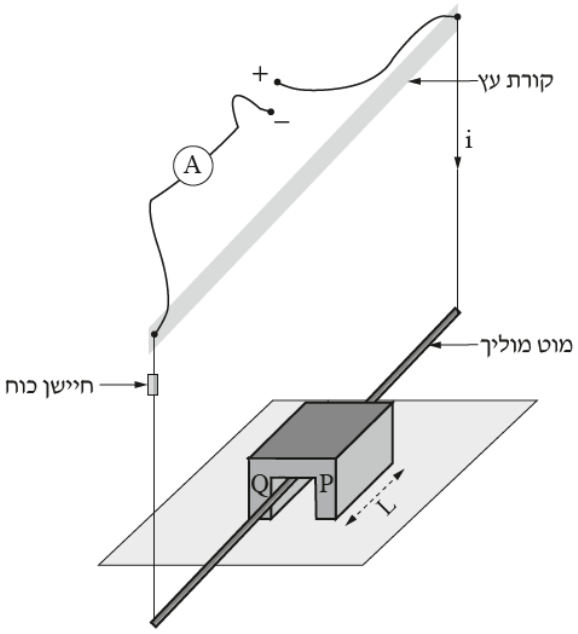
ד. חשבו את השדה החשמלי $\vec{E}$ (גודל וכיוון). פרטו את שלבי הפתרון. (6 נקודות)

מעניקים לאותו החלקיק (m, q) את אותה המהירות ההתחלתית, $v_0 = 2 \cdot 10^6 \frac{m}{s}$.
הפעם החלקיק נכנס במאונך לצלע AD, בנקודה Z (ראו תרשים 3), נע בכיוון ההפוך במסלול $M \leftarrow N \leftarrow P \leftarrow Z$ ויוצא במאונך לצלע AK, בנקודה M.

ה. קבעו אם בניסוי זה הפכו את הכיוון של אחד (או יותר) מן השדות $\vec{B}_1$, $\vec{B}_2$, $\vec{E}$.
נמקו את קביעתכם. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

15) בגרות 2024 שאלה 6

תלמידים בנו מערכת ניסוי המורכבת ממוט מוליך התלוי על קורת עץ אופקית באמצעות שני חוטים מוליכים.
המוט והחוטים הם חלק ממעגל חשמלי שבו אפשר לשנות את עוצמת הזרם i (תרשים 1).
המוט המוליך עובר בין הקטבים P, Q של מגנט פרסה המונח על משטח. כיוון המוט המוליך מאונך לכיוון השדה המגנטי האחיד $\vec{B}$ של המגנט, והוא אינו נוגע במשטח ובמגנט.
מסתו של המוט המוליך היא m.
אורך קטע המוט המוליך הנמצא בשדה המגנטי הוא $L = 10\,cm$.
חיישן כוח מודד את המתיחות באחד החוטים. המתיחות בשני החוטים זהה.
בשאלה כולה יש להזניח את השפעת השדה המגנטי של כדור הארץ, מסת החוטים ומסת חיישן הכוח.



תרשים 1

התלמידים שינו את עוצמת הזרם i כמה פעמים, ובכל פעם הם רשמו את המתיחות T הנמדדת בחיישן הכוח.
התוצאות מוצגות בטבלה שלפניכם.

i(A)	1.0	3.0	5.0	7.0	9.0
T(N)	0.090	0.075	0.045	0.035	0.010

א. קבעו מהו הכיוון של השדה המגנטי במגנט הפרסה (מ־P ל־Q או מ־Q ל־P). הסתמכו בתשובתכם על תרשים 1 ועל תוצאות המדידות המוצגות בטבלה. נמקו את קביעתכם. (6 נקודות)

ב. פתחו ביטוי של המתיחות בחוט כפונקצייה של עוצמת הזרם i. השתמשו בפרמטרים m, B, L וקבועים פיזיקליים בהתאם לצורך. הניחו כי מחוץ למגנט עוצמת השדה המגנטי זניחה, ובתוך המגנט היא אחידה. (6 נקודות)

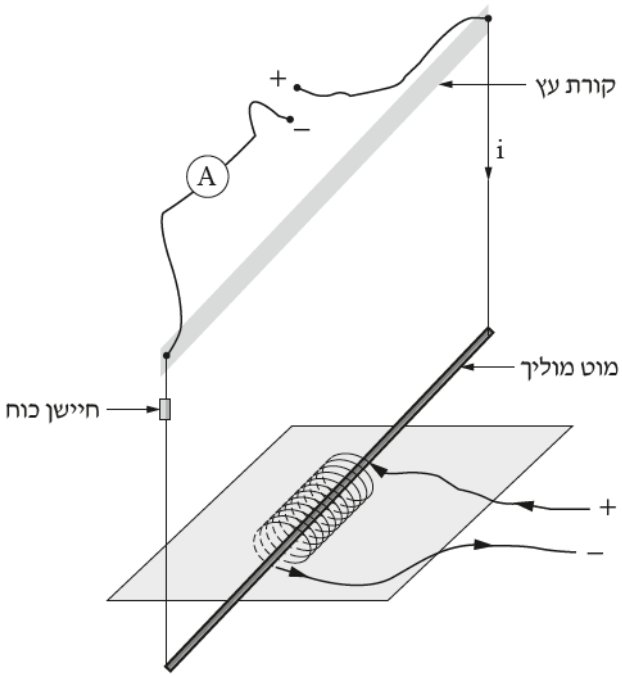
ג. **(1)** סרטטו במחברתכם את דיאגרמת הפיזור (נקודות במערכת צירים) של המתיחות בחוט כפונקצייה של הזרם הזורם במוט.

(2) הוסיפו לדיאגרמת הפיזור את הישר המתאים לה ביותר (קו המגמה).

(8 נקודות)

ד. חשבו את המסה m של המוט המוליך ואת עוצמת השדה המגנטי $\vec{B}$ של מגנט הפרסה. הסתמכו בחישוב על הביטוי שפיתחתם ועל הגרף שסרטטתם. (8 נקודות)

התלמידים הוציאו את מגנט הפרסה, ומיקמו את המוט המוליך לאורך הציר של סילונית שבה זורם זרם קבוע (כיוון הזרם בסילונית מסומן בתרשים 2).

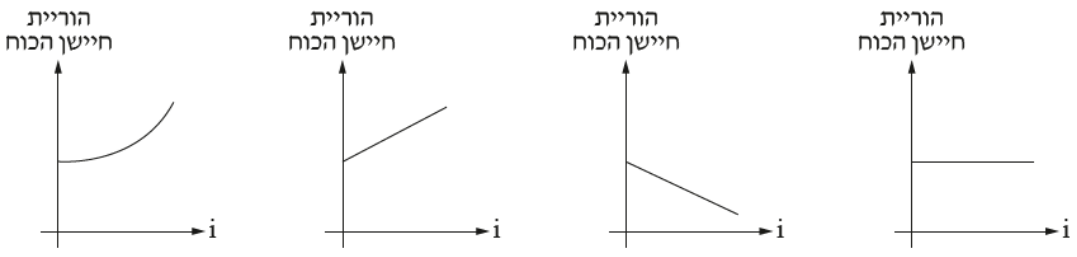


תרשים 2

ה. בתרשים 3 מוצגים גרפים 1–4.

קבעו איזה גרף מתאר נכון את הוריית חיישן הכוח כפונקצייה של עוצמת הזרם העובר במוט.

נמקו את קביעתכם. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)



תרשים 3

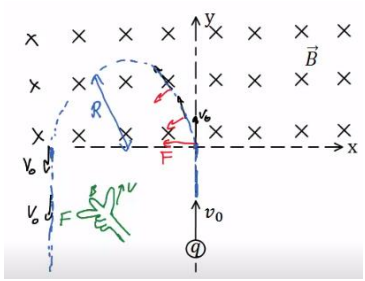
תשובות סופיות:

1) $F_B \approx 207.8N$

2) $F_B = 30N$

3) א. $\vec{F}e$ ב. $\vec{F}e$ ג. $\vec{F}\uparrow$ ד. $\vec{F}\wedge$

4) א. $\vec{F}e$ ב. $\vec{F}\otimes$ ג. $\vec{F}e$

5) א.  ב. $x=-2cm\ ,\ y=0$

6) כיוון: ימינה, גודל: $I=2\cdot10^3A$.

7) $\sum F=1N$, ימינה.

8) $F_1=10^{-6}\hat{x}\ ,\ F_2=-10^{-6}\hat{x}$

9) $\sum F_1=\frac{3\mu_0 I_0^2}{4\pi d}\hat{x}\ ,\ \sum F_2=0\ ,\ \sum F_3=-\frac{3\mu_0 I_0^2}{4\pi d}\hat{x}$

10) א. $F=8\cdot10^{-13}N$, כיוון: לתוך הדף. ב. $a=4.79\cdot10^{14}\frac{m}{sec^2}$

11) א. $F=8\cdot10^{-11}N$, כיוון: $60°$ מתחת לציר ה-x.

ב. $R=1.14\cdot10^{-7}m$

12) א. $I=3.75A$, כיוון: חיובי של ציר x. ב. $\Delta l=0.03m$

13) א. $u=\frac{E}{B}$ ב. $d=\frac{2mE}{qB^2}$ ג. $t=\frac{\pi}{qB}m$ ד. $V=\frac{mE^2}{2qB^2}$ ה. $t=\frac{BL}{E}$

14) א. ממסלול התנועה ניתן לראות כי הכוח בכניסה כלפי מעלה ולכן כיוון השדה לתוך הדף לפי כלל יד ימין.

ב. $1.67\cdot10^{-27}kg$

ג. $0.2T$, לפי כלל יד ימין B_2 החוצה מהדף.

ד. $10^5\ {}^{N}/_{C}$, מכיוון שהחלקיק נע בקו ישר הכוח החשמלי צריך להיות שווה בגודלו והפוך בכיוונו לכוח המגנטי. לפי כלל יד ימין הכוח המגנטי בכיוון ימין ולכן הכוח החשמלי בכיוון שמאל. מכיוון שהמטען חיובי השדה החשמלי בכיוון הכוח החשמלי, כלומר כיוונו שמאלה.

ה. בנקודה P המהירות למעלה והכוח שמאלה. לפי כלל יד ימין B_2 לתוך הדף ולכן הוא התהפך.

בנקודה N המהירות למטה והכוח שמאלה. לפי כלל יד ימין B_1 החוצה מהדף ולכן הוא התהפך.

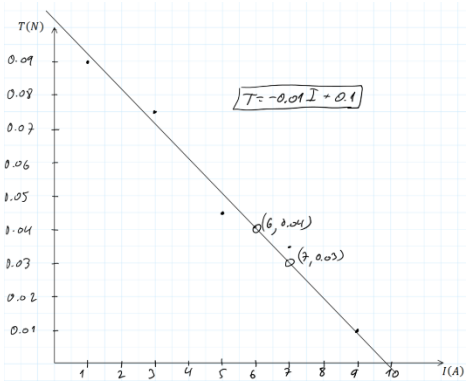
בתנועה בין הלוחות המהירות למעלה והשדה החוצה, לפי כלל יד ימין הכוח

המגנטי ימינה. הכוח החשמלי מאזן את המגנטי וכיוונו שמאלה. המטען חיובי ולכן השדה החשמלי גם שמאלה ולא התהפך

15) א. מהטבלה ניתן לראות שככל שהזרם גדל המתיחות קטנה. לכן הכוח המגנטי פועל כלפי מעלה כי הוא מקטין את השפעת כוח הכובד. לפי כלל יד ימין כיוון השדה המגנטי הוא מ Q ל P.

ב. $T = -\frac{BL}{2}I + \frac{mg}{2}$

ג. (1) ו (2)



ד. $m = 0.02kg$, $B = 0.2T$

ה. השדה המגנטי שיוצרת הסילונית הוא במקביל לזרם ולכן הכוח המגנטי יהיה אפס עבור כל זרם שיזרום במוט. מכאן שהמתיחות לא תשתנה כתלות בזרם שזורם במוט וגרף 1 הוא הנכון ביותר.

פרק 31

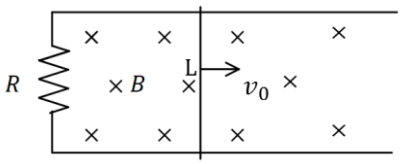
חוק פארדיי והשראות מגנטית

הרצאות ותרגילים 371

הרצאות ותרגילים:

שאלות:

1) מוט נע על מסילה

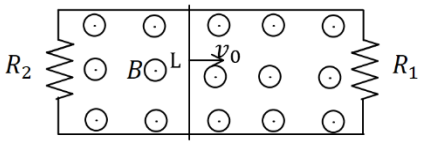


מוט מוליך נע על מסילה העשויה ממוליכים גם כן.
בקצה המסילה ישנו נגד R. מהירות המוט היא v_0
ואורכו L. במרחב ישנו שדה מגנטי אחיד לתוך הדף B.

א. מהו הכא"מ במוט?
ב. מהו הזרם בנגד גודל וכיוון?
ג. מהו הכוח המגנטי הפועל על המוט?
ד. מהו הכוח החיצוני הדרוש על מנת להזיז את המוט במהירות קבועה?

2) המסילה מחוברת משני הצדדים

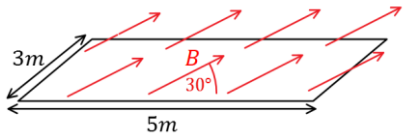
מוט מוליך נע על מסילה, העשויה ממוליכים גם כן.
בשני קצוות המסילה ישנם נגדים: $R_1 = 2\Omega$, $R_2 = 3\Omega$.



מהירות המוט היא: $v_0 = 5\frac{m}{sec}$ ואורכו: $L = 20cm$.
במרחב ישנו שדה מגנטי אחיד החוצה מהדף: $B = 1T$.

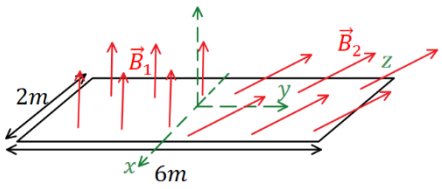
א. מהו הכא"מ במוט?
ב. מהו הזרם בכל נגד ובמוט (גודל וכיוון)?
ג. מהו הכוח החיצוני הדרוש על מנת להזיז את המוט במהירות קבועה?

3) חישוב שטף אחיד



באיור הבא נתון כי השדה המגנטי על המשטח זהה בכל נקודה (שדה אחיד).
גודלו הוא $B = 2T$ והזווית בינו למשטח היא $30°$.
אורך המשטח הוא 5m ורוחבו הוא 3m.
מצא מהו השטף דרך המשטח.

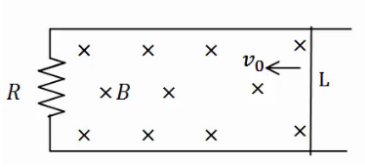
4) חישוב שטף מפוצל



באיור הבא נתון משטח המונח על מישור xy.
אורך המשטח הוא 6m ורוחבו הוא 2m.
השדה המגנטי בחציו השמאלי של המשטח הוא: $\vec{B}_1 = 2T\hat{z}$, שדה אחיד.

בחציו הימני של המשטח השדה הוא: $\vec{B}_2 = 7T\hat{y} + 3T\hat{z}$.
מצא מהו השטף דרך המשטח.

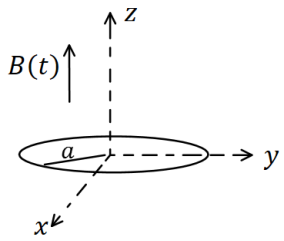
5) עוד מוט ומסילה



מוט מוליך נע על מסילה העשויה ממוליכים גם כן.
בקצה המסילה ישנו נגד R, מהירות המוט היא v_0
ואורכו L. במרחב ישנו שדה מגנטי אחיד לתוך הדף B.

א. מהו הכא"מ במעגל לפי חוק פארדיי (גודל וכיוון)?
ב. מהו הזרם בנגד גודל וכיוון?
ג. חשב את הכא"מ לפי הנוסחה של כא"מ במוט ומצא את כיוון הזרם.
הראה שהתוצאה זהה.

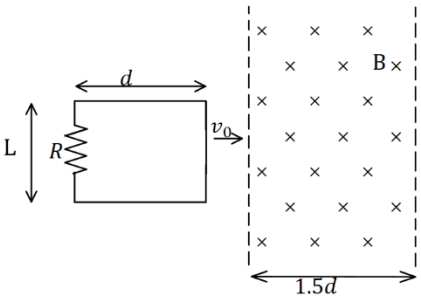
6) טבעת ושדה משתנה בזמן



טבעת עשויה מחומר מוליך מונחת על מישור xy.
רדיוס הטבעת הוא a והתנגדותה הכוללת R.
בכל המרחב קיים שדה מגנטי אחיד בכיוון z,
המשתנה בזמן לפי הנוסחה: $B(t)=\alpha t$ כאשר α קבועה.

א. מצא את הכא"מ בטבעת.
ב. מהו הזרם בטבעת גודל וכיוון.

7) מסגרת נכנסת לשדה



מסגרת מלבנית בעלת אורך d ורוחב L, נעה
במהירות קבועה v_0, לכיוון אזור בו שורר
שדה מגנטי אחיד B. אורך האזור הוא 1.5d
ורוחבו ארוך מאוד.
למסגרת התנגדות כוללת R.
הנח כי ב-$t=0$ הצלע הימנית של המסגרת
נכנסת לאזור עם השדה.

א. מצא את הכא"מ במסגרת (כתלות בזמן).
ב. מצא את הזרם במסגרת, גודל וכיוון(כתלות בזמן).
ג. מצא את הכוח הדרוש להפעיל על המסגרת, על מנת שתנוע במהירות קבועה.
ד. מהו ההספק של הכוח ומהו ההספק שהופך לחום בנגד?

תשובות סופיות:

1) א. $\varepsilon = BLv_0$ ב. נגד כיוון השעון, $I = \frac{BLv_0}{R}$. ג. $F = \frac{B^2L^2v_0}{R}$

ד. $F = \frac{B^2L^2v_0}{R}$

2) א. $\varepsilon = 1V$ ב. $I_1 = 0.5A$, $I_2 = \frac{1}{3}A$, $I_3 = \frac{5}{6}A$ ג. $F = \frac{1}{6}N$

3) $\phi_B = 15T \cdot m^2$

4) $\phi_B = 30T \cdot m^2$

5) א. עם כיוון השעון, $|\varepsilon| = |BLv_0|$ ב. $I = \frac{BLv_0}{R}$

ג. $\varepsilon = BLv_0$

6) א. $|\varepsilon| = \alpha\pi a^2$ ב. $I = \frac{\alpha\pi a^2}{R}$

7) א.
$$\varepsilon = \begin{cases} -BLv_0 & x < d \\ 0 & d < x < 1.5d \\ BLv_0 & 1.5d < x < 2.5d \end{cases}$$

ב.
$$I = \begin{cases} \frac{BLv_0}{R} \ \ anticlockwise & x < d \\ 0 & d < x < 1.5d \\ \frac{BLv_0}{R} \ \ clockwise & 1.5d < x < 2.5d \end{cases}$$

ג.
$$\vec{F} = \begin{cases} \frac{B^2L^2v_0}{R}\hat{x} & x < d \\ 0 & d < x < 1.5d \\ \frac{B^2L^2v_0}{R}\hat{x} & 1.5d < x < 2.5d \end{cases}$$

ד.
$$P = I^2R = \begin{cases} \frac{B^2L^2v_0}{R} \\ \frac{B^2L^2v_0}{R^2} \end{cases}$$

פרק 34

אופטיקה גיאומטרית-כל הפרק ירד מבחינת הבגרות במיקוד קיץ 2026

שבירת קרני אור וחוק סנל 374
כיצד רואים עצמים ותכונות קרני אור 376
החזרה של קרני אור 377
עדשות 378
מבחני בגרות באופטיקה 394

שבירת קרני אור וחוק סנל:

שאלות:

1) חוק סנל 1

קרן לייזר מתקדמת במים $\left(h_{water}=1.33\right)$, ופוגעת במשטח זכוכית $\left(h_{glass}=1.5\right)$.
חלק מהקרן נשבר לזכוכית וחלק מוחזר.
הזווית בין פני המים והקרן הפוגעת היא $60°$.

א. חשבו את זווית השבירה.

ב. שרטטו את המקרה הנ"ל.

2) חוק סנל 2

תלמיד שלח קרני אור בזוויות שונות מאוויר לעבר חומר שקוף בעל מקדם שבירה לא ידוע, ומדד את זוויות הפגיעה והשבירה המתאימה לה לזוויות פגיעה שונות. תוצאות המדידות בטבלה שלפניך:

θ_1	θ_2
0	0
10	7.33
20	14.57
30	21.57
40	28.21
50	34.28
60	39.55
70	43.71
80	46.40

א. האם גרף $\theta_2\left(\theta_1\right)$ מצופה שיצא לינארי?

ב. הגדר משתנים עבורם כן תצפה לקבל גרף לינארי.

ג. שרטט גרף לינארי זה.

ד. מצא, בעזרת הגרף, את מקדם השבירה של החומר השקוף הלא ידוע.

3) החזרה גמורה תרגיל 1

קרן אור מתקדמת בזכוכית $(n=1.5)$, ופוגעת בגבול בין זכוכית זו ובין מים $(n=1.33)$, בזוויות:

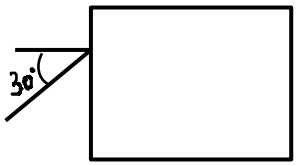
א. $\theta_1 = 0°$

ב. $\theta_7 = 30°$

ג. $\theta_2 = 70°$

שרטט את המשך מהלך הקרן, לאחר הפגיעה, בכל אחד משלושת המקרים.

4) החזרה גמורה תרגיל 2



נתון מלבן מפרספקס $n=1.5$, כמתואר בתרשים.
קרן אור, המגיעה משמאל, פוגעת בפרספקס בזווית פגיעה של $30°$.
השלם את מהלך הקרן בתוך הפרספקס.

תשובות סופיות:

1) א. $26.3°$ ב. ראה סרטון.

2) א. לא. ב. $\sin\theta_2 = \frac{n_1}{n_2}\cdot\sin\theta_1$ ג. ראה סרטון. ד. 1.353.

3) ראה סרטון.

4) ראה סרטון.

כיצד רואים עצמים ותכונות קרני אור:

שאלות:

1) אור במרחב

מציבים מקור אור נקודתי מול מסך במרחק 4m מהמסך.
במרחק 1m ממקור האור מציבים מחסום בגובה 1.5m.

א. שרטט את הבעיה בקנה מידה לבחירתך.

ב. מצא את גודלו של הצל על הקיר:

i. בעזרת שרטוט.

ii. בעזרת חישוב.

ג. היכן היה צריך למקם המחסום, כדי שגודל הצל יהיה 2.5m?

ד. מוסיפים מקור אור זהה (בניסוי המקורי), במרחק של 1m מתחת למקור הראשון.
מצא, בעזרת שרטוט, את אזורי האור והצל השונים שמתקבלים.

2) אור במרחב 2

מהירות האור בריק היא: $C=3\cdot10^8\frac{\text{m}}{\text{sec}}$.

א. היעזר בדף הנוסחאות, ומצא תוך כמה זמן מגיעה קרן אור שמוחזרת מהירח – אל כדור הארץ.

ב. מצא תוך כמה זמן מגיעה קרן היוצאת מהשמש אל כדור הארץ.

ג. אם אני מדליק פנס עכשיו, וחבר נמצא במרחק 3m ממני, תוך כמה זמן יגיע אליו האור מהפנס, מרגע שהדלקתי אותו?

ד. שנת אור מוגדרת כמרחק שאור עובר בשנה.
מצאו מהי שנת אור בעזרת הגדרה זו.

תשובות סופיות:

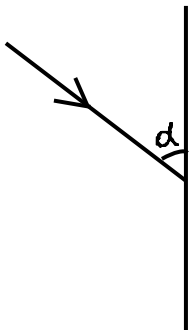
1) א. ראה סרטון. ב.i. 6m ii. 6m ג. 2.4m ד. ראה סרטון.

2) א. $t=1.28\text{sec}$ ב. $t\cong8\frac{1}{3}\text{min}$ ג. $t=10^{-9}$ ד. $9.47\cdot10^{15}\text{m}$

החזרה של קרני אור:

שאלות:

1) החזרה תרגיל 1



נתון מקור אור הפולט אור ומולו מוצבת מראה.
הזווית α בשרטוט שווה $76°$.

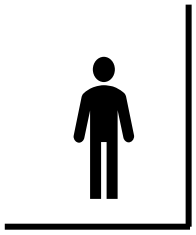
א. מה זווית ההחזרה של הקרן המשורטטת בתרשים?

ב. מצא, בעזרת שתי קרניים נוספות לבחירתך, את מיקום הדמות המדומה של העצם הנ"ל.

ג. מצא את שדה הראייה של העצם הנ"ל.

ד. מכסים בבד סגול את החצי העליון של המראה. האם עדיין תיווצר דמות של העצם?

2) החזרה תרגיל 2



נתון התרשים הבא, בו נער בגובה $1.7m$ עומד לפני מראה.

א. שרטט קרן אור היוצאת מידו הימנית של הנער, פוגעת במראה וחוזרת לעיניו (הקרן מייצגת את הקרן/ הקרניים, שבזכותן הנער רואה את ידו במראה).

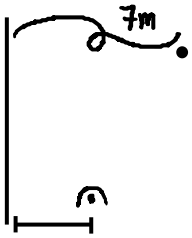
ב. שרטט (הכי מדויק שאפשר), את דמות הנער במראה.

ג. מציבים מאחורי המראה מסך סגול. האם עדיין יראה הנער את דמותו?

ד. מה הגובה המינימאלי של המראה שיש להציב, כדי שדמות הנער תתקבל במלואה?

ה. מרחיקים את המראה למרחק כפול מגוף הנער.כיצד תשתנה תשובתך לסעיף ד'?

3) החזרה תרגיל 3



מציבים מטבע מול מראה, במרחק $7m$ ממנה, כמתואר בתרשים.
אדם שנמצא במורד התרשים רואה את המטבע בזווית $30°$,
ביחס לקו המקביל למראה, ואת דמותו של המטבע בזווית $50°$.
חשב את מרחקו של האדם מהמראה.

תשובות סופיות:

1) ראה סרטון.

2) א. ראה סרטון. ב. ראה סרטון. ג. כן. ד. $0.85m$ ה. ללא שינוי.

3) $2.43m$

מבוא לאופטיקה:

שאלות:

1) תרגול אור במרחב

מציבים מקור אור נקודתי מול מסך במרחק $4m$ מהמסך.

במרחק $1m$ ממקור האור מציבים מחסום בגובה $1.5m$.

א. שרטט את הבעיה בקנה מידה לבחירתך.

ב. מצא את גודלו של הצל על הקיר:

i. בעזרת שרטוט.

ii. בעזרת חישוב.

ג. היכן היה צריך למקם המחסום, כדי שגודל הצל יהיה $2.5m$?

ד. מוסיפים מקור אור זהה (בניסוי המקורי), במרחק של $1m$ מתחת למקור הראשון. מצא, בעזרת שרטוט, את אזורי האור והצל השונים שמתקבלים.

2) תרגול אור במרחב 2

מהירות האור בריק היא: $C = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{sec}$.

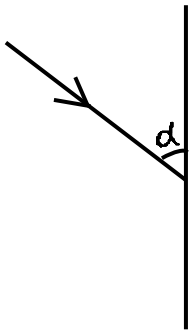
א. היעזר בדף הנוסחאות, ומצא תוך כמה זמן מגיעה קרן אור שמוחזרת מהירח – אל כדור הארץ.

ב. מצא תוך כמה זמן מגיעה קרן היוצאת מהשמש אל כדור הארץ.

ג. אם אני מדליק פנס עכשיו, וחבר נמצא במרחק $3m$ ממני, תוך כמה זמן יגיע אליו האור מהפנס, מרגע שהדלקתי אותו?

ד. שנת אור מוגדרת כמרחק שאור עובר בשנה.
מצאו מהי שנת אור בעזרת הגדרה זו.

3) החזרה תרגיל 1



נתון מקור אור הפולט אור ומולו מוצבת מראה.

הזווית α בשרטוט שווה $76°$.

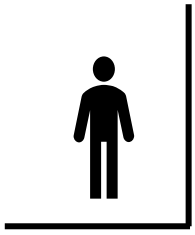
א. מה זווית ההחזרה של הקרן המשורטטת בתרשים?

ב. מצא, בעזרת שתי קרניים נוספות לבחירתך, את מיקום הדמות המדומה של העצם הנ"ל.

ג. מצא את שדה הראייה של העצם הנ"ל.

ד. מכסים בבד סגול את החצי העליון של המראה.
האם עדיין תיווצר דמות של העצם?

4) החזרה תרגיל 2



נתון התרשים הבא, בו נער בגובה 1.7m עומד לפני מראה.

א. שרטט קרן אור היוצאת מידו הימנית של הנער, פוגעת במראה וחוזרת לעיניו (הקרן מייצגת את הקרן/ הקרניים, שבזכותן הנער רואה את ידו במראה).

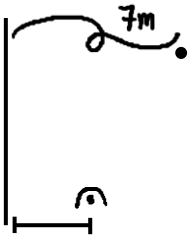
ב. שרטט (הכי מדויק שאפשר), את דמות הנער במראה.

ג. מציבים מאחורי המראה מסך סגול.
האם עדיין יראה הנער את דמותו?

ד. מה הגובה המינימאלי של המראה שיש להציב, כדי שדמות הנער תתקבל במלואה?

ה. מרחיקים את המראה למרחק כפול מגוף הנער.כיצד תשתנה תשובתך לסעיף ד'?

5) החזרה תרגיל 3



מציבים מטבע מול מראה, במרחק 7m ממנה, כמתואר בתרשים.
אדם שנמצא במורד התרשים רואה את המטבע בזווית $30°$,
ביחס לקו המקביל למראה, ואת דמותו של המטבע בזווית $50°$.
חשב את מרחקו של האדם מהמראה.

6) תרגול חוק סנל 1

קרן לייזר מתקדמת במים $\left(h_{water}=1.33\right)$, ופוגעת במשטח זכוכית $\left(h_{glass}=1.5\right)$.
חלק מהקרן נשבר לזכוכית וחלק מוחזר.
הזווית בין פני המים והקרן הפוגעת היא $60°$.

א. חשבו את זווית השבירה.

ב. שרטטו את המקרה הנ"ל.

7) תרגול חוק סנל 2

תלמיד שלח קרני אור בזוויות שונות מאוויר לעבר חומר שקוף בעל מקדם שבירה לא ידוע, ומדד את זוויות הפגיעה והשבירה המתאימה לה לזוויות פגיעה שונות. תוצאות המדידות בטבלה שלפניך:

θ_1	θ_2
0	0
10	7.33
20	14.57
30	21.57
40	28.21
50	34.28
60	39.55
70	43.71
80	46.40

א. האם גרף $\theta_2(\theta_1)$ מצופה שיצא לינארי?

ב. הגדר משתנים עבורם כן תצפה לקבל גרף לינארי.

ג. שרטט גרף לינארי זה.

ד. מצא, בעזרת הגרף, את מקדם השבירה של החומר השקוף הלא ידוע.

8) החזרה גמורה תרגיל 1

קרן אור מתקדמת בזכוכית $(n=1.5)$, ופוגעת בגבול בין זכוכית זו ובין מים $(n=1.33)$, בזוויות:

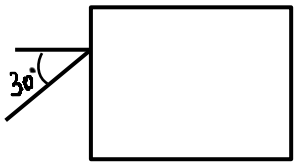
א. $\theta_1 = 0°$

ב. $\theta_7 = 30°$

ג. $\theta_2 = 70°$

שרטט את המשך מהלך הקרן, לאחר הפגיעה, בכל אחד משלושת המקרים.

9) החזרה גמורה תרגיל 2



נתון מלבן מפרספקס $n=1.5$, כמתואר בתרשים.
קרן אור, המגיעה משמאל, פוגעת בפרספקס בזווית פגיעה של $30°$.
השלם את מהלך הקרן בתוך הפרספקס.

10) עדשה מרכזת - תרגיל 1

נתונה עדשה מרכזת בעלת מוקד $f=8\text{cm}$.

נתון עצם, בגובה $H_0 = 4\text{cm}$ המונח במרחק 12cm מהעדשה.

א. מצא בעזרת שרטוט את:

i. מיקום הדמות הנוצרת.

ii. גובה הדמות.

iii. ההגדלה הקווית.

ב. מצא בעזרת חישובים את:

i. מיקום הדמות.

ii. גובה הדמות.

ג. מצא מה אופי הדמות.

ד. שרטט שתי קרניים היוצאות ממרכז העצם, פוגעות בעדשה וממשיכות לצדה השני.

11) עדשה מרכזת - תרגיל 2

לעדשה מרכזת מרחק מוקד של $11cm$.

מציבים עצם, שגובהו $5cm$, במרחק $4cm$ מעדשה זו.

א. מצא בעזרת שרטוט את:

i. מרחק הדמות מהעדשה.

ii. גובה הדמות.

iii. ההגדלה הקווית.

ב. מצא בעזרת חישוב מספרי את:

i. מרחק הדמות מהעדשה.

ii. גובה הדמות.

השווה תשובותיך לסעיף ב, עם אלה של סעיף א.

ג. מניחים מסך במיקום הדמות.
האם ניתן לראות את הדמות על המסך?

ד. מניחים וילון שחור על המחצית העליונה של העדשה (מכסים אותה).
האם ניתן לראות את הדמות?

ה. מסירים ווילון זה. ומניחים אותו בין העצם ודמותו.
האם עכשיו ניתן לראות את דמות העצם?

12) עדשה מפזרת – תרגיל 1

נתונה עדשה שעוצמתה $C=10D$.

לפני העדשה, במרחק $u=8cm$, מניחים עצם שגובהו $H_0=4cm$.

א. מצא בעזרת חישוב את:

i. מיקום הדמות.

ii. גובהה.

iii. אופי הדמות.

ב. מצא בעזרת שרטוט את:

i. מיקום הדמות.

ii. גובהה.

ג. מהיכן ניתן לראות את הקצה העליון של דמות העצם (שדה ראייה)?

13) בגרות 2017 שאלה 6

רמי ישב ליד בריכה ריקה. בתחתית הבריכה הונח מטבע, אבל ממקום מושבו של רמי לא היה אפשר לראות את המטבע כשהבריכה ריקה.
התחילו למלא את הבריכה במים, וברגע מסוים ראה רמי את המטבע (רמי והמטבע לא זזו). מקדם השבירה של המים הוא: $n=1.33$.

א. הגדר את תופעת השבירה של האור, וציין את סיבתה.

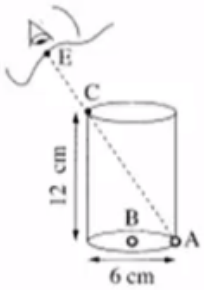
ב. הסבר מדוע ראה רמי את המטבע רק לאחר שהבריכה התמלאה חלקית במים.
לווה את תשובתך בסרטוט מהלך קרניים.

נתון: קרן היוצאת מן המטבע ומגיעה לעין של רמי עוברת בתוך המים מרחק $d=0.61m$.
זווית השבירה של קרן זו היא: $\beta=13.6°$.

ג. חשב את עומק המים.

14) בגרות 2016 שאלה 7

בתרשים שלפניך מוצב כלי ריק שצורתו גליל. גובה הכלי $12cm$ וקוטרו $6cm$.
בתחתית הכלי מונחים שני חרוזים קטנים מאוד: חרוז A צמוד לדופן הכלי וחרוז B במרכז התחתית של הכלי.



תלמיד הביט אל תוך הכלי בכיוון EC (הנקודה C נמצאת על שפת הכלי).
כאשר הכלי היה ריק התלמיד ראה את חרוז A בלבד. מילאו את הכלי עד שפתו בנוזל שקוף. התלמיד הסתכל באותו כיוון וראה את חרוז B בלבד.

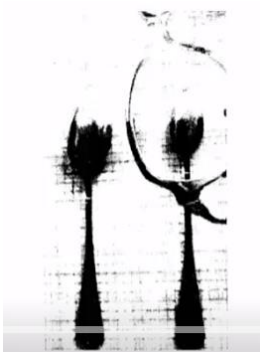
א. העתק את תרשים הכלי והעין למחברתך בלי הקו המקווקו.
הוסף לתרשים שבמחברתך קרן אור שמגיעה מחרוז B, עוברת בתוך הנוזל אל נקודה C ומגיעה לעין התלמיד.
סמן בתרשים שבמחברתך את זווית הפגיעה (α) ואת זווית השבירה (β) במעבר של קרן האור מהנוזל לאוויר.

ב. חשב את מקדם השבירה של הנוזל.

ג. קבע אם חרוז B נראה לתלמיד בעומק האמיתי שהוא היה בו, גבוה יותר או נמוך יותר. נמק את קביעתך באמצעות סרטוט תרשים נוסף של הכלי ומהלך הקרניים.

15) בגרות 2016 שאלה 6

תלמידה רצתה לבדוק את סוג העדשות במשקפיים של דודתה.
לשם כך הניחה התלמידה שתי כפיות זהות על השולחן, והניחה עדשה של המשקפיים מעל אחת הכפיות.
בתרשים שלפניך נראה תצלום הכפיות והמשקפיים שצילמה התלמידה.



א. בכל אחת מן האפשרויות i-iii שלפניך, קבע מהו המאפיין הנכון של דמות הכפית הנראית מבעד לעדשה:

i. ישרה או הפוכה.

ii. ממשית או מדומה.

iii. מוגדלת או מוקטנת.

ב. האם העדשה מרכזת או מפזרת? נמק את תשובתך.

ג. מצא את דמות הכפית באמצעות סרטוט מדויק של מהלך שלוש קרניים.
נתון: רוחק מוקד העדשה: $|f|=12cm$, מרחק העצם מהעדשה $6cm$, גובה העצם $3cm$.
בסרטוט השתמש בקנה מידה של 1 משבצת=1 ס"מ.

ד. חשב באמצעות נוסחאות את גובה הדמות ואת מרחקה מהעדשה.
האם תוצאות החישוב מתאימות לאותם ערכים שהתקבלו בסרטוט?

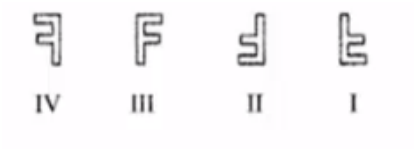
16) בגרות 2015 שאלה 7

ילד הלובש חולצה שעליה מודפסת האות F עומד מול מראה מישורית התלויה על קיר (ראה איור).

א. מהי התופעה הפיזיקאלית שגורמת להשתקפות הילד רק במראה ולא בקיר?

ב. המרחק של הילד מן המראה היה 1 מטר, והוא החל להתקרב אליה במהירות קבועה: $v = 0.5\frac{m}{sec}$.
חשב בתוך כמה זמן יהיה המרחק בין הילד ובין דמותו 0.5 מטר.

ג. לפניך ארבע צורות I-IV של האות F. העתק למחברתך את המספר של צורת הדמות של האות F, כפי שהילד שמסתכל במראה רואה אותה.



17) בגרות 2014 שאלה 6

יאיר ישב במכונית ורצה לעיין במפה שבידיו (זה היה לפני עידן ה-G.P.S). בחוץ שרר חושך, ולכן יאיר הדליק נורה בתוך המכונית.

א. כדי שיראה היטב את המפה, האם על יאיר לכוון את אלומת האור מן הנורה לעבר עיניו או לעבר המפה? נמק.

לאחר שיאיר הדליק את הנורה הוא התבונן בשמשת החלון של מכוניתו. הוא לא ראה את הסביבה שבחוץ, אלא את דמותו המשתקפת בשמשת החלון.

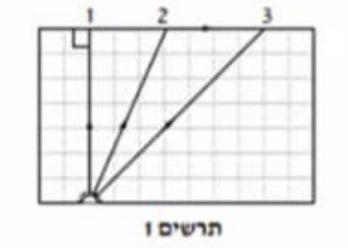
ב. הסבר באמצעות תרשים כיצד נוצרת הדמות המשתקפת בשמשת החלון.

יאיר מאס בפקקי התנועה שבכבישים, והחליט לנסוע ברכבת. בתוך קרון הרכבת דלק אור, ומחוץ לרכבת שרר חושך. יאיר הבחין בשתי דמויות שלו המשתקפות בחלון הרכבת. חלון הרכבת מורכב משני לוחות זכוכית מקבילים וביניהם מרווח שבו שכבת אוויר.
אפשר להזניח את העובי של לוחות הזכוכית.

ג. מדוע ברכבת הבחין יאיר בשתי דמויות, ולא בדמות אחת, כפי שראה במכוניתו? פרט את תשובתך.

ד. באותם תנאי תאורה הכניסו נייר שחור למרווח שבין שני לוחות הזכוכית. הנייר אוטם את כל המרווח. כמה דמויות השתקפו בחלון? נמק.

18) בגרות 2014 שאלה 7



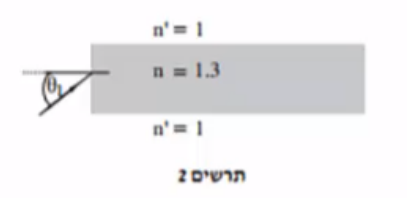
תרשים 1

מקור אור נקודתי נמצא בתוך מנסרה מלבנית (תיבה) העשויה מחומר שקוף. המנסרה נמצאת באוויר. בתרשים 1 מוצג חתך של המנסרה המקביל לשתיים מדופנות המנסרה, וכן מוצג בו מהלכן של שלוש קרניים 1, 2, 3, שמקורן במקור האור.

זווית השבירה של קרן 2 היא $90°$ בקירוב.

א. העתק את תרשים 1 למחברתך, והשלם בו במדויק את המשך המהלך של קרן 1 ושל קרן 3. הסבר את שיקוליך.

ב. על פי התרשים, חשב את הזווית הגבולית (קריטית) למעבר אור מן החומר השקוף לאוויר.



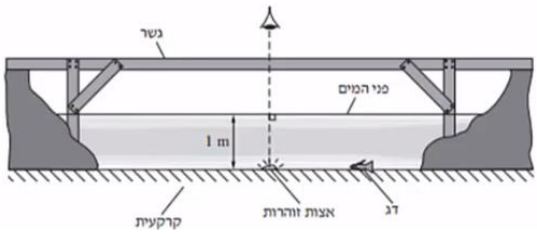
תרשים 2

אפשר להעביר מידע למרחקים גדולים באמצעות סיבים אופטיים שאור מתפשט דרכם כמעט בלי הפסדי אנרגיה. בתרשים 2 מתואר חתך של סיב אופטי העשוי מחומר שקוף שמקדם השבירה שלו: $n=1.3$, וקרן אור נכנסת לתוכו מן האוויר בזווית פגיעה θ_1.

ג. כאשר האור נכנס לסיב מהצד (כמתואר בתרשים 2), זווית הפגיעה θ_1 צריכה להיות קטנה מ- $57°$ כדי למנוע דליפת (יציאת) אור מהסיב לאוויר. הסבר מדוע. בתשובתך היעזר בתרשים.

19) בגרות 2013 תרגיל 1

בגן חיות יש בריכה ובה דגים ויצורי מים מיוחדים. מושבה של אצות זוהרות (פולטות אור) נחה על קרקעית הבריכה, בעומק של 1 מטר. מקדם השבירה של מי הבריכה ביחס לאוויר הוא: $n=1.33$. מעל הבריכה נמתח גשר שממנו המבקרים יכולים לצפות בבריכה (ראה תרשים). התייחס למושבת האצות כאל מקור אור נקודתי.



א. האור שנפלט ממושבת האצות לעבר פני המים עובר לאוויר דרך משטח מעגלי של פני המים. הסבר מדוע. היעזר בתרשים מתאים.

ב. חשב את הרדיוס של המשטח המעגלי שהאור עובר דרכו לאוויר.

ג. אדם הניצב על הגשר בדיוק מעל מושבת האצות רואה אותה בעומק קטן יותר מהעומק האמיתי שהיא נמצאת בו. הסבר מדוע.

ד. דג השוחה על קרקעית הבריכה, בעומק 1 מטר, רואה את השתקפות האצות באמצעות קרני אור המוחזרות מפני המים.
חשב את המרחק (האופקי) המינימלי בין הדג לבין מושבת האצות, שהוא יכול לראות בו את השתקפות האצות באמצעות קרני אור המוחזרות בהחזרה מלאה.

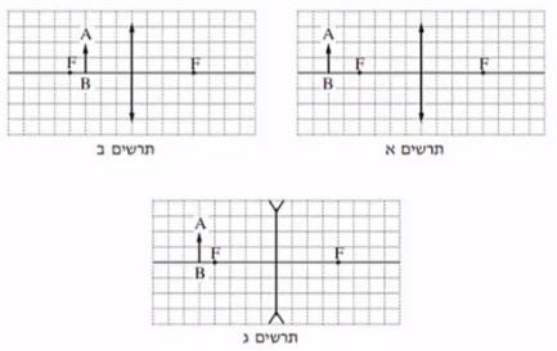
ה. כאשר הדג בעומק של 1 מטר, אבל המרחק בינו לבין מושבת האצות קטן יותר מהמרחק שחיבת בסעיף ד', הוא עדיין רואה את השתקפות האצות בפני המים. הסבר מדוע.

20) בגרות 2013 שאלה 6

אדם המרכיב משקפיים עם עדשות מרכזות זהות רואה בעזרתם את הדמות המדומה של עצם.

א. הסבר את המושגים "דמות ממשית" ו"דמות מדומה", בהסברך תוכל להיעזר בתרשימים.

ב. בתרשימים א'-ג' שלפניך החץ AB מייצג את העצם.
קבע איזה תרשים מתאים לתיאור שבפתיח. נמק את קביעתך.



ג. עוצמת העדשה היא 2 דיופטריות. מהו רוחק המוקד של העדשה?

ד. המרחק בין הדמות לעדשה הוא 60cm . חשב את המרחק בין העצם לעדשה.

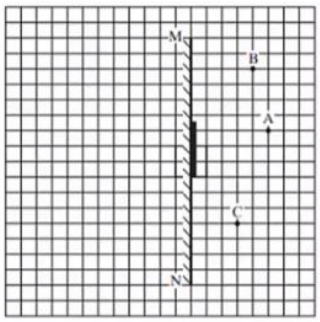
21) בגרות 2012 שאלה 1

עצם ניצב לפני משטח מישורי.

א. מה צריך להתקיים כדי שתיווצר דמות של העצם על ידי המשטח?

ב. כאשר נוצרת דמות של העצם על ידי המשטח, איזה תנאי חייב להתקיים כדי שצופה המתבונן במשטח יראה בו את הדמות של העצם?

באיור שלפניך מתואר חתך של מראה מישורית MN המכוסה במרכזה בכיסוי בד אטום. בנקודה A נמצא עצם נקודתי.
בכל אחת מהנקודות B ו-C נמצא צופה (צופה B, צופה C). הנקודות A, B, C נמצאות על אותו מישור.



העתק למחברתך את התרשים כך שכל משבצת בתרשים תיוצג בתרשים תיוצג על ידי משבצת במחברתך.

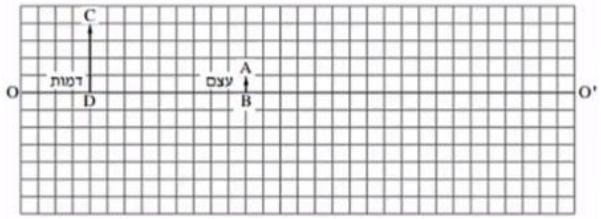
ג. האם צופה B וצופה C רואים את הדמות A באותו מקום? הסבר.

ד. צלע של משבצת אחת מייצגת מרחק של 20 ס״מ במציאות. חשב את המרחק של הצופה הנמצא בנקודה C מהדמות של העצם A.

ה. צופה C מביט אל עבר המראה, אך אינו רואה בה את דמות העין של צופה B.
האם צופה B המביט אל עבר המראה רואה בה את דמות העין של צופה C? הסבר.

22) בגרות 2011 שאלה 1

בתרשים שלפניך הקטע OO' מסמן ציר אופטי של עדשה דקה (העדשה אינה מוצגת בתרשים). הקטע AB מסמן עצם, והקטע CD מסמן את הדמות של העצם הנוצרת בעזרת העדשה. הצלע של כל משבצת בתרשים – 1 ס״מ.



א. מדוע הדמות המתוארת בתרשים יכולה להיווצר רק בעזרת עדשה מרכזת?

העתק למחברתך את התרשים כך שכל משבצת בתרשים תיוצג על ידי משבצת במחברתך. השתמש בתרשים שסרטטת כדי לענות על סעיפים ב׳-ג׳.

ב. מצא, בעזרת סרטוט של מהלך קרני האור, את מיקום העדשה, והוסף אותה לתרשים.

ג. מצא את רוחק המוקד של העדשה בשתי דרכים:

i. סרטוט של מהלך קרני האור.

ii. חישוב.

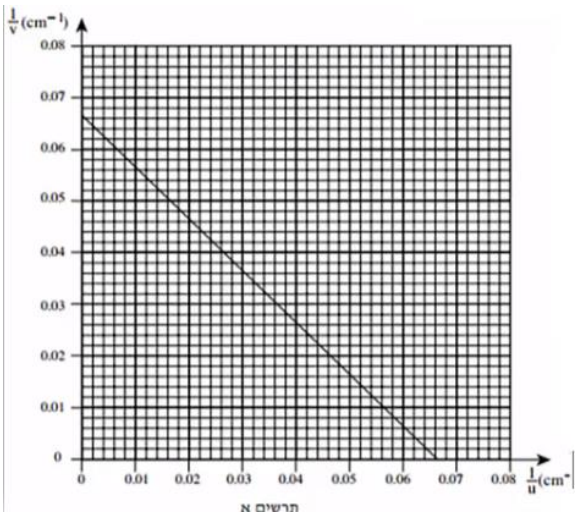
ד. כשהמרחק בין העצם לעדשה גדול מערך מסוים u_1, נוצרת דמות הפוכה ביחס לעצם. קבע מהו u_1.

ה. כשהמרחק בין העצם לעדשה שווה לערך מסוים u_2, הגדול מ-u_1, נוצרת דמות באותו גובה של הדמות CD שבתרשים. מצא את u_2.

23) בגרות 2009 שאלה 1

ברק הציב מקור אור במרחקים שונים מעדשה דו-קמורה דקה. בכל פעם הוא מדד את המרחק של מקור האור מן העדשה (u), ואת המרחק של המסך שעליו התקבלה דמות חדה של מקור האור מן העדשה (v). לאחר מכן הוא חישב את ערכי $\frac{1}{u}$ ו-$\frac{1}{v}$, ועל פי ערכים אלה סרטט גרף של $\frac{1}{v}$ (ביחידות cm^{-1}) כפונקציה של $\frac{1}{u}$ (ביחידות cm^{-1}).

הגרף מוצג בתרשים א'.



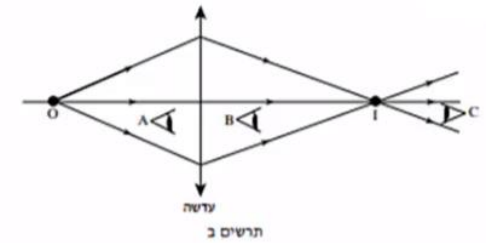
תרשים א

א. הסבר מדוע הגרף שהתקבל הוא קו ישר.

ב. מצא בעזרת הגרף את רוחק המוקד של העדשה. פרט את חישוביך.

ג. כאשר הציב ברק את מקור האור במרחק 10 ס"מ מן העדשה, הוא לא הצליח למקם את המסך כך שתתקבל עליו דמות חדה של מקור האור. הסבר מדוע.

ד. בתרשים ב' שלפניך מתואר עצם נקודתי O ודמותו I, הנוצרת על ידי עדשה מרכזת דקה.



תרשים ב

האם אפשר לראות את הדמות I גם ללא מסך?

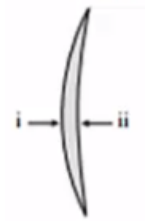
אם כן – באיזו מהנקודות A, B או C צריכה להימצא העין (על פי כיווני ההסתכלות שלה המתוארים בתרשים) כדי לראות את הדמות I?

אם לא – היעזר בתרשים ב', והסבר מדוע אי-אפשר לראות את הדמות ללא מסך.

ה. בתרשים ג' שלפניך מתואר חתך של עדשה קמורה-קעורה דקה עשויה מזכוכית. מטילים על העדשה פעמיים אלומת אור מקבילה ואופקית, המתפשטת באוויר:

במקרה i אלומת האור פוגעת תחילה במשטח הקמור.

במקרה ii אלומת האור פוגעת תחילה במשטח הקעור.



תרשים ג

העתק למחברתך את המספר של המשפט הנכון מבין המשפטים i-iv שלפניך:

i. העדשה מרכזת את האור בשני המקרים.

ii. העדשה מרכזת את האור במקרה i ומפזרת אותו במקרה ii.

iii. העדשה מפזרת את האור במקרה i ומרכזת אותו במקרה ii.

iv. העדשה מפזרת את האור בשני המקרים.

24) בגרות 2007 שאלה 2

על ספסל אופטי המונח על שולחן, מציבים מקור אור שצורתו מלבן (מלבן מלא).

עדשה מרכזת שרוחק המוקד שלה הוא: $f = 30cm$, ומסך.

מקור האור, העדשה והמסך מקבילים זה לזה.

שתיים מהצלעות של מקור האור המלבני מאונכות לשולחן. הדמות של מקור האור מתקבלת על המסך, וגובהה גדול פי 2 מהגובה של מקור האור.

א. חשב את המרחק של מקור האור מן העדשה.

ב. פי כמה גדול שטח הדמות מהשטח של מקור האור? נמק.

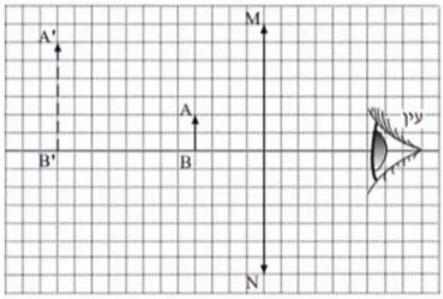
ג. מציבים את מקור האור במרחק $160cm$ מן המסך.
באיזה מרחק ממקור האור יש להציב את העדשה, כדי שתתקבל על המסך דמות חדה שלו? אם יש יותר מאפשרות אחת, כתוב את כולן.

האיור שלפניך הוא העתק של תצלום שבו מראה מישורית המונחת על לוח עץ, ופנס. הפנס פולט אלומת אור הפוגעת בלוח העץ ובמראה שעליו. מלבד הפנס אין מקורות אור נוספים.

ד. מדוע המראה שבתצלום נראית חשוכה, ואילו החלק של לוח העץ שבו פוגעת אלומת האור נראה מואר?

25) בגרות 2004 שאלה 1

בתרשים א' מוצגת מערכת, ובה עדשה מרכזת, MN, הציר האופטי שלה, בול דואר,AB, הדמות של הבול, $A'B'$, הנוצרת על ידי העדשה, ועין הצופה המתבונן בבול.
אורך הצלע של כל משבצת בתרשים מייצג מרחק של 5 ס"מ במציאות.



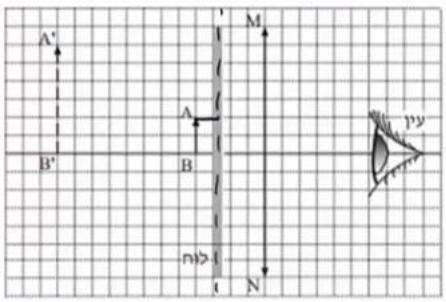
תרשים א

א. ענה על הסעיפים הבאים:

i. מצא את אורך מוקד העדשה.

ii. חשב את עוצמת העדשה. הצג את תשובתך בדיופטר.

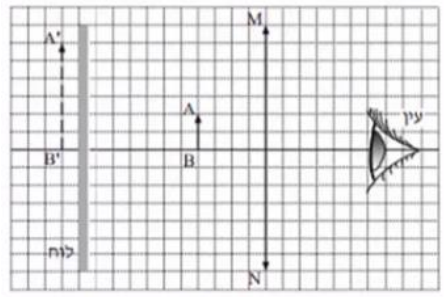
באותה מערכת מציבים לוח אטום לאור לפני הבול, בין הבול לעדשה (ראה תרשים ב').



תרשים ב

ב. האם במצב זה יוכל הצופה לראות את הבול? נמק.

את הלוח האטום לאור מעבירים אל מאחורי הבול, כמוצג בתרשים ג׳.



תרשים ג

ג. האם במצב זה יוכל הצופה לראות את הבול? נמק.

ד. מסלקים את הלוח האטום. הבול, העדשה והעין נשארים במקומם. הצופה מתבונן בבול דרך העדשה (ראה תרשים א׳), ואחר כך הוא מסלק את העדשה ומתבונן בבול.
באיזה משני המצבים (עם העדשה או בלי העדשה) הבול נראה לצופה גדול יותר? הסבר את תשובתך במונחים של זוויות ראייה.

ה. העתק למחברתך את תרשים א׳. (כל משבצת בתרשים תהיה משבצת במחברת).
סרטט קרן, המופצת מראש הבול (A), עוברת בעדשה, וחודרת למרכז האישון של עין הצופה.
תאר כיצד קבעת את מהלך הקרן שסרטטת.

תשובות סופיות:

1) א. ראה סרטון. ב.i. $6m$ ii. $6m$ ג. $2.4m$
ד. ראה סרטון.

2) א. $t=1.28\sec$ ב. $t\cong 8\frac{1}{3}\min$ ג. $t=10^{-9}$ ד. $9.47\cdot 10^{15}\,m$

3) ראה סרטון.

4) א. ראה סרטון. ב. ראה סרטון. ג. כן. ד. $0.85m$
ה. ללא שינוי.

5) $2.43m$

6) א. $26.3°$ ב. ראה סרטון.

7) א. לא. ב. $\sin\theta_2=\frac{n_1}{n_2}\cdot\sin\theta_1$ ג. ראה סרטון.
ד. 1.353.

8) ראה סרטון.

9) ראה סרטון.

10) א. ראה סרטון. ב.i. $V=24cm$ ii. $H_i=8cm$
ג. הפוכה, מוגדלת, ממשית. ד. ראה סרטון.

11) א. ראה סרטון. ב.i. $V\approx 6.5cm$ ii. $H_i\approx 7.95cm$
ג. לא. ד. כן. ה. כן.

12) א.i. $V=-4.4cm$ ii. $H_i=2.2cm$ iii. מדומה, מוקטנת, ישרה.
ב. ראה סרטון. ג. ראה סרטון.

13) א. ראה סרטון. ב. ראה סרטון. ג. $h=0.6m$.

14) א. ראה סרטון. ב. 1.85. ג. נמוך יותר.

15) א.i. ישרה. ii. מדומה. iii. מוקטנת. ב. מפזרת.
ג. ראה סרטון. ד. $V=\Theta 4cm$, $H_i=2cm$, כן.

16) א. החזרה מסודרת, מתקבלת דמות במפגש הקרניים המוחזרות.
ב. $1.5\sec$ ג. IV.

17) א. לעבר המפה. ב. ראה סרטון. ג. כל משטח מתפקד כמראה עצמאית.
ד. דמות 1.

18) א. ראה סרטון. ב. $\theta_c=23.2°$ ג. ראה סרטון.

19) א. ראה סרטון. ב. $r=1.14m$ ג. ראה סרטון.
ד. $x=2.28m$. ה. ראה סרטון.

20) א. דמות ממשית – מתקבלת במפגש המשכי הקרניים הממשיות.
דמות מדומה – מתקבלת בנקודת מפגש המשכי הקרניים המדומות.
ב. תרשים ב'. ג. $50cm$. ד. $u=27.3cm$

21) א. 1. קרניים שיצאו מהסוף, 2. ההחזרה מהמשטח תהיה מסודרת.
ב. הצופה יימצא בשדה בראייה של הדמות. ג. כן. ד. 2m
ה. לא.

22) א. הדמות לא יכולה להיווצר בעדשה מפזרת. ב. ראה סרטון.
ג. $4cm$. ד. $u > f$ ה. $u_2 = 8cm$.

23) א. ראה סרטון. ב. $15.1cm$ ג. ראה סרטון.
ד. כן. ה. i.

24) א. $u = 45cm$. ב. פי 4. ג. $u_2 = 40cm$, $u_1 = 120cm$.
ד. ראה סרטון.

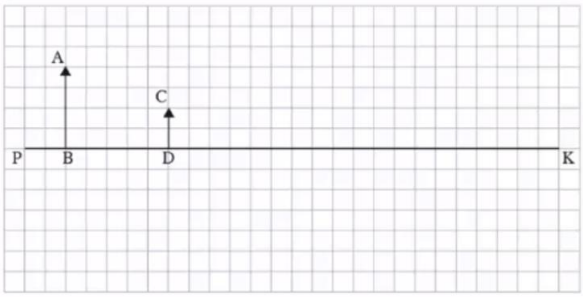
25) א.i. $f = 30cm$ ii. $C = 3.33D$. ב. לא. ג. כן.
ד. ראה סרטון. ה. ראה סרטון.

מבחני בגרות באופטיקה:

שאלות:

1) קרינה וחומר 2020 שאלה 1

בתרשים 1 שלפניך מסורטט ציר אופטי ראשי, PK, של עדשה דקה שקוטרה 12 ס״מ. העדשה אינה מסומנת בתרשים. העמידו עצם מול העדשה – החץ AB מסמן את גודלו ואת מיקומו. החץ CD מסמן את גודלה ומיקומה של דמות העצם שנוצרה באמצעות עדשה זו. האורך של כל צלע של משבצת בתרשים הוא 1 ס״מ.



תרשים 1

א. הסבר מדוע הדמות CD יכולה להיווצר אך ורק באמצעות עדשה מפזרת.

ב. ענה על הסעיפים הבאים:

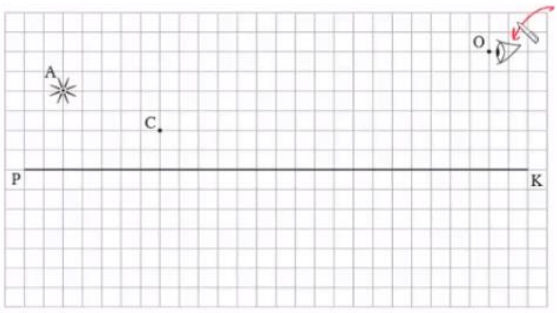
i. העתק את תרשים 1 למחברתך. כל משבצת בתרשים תיוצג על ידי משבצת במחברתך. קבע את מיקום העדשה באמצעות סרטוט של מהלך קרני האור בתרשים שבמחברתך.

ii. הוסף לתרשים שבמחברתך סרטוט של העדשה.

ג. קבע את רוחק המוקד של העדשה באמצעות הוספת סרטוט של מהלך קרני האור לתרשים שבמחברתך.

ד. השתמש בנוסחה וחשב את רוחק המוקד.

הציבו בנקודה A מקור אור נקודתי במקום העצם AB, בלי לשנות את מיקום העדשה. עין של צופה הנמצאת בנקודה O רואה דרך העדשה את דמותו של מקור האור בנקודה C (ראה תרשים 2).



תרשים 2

ה. ענה על הסעיפים הבאים:

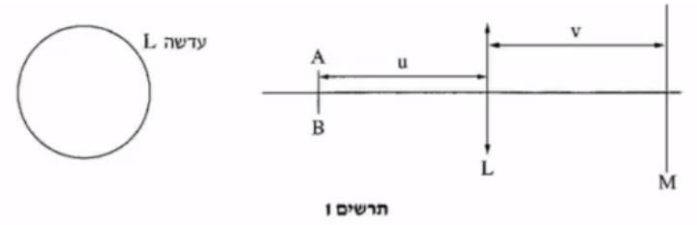
i. העתק את תרשים 2 למחברתך. כל משבצת בתרשים תיוצג על ידי משבצת במחברתך. הוסף לתרשים שבמחברתך סרטוט של העדשה.

ii. סרטט בתרשים שבמחברתך מהלך של קרן היוצאת ממקור האור הנמצא בנקודה A, עוברת דרך העדשה שסרטטת ופוגעת בעין הנמצאת בנקודה O.

ו. באותו מקום שהייתה העדשה הציבו עדשה מפזרת אחרת שיש לה אותו רוחק מוקד, אך הקוטר שלה 4 ס״מ. קבע אם העין רואה את הדמות של מקור האור. נמק את קביעתך.

2) קרינה וחומר 2019 שאלה 1

תלמידה התבקשה לחקור את מאפייניה של עדשה מרכזת.
התלמידה הציבה את העדשה L בין מקור אור קווי AB (שאינו נקודתי), שגודלו קטן מקוטר העדשה, ובין מסך M, כמתואר בתרשים 1.



תרשים 1

התלמידה שינתה כמה פעמים את מיקומו של מקור האור, ובכל פעם היא מיקמה מחדש את המסך באופן שתתקבל על המסך דמות ברורה של מקור האור.
בכל פעם מדדה התלמידה ורשמה את מרחק מקור האור מן העדשה, u, ואת מרחק המסך מן העדשה, v.
תוצאות המדידות של התלמידה מוצגות בטבלה שלפניך:

המדידה	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
u(m)	0.13	0.18	0.25	0.33	0.60
v(m)	0.44	0.22	0.16	0.14	0.12
$\frac{1}{u}(\ )$					
$\frac{1}{v}(\ )$					

א. רשום ביטוי של $\frac{1}{v}$ כפונקציה של $\frac{1}{u}$ והראה כי מתקיים ביניהם קשר לינארי.

ב. העתק את הטבלה למחברתך, והשלם בטבלה שבמחברתך את הערכים החסרים ואת היחידות.

ג. סרטט גרף של $\frac{1}{v}$ כפונקציה של $\frac{1}{u}$ והוסף בו את קו המגמה.

ד. על פי הגרף בלבד מצא את רוחק המוקד של העדשה. הסבר את שיקוליך.

התלמידה הציבה את מקור האור AB ואת העדשה L באופן שתיווצר דמות ברורה על המסך, ואז כיסתה חלק מן העדשה בטבעת שחורה אטומה לאור, כמתואר בתרשים 2.

תרשים 2

ה. מבין המשפטים i-vi שלפניך, העתק למחברתך את המשפט המתאר (או את המשפטים המתארים) נכון את הדמות שהתקבלה:

i. על המסך התקבלה דמות חלקית, ברורה, ועוצמת ההארה שלה לא השתנתה.

ii. על המסך התקבלה דמות חלקית, ברורה, ועוצמת ההארה שלה חלשה יותר.

iii. על המסך התקבלה דמות מלאה, ברורה, ועוצמת ההארה שלה לא השתנתה.

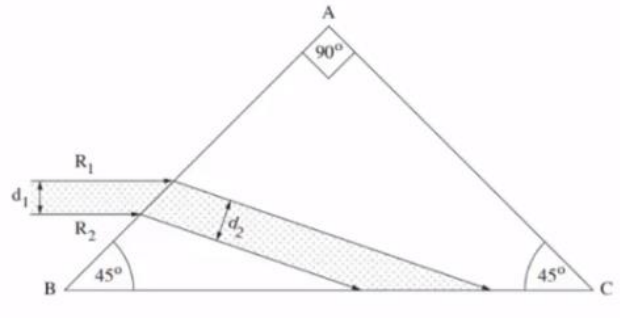
iv. על המסך התקבלה דמות מלאה, ברורה, ועוצמת ההארה שלה חלשה יותר.

v. על המסך התקבלה דמות מלאה, מטושטשת, ועוצמת ההארה שלה חלשה יותר.

vi. על המסך התקבלה דמות חלקית, מטושטשת, ועוצמת ההארה שלה חלשה יותר.

3) קרינה וחומר 2018 שאלה 1

בתרשים שלפניך מוצג חתך של אלומה מקבילה של אור מונוכרומטי, החודרת מן האוויר לתוך מנסרה משולשת. האלומה הפוגעת במנסרה מקבילה לבסיס המנסרה BC. המנסרה עשויה מזכוכית, ועבור אורך הגל של האלומה מקדם השבירה של הזכוכית (ביחס לאוויר) הוא 1.6. זוויות המנסרה רשומות בתרשים.



אלומת האור נשברת בפאה AB, פוגעת בפאה BC, ומוחזרת ממנה החזרה פנימית מלאה.

א. חשב את זווית השבירה של האור בפאה AB.

ב. הוכח שמתרחשת החזרה פנימית מלאה מן הפאה BC.

R_1 ו- R_2 הן קרניים התוחמות את חתך האלומה (ראה תרשים).

ג. ענה על הסעיפים הבאים:

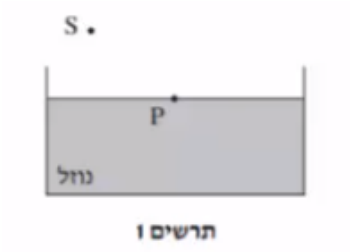
i. העתק את התרשים למחברתך. הוסף בתרשים שבמחברתך את מהלך המשכי הקרניים R_1 ו- R_2 בהתפשטותן לעבר הפאה AC, וכן את המשכי הקרניים באוויר לאחר שהן עוברות דרך הפאה AC.

ii. קבע אם האלומה שיוצאת מן המנסרה דרך הפאה AC מקבילה לאלומה הפוגעת בפאה AB. נמק את קביעתך.

ד. קבע אם באלומה שיוצאת מן המנסרה דרך הפאה AC הקרן R_1 נמצאת מעל הקרן R_2 (כמו בכניסה) או מתחתיה. נמק את קביעתך.

4) מכניקה 2018 שאלון ישן שאלה 7

מקור אור נקודתי S נמצא באוויר ($n=1$). קרן אור שנפלטת מן המקור מתקדמת באוויר, ופוגעת בנקודה P שעל פני נוזל שנמצא בכלי (ראה תרשים 1). חלק מן האור מוחזר וחלק נשבר. מקור האור S הוא היחיד בסביבה.



תרשים 1

א. העתק את התרשים למחברתך והוסף בו:
   i. את קרן האור הנפלטת מן המקור S ופוגעת בנוזל בנקודה P.
   ii. את מהלך קרן האור המוחזרת מפני הנוזל בנקודה P.
   iii. את מהלך קרן האור הנשברת בתוך הנוזל.

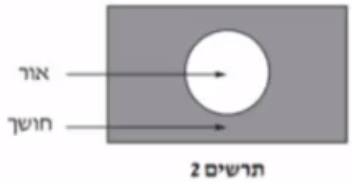
ב. סמן על גבי סרטוטך את זווית הפגיעה של קרן האור באות α, את זווית ההחזרה באות β, ואת זווית השבירה באות γ.

ג. קבע אם במקרה זה זווית ההחזרה β גדולה מזווית השבירה γ, קטנה ממנה או שווה לה. נמק את קביעתך.

נתון $\alpha=51°$, הזווית בין הקרן הנשברת לקרן המוחזרת היא $90°$.

ד. חשב את מקדם השבירה של הנוזל.

מניחים את מקור האור הנקודתי במרכז התחתית של הכלי שבו הנוזל. האור יוצא מן הנוזל לאוויר רק דרך חלק מפני הנוזל (ראה תרשים 2).

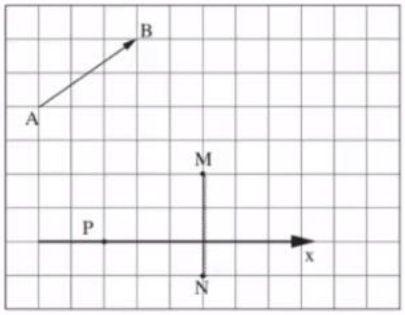


תרשים 2

ה. הסתמך על חוקי השבירה והסבר תופעה זו.

5) מכניקה 2018 שאלון ישן שאלה 6

בתרשים שלפניך מוצגים חתך של מראה מישורית MN, גוף AB שצורתו חץ ונקודה P שבה נמצאת עין של צופה. אורך הצלע של כל משבצת בתרשים מייצגת אורך 20 ס"מ במציאות.



א. העתק את התרשים למחברתך. כל משבצת תיוצג על ידי משבצת במחברתך.

ב. הוסף לתרשים שבמחברתך:

i. את הדמות A_1B_1 של הגוף AB הנוצרת על ידי המראה.

ii. את מהלך הקרן היוצאת מן הקצה A של הגוף, פוגעת במראה ומוחזרת ממנה לנקודה P (העין). פרט את שיקוליך.

הצופה (העין) יכול לנוע לאורך ציר ה- x המסומן בתרשים.

ג. קבע אם עליו להתרחק מן המראה או להתקרב אליה כדי לראות במראה חלק גדול יותר מן הדמות A_1B_1.

ד. היעזר בתרשים וקבע מהו המרחק המינימלי (בסנטימטרים) מן הנקודה P שהעין צריכה לעבור לאורך ציר ה- x כדי לראות את הדמות A_1B_1 במלואה (שים לב לקנה המידה).

6) בגרות 2017 שאלה 6

רמי ישב ליד בריכה ריקה. בתחתית הבריכה הונח מטבע, אבל ממקום מושבו של רמי לא היה אפשר לראות את המטבע כשהבריכה ריקה.
התחילו למלא את הבריכה במים, וברגע מסוים ראה רמי את המטבע (רמי והמטבע לא זזו). מקדם השבירה של המים הוא: $n=1.33$.

א. הגדר את תופעת השבירה של האור, וציין את סיבתה.

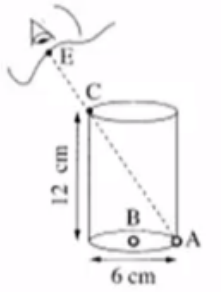
ב. הסבר מדוע ראה רמי את המטבע רק לאחר שהבריכה התמלאה חלקית במים. לווה את תשובתך בסרטוט מהלך קרניים.

נתון: קרן היוצאת מן המטבע ומגיעה לעין של רמי עוברת בתוך המים מרחק $d=0.61m$. זווית השבירה של קרן זו היא: $\beta=13.6°$.

ג. חשב את עומק המים.

7) בגרות 2016 שאלה 7

בתרשים שלפניך מוצב כלי ריק שצורתו גליל. גובה הכלי 12cm וקוטרו 6cm.
בתחתית הכלי מונחים שני חרוזים קטנים מאוד: חרוז A צמוד לדופן הכלי וחרוז B במרכז התחתית של הכלי.



תלמיד הביט אל תוך הכלי בכיוון EC (הנקודה C נמצאת על שפת הכלי).
כאשר הכלי היה ריק התלמיד ראה את חרוז A בלבד. מילאו את הכלי עד שפתו בנוזל שקוף. התלמיד הסתכל באותו כיוון וראה את חרוז B בלבד.

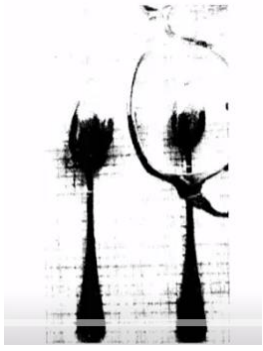
א. העתק את תרשים הכלי והעין למחברתך בלי הקו המקווקו.
הוסף לתרשים שבמחברתך קרן אור שמגיעה מחרוז B, עוברת בתוך הנוזל אל נקודה C ומגיעה לעין התלמיד.
סמן בתרשים שבמחברתך את זווית הפגיעה (α) ואת זווית השבירה (β) במעבר של קרן האור מהנוזל לאוויר.

ב. חשב את מקדם השבירה של הנוזל.

ג. קבע אם חרוז B נראה לתלמיד בעומק האמיתי שהוא היה בו, גבוה יותר או נמוך יותר. נמק את קביעתך באמצעות סרטוט תרשים נוסף של הכלי ומהלך הקרניים.

8) בגרות 2016 שאלה 6 עדשות

תלמידה רצתה לבדוק את סוג העדשות במשקפיים של דודתה.
לשם כך הניחה התלמידה שתי כפיות זהות על השולחן, והניחה עדשה של המשקפיים מעל אחת הכפיות.
בתרשים שלפניך נראה תצלום הכפיות והמשקפיים שצילמה התלמידה.



א. בכל אחת מן האפשרויות i-iii שלפניך, קבע מהו המאפיין הנכון של דמות הכפית הנראית מבעד לעדשה:

i. ישרה או הפוכה.

ii. ממשית או מדומה.

iii. מוגדלת או מוקטנת.

ב. האם העדשה מרכזת או מפזרת? נמק את תשובתך.

ג. מצא את דמות הכפית באמצעות סרטוט מדויק של מהלך שלוש קרניים.
נתון: רוחק מוקד העדשה: $|f|=12cm$, מרחק העצם מהעדשה $6cm$, גובה העצם $3cm$.
בסרטוט השתמש בקנה מידה של 1 משבצת=1 ס"מ.

ד. חשב באמצעות נוסחאות את גובה הדמות ואת מרחקה מהעדשה.
האם תוצאות החישוב מתאימות לאותם ערכים שהתקבלו בסרטוט?

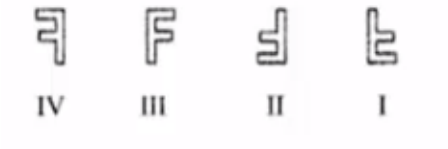
9) בגרות 2015 שאלה 7

ילד הלובש חולצה שעליה מודפסת האות F עומד מול מראה מישורית התלויה על קיר (ראה איור).

א. מהי התופעה הפיזיקאלית שגורמת להשתקפות הילד רק במראה ולא בקיר?

ב. המרחק של הילד מן המראה היה 1 מטר, והוא החל להתקרב אליה במהירות קבועה: $v=0.5\frac{m}{sec}$.
חשב בתוך כמה זמן יהיה המרחק בין הילד ובין דמותו 0.5 מטר.

ג. לפניך ארבע צורות I-IV של האות F. העתק למחברתך את המספר של צורת הדמות של האות F, כפי שהילד שמסתכל במראה רואה אותה.



10) בגרות 2014 שאלה 6

יאיר ישב במכונית ורצה לעיין במפה שבידיו (זה היה לפני עידן ה-G.P.S).
בחוץ שרר חושך, ולכן יאיר הדליק נורה בתוך המכונית.

א. כדי שיראה היטב את המפה, האם על יאיר לכוון את אלומת האור מן הנורה לעבר עיניו או לעבר המפה? נמק.

לאחר שיאיר הדליק את הנורה הוא התבונן בשמשת החלון של מכוניתו. הוא לא ראה את הסביבה שבחוץ, אלא את דמותו המשתקפת בשמשת החלון.

ב. הסבר באמצעות תרשים כיצד נוצרת הדמות המשתקפת בשמשת החלון.

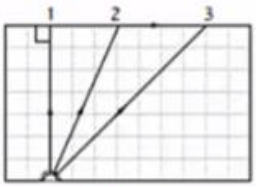
יאיר מאס בפקקי התנועה שבכבישים, והחליט לנסוע ברכבת. בתוך קרון הרכבת דלק אור, ומחוץ לרכבת שרר חושך. יאיר הבחין בשתי דמויות שלו המשתקפות בחלון הרכבת. חלון הרכבת מורכב משני לוחות זכוכית מקבילים וביניהם מרווח שבו שכבת אוויר.
אפשר להזניח את העובי של לוחות הזכוכית.

ג. מדוע ברכבת הבחין יאיר בשתי דמויות, ולא בדמות אחת, כפי שראה במכוניתו? פרט את תשובתך.

ד. באותם תנאי תאורה הכניסו נייר שחור למרווח שבין שני לוחות הזכוכית. הנייר אוטם את כל המרווח. כמה דמויות השתקפו בחלון? נמק.

11) בגרות 2014 שאלה 7

מקור אור נקודתי נמצא בתוך מנסרה מלבנית (תיבה) העשויה מחומר שקוף.
המנסרה נמצאת באוויר.
בתרשים 1 מוצג חתך של המנסרה המקביל לשתיים מדופנות המנסרה, וכן מוצג בו מהלכן של שלוש קרניים 1, 2, 3, שמקורן במקור האור.
זווית השבירה של קרן 2 היא $90°$ בקירוב.

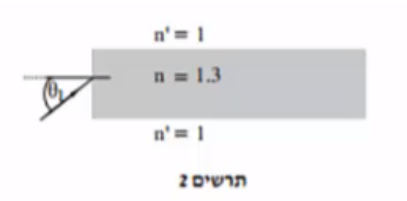


תרשים 1

א. העתק את תרשים 1 למחברתך, והשלם בו במדויק את המשך המבלך של קרן 1 ושל קרן 3. הסבר את שיקוליך.

ב. על פי התרשים, חשב את הזווית הגבולית (קריטית) למעבר אור מן החומר השקוף לאוויר.

אפשר להעביר מידע למרחקים גדולים באמצעות סיבים אופטיים שאור מתפשט דרכם כמעט בלי הפסדי אנרגיה. בתרשים 2 מתואר חתך של סיב אופטי העשוי מחומר שקוף שמקדם השבירה שלו : $n=1.3$, וקרן אור נכנסת לתוכו מן האוויר בזווית פגיעה θ_1.

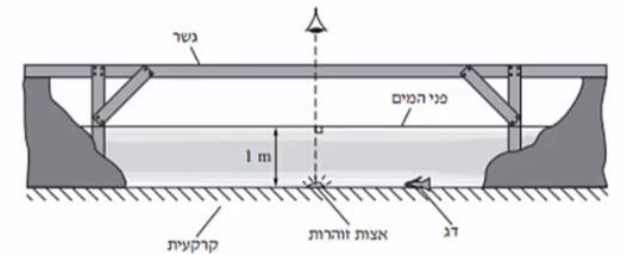


תרשים 2

ג. כאשר האור נכנס לסיב מהצד (כמתואר בתרשים 2), זווית הפגיעה θ_1 צריכה להיות קטנה מ- $57°$ כדי למנוע דליפת (יציאת) אור מהסיב לאוויר. הסבר מדוע. בתשובתך היעזר בתרשים.

12) בגרות 2013 תרגיל 1

בגן חיות יש בריכה ובה דגים ויצורי מים מיוחדים. מושבה של אצות זוהרות (פולטות אור) נחה על קרקעית הבריכה, בעומק של 1 מטר. מקדם השבירה של מי הבריכה ביחס לאוויר הוא : $n=1.33$. מעל הבריכה נמתח גשר שממנו המבקרים יכולים לצפות בבריכה (ראה תרשים). התייחס למושבת האצות כאל מקור אור נקודתי.



א. האור שנפלט ממושבת האצות לעבר פני המים עובר לאוויר דרך משטח מעגלי של פני המים. הסבר מדוע. היעזר בתרשים מתאים.

ב. חשב את הרדיוס של המשטח המעגלי שהאור עובר דרכו לאוויר.

ג. אדם הניצב על הגשר בדיוק מעל מושבת האצות רואה אותה בעומק קטן יותר מהעומק האמיתי שהיא נמצאת בו. הסבר מדוע.

ד. דג השוחה על קרקעית הבריכה, בעומק 1 מטר, רואה את השתקפות האצות באמצעות קרני אור המוחזרות מפני המים.
חשב את המרחק (האופקי) המינימלי בין הדג לבין מושבת האצות, שהוא יכול לראות בו את השתקפות האצות באמצעות קרני אור המוחזרות בהחזרה מלאה.

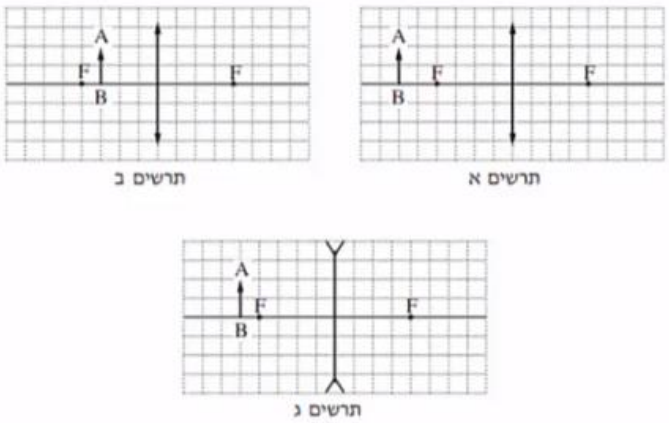
ה. כאשר הדג בעומק של 1 מטר, אבל המרחק בינו לבין מושבת האצות קטן יותר מהמרחק שחיבת בסעיף ד', הוא עדיין רואה את השתקפות האצות בפני המים. הסבר מדוע.

13) בגרות עדשות 2013 שאלה 6

אדם המרכיב משקפיים עם עדשות מרכזות זהות רואה בעזרתם את הדמות המדומה של עצם.

א. הסבר את המושגים "דמות ממשית" ו"דמות מדומה", בהסברך תוכל להיעזר בתרשימים.

ב. בתרשימים א'-ג' שלפניך החץ AB מייצג את העצם.
קבע איזה תרשים מתאים לתיאור שבפתיח. נמק את קביעתך.



ג. עוצמת העדשה היא 2 דיופטריות. מהו רוחק המוקד של העדשה?

ד. המרחק בין הדמות לעדשה הוא 60cm . חשב את המרחק בין העצם לעדשה.

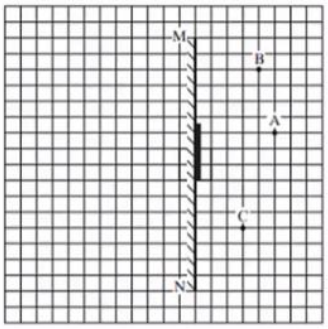
14) בגרות 2012 שאלה 1

עצם ניצב לפני משטח מישורי.

א. מה צריך להתקיים כדי שתיווצר דמות של העצם על ידי המשטח?

ב. כאשר נוצרת דמות של העצם על ידי המשטח, איזה תנאי חייב להתקיים כדי שצופה המתבונן במשטח יראה בו את הדמות של העצם?

באיור שלפניך מתואר חתך של מראה מישורית MN המכוסה במרכזה בכיסוי בד אטום. בנקודה A נמצא עצם נקודתי.
בכל אחת מהנקודות B ו-C נמצא צופה (צופה B, צופה C). הנקודות A, B, C נמצאות על אותו מישור.



העתק למחברתך את התרשים כך שכל משבצת בתרשים תיוצג בתרשים תיוצג על ידי משבצת במחברתך.

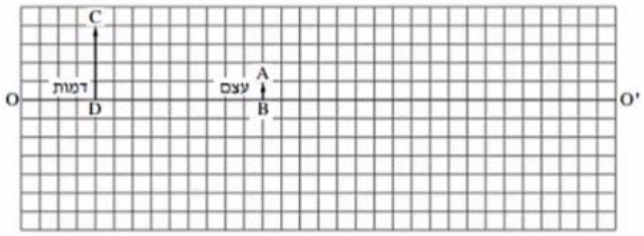
ג. האם צופה B וצופה C רואים את הדמות A באותו מקום? הסבר.

ד. צלע של משבצת אחת מייצגת מרחק של 20 ס״מ במציאות. חשב את המרחק של הצופה הנמצא בנקודה C מהדמות של העצם A.

ה. צופה C מביט אל עבר המראה, אך אינו רואה בה את דמות העין של צופה B.
האם צופה B המביט אל עבר המראה רואה בה את דמות העין של צופה C? הסבר.

15) בגרות עדשות 2011

בתרשים שלפניך הקטע OO' מסמן ציר אופטי של עדשה דקה (העדשה אינה מוצגת בתרשים). הקטע AB מסמן עצם, והקטע CD מסמן את הדמות של העצם הנוצרת בעזרת העדשה. הצלע של כל משבצת בתרשים – 1 ס״מ.



א. מדוע הדמות המתוארת בתרשים יכולה להיווצר רק בעזרת עדשה מרכזת?

העתק למחברתך את התרשים כך שכל משבצת בתרשים תיוצג על ידי משבצת במחברתך. השתמש בתרשים שסרטטת כדי לענות על סעיפים ב׳-ג׳.

ב. מצא, בעזרת סרטוט של מהלך קרני האור, את מיקום העדשה, והוסף אותה לתרשים.

ג. מצא את רוחק המוקד של העדשה בשתי דרכים:

i. סרטוט של מהלך קרני האור.

ii. חישוב.

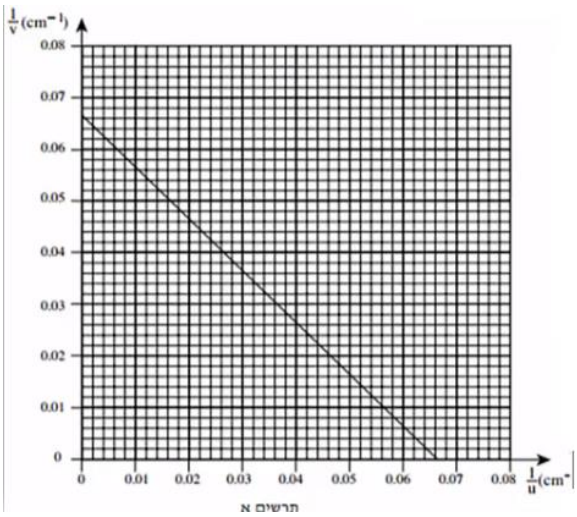
ד. כשהמרחק בין העצם לעדשה גדול מערך מסוים u_1, נוצרת דמות הפוכה ביחס לעצם. קבע מהו u_1.

ה. כשהמרחק בין העצם לעדשה שווה לערך מסוים u_2, הגדול מ-u_1, נוצרת דמות באותו גובה של הדמות CD שבתרשים. מצא את u_2.

16) בגרות עדשות 2009

ברק הציב מקור אור במרחקים שונים מעדשה דו-קמורה דקה. בכל פעם הוא מדד את המרחק של מקור האור מן העדשה (u), ואת המרחק של המסך שעליו התקבלה דמות חדה של מקור האור מן העדשה (v). לאחר מכן הוא חישב את ערכי $\frac{1}{u}$ ו-$\frac{1}{v}$, ועל פי ערכים אלה סרטט גרף של $\frac{1}{v}$ (ביחידות cm^{-1}) כפונקציה של $\frac{1}{u}$ (ביחידות cm^{-1}).

הגרף מוצג בתרשים א'.



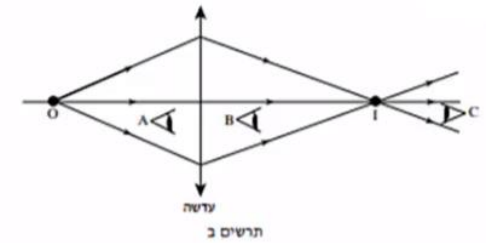
תרשים א

א. הסבר מדוע הגרף שהתקבל הוא קו ישר.

ב. מצא בעזרת הגרף את רוחק המוקד של העדשה. פרט את חישוביך.

ג. כאשר הציב ברק את מקור האור במרחק 10 ס"מ מן העדשה, הוא לא הצליח למקם את המסך כך שתתקבל עליו דמות חדה של מקור האור. הסבר מדוע.

ד. בתרשים ב' שלפניך מתואר עצם נקודתי O ודמותו I, הנוצרת על ידי עדשה מרכזת דקה.



תרשים ב

האם אפשר לראות את הדמות I גם ללא מסך?

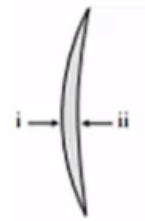
אם כן – באיזו מהנקודות A, B או C צריכה להימצא העין (על פי כיווני ההסתכלות שלה המתוארים בתרשים) כדי לראות את הדמות I?

אם לא – היעזר בתרשים ב', והסבר מדוע אי-אפשר לראות את הדמות ללא מסך.

ה. בתרשים ג' שלפניך מתואר חתך של עדשה קמורה-קעורה דקה עשויה מזכוכית. מטילים על העדשה פעמיים אלומת אור מקבילה ואופקית, המתפשטת באוויר:

במקרה i אלומת האור פוגעת תחילה במשטח הקמור.

במקרה ii אלומת האור פוגעת תחילה במשטח הקעור.



תרשים ג

העתק למחברתך את המספר של המשפט הנכון מבין המשפטים i-iv שלפניך:

i. העדשה מרכזת את האור בשני המקרים.

ii. העדשה מרכזת את האור במקרה i ומפזרת אותו במקרה ii.

iii. העדשה מפזרת את האור במקרה i ומרכזת אותו במקרה ii.

iv. העדשה מפזרת את האור בשני המקרים.

17) בגרות אופטיקה גאומטרית 2007

על ספסל אופטי המונח על שולחן, מציבים מקור אור שצורתו מלבן (מלבן מלא).

עדשה מרכזת שרוחק המוקד שלה הוא: $f = 30cm$, ומסך.

מקור האור, העדשה והמסך מקבילים זה לזה.

שתיים מהצלעות של מקור האור המלבני מאונכות לשולחן. הדמות של מקור האור מתקבלת על המסך, וגובהה גדול פי 2 מהגובה של מקור האור.

א. חשב את המרחק של מקור האור מן העדשה.

ב. פי כמה גדול שטח הדמות מהשטח של מקור האור? נמק.

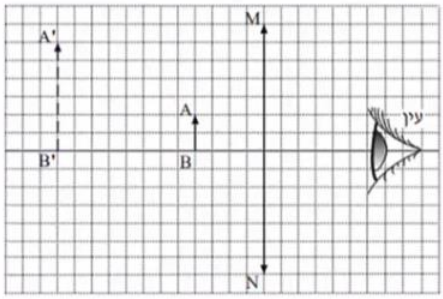
ג. מציבים את מקור האור במרחק $160cm$ מן המסך.
באיזה מרחק ממקור האור יש להציב את העדשה, כדי שתתקבל על המסך דמות חדה שלו? אם יש יותר מאפשרות אחת, כתוב את כולן.

האיור שלפניך הוא העתק של תצלום שבו מראה מישורית המונחת על לוח עץ, ופנס. הפנס פולט אלומת אור הפוגעת בלוח העץ ובמראה שעליו. מלבד הפנס אין מקורות אור נוספים.

ד. מדוע המראה שבתצלום נראית חשוכה, ואילו החלק של לוח העץ שבו פוגעת אלומת האור נראה מואר?

18) בגרות עדשות 2004

בתרשים א' מוצגת מערכת, ובה עדשה מרכזת, MN, הציר האופטי שלה, בול דואר,AB, הדמות של הבול, $A'B'$, הנוצרת על ידי העדשה, ועין הצופה המתבונן בבול.
אורך הצלע של כל משבצת בתרשים מייצג מרחק של 5 ס"מ במציאות.



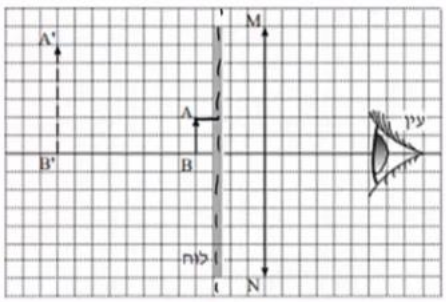
תרשים א

א. ענה על הסעיפים הבאים:

i. מצא את אורך מוקד העדשה.

ii. חשב את עוצמת העדשה. הצג את תשובתך בדיופטר.

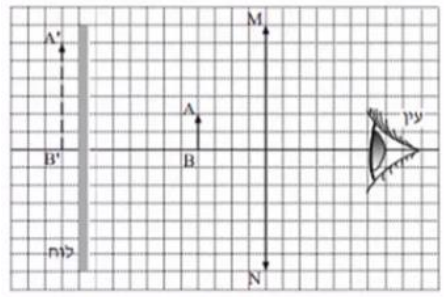
באותה מערכת מציבים לוח אטום לאור לפני הבול, בין הבול לעדשה (ראה תרשים ב').



תרשים ב

ב. האם במצב זה יוכל הצופה לראות את הבול? נמק.

את הלוח האטום לאור מעבירים אל מאחורי הבול, כמוצג בתרשים ג'.



תרשים ג

ג. האם במצב זה יוכל הצופה לראות את הבול? נמק.

ד. מסלקים את הלוח האטום. הבול, העדשה והעין נשארים במקומם. הצופה מתבונן בבול דרך העדשה (ראה תרשים א'), ואחר כך הוא מסלק את העדשה ומתבונן בבול.
באיזה משני המצבים (עם העדשה או בלי העדשה) הבול נראה לצופה גדול יותר? הסבר את תשובתך במונחים של זוויות ראייה.

ה. העתק למחברתך את תרשים א'. (כל משבצת בתרשים תהיה משבצת במחברת).
סרטט קרן, המופצת מראש הבול (A), עוברת בעדשה, וחודרת למרכז האישון של עין הצופה.
תאר כיצד קבעת את מהלך הקרן שסרטטת.

תשובות סופיות:

1) א. רק בעדשה מפזרת הדמות מתקבלת ישרה, מוקטנת (ומדומה).
ב. ראה סרטון. ג. ראה סרטוט ד. $f=-10cm$
ה. ראה סרטון. ו. לא.

2) א. $\frac{1}{v}=-\frac{1}{u}+\frac{1}{f}$
ב.

המדידה	1	2	3	4	5
u(m)	0.13	0.18	0.25	0.33	0.60
v(m)	0.44	0.22	0.16	0.14	0.12
$\frac{1}{u}\left(\frac{1}{m}\right)$	7.69	5.56	4	3.03	1.67
$\frac{1}{v}\left(\frac{1}{m}\right)$	2.27	4.54	6.25	7.14	8.33

ג. ראה סרטון. ד. $f=9.74cm$ ה. iv.

3) א. $B=26.2°$ ב. הוכחה. ג.i. ראה סרטון. ii. כן.
ד. מתחתיה.

4) א. ראה סרטון. ב. ראה סרטון. ג. גדולה. ד. 1.23.
ה. ראה סרטון.

5) א. ראה סרטון. ב. ראה סרטון. ג. להתקרב. ד. 40 ס"מ.

6) א. ראה סרטון. ב. ראה סרטון. ג. $h=0.6m$.

7) א. ראה סרטון. ב. 1.85. ג. נמוך יותר.

8) א.i. ישרה. ii. מדומה. iii. מוקטנת. ב. מפזרת.
ג. ראה סרטון. ד. $H_i=2cm$, $V=\Theta 4cm$, כן.

9) א. החזרה מסודרת, מתקבלת דמות במפגש הקרניים המוחזרות.
ב. 1.5sec. ג. IV.

10) א. לעבר המפה. ב. ראה סרטון. ג. כל משטח מתפקד כמראה עצמאית.
ד. דמות 1.

11) א. ראה סרטון. ב. $\theta_c=23.2°$ ג. ראה סרטון.

12) א. ראה סרטון. ב. $r=1.14m$ ג. ראה סרטון. ד. $x=2.28m$.
ה. ראה סרטון.

13) א. דמות ממשית – מתקבלת במפגש המשכי הקרניים הממשיות.
דמות מדומה – מתקבלת בנקודת מפגש המשכי הקרניים המדומות.
ב. תרשים ב'. ג. 50cm. ד. $u=27.3cm$

14) א. 1. קרניים שיצאו מהסוף, 2. ההחזרה מהמשטח תהיה מסודרת.
ב. הצופה יימצא בשדה בראייה של הדמות. ג. כן. ד. 2m
ה. לא.

15) א. הדמות לא יכולה להיווצר בעדשה מפזרת. ב. ראה סרטון.
ג. $4cm$. ד. $u > f$ ה. $u_2 = 8cm$.

16) א. ראה סרטון. ב. $15.1cm$ ג. ראה סרטון. ד. כן.
ה. i.

17) א. $u = 45cm$. ב. פי 4. ג. $u_2 = 40cm$, $u_1 = 120cm$.
ד. ראה סרטון.

18) א.i. $f = 30cm$ ii. $C = 3.33D$. ב. לא. ג. כן.
ד. ראה סרטון. ה. ראה סרטון.

קורס מלא לבגרות בפיזיקה 5 יחידות

פרק 35

גלים מכניים חד ממדיים

גלים 412

גלים:

שאלות:

1) תרגול גל 1

פולס נע ימינה בחבל.

מתוארת צורתו בשני זמנים שונים:

א. מה משרעת הפולס?

ב. מה מהירות התקדמותו?

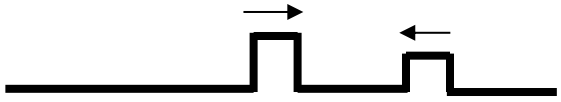
ג. מה כיוון תנועת החלקיק בחבל שנמצא בנקודה A ברגע $t=0$?

ד. מה כיוון תנועת החלקיק בחלק שנמצא בנקודה B ברגע זה?

2) תרגול גל 2

מציירים בחבל שתי הפרעות כמתואר בתרשים: $v=10\frac{cm}{sec}$.

שרטט את החבל בזמנים הבאים:



א. $t=8sec$

ב. $t=16sec$

ג. $t=18sec$

ד. $t=22sec$

3) תרגול גל 3

בחבל מייצרים שתי הפרעות שונות בשני קצותיו שמתקדמות אחת לקראת השנייה, כמתואר בתרשים: $v=0.5\frac{cm}{sec}$.

שרטט את צורת החבל בזמנים הבאים:

א. $t=8sec$

ב. $t=12sec$

ג. $t=13sec$

ד. $t=16sec$

4) תרגול גל 4

פולס משולש נע בחבל ומגיע לקצהו. שרטט את החבל + הפלוס במקרים הבאים:

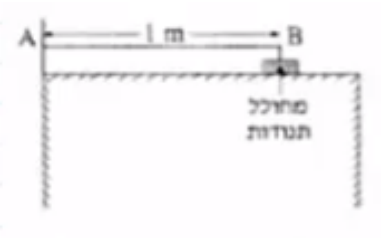
א. קצה החבל קשור לקיר.

ב. קצה החבל מולבש על טבעת חופשיה למנוע על פני ציר שעובר דרכה.

ג. קצה החבל קשור לחבל כבד יותר.

ד. קצה החבל קשור לחבל קל יותר.

5) תרגול גל עומד



חוט AB, שאורכו 1m, קשור בקצהו B למחולל תנודות,
ובקצהו A למוט קבוע (ראה תרשים).
כאשר תלמיד מפעיל את מחולל התנודות,
נוצר בחוט AB גל, שמוחזר מהקצה A.
התלמיד מגדיל ברציפות את תדירות מחולל התנודות
ורושם את התדירויות בכל פעם שנוצר בחוט AB גל עומד.
תוצאות הניסוי רשומות בטבלה שלפניך:

$\frac{1}{\lambda}\left(\mathrm{m}^{-1}\right)$	$\lambda(\mathrm{m})$	**צורת הגל העומד**	f - **תדירות התנודות** (Hz)
			24 45 67 88

התייחס לנקודה B כנקודת צומת.

א. העתק את הטבלה למחברתך, ורשום בעמודה את אורך הגל λ, לכל אחד מארבעת הגלים העומדים שנוצרו בחוט?

ב. רשום בעמודה המתאימה בטבלה את הערך $\frac{1}{\lambda}$ לכל אחד מארבעת הגלים,
וסרטט גרף של התדירות f כפונקציה של $\frac{1}{\lambda}$.

ג. מצא בעזרת הגרף את מהירות התפשטותו של גל בחוט AB.

ד. התלמיד ממשיך להגדיל את תדירות מחולל התנודות.
מהי התדירות הראשונה (הגבוהה מ-88Hz) שייווצר בה גל עומד בחוט AB? נמק.

6) תרגול גל מחזורי 1

מופיעים לפניכם גרפי העתק זמן והעתק מקום של חבל מסוים.

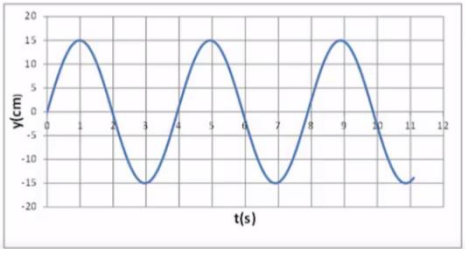
א. מהי משרעת הגל?

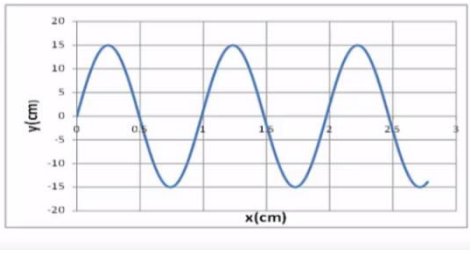
ב. מהו אורך הגל המתקדם בחבל?

ג. מה זמן המחזור של הגל?

ד. מה מהירות הגל?

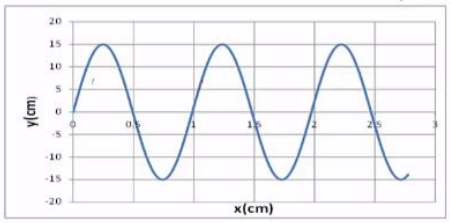
ה. לאיזה נקודה/נקודות בחבל יכול להתאים גרף ההעתק זמן (השמאלי)?

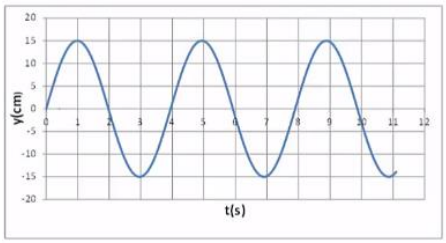




7) תרגול גל מחזורי 2

לפניכם גרף העתק-מקום והעתק-זמן של הגוף מהשאלה הקודמת.
מכפילים את תדירות מחולל הגלים (מקור).
שרטטו את גרף העתק-זמן והעתק-מקום החדשים.





8) תרגול גל מחזורי 3

לפניך שני תצלומים (נראים זהים). הימני: גל מתקדם, השמאלי: גל עומד בקהל.

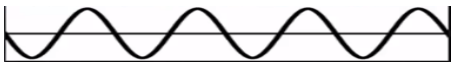
א. קבע את אורך הגל של כל אחד מהגלים בחבל.

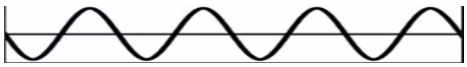
ב. שרטט את החבל $\frac{1}{4}$ זמן מחזור לאחר תצלום זה.

ג. שרטט את החבל $\frac{1}{2}$ זמן מחזור לאחר תצלום זה.

ד. בחר בכל תצלום נקודה מימין ומשמאל למשרעת, וצייר את כיוון תנועתה מיד לאחר צילום זה.

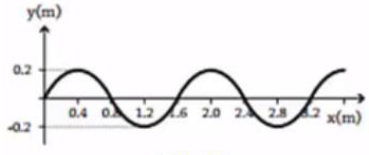
גל מתקדם **גל עומד**



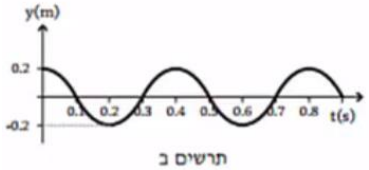


9) בגרות גלים 2007

בניסוי במעבדה, תלמיד קושר את הקצה הימני A של חבל אלסטי לנקודה קבועה, ומותח את החבל כך שהוא אופקי. לאחר מכן הוא מנדנד את קצהו השמאלי, B, של החבל מעלה ומטה בתנועה מחזורית. תרשים א' מציג את ההעתקים של הנקודות השונות על קטע מהחבל, כפונקציה של המקום, ברגע מסוים (לפני שהגל הגיע לקצה החבל A). ציר המקום, x, מצביע ימינה.
תרשים ב' מציג את ההעתק של קצה החבל B, כפונקציה של הזמן.



תרשים א



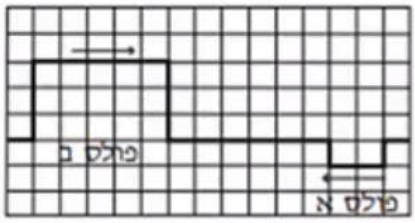
תרשים ב

א. מצא את משרעת הגל.

ב. חשב את המהירות של התפשטות הגל בחבל.

ג. בניסוי אחר שנערך עם אותו חבל ובאותם התנאים, התלמיד מנדנד את קצה החבל B, אבל הפעם בתדירות גדולה פי 2 מהתדירות הקודמת, ובמשרעת קטנה פי 2 מהמשרעת הקודמת.
ברטט גרף של ההעתקים של הנקודות השונות על קטע החבל בניסוי זה, כפונקציה של המקום, עבור רגע מסוים (לפני שהגל הגיע לקצה החבל A).

ד. בתרשים ג' מוצגים שני פולסים המתפשטים זה לקראת זה לאורך חבל אלסטי ברגע $t=0$. כל אחד מהפולסים נע במהירות של משבצת בשנייה.



תרשים ג

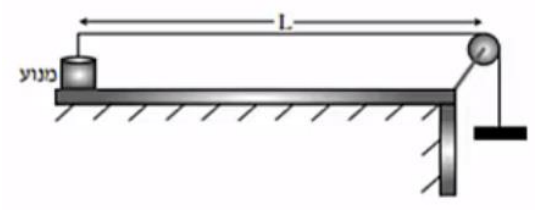
סרטט במחברתך שני תרשימים (יצג כל משבצת מתרשים ג' על ידי משבצת במחברתך): בתרשים אחד הצג את מצב החבל ברגע $t=5\text{sec}$, ובתרשים שני הצג את מצב החבל ברגע $t=8\text{sec}$.
הסבר את שיקוליך בקביעת מצבי החבל.

10) בגרות גלים 2009

רחל ערכה שני ניסויים עם חבל אלסטי אחיד.
בניסוי הראשון קשרה רחל קצה אחד של החבל האלסטי לנקודה קבועה, מתחה את החבל ונדנדה את הקצה החופשי של החבל (בכיוון מאונך לחבל) בתדירות קבועה. לאורך החבל התקדם גל.
בניסוי השני היא נדנדה את הקצה החופשי של החבל (בכיוון מאונך לחבל) בתדירות כפולה מזו שבניסוי הראשון. גם הפעם התקדם גל לאורך החבל.
בשני הניסויים מהירות ההתקדמות של הגל הייתה זהה.

א. האם אורך הגל שנוצר בניסוי השני שווה לאורך הגל שנוצר בניסוי הראשון? אם כן – נמק את קביעתך. אם לא – קבע באיזה ניסוי אורך הגל גדול יותר ופי כמה.

עידו קשר קצה אחד של חבל אלסטי למשקולת, העביר את החבל מעל גלגלת וקשר את קצהו האחר למנוע (ראה תרשים). אורך החבל שבין המנוע לבין הגלגלת הוא: $L=80\text{cm}$.



עידו הפעיל את המנוע והגדיל בהדרגה את תדירותו. בתדירויות מסוימות נוצרו לאורך החבל גלים עומדים עם מספר שונה של נקודות קמר (טבור). בכל פעם שנוצר גל עומד, רשם עידו בטבלה את המספר של נקודות הקמר ואת תדירות המנוע.

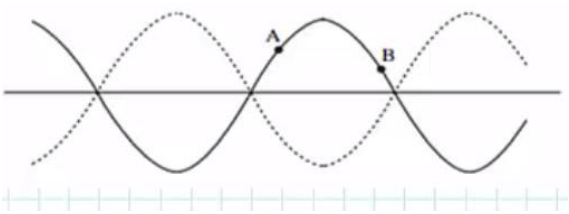
מספר נקודות קמר n	תדירות f (Hz)	אורך הגל λ בחבל (m)	ההופכי של אורך הגל $\frac{1}{\lambda}$ בחבל $\left(\frac{1}{m}\right)$
1	16		
2	35		
3	50		
4	65		
5	80		

ב. העתק את הטבלה למחברתך. חשב את הערכים המתאימים של אורך הגל λ, ושל ההופכי של אורך הגל $\frac{1}{\lambda}$, ורשום את התוצאות בעמודות המתאימות בטבלה. עגל את תוצאות החישוב עד ספרה אחת אחרי הנקודה העשרונית.

ג. סרטט גרף של ההופכי של אורך הגל $\frac{1}{\lambda}$, כפונקציה של התדירות f.

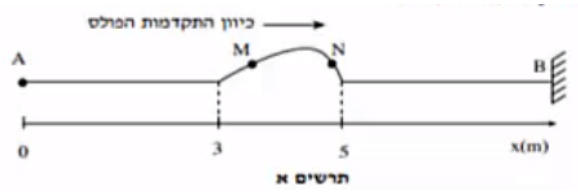
ד. חשב, על פי הגרף שקיבלת, את המהירות v של התקדמות הגל בחבל. פרט את שיקוליך במציאת המהירות.

ה. לפניך תרשים של גל עומד בחבל. מהו הפרש המופע בין שתי הנקודות A ו-B המסומנות בתרשים?



11) בגרות גלים 2010

תלמיד מחזיק בקצה A של חבל אלסטי אופקי מתוח, הקשור בקצהו האחר, B, לקיר. התלמיד מניע את ידו בכיוון מאונך לחבל ברגע: $t_0 = 0$. תחילה כלפי מעלה ומיד לאחר מכן כלפי מטה, עד שהיד מגיעה לנקודת המוצא ברגע: $t_1 = 0.5\sec$.
לאורך החבל נוצר פולס המתקדם ימינה. תרשים א' שלפניך מציג את מצב החבל ברגע מסוים t_2, וכן ציר מקום x.

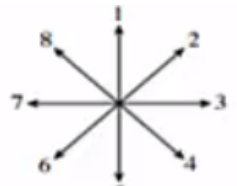


תרשים א

א. חשב את מהירות ההתפשטות של הפולס בחבל?

ב. חשב את t_2.

ג. על החבל מסומנות שתי נקודות M ו-N. ציין את כיוון התנועה של כל אחת משתי נקודות אלה ברגע t_2. באמצעות הכיוונים המסומנים בתרשים ב'.



תרשים ב

בניסוי אחר, באותו חבל, התלמיד מחבר את הקצה A למחולל תנודות, שיוצר גל רוחב מחזורי סינוסואידלי (כלומר גל שצורתו דומה לגרף הפונקציה סינוס). מתיחות החבל נשארה כמו שהייתה בניסוי הקודם.
משרעת הגל: $A = 1.4\text{cm}$ והתדירות: $f = 4\text{Hz}$.

ד. חשב את אורך הגל של הגל המחזורי הנוצר.

ה. נתון שברגע: $t = 0$ המחולל מתחיל את תנועתו כלפי מעלה.

i. סרטט את צורת הגל (העתק, y, של הנקודות כפונקציה של מיקומן, x) ברגע $t = \frac{T}{2}$ (T - זמן המחזור).

ii. סרטט את צורת הגל (העתק, y, של הנקודות כפונקציה של מיקומן, x) ברגע $t = T$.

ו. הקצה הימני B של החבל קשור, לכן נקודה B נמצאת כל הזמן במנוחה. הסבר, בעזרת עקרון הסופרפוזיציה, כיצד מעובדה זאת נובע שהגל המוחזר מהקיר הוא "הפוך" ביחס לגל הפוגע.

12) בגרות גלים 2013

כאשר פורטים על מיתר מתוח של גיטרה, נוצרים גלי רוחב המתקדמים על המיתר.

א. הסבר בקצרה מהו ההבדל בין גלי רוחב לגלי אורך. הבא דוגמה לכל אחד מסוגי הגלים.

ב. על מיתר מתוח יוצרים גלים בתדירות: $f = 500Hz$. מהירות ההתקדמות של הגלים על המיתר היא: $400\frac{m}{sec}$.
חשב את אורך הגל של הגלים.

כאשר שני הקצוות של המיתר המתוח (המתואר בסעיף ב') קבועים במקומם, מתרחשת סופרפוזיציה של הגלים הנעים על המיתר עם גלים המוחזרים מהקצוות. בעקבות זאת נוצר על המיתר גל עומד שבו שני הקצוות הם נקודות צומת (מינימום), ומרכז המיתר הוא נקודת קמר (מקסימום) יחידה.

ג. חשב את אורך המיתר.

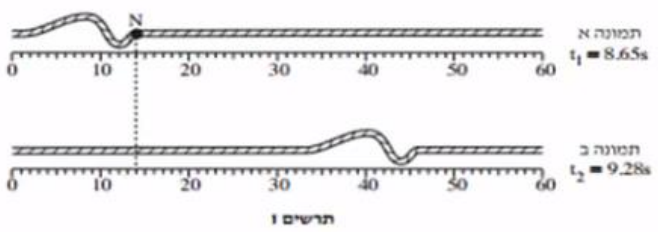
ד. הגדילו את התדירות של הגל עד שנוצר שוב גל עומד.

i. חשב מהי תדירות זו.

ii. כמה נקודות צומת התקבלו על המיתר (כולל הקצוות)?

13) בגרות גלים 2014

בתרשים 1 מוצגות שתי תמונות של חבל, שלאורכו מתקדמת הפרעה (פולס).
בתמונה א' מוצגת ההפרעה ברגע: $t_1 = 8.65\sec$, ובתמונה ב' מוצגת ההפרעה ברגע: $t_2 = 9.28\sec$.



תרשים 1

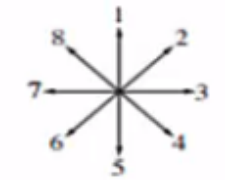
א. ענה על הסעיפים הבאים:

i. מהו כיוון ההתקדמות של ההפרעה (ימינה, שמאלה, מעלה או מטה)?

ii. מהו סוג ההפרעה (אורכית, רוחבית או אחרת)? נמק.

ב. היעזר בתרשים 1 וחשב את מהירות ההתקדמות של ההפרעה.

ג. N היא נקודה על החבל. קבע איזה מבין החצים המסומנים בתרשים 2 מתאר נכון את כיוון התנועה של הנקודה N, רגע לאחר t_1.



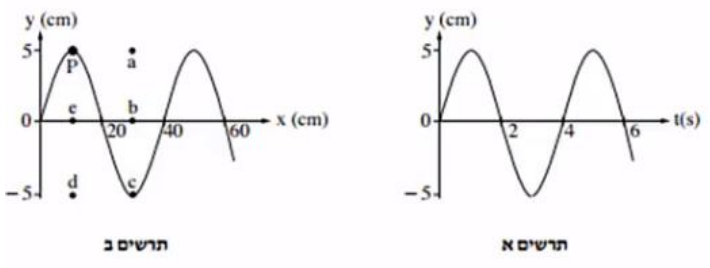
תרשים 2

ד. קצה החבל קשור בנקודה קבועה למוט אנכי שאינו נראה בתמונות. ההפרעה מתקדמת לאורך החבל לעבר קצהו הקשור, והיא חוזרת לכיוון שהגיעה ממנו. כאשר ההפרעה חוזרת היא מתהפכת בכיוון מעלה-מטה. סרטט במחברתך תרשים מקורב של ההפרעה המוחזרת.

ה. במקרה אחר קצה החבל קשור לטבעת החופשייה לנוע מעלה-מטה לאורך המוט האנכי. סרטט במחברתך תרשים מקורב של ההפרעה המוחזרת במקרה זה.

14) בגרות גלים 2015

שני התרשימים שלפניך מתארים גל מחזורי שמתקדם לאורך חבל מתוח.



תרשים ב — תרשים א

א. היעזר בתרשימים ומצא את הגדלים האלה:

i. משרעת (אמפליטודת) הגל.

ii. תדירות הגל.

iii. אורך הגל.

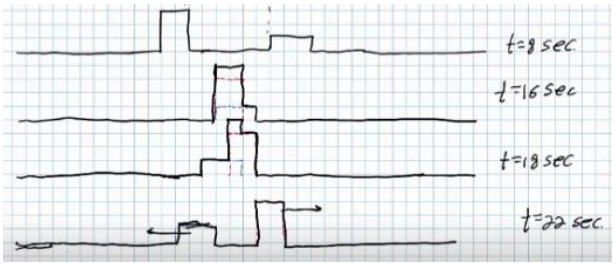
ב. חשב את המהירות של התקדמות הגל לאורך החבל המתוח.

ג. על החבל מסומנת נקודה בצבע שחור (נקודה P שבתרשים ב׳).
קבע באיזו נקודה (מן הנקודות a, b, c, d, e המסומנות בתרשים ב׳) תהיה נקודה P, כעבור 2 שניות מהרגע המתואר בתרשים. נמק.

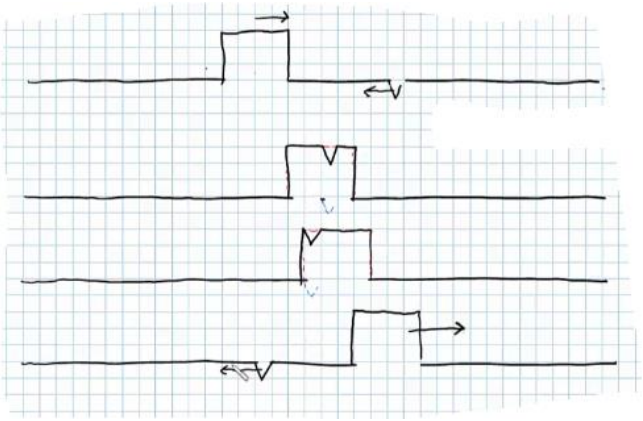
תשובות סופיות:

1) א. $A = 0.3m$ ב. $V = 0.2\frac{m}{sec}$ ג. למעלה. ד. למטה.

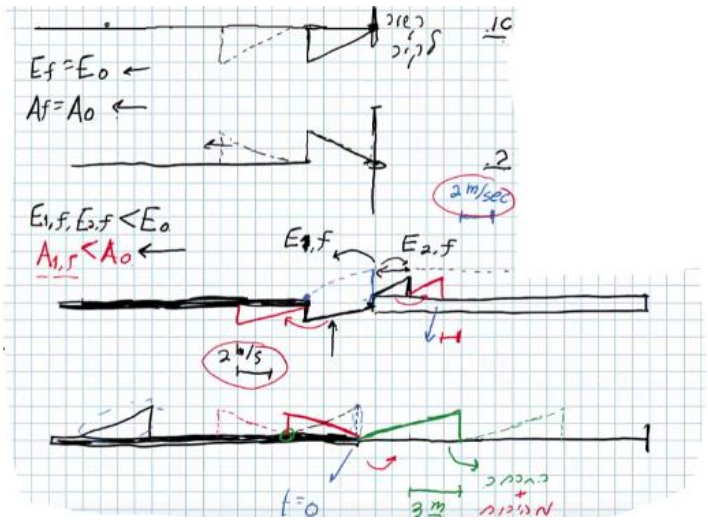
2)



3)

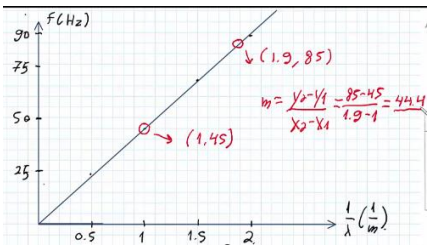


4)



5) א.

$\frac{1}{\lambda}\left(\mathrm{m}^{-1}\right)$	$\lambda(\mathrm{m})$	צורת הגל העומד	תדירות התנודות - f (Hz)
0.5	2		24
1	1		45
1.5	$\frac{2}{3}$		67
2	$\frac{1}{2}$		88

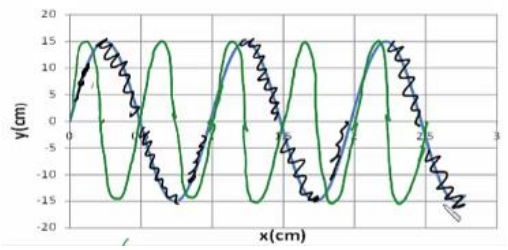
ב. 

ג. $f = v\frac{1}{\lambda}$ ד. $f = 111\mathrm{Hz}$

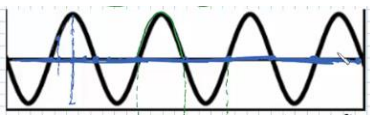
6) א. $A = 0.15\mathrm{m}$ ב. $\lambda = 1\mathrm{m}$ ג. $t = 4$ ד. $v = 25\frac{\mathrm{cm}}{\mathrm{sec}}$

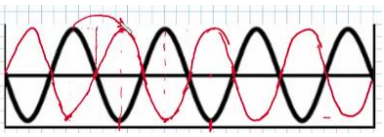
ה. $(0.5,0)$, $(1.5,0)$, $(2.5,0)$

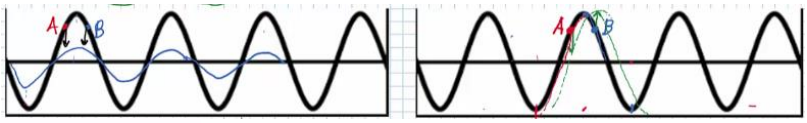
7) הגל הירוק בשרטוט:

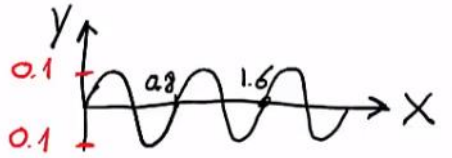


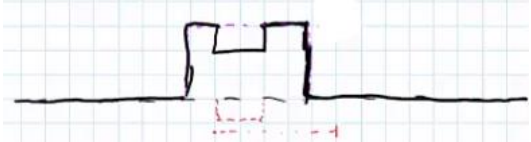
8) א. מתקדם: $\lambda_1 = 80\mathrm{cm}$, עומד: $\lambda_2 = 80\mathrm{cm}$.

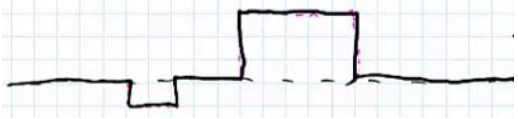
ב. 

ג. 

ד. 

9) א. $A = 0.2\mathrm{m}$ ב. $V = 4\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{sec}}$ ג. 

ד. $t = 5\mathrm{sec}$: 

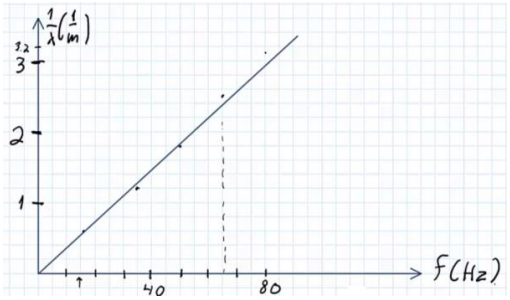
$t = 8\mathrm{sec}$: 

10) א. לא, בניסוי השני λ קטן פי 2.

ב.

מספר נקודות קמר n	תדירות f (Hz)	אורך הגל λ בחבל (m)	ההופכי של אורך הגל $\frac{1}{\lambda}$ בחבל $\left(\frac{1}{\mathrm{m}}\right)$
1	16	1.6	0.6
2	35	0.8	1.2
3	50	0.5	1.8
4	65	0.4	2.5
5	80	0.3	3.1

ג.



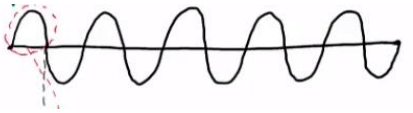
ד. $v = 27.3\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{sec}}$ ה. 0

11) א. $V = 4\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{sec}}$ ב. $t_2 = 1.25\mathrm{sec}$ ג. N - חץ מס' 1 – נעה למעלה,

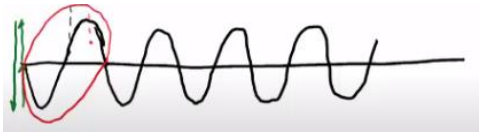
M - חץ מס' 5 – נעה למטה.

ד. $\lambda = 1\mathrm{m}$

ה.i.



ii.



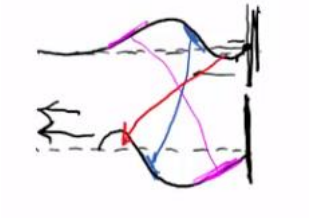
ו. ראה סרטון.

12) א. ראה סרטון. ב. $\lambda = 0.8\mathrm{m}$ ג. $L = 0.4\mathrm{m}$

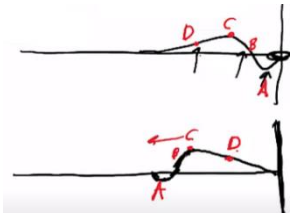
ד.i. $f = 1000\mathrm{Hz}$ ii. 3 נקודות צומת.

13) א.i. ימינה. ii. רוחבית. ב. $V = 50.8\frac{\mathrm{cm}}{\mathrm{sec}}$ ג. חץ מס' 5.

ד.



ה.



14) א.i. $A = 5\mathrm{cm}$ ii. $f = 0.25\mathrm{Hz}$ iii. $\lambda = 40\mathrm{cm}$

ב. $V = 0.1\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{sec}}$ ג. נקודה d.

פרק 36

גלי מים (גלים דו ממדיים)

תכונות גלי מים 423
התאבכות גלי מים 426

תכונות גלי מים:

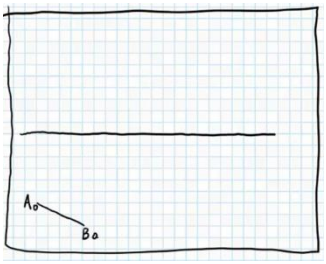
שאלות:

1) תרגיל החזרה גלים דו ממדיים

נתון אמבט הגלים הבא בו מתקדם גל ישר A_0B_0 . באמבט קיים גם מחסום.

א. הוסף לתרשים חץ המתאר את כיוון התקדמות הגל A_0B_0 .

ב. הוסף לתרשים את חזית הגל לאחר שהוחזרה מהמחסום.



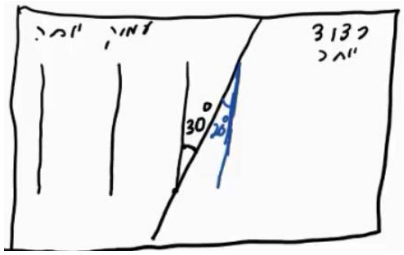
ג. הוסף לתרשים חיצים המתארים את זוויות פגיעת והחזרת הגל כפי שהן מוחזרות לאור.

ד. הוסף לתרשים חיצים המתארים את זוויות פגיעת והחזרת הגל כפי שהן מוחזרות לגלי מים.

ה. הוסיפו לתרשים את חזית הגל, ברגע שבו אמצע חזית הגל נוגעת במחסום.

2) תרגול מעבר תווך גלי מים

נתון אמבט גלים בו נע גל לפי התרשים הבא.
במרכז האמבט מוקם מחסום כך שגובה המים בחלק הימני נמוך יותר.
מקור גלים בקצה השמאלי של האמבט מייצר גל ישר מחזורי בתדירות 4 הרץ.
מהירות הגל במים בחלק העמוק היא 20 ס״מ לשנייה.
הגל מתקדם ועובר לתווך הימני כמתואר בתרשים.



א. מה מהירות גל המים בתווך הרדוד יותר?

ב. מהו אורך הגל λ_1 בחלק העמוק?

ג. מהו אורך הגל λ_2 בחלק הרדוד?

ד. הוסיפו לתרשים (איכותית) עוד 2 אורכי גלים לאחר מעבר גל המים לתווך הרדוד.

3) תרגול אנרגיה ומשרעת של גל

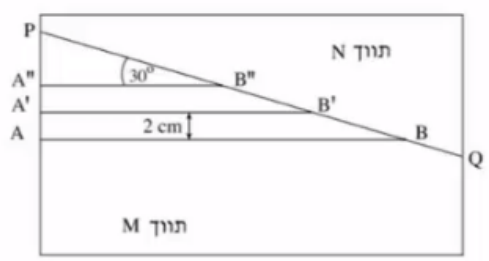
גל מעגלי מתפשט באמבט גלים. משרעתו, כשהיה מעגל ברדיוס 3cm , הייתה 1cm .

א. פי כמה תהיה קטנה האנרגיה שלו כשיתפשט לרדיוס של 15cm?

ב. מה תהיה משרעתו במצב זה?

4) בגרות 2003

התרשים שלפניך מתאר מבט מלמעלה על אמבט גלים ובו מים.



קו ההפרדה PQ מפריד בין תווך M לתווך N. עומק המים בתווך M שונה מעומק המים בתווך N. גודל מהירות הגלים הוא $10\frac{m}{sec}$ בתווך M, ו- $15\frac{m}{sec}$ בתווך N.

הקווים: AB , A'B' ו- A"B" מתארים שלושה קווי שיא עוקבים של גל הנפלט ממקור הגלים. המרחק בין שני קווי שיא עוקבים, לדוגמא בין AB ל- A'B' , הוא 2cm , והזווית בין כל אחד מקווי השיא ובין הקו PQ היא $30°$.

א. מהי התדירות של מקור הגלים?

ב. מהו אורך הגל בתווך N?

ג. חשב את זווית השבירה של הגל בתווך N.

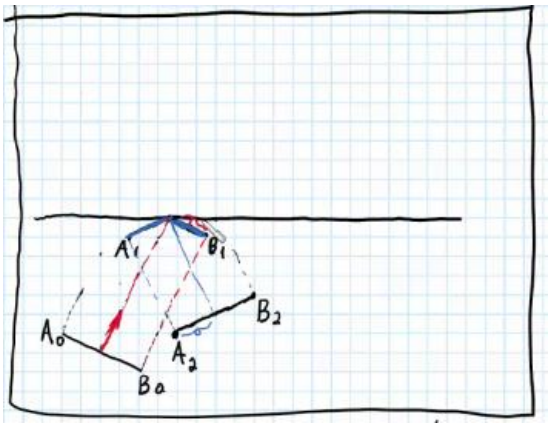
ד. העתק את התרשים למחברתך, והוסף לו את המשך קווי השיא A'B' ו- A"B" בתווך N. סמן בחץ את כיוון ההתקדמות של הגל בתווך N, וסמן את זווית השבירה.

חוזרים על הניסוי במערכת שבה הזווית בין קווי השיא בתוך M ובין קו ההפרדה PQ היא $60°$.

ה. ציין מהו הכיוון של התקדמות הגל במקרה זה, והסבר אותו. (אפשר להיעזר בסרטוט).

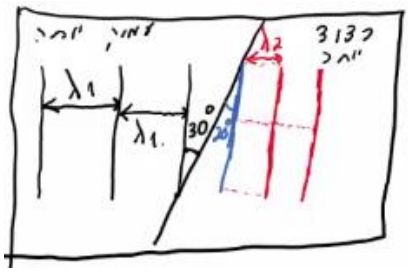
תשובות סופיות:

1)



2) א. $v_2 = 13.7\frac{cm}{sec}$. ב. $\lambda_1 = 5cm$. ג. $\lambda_2 = 3.42cm$.

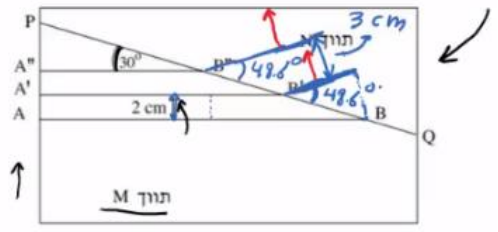
ד.



3) א. 5. ב. $0.45cm$.

4) א. $f = 500Hz$ ב. $\lambda_2 = 3cm$ ג. $\theta_2 = 48.6°$

ד.



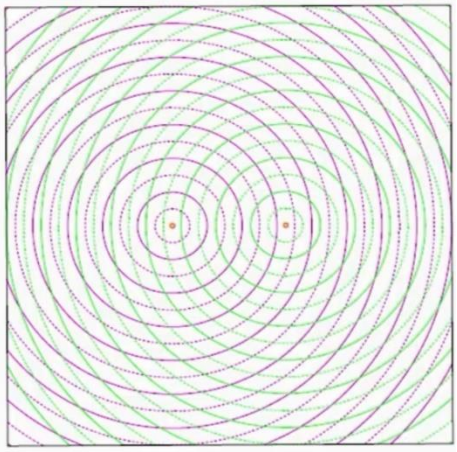
ה. $\theta_2 = X$, אין פתרון לשבירה, הגל רק יוחזר.

התאבכות גלי מים:

שאלות:

1) התאבכות גלי מים – תרגיל 1

נתון תרשים של אמבט גלים ובו 2 מקורות בעלי אורך גל זהה ושווי מופע.
קווים רציפים מייצגים שיא בגל וקווים מקווקוים – שפל.
זהו את קווי המקסימום והמינימום בתרשים.



2) התאבכות גלי מים – תרגיל 2

נתון אמבט גלים בו 2 מקורות שהמרחק ביניהם 7 ס״מ.
המקורות מכים במים במופע זהה בתדירות 20 הרץ.
מהירות התקדמות הגלים באמבט היא 25 ס״מ לשנייה.

א. מה אורך הגל של הגלים שיוצרים המקורות?

ב. קבע, לגבי כל אחת מהנקודות הבאות: A, B, C, D בתרשים, האם היא על קו מקסימום, על קו מינימום או נק׳ ביניים:

i. A - מרחקה מהמקור הראשון - 4 ס״מ ומהמקור השני - 2.8 ס״מ.

ii. B - מרחקה מהמקור הראשון - 5 ס״מ ומהמקור השני - 3.2 ס״מ.

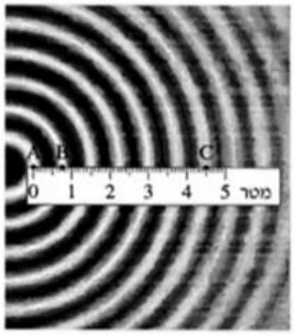
iii. C - מרחקה מהמקור הראשון - 7 ס״מ ומהמקור השני - 3.4 ס״מ.

iv. D - מרחקה מהמקור הראשון - 8 ס״מ ומהמקור השני - 6.5 ס״מ.

ג. כמה קווי מקסימום וכמה קווי מינימום יופיעו באמבט?

3) בגרות מים 2017

תלמיד חקר גלים מכניים באמצעות תכנת סימולציה. בתכנה הוא קבע תדירות הגל: $f = 400Hz$, וקיבל את תבנית הגלים הנראית בתרשים 1 שלפניך.



תרשים 1

א. התלמיד חישב את אורך הגל בעזרת תרשים 1 (שים לב ליחידות של הסרגל).

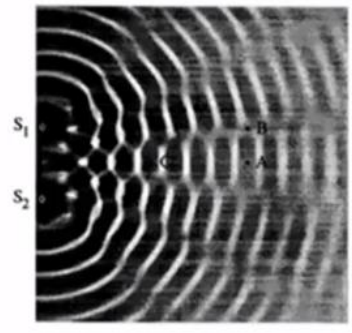
i. התלמיד מדד את אורך הקטע AB ואת אורך הקטע AC.
מבין שתי המדידות, איזו מדידה מאפשרת חישוב מדויק יותר של אורך הגל?
הסבר מדוע.

ii. חשב את אורך הגל.

ב. חשב את מהירות הגל.

ג. לפי התרשים, קבע אם התווך שהגלים מתקדמים בו הוא אחיד. נמק את קביעתך.

בניסוי אחר הגדיר התלמיד בתכנת הסימולציה שני מקורות S_1 ו- S_2 המייצרים גלים זהים. הוא מודד את עוצמת האות שהתקבלה בשלוש נקודות שונות: A, B, C (ראה תרשים 2).



תרשים 2

ד. ענה על הסעיפים הבאים:

i. קבע את סוג ההתאבכות (בונה/הורסת/אחרת) בכל אחת משלוש הנקודות.

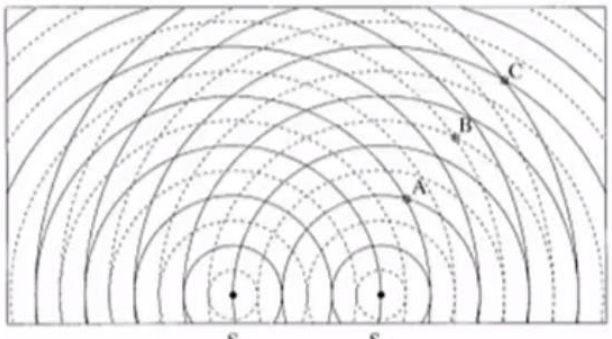
ii. עבור כל אחת מן הנקודות, בטא באמצעות אורך הגל את ההפרש בין מרחק הנקודה מן המקור S_1 ובין המרחק שלה מן המקור S_2.

ה. דרג את שלוש הנקודות לפי עוצמת האות שנמדדה בהן, מן העוצמה הגבוהה לעוצמה הנמוכה. הסבר את תשובתך.

ו. קבע מה יהיה סוג ההתאבכות בכל אחת משלוש הנקודות, אם הפרש המופע בין המקור S_1 ובין המקור S_2 יהיה חצי זמן מחזור.

4) בגרות מים 2016

בתרשים שלפניך מוצג סרטוט של אמבט גלים, ובו 2 כדורים קטנים S_1 ו- S_2 הרוטטים בתדירות של: $f=10Hz$. שני הכדורים הם מקורות שווי מופע לגלים. המעגלים המוצגים בקו רציף מציינים את השיאים של הגלים ברגע נתון, והמעגלים המוצגים בקו מקווקו מציינים את השפלים של הגלים באותו רגע. המרחק בין הכדור S_1 לכדור S_2 הוא $6cm$.



תרשים 1

א. על פי תרשים 1, מצא את אורך הגל λ של הגלים הנוצרים באמבט. פרט את חישובייך.

ב. חשב את המהירות v של הגלים באמבט.

ג. בנוגע לכל אחת מהנקודות: A , B , C המסומנות בתרשים 1, ענה על התת-סעיפים i-ii:

i. בטא באמצעות אורך הגל λ את הפרשי המרחקים:
AS_1-AS_2 , BS_1-BS_2 , CS_1-CS_2.

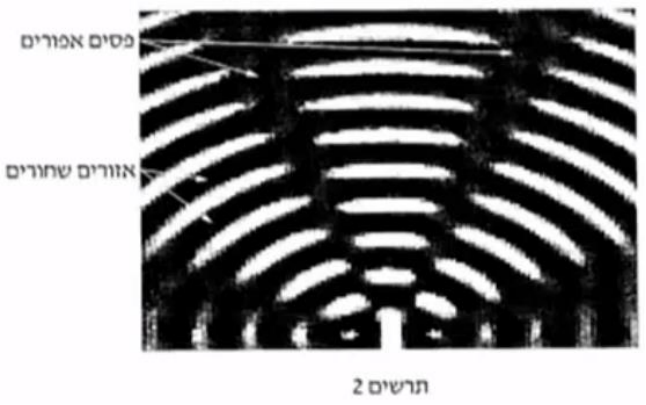
ii. על פי הפרשי המרחקים שמצאת, קבע את סוג ההתאבכות (בונה/הורסת/אחרת) בכל אחת מהנקודות. הסבר את קביעותיך.

ד. נקודה D, שאינה מסומנת בתרשים, נמצאת על קו מקסימום מהסדר השני. נתון: המרחק של הנקודה D מן המקור S_2 הוא: $8.2cm$.

חשב את מרחקה של נקודה D מן המקור S_1.

שים לב: יש שתי תשובות אפשרויות. מצא את שתיהן.

בתרשים 2 שלפניך מוצג תצלום של אמבט גלים אחר.
נתון: התדירות של כל אחד משני המקורות: $f=10Hz$.



תרשים 2

צילמו את האמבט פעם נוספת 0.55 שניות לאחר הצילום הראשון.
התצלום השני אינו מוצג.

ה. ענה על הסעיפים הבאים:

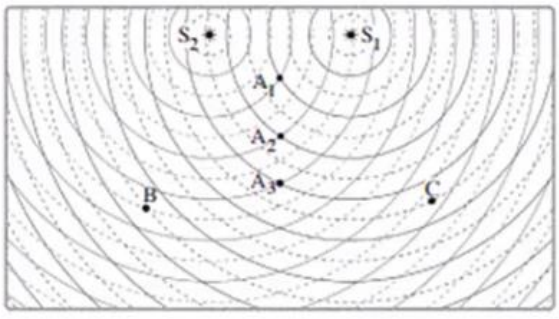
i. קבע אם המיקום של הפסים האפורים בתצלום השני שונה ממקומם בתצלום הראשון. נמק את קביעתך.

ii. קבע אם המיקום של האזורים השחורים בתצלום השני שונה ממקומם בתצלום הראשון. נמק את קביעתך.

5) בגרות 2014

באמבט גלים נמצאים שני כדורים המתגודדים בתדירות $25Hz$.
הכדורים משמשים שני מקורות נקודתיים: S_1 ו- S_2, לגלים מעגליים שווי מופע.
מקומן של נקודות השיא (מקסימום) של כל גל בנפרד ברגע מסוים מסומנות בתרשים שלפניך בקווים רציפים, ומקומן של נקודות השפל (מינימום) של כל גל בנפרד באותו רגע מסומנות בקווים מקווקווים.

הגל שיוצר כל אחד משני הכדורים מתפשט במים במהירות: $50\frac{cm}{sec}$.



א. חשב את אורך הגל, λ, שיוצר כל אחד משני הכדורים.

ב. בתרשים מסומנות שלוש הנקודות: A_1 , B ו-C. קבע אם נוצרת בכל אחת משלוש הנקודות האלה התאבכות בונה או התאבכות הורסת או שהנקודה היא נקודת ביניים. נמק את קביעותיך.

ג. ענה על הסעיפים הבאים:

i. קבע על פי התרשים, כמה קווי מקסימום יש בתבנית ההתאבכות?

ii. מהו הסדר המרבי של קווי המקסימום?

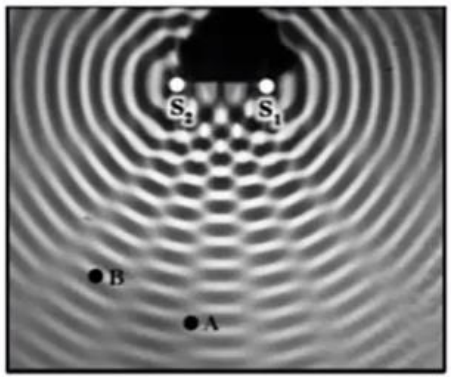
ד. היעזר בתרשים וקבע אם המרחק A_3 , A_2 גדול מאורך הגל λ , קטן ממנו או שווה לו. נמק.

ה. הנח שאין איבוד אנרגיה לסביבה, וקבע אם ברגע המתואר בתרשים גובה פני המים בנקודה A_3 גדול יותר, קטן יותר או שווה לגובה פני המים בנקודה A_1.

6) בגרות 2006

תלמיד הציב על שולחן אמבט גלים ובו שני כדורים קטנים, שכל אחד מהם מתנודד בתדירות של 25Hz. הכדורים מהווים שני מקורות נקודתיים שווי-מופע ושווי-משרעת של גלי מים.

לפניך תצלום של תמונת הגלים שהתפשטו על פני המים. S_1 ו- S_2 מסמנים את שני מקורות הגלים.



א. התלמיד מצא כי מרחק הנקודה A (ראה תצלום) מ- S_1 הוא 34 ס"מ, ומרחקה מ- S_2 הוא 33 ס"מ.

מהו אורך הגל של כל אחד מהגלים הנוצרים על ידי המקורות?

ב. מהו הפרש המרחקים של הנקודה B (ראה תצלום) משני המקורות S_1 ו- S_2?

ג. מהי מהירות ההתפשטות של הגלים?

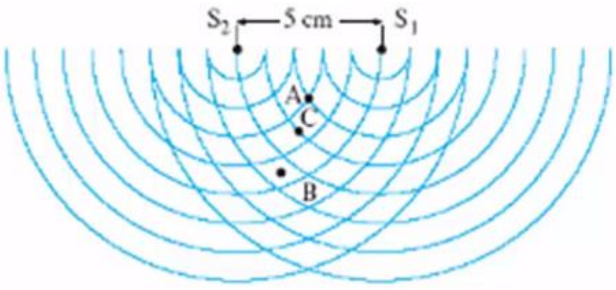
ד. אם שני מקורות הגלים יתנודדו במופע מנוגד ("אנטי פאזה"), האם תבנית ההתאבכות תהיה שונה מזו המוצגת בתצלום? אם לא – הסבר מדוע.
אם כן – מה יהיה השוני בין שתי התבניות?

ה. תאר מערכת ניסוי שבאמצעותה אפשר לראות תבנית התאבכות של אור על מסך.

ו. מדוע אי-אפשר לראות תבנית התאבכות של גלי אור על מסך כאשר הוא מואר בשני פנסים שונים, אף אם הם מונוכרומטיים והמרחק ביניהם קטן מאוד?

7) בגרות 1999

שני כדורים מתנודדים, כל אחד בתדירות 25Hz. הכדורים טובלים באמבט גלים, ומשמשים כשני מקורות נקודתיים S_1 ו- S_2 לגלים מעגליים. המרחק בין המקורות הוא: 5cm. התרשים שלפניך מתאר ברגע $t=0$ את חזיתות הגלים המתאימות לנקודות שנמצאות בשיא הגובה מעל פני המים (כפי שהיו במנוחה). ברגע זה כל אחד מהכדורים נמצא בנקודת שיא הגובה מעל פני המים.



א. על פי התרשים, הסבר מדוע אורך הגל שיוצר כל מקור הוא: 1cm.

ב. לגבי כל אחת מהנקודות שבתת סעיפים i-v שלהלן, ציין אם נוצרת בה התאבכות בונה, התאבכות הורסת או שהיא נקודת ביניים:

i. הנקודה A, המסומנת בתרשים. נמק.

ii. הנקודה B, המסומנת בתרשים. נמק.

iii. הנקודה C, המסומנת בתרשים. נמק.

iv. נקודה E, הנמצאת במרחק 38cm מהמקור S_1 ובמרחק 39.5cm מהמקור S_2. נמק.

v. נקודה F, הנמצאת במרחק 24cm מהמקור S_1 ובמרחק 28.2cm מהמקור S_2. נמק.

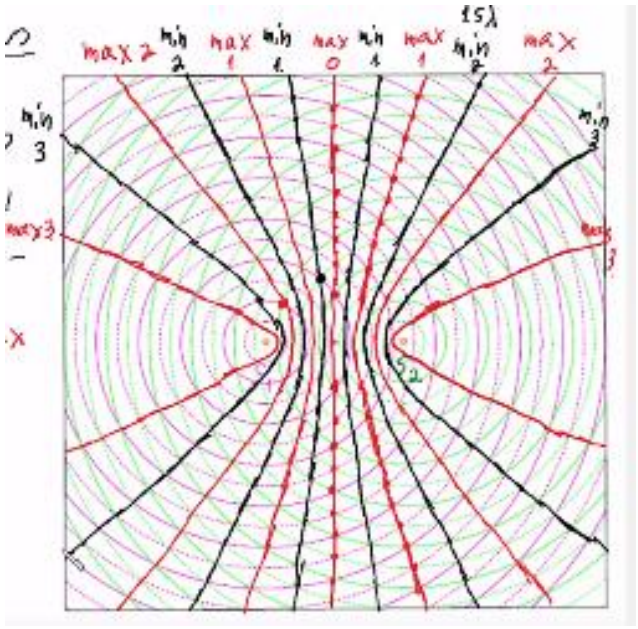
ג. ענה על הסעיפים הבאים:

i. חשב את זמן המחזור T של הגל הנוצר על ידי אחד המקורות.

ii. משרעת הגל (אמפליטודה) בנקודה A שיוצר כל מקור היא: 0.4cm.
סרטט גרף של העתק הנקודה A כפונקציה של הזמן מרגע $t=T$ (זמן של מחזור אחד). רשום מספרים על הצירים. נקודת האפס למדידת העתק הגל תהיה פני המים במצב שבו אין גלים באמבט.

תשובות סופיות:

1)



2) א. 1.2 ס"מ.

ב.i. A - נק' מקסימום מסדר ראשון.

ii. B - נק' צומת מסדר שני.

iii. C - נק' מקסימום מסדר שלישי, נק' על קו מקסימום.

iv. D - נק' ביניים.

ג. 11 קווי מקסימום, 12 קווי מינימום.

3) א.i. AC. ii. $\lambda = 0.75m$. ב. $V = 300\frac{m}{sec}$. ג. תווך אחיד.

ד.i. A: בונה, B: הורסת, C: בונה. ii. A: $S_1A - S_2A = 0 = \Delta r$,

B: $S_2B - S_1B = 0.375m$, C: $S_2C - S_1C = 0 = \Delta r$.

ה. עוצמה גבוהה: E_C, עוצמה בינונית: E_A, עוצמה נמוכה: $E_B = 0$.

ו. A, C: נקודת צומת (מקסימום ← צומת), B: נקודת מקסימום- התאבכות בונה מסדר ראשון ((צומת ← מקסימום).

4) א. $\lambda = 2cm$. ב. $v = 20\frac{cm}{sec}$. ג.i. A: $AS_1 - AS_2 = 2\lambda$,

B: $BS_1 - BS_2 = 2\lambda$, C: $CS_1 - CS_2 = 2\lambda$.

ii. התאבכות בונה בכל הנקודות.

ד. $S_1D = 12.2cm / 4.2cm$. ה.i. לא. ii. כן.

5) א. $\lambda = 2cm$. ב. A, B: התאבכות בונה, C: נקודת ביניים.

ג.i. 7. ii. סדר שלישי. ד. גדול. ה. קטן.

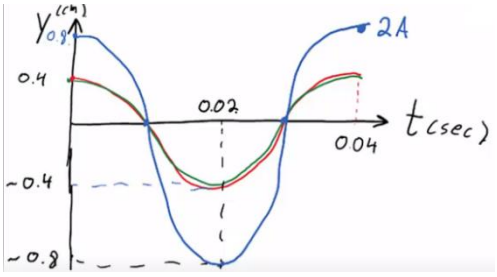
6) א. $\lambda = 2cm$. ב. $\Delta r = 4cm$. ג. $V = 0.5\frac{m}{sec}$. ד. כן.

ה. ראה סרטון. ו. ראה סרטון.

7) א. $d = 5\lambda = 5cm \rightarrow \lambda = 1cm$. ב.i. בונה. ii. בונה.

iii. הורסת. iv. הורסת.

v. ביניים. ג.i. $T = 0.04sec$. ii.



קורס מלא לבגרות בפיזיקה 5 יחידות

פרק 37

התאבכות גלי אור

התאבכות אור מ2- סדקים 434
התאבכות אור במספר סדקים, וסריג עקיפה 436
התאבכות אור בסדק יחיד + סיכום נושא 438
התאבכות אור- בגרויות 439

התאבכות אור מ-2 סדקים:

שאלות:

1) התאבכות אור תרגיל 1

מאירים בלייזר בעל אורך גל 500 ננומטר לוחית בעלת 2 סדקים בעלי $d = 0.2mm$.
במרחק $L = 3m$ נמצא מסך.

א. מהו רוחב פס אור כל עוד אנחנו בזויות קטנות?
ב. מהו מרחקו ממרכז התבנית של מרכז פס האור מסדר רביעי?
ג. מהו מרחקו ממרכז תבנית ההתאבכות של קו החושך מסדר שביעי?
ד. מה מרחקו ממרכז תבנית ההתאבכות של מרכז פס האור מסדר 200?

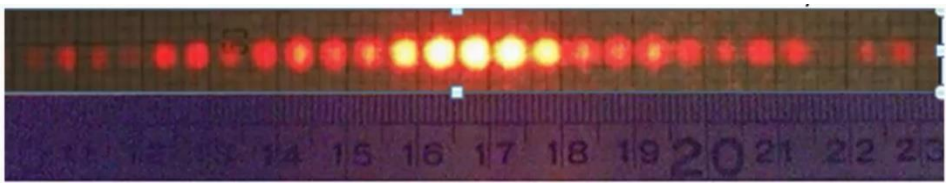
2) התאבכות אור תרגיל 2

מאירים בלייזר ירוק בעל אורך גל לא ידוע על לוחית ובה 2 סדקים שהמרחק ביניהם 0.15 מ״מ. מניחים מסך שאורכו $h = 1m$ במרחק 3 מטר מהלוחית כך שמרכז המסך בדיוק מול הסדקים. הזווית למקסימום מסדר חמישי נמדדת ושווה ל-1 מעלה.

א. מה אורך הגל של הלייזר?
ב. מה מרחקו של המינימום מסדר חמישי ממרכז המסך?
ג. כמה קווי חושך התקבלו על המסך?
ד. אם נחליף המסך במסך ארוך מאוד שיונח באותו מיקום, כמה פסי אור ייווצרו על המסך?

3) התאבכות אור תרגיל 3

לוקחים לייזר אדום בעל אורך גל לא ידוע ומציבים לפניו לוחית בעלת 2 סדקים שהמרחק ביניהם 0.25 מ״מ. ממקמים מסך במרחק 1.8 מטר מהלוחית.
על המסך מתקבלת תבנית ההתאבכות הבאה, לצד סרגל שהודבק למסך מראש.



א. מצא את אורך הגל של הלייזר בדרך המדויקת ביותר.
ב. איזה מהנקודות בצילום הינה נקודת המקסימום המרכזי?
ג. לאיזה נקודה בצילום מגיע אור שמרחקו מאחד הסדקים גדול ב-3 אורכי גל מאשר מרחקו מהסדק השני?
ד. לאיזה נקודה על המסך מגיע אור שמרחקו מאחד הסדקים גדול ב-4.5 אורכי גל מאשר מרחקו מהסדק השני?
ה. מהן 3 הדרכים אשר ניתן לצופף בהן את תבנית ההתאבכות?

תשובות סופיות:

1) א. $7.5\,nm$ ב. 3 ס"מ. ג. $\theta = 0.93°$ ד. $x_{200} = 1.73$

2) א. 524 נ"מ. ב. 4.72 ס"מ. ג. 94 קווי חושך. ד. 573 פסי מקסימום.

3) א. 5 מ"מ. ב. $\lambda = 694$ ג. 3λ ד. 4.5λ ה. ראה סרטון.

התאבכות אור במספר סדקים וסריג עקיפה:

שאלות:

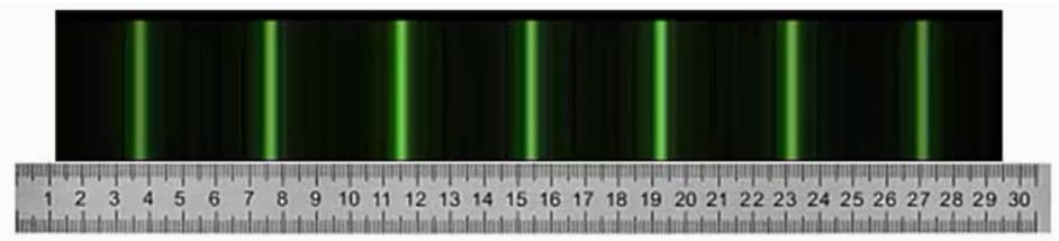
1) התאבכות אור בסריג – תרגיל 4

מאירים בלייזר בעל אורך גל לא ידוע על סריג בעל קבוע של 100 חריצים למ״מ.
מציבים מסך במרחק 1 מטר מהסריג כך שמרכזו מול מרכז הסריג ומול קרן הלייזר.
אורך המסך 4 מטר.
מיקומו של קו המקסימום הראשון נמדד ושווה ל-6.5 ס״מ ממרכז המסך.

א. מהו אורך הגל של הלייזר?
ב. מה מיקומו של קו המקסימום מסדר שני?
ג. מה מיקומו של קו המקסימום מסדר חמישי?
ד. כמה קווי מקסימום יתקבלו על המסך?
ה. בהנחה שמחליפים מסך זה במסך ארוך מאוד באותו המיקום, כמה קווי מקסימום יתקבלו עליו?

2) התאבכות אור בסריג – תרגיל 5

מאירים בלייזר ירוק בעל אורך גל 550 ננומטר על סריג בעל קבוע לא ידוע, ומציבים מסך במרחק 2.5 מטר מהסריג.
על המסך שעליו מודבק סרגל מתקבלת התמונה הבאה:



א. מצאו את קבוע הסריג בדרך המדויקת ביותר.
ב. באיזה זווית ביחס לאנך האמצעי יתקבל קו המקסימום מסדר 20?
ג. מה יקרה לתבנית ההתאבכות אם נחליף את הלייזר הירוק בלייזר כחול?

3) התאבכות אור בסריג – תרגיל 6

אור לבן פוגע בסריג עקיפה בעל קבוע 300 חריצים למ״מ.
מסך ארוך מונח במרחק 2 מטר מהסריג.

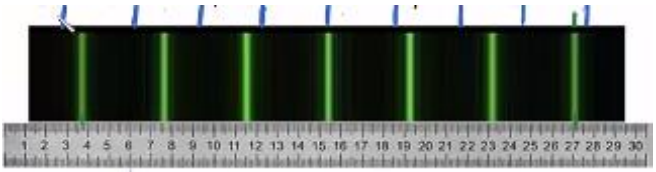
א. מה רוחב הפס הצבעוני מסדר ראשון?
ב. מה הזווית שנפתחת בין המקסימום האדום מסדר שני, והסגול מסדר שני?
ג. הוכח שקיימת חפיפה בצבעים בין הסדר השני לסדר השלישי.

תשובות סופיות:

1) א. 649 נ״מ. ב. 13 ס״מ. ג. 34.3 ס״מ. ד. 27 קווים. ה. 31 קווים.

2) א. $282\frac{\text{haritsim}}{\text{cm}}$ ב. $18.1°$

ג.



3) א. 0.188 מ׳. ב. $10.9°$ ג. הוכחה.

התאבכות אור בסדק יחיד + סיכום נושא:

שאלות:

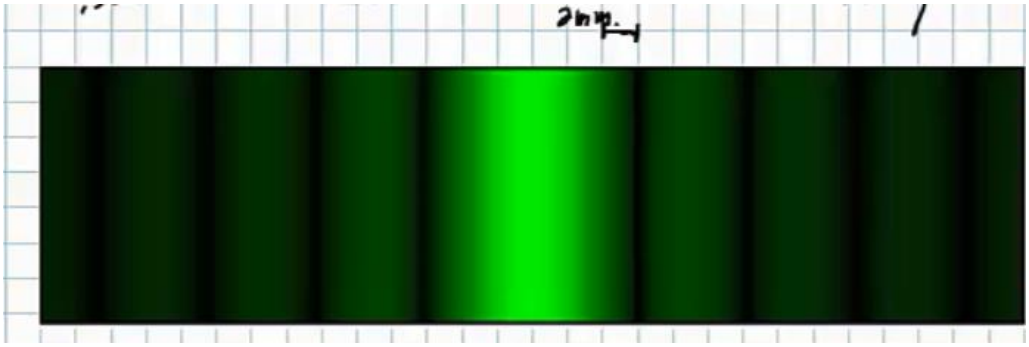
1) עקיפה מסדק יחיד – תרגיל 1

תלמיד מאיר בלייזר אדום בעל אורך גל 670 ננומטר סדק שרוחבו 0.3 מ״מ.
תבנית עקיפה מתקבלת על מסך במרחק 1.5 מטר.

א. מה רוחבו של המקסימום המרכזי?
ב. מה רוחבו של מקסימום משני, מסדר נמוך?

2) עקיפה מסדק יחיד – תרגיל 2

לוקחים לייזר ירוק בעל אורך גל 530 ננומטר. מציבים אותו לפני סדק בעל רוחב לא ידוע, ועל מסך משבצות במרחק 3 מטר מהסדק מתקבלת תבנית ההתאבכות הבאה:



נתון שרוחב משבצת על הלוח הוא 2 מ״מ.

א. מה רוחב הסדק?
ב. כמה קווי צומת יתקבלו על מסך ארוך מאוד?
ג. מה יקרה לתבנית ההתאבכות אם נגדיל את רוחב הסדק?

תשובות סופיות:

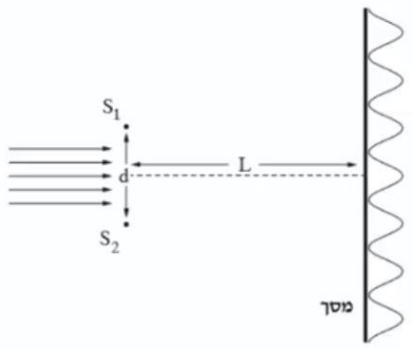
1) א. 6.7 מ״מ. ב. 3.35 מ״מ.
2) א. 0.265 מ״מ. ב. 1,000 קווי צומת בתבנית.
ג. האור ינוע בקווים ישרים ולא מבצע עקיפה.

התאבכות אור - בגרויות:

שאלות:

1) בגרות 2020

תלמידים ערכו ניסוי במעבדה באמצעות מערכת המתוארת בתרשים שלפניך. אלומה מקבילה של אור מונוכרומטי פוגעת בלוחית שבה זוג סדקים צרים במרחק d זה מזה. כיוון האור הפוגע ניצב למישור הסדקים. במרחק L מן הסדקים מוצב מסך במקביל ללוחית. על המסך מתקבלת תבנית התאבכות.



באמצעות החלפת לוחיות שינו התלמידים את המרחק d בין הסדקים, ובעקבות זאת השתנה רוחב פס האור, Δx. בטבלה שלפניך מוצגות תוצאות הניסוי:

$d(cm)$	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06
$\Delta x(cm)$	0.61	0.29	0.20	0.17	0.12	0.10
המשתנה החדש						

א. ענה על הסעיפים הבאים:

i. רשום ביטוי של רוחב פס האור, Δx, כפונקציה של המרחק בין הסדקים, d.

ii. החליפו את המשתנה d במשתנה חדש, שהקשר בינו לבין Δx הוא קשר לינארי. מהו המשתנה החדש?

ב. העתק את הטבלה למחברתך, והוסף בה את הערכים של המשתנה החדש ואת היחידות המתאימות.

ג. סרטט גרף (דיאגרמת פיזור) של Δx כפונקציה של המשתנה החדש, והוסף בו קו מגמה ליניארי.

נתון: $L = 120cm$.

ד. חשב את אורך הגל באמצעות השיפוע של קו המגמה.

ה. ענה על הסעיפים הבאים:

i. העתק למחברתך (בקירוב) את התרשים שבפתיח, וסמן בו את המרחק בין המקסימום המרכזי ($n=0$) לבין המקסימום מסדר 2 ($n=2$).

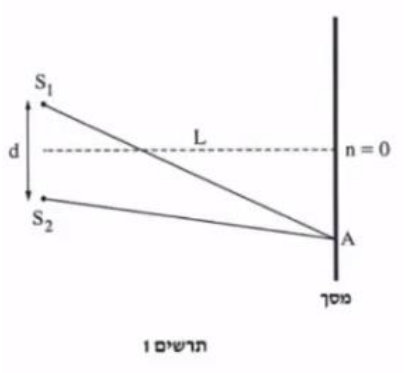
ii. חשב את המרחק הזה עבור: $d=0.015cm$, באמצעות נקודה מקו המגמה.

2) בגרות 2019

תלמידים עורכים שלושה ניסויים.

בניסוי הראשון, אלומה מקבילה של אור מונוכרומטי בעל אורך גל: $\lambda_1=600nm$

פוגעת בניצב בלוחית שבה שני חריצים, S_1 ו- S_2. החריצים צרים מאוד ביחס למרחק d שביניהם. על מסך המקביל ללוחית מתקבלת תבנית התאבכות. המסך נמצא במרחק L מן הלוחית (ראה תרשים 1).



תרשים 1

הנח כי מתקיים קירוב של זוויות קטנות.

א. קבע אם בנקודה שבה הפרש הדרכים משני החריצים שווה 18 חצאי אורך גל מתקיימת התאבכות בונה, התאבכות הורסת או נקודת ביניים. נמק את קביעתך.

נתון שהמרחק בין מרכז המקסימום מסדר $n=0$ לבין מרכז המקסימום מסדר $n=8$ שווה $12cm$.

ב. חשב את הרוחב של פס האור, Δx.

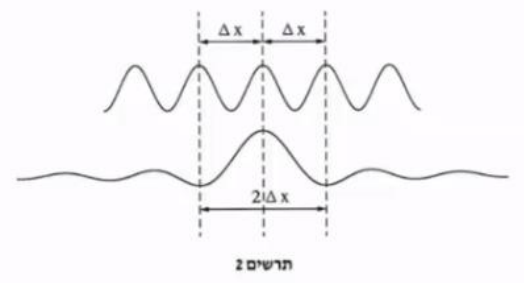
בניסוי השני, מאירים את החריצים S_1 ו- S_2 באלומה מקבילה של אור מונוכרומטי שאורך הגל שלו הוא λ_2. במקרה זה רוחב פס האור קטן פי 1.2.

ג. חשב את אורך הגל λ_2.

הנקודה A נמצאת במרחק של $3.75cm$ ממרכז המקסימום מסדר $n=0$.

ד. עבור כל אחד מאורכי הגל λ_1 ו- λ_2, קבע אם בנקודה A תיווצר התאבכות בונה, התאבכות הורסת או נקודת ביניים. נמק את קביעותיך.

בניסוי השלישי, האלומה המקבילה של אור מונוכרומטי, שאורך הגל שלו: $\lambda_1 = 600nm$, פוגעת בניצב בלוחית שבה יש חריץ אחד בלבד, ברוחב w.
על מסך המקביל ללוחית נוצר מקסימום מרכזי, שרוחבו פי 2 מרוחב פס האור שהתקבל משני החריצים S_1 ו- S_2 בניסוי הראשון (ראה תרשים 2).
המרחק בין הלוחית למסך בניסוי השלישי שווה למרחק L שבין הלוחית למסך בניסוי הראשון.



תרשים 2

ה. הוכח שבניסוי זה, רוחב החריץ w שווה למרחק d בין S_1 ו- S_2.

נתון כי המרחק בין הלוחית למסך הוא: $L = 1.5m$.
ו. חשב את רוחב החריץ, w.

3) בגרות 2018

בתרשים שלפניך מוצג סרטוט של תבנית התאבכות. התבנית נוצרה על ידי אלומה מקבילה של אור מונוכרומטי שעברה דרך זוג חריצים מקבילים בלוחית אטומה. אורך הגל של האלומה הוא λ.
האלומה פגעה בלוחית בכיוון ניצב למישור החריצים, והתבנית התקבלה על מסך המקביל למישור החריצים. פסי האור שהתקבלו מסומנים באותיות א-ט.
פס האור ה הוא הפס המרכזי.

א. קבע לאיזה פס אור (או לאילו פסי אור) מבין הפסים א-ט הגיע אור מאחד החריצים. במסלול שהוא ארוך בשלושה אורכי גל מן המסלול שעבר האור שהגיע מן החריץ האחר. נמק את תשובתך.
ב. קבע לאיזה מקום (או לאילו מקומות) הגיע אור מאחד החריצים, במסלול שהוא ארוך באורך גל וחצי מן המסלול שעבר האור שהגיע מן החריץ האחר. בתשובתך השתמש באותיות המציינות את פסי האור.

המרחק בין החריצים הוא: $d = 0.2mm$, ומרחק המסך ממישור החריצים הוא: $1.2m$.
בתחתית הסרטוט של תבנית ההתאבכות הוסיפו סרגל. הערכים של הסרגל נתונים ביחידה סנטימטר.

ג. חשב את הרוחב של פס האור בדרך שבה השגיאה היחסית במדידה תהיה קטנה ככל האפשר. פרט את תשובתך.

ד. חשב את אורך הגל של אלומת האור.

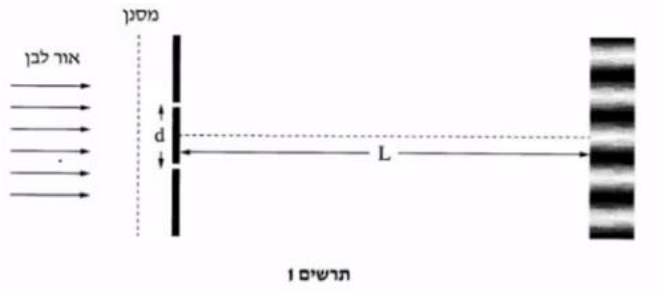
ה. הסבר מדוע עדיף להשתמש בסריג עקיפה במקום בזוג חריצים, כדי למדוד בצורה מדויקת ככל האפשר את אורך הגל.

נתון סריג עקיפה שבו המרחק בין כל זוג חריצים סמוכים שווה למרחק d שבין זוג החריצים המוצג בשאלה.

ו. קבע אם המרחק שבין נקודות המקסימום שבתבנית המתקבלת מזוג החריצים גדול מן המרחק שבין נקודות המקסימום הראשיות שבתבנית המתקבלת מסריג העקיפה, קטן ממנו או שווה לו. נמק את קביעתך.

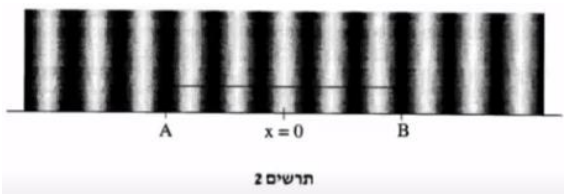
4) בגרות 2017

בניסוי דמוי יאנג מקרינים אור לבן דרך מסנן המעביר אור באורך גל מסוים. לאחר שהאור דרך המסנן, הוא עובר דרך שני סדקים זהים שהמרחק ביניהם הוא d. האור מגיע למסך שנמצא במרחק L מן הסדקים ועל המסך מתקבלת תבנית התאבכות (ראה תרשים 1).
חוזרים על הניסוי כמה פעמים, ובכל פעם משתמשים במסנן המעביר אור באורך גל אחר.



תרשים 1

בתבנית ההתאבכות המתקבלת בכל אחד מאורכי הגל מודדים את הרוחב של 5 פסי אור הקרובים למרכז התבנית (קטע AB). $x = 0$ מסמן את מרכז התבנית (ראה תרשים 2).



תרשים 2

בטבלה שלפניך מוצגות תוצאות המדידות:

$\lambda(\mu m)$	0.47	0.52	0.58	0.61	0.65
$AB(mm)$	14	15.8	17.4	18.1	19.5

א. בלי להסתמך על תוצאות המדידות שבטבלה, בטא את המרחק AB באמצעות הפרמטרים: λ , d , L.

ב. לפי תוצאות המדידות סרטט במחברתך גרף של המרחק AB כפונקציה של אורך הגל.

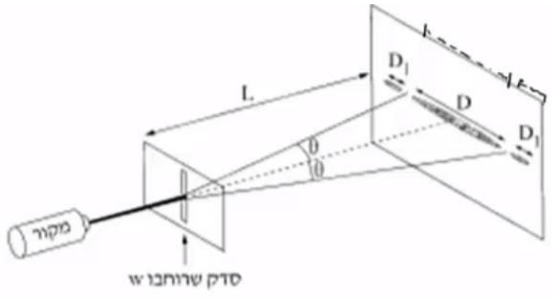
נתון: $L = 3m$.

ג. היעזר בביטוי שפיתחת בסעיף א' ובגרף שסרטטת בסעיף ב', וחשב את המרחק d בין הסדקים.

ד. בערכת הניסוי היה מסנן נוסף שמעביר אור באורך גל לא ידוע.
כאשר משתמשים בו מתקבל: $AB = 15mm$.
מצא את אורך הגל שמסנן זה מעביר. פרט את שיקוליך.

5) בגרות 2016

תופעת העקיפה באור ניתנת להסבר רק באמצעות המודל הגלי של האור.
כשאלומה דקה של אור מונוכרומטי עוברת דרך סדק מלבני (ראה תרשים) מתקבלת על מסך תבנית עקיפה אופיינית.
שים לב: התרשים שלפניך אינו מסורטט בקנה מידה מדויק (L>>D).



א. ציין שלושה פרמטרים המשפעים על הרוחב D של כתם האור המרכזי הנראה על המסך.

במעבדה לפיזיקה ערכו תלמידים סדרת ניסויים לחקירת תופעת העקיפה.
נתון: המרחק בין הסדק למסך: $L = 1.7m$.
בטבלה שלפניך מוצגות תוצאות המדידות:

0.15	0.10	0.08	0.04	$w(mm)$
14	24	26	54	$D(mm)$
6.7	10	12.5	25	$\frac{1}{w}\left(\frac{1}{mm}\right)$

ב. סרטט במחברתך גרף של $\frac{1}{w}$ כפונקציה של D.

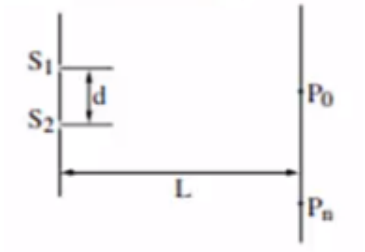
ג. הנח שהזווית θ קטנה $(\sin\theta \approx \tan\theta)$. היעזר בגרף וחשב את אורך הגל λ שנפלט ממקור האור.

ד. חשב את הרוחב של כתם האור מסדר ראשון, D_1, כאשר רוחב הסדק: $w = 0.04mm$.

ה. ציין שני שינויים שיחולו בכתם האור המרכזי, אם מקור האור המונוכרומטי יוחלף במקור אור לבן. נמק את תשובתך.

6) בגרות 2015

בתרשים שלפניך מתוארת לוחית אטומה שבה שני חריצים צרים ומקבילים זה לזה: S_1 ו- S_2. המרחק בין החריצים הוא d. אלומה מונוכרומטית ומקבילה של אור צהוב פוגעת בניצב ללוחית. אורך הגל של האור הצהוב מסומן ב- λ_{yellow}.
על מסך המקביל ללוחית, הנמצא במרחק L ממנה, מתקבלת תבנית התאבכות של האלומה. P_0 היא מרכז תבנית ההתאבכות, ו- P_n היא נקודת מקסימום מסדר n של התבנית.



א. בטא את הפרש המרחקים: $S_1P_n - S_2P_n$ באמצעות הפרמטרים שבפתיח (או באמצעות חלק מהם).
שים לב: $S_1P_n > S_2P_n$.

ב. בניסויים של התאבכות אור (אור נראה) משני חריצים מקבילים מוצאים את אורך הגל באמצעות נוסחה מקורבת. הסבר מדוע אין משתמשים בסרגל למדידות של: S_1P_n ו- S_2P_n ובביטוי שמצאת בסעיף א', אף על פי שביטוי זה אינו מקורב.

מחליפים את האלומה של האור הצהוב באלומה של אור כחול, שאורך הגל שלו : λ_{blue} , מקיים : $\lambda_{blue} < \lambda_{yellow}$. גם אלומה זו מונוכרומטית, מקבילה ופוגעת בניצב ללוחית.

ג. האם המרחק בין מרכז תבנית ההתאבכות, P_0 , ובין נקודת המקסימום מסדר n באור כחול גדול מן המרחק בין הנקודות האלה באור צהוב, קטן ממנו או שווה לו? נמק.

ד. נתון : $d = 0.06mm$, $\lambda_{blue} = 440nm$ ו- $L = 0.8m$.
חשב את הרוחב של פס מקסימום בתבנית ההתאבכות שהתקבלה באור כחול.

ה. מחליפים את אלומת האור הכחול באלומה מקבילה של אור לבן.
כיצד ייראה פס המקסימום מסדר אפס? הסבר מדוע.

7) בגרות 2014

המודל הגלי של האור התבסס במאה ה-19, בעקבות תוצאות ניסויים שנמצא בהם כי לאור יש מאפיינים של גלים מכניים. הפיזיקאי הצרפתי אוגוסטין פרנל שחקר את תופעת העקיפה השתמש בניסוייו באור השמש ובתילי מתכת.
פרנל מצא שכאשר אלומה מקבילה של אור פוגעת בתיל שקוטרו קטן, מתקבלת על מסך תבנית עקיפה הדומה לתבנית המתקבלת כאשר אלומת האור עוברת מבעד לסדק. כלומר שאשפר להתייחס אל התיל כאל סדק שרוחבו שווה לקוטר התיל.

א. תלמידים עורכים שלושה ניסויים i-iii, ובכל אחד מהם מוקרנת אלומת אור שאורך הגל שלה הוא λ על תילים בעלי קטרים שונים. לאחר פגיעת האור בתילים הוא ממשיך להתקדם ופוגע במסך.
לפניך קוטרי התילים בשלושת הניסויים :

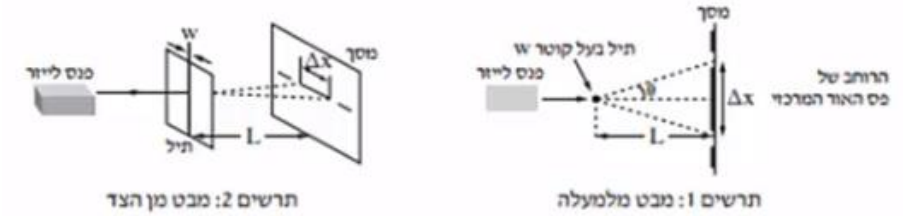
i. $W = 10\lambda$.

ii. $W = 100\lambda$.

iii. $W = 1,000\lambda$.

קבע באיזה משלושת הניסויים רוחב פס האור המרכזי שמתקבל על המסך הוא הגדול ביותר. נמק את קביעתך.

התלמידים משחזרים את ניסוי פרנל באמצעות המערכת שמוצגת בתרשימים 1, 2 שלפניך :



הזווית θ מגדירה את הרוחב של פס האור המרכזי (ראה תרשים 1).

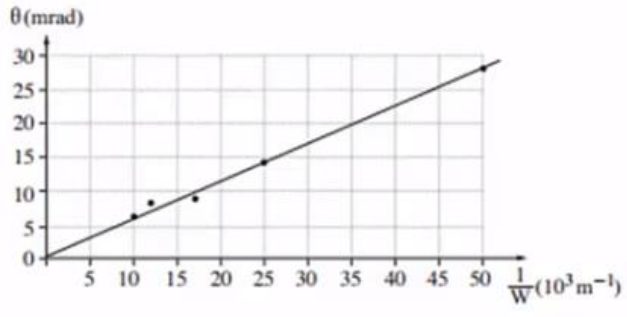
λ - אורך הגל של מקור האור (הלייזר).
L - מרחק התיל מן המסך.
W - קוטר התיל.
Δx - הרוחב של פס האור המרכזי.
נתון כי בתנאי הניסוי $\sin\theta \approx \tan\theta$.

ב. הוכח שבמערכת הניסוי מתקיים הקשר: $\Delta x = 2\frac{\lambda L}{W}$.

התלמידים משתמשים בתילים בעלי קטרים שונים, ומודדים עבור כל תיל את הזווית θ שעבורה מתקבלת על המסך נקודת הצומת הראשונה. את תוצאות המדידות הם מציגים בגרף של הזווית θ (במילי-רדיאן, mrad) כפונקציה של $\frac{1}{W}$.

קוטר התיל W נמדד במילימטרים (10^{-3}m).

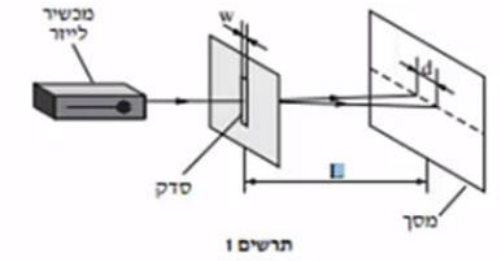
שים לב: בזוויות קטנות הנמדדות ברדיאנים $\sin\theta \approx \theta$.



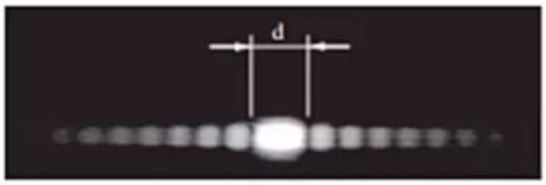
ג. הסבר מדוע העקומה היא קו ישר.
ד. חשב את אורך הגל של האור הנפלט מן הלייזר, ואת תדירותו.
ה. בסוף הניסוי אמר אחד התלמידים: "פרנל השתמש בניסוי שלו באור השמש, ולכן על המסך שלו התקבלה תבנית שאינה זהה לתבנית שאנחנו קיבלנו". האם צדק התלמיד? נמק את תשובתך.

8) בגרות 2013

לצורך חקירה של קרינת לייזר (מקור אור קוהרנטי) משתמשים במערכת המוצגת בתרשים 1, שבה קרינת הלייזר פוגעת בניצב ללוחית עם סדק יחיד. על המסך מתקבלת התמונה שבתרשים 2.



תרשים 1



תרשים 1

א. כאשר מעבירים אור באורך גל נתון דרך סדק, לא תמיד אפשר להבחין בתופעת העקיפה (גם אם המסך מספיק רחב).
איזה תנאי צריך להתקיים כדי שיהיה אפשר להבחין בתופעת העקיפה?

ערכו ניסוי ששינו בו את המרחק בין הסדק למסך, L, ומדדו את הרוחב של כתם האור המרכזי שהתקבל, d. ראה תרשים 1.
תוצאות הניסוי מוצגות בטבלה שלפניך:

2.00	1.70	1.50	1.00	0.50	$L(m)$
24.6	21	19	13	6.5	$d(mm)$

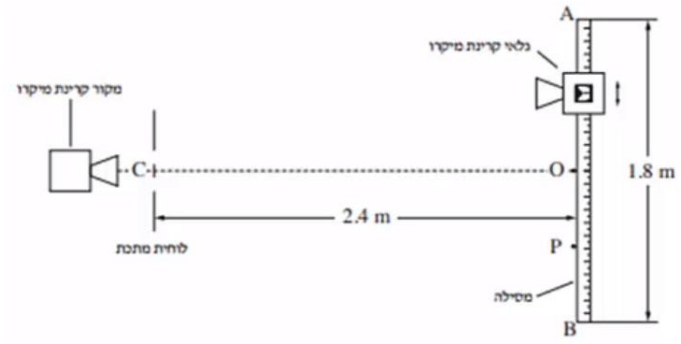
ב. סרטט גרף המתאר את הרוחב של הכתם המרכזי, d, כפונקציה של המרחק בין הסדק למסך, L.

ג. בעזרת הגרף שסרטטת מצא את אורך הגל כאשר רוחב הסדק הוא: $w=100\mu m$ $\left(100\times10^{-6}m\right)$. פרט את חישוביך.

ד. היעזר בגרף וחשב את הזווית בין האנך המרכזי לבין קו הצומת השני (מינימום מסדר שני). שמתקבל כאשר הרוחב של כתם האור המרכזי הוא: $d=20mm$. פרט את חישוביך.

9) בגרות 2012

אלומה צרה של קרינת מיקרו עוברת דרך לוחית מתכת ובה שני סדקים זהים.
המרחק בין מרכזי הסדקים הוא: 4cm. גלאי של קרינת מיקרו מוזז לאורך מסילה ישרה AB שאורכה: 1.8m ונקודת האמצע שלה O. המסילה מקבילה ללוחית ומרחקה ממנה: 2.4m (ראה תרשים).



OC הוא אנך אמצעי לישר המחבר בין הסדקים. כאשר הגלאי מוזז מנקודה O לעבר הקצה B, הנקודה P היא הנקודה השנייה שבה נקלטת בגלאי עוצמת קרינה מינימלית. המרחק OP הוא: $45cm$.

א. הוכח שהתדירות של מקור קרינת המיקרו היא בקירוב: $6\cdot10^{10}Hz$.

ב. חשב בכמה נקודות בין A ל-B יקלוט הגלאי עוצמת קרינה מקסימלית.

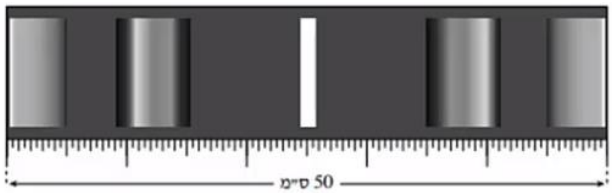
ג. מה צריך להיות המרחק המינימלי בין המסילה ללוחית (OC), כדי שהגלאי יקלוט עוצמת קרינה מקסימלית (התאבכות בונה) בין A ל-B רק בנקודה O? הסבר.

נתון כי רוחב הסדקים הוא: $2cm$ והמרחק בין הלוחית למסילה: $2.4m$.
מכסים את הסדק התחתון (הסדק שנמצא מול הקטע OB שבמסילה).
מזיזים את הגלאי לאורך המסילה מהנקודה O אל הנקודה A.

ד. חשב באיזה מרחק מהנקודה O יקלוט הגלאי לראשונה עוצמת קרינה מינימלית.

10) בגרות 2011

כדי למצא את תחום התדירויות של האור הנראה הנפלט מנורת להט, משתמשים בסריג עקיפה בעל 80 חריצים למ״מ. מקרינים אלומה מקבילה של האור על סריג העקיפה במאונך לו. במרחק: $L=3m$ מהסריג, ובמקביל לו, נמצא מסך לבן שרוחבו 50 ס״מ.
באמצע המסך מתקבל פס אור מרכזי לבן. בכל אחד מצדי פס האור המרכזי רואים שני אזורי ספקטרום רציף, כמתואר בתרשים שלפניך (צילום בשחור-לבן).



א. קצה אחד של הספקטרום הרציף מהסדר הראשון הוא אדום, וקצהו השני הוא סגול. ידוע שתדירות האור האדום קטנה מתדירות האור הסגול. האם הפס האדום הוא בקצה הספקטרום הרחוק מאמצע המסך או הקרוב אליו? הסבר.

ב. היעזר בתרשים וקבע את הגבולות של תחום התדירויות של האור הנראה הנפלט מהנורה.

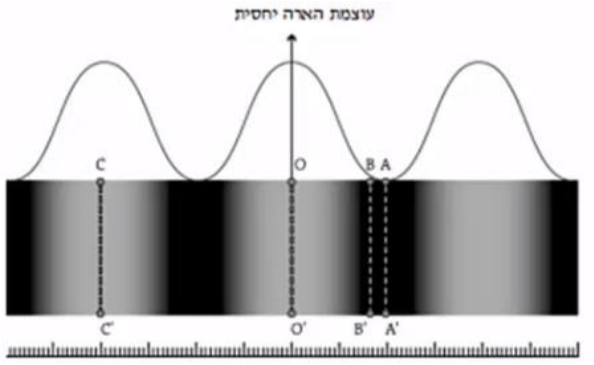
ג. הקצה הימני והקצה השמאלי של המסך נראים ירוקים.
חשב את התדירות של אור ירוק זה.

ד. מחליפים את הסריג בסריג אחר, בלי לשנות את מרחק הסריג מהמסך. כעת, בכל אחד מצדי פס האור המרכזי הלבן מתקבל על המסך אזור ספקטרום רציף אחד בלבד.
האם קבוע הסריג החדש גדול מקבוע הסריג הקודם, קטן ממנו או שווה לו? נמק.

ה. אפשר לקבל הפרדה לצבעים של אור הנורה גם על ידי העברת האור דרך מנסרת זכוכית משולשת. הסבר מדוע המעבר של האור דרך המנסרה גורם להפרדתו לצבעים.

11) בגרות 2009

מבצעים ניסוי שבו אלומה מקבילה של אור מונוכרומטי פוגעת בניצב ללוחית שבה שני חריצים מלבניים מקבילים. המרחק בין שני החריצים הוא: $d = 0.02mm$. החריצים צרים מאוד ביחס למרחק ביניהם. תבנית ההתאבכות של האור שעובר דרך החריצים מתקבלת על מסך המקביל ללוחית, ונמצא במרחק: $L = 1.5m$ ממנה. בתרשים שלפניך מתואר חלק מתבנית ההתאבכות שמתקבלת על המסך – פס אור מסדר אפס ושני פסי אור מסדר ראשון. (אזורי האור מסומנים בתרשים בלבן, אף על פי שאין מדובר באור לבן אלא באור מונוכרומטי). מעל התבנית מוצג גרף המתאר את עוצמת ההארה היחסית לאורך תבנית ההתאבכות שהתקבלה על המסך. מתחת לתבנית ההתאבכות מוצג סרגל שבו המרחק בין כל שתי שנתות סמוכות הוא 1 מ״מ.



א. מצא את רוחב פס האור מסדר אפס.

ב. חשב את אורך הגל של האור.

ג. עבור כל אחד מהקווים בתת-הסעיפים i-iv, ציין אם בנקודות שעל הקו מתרחשת התאבכות בונה או התאבכות הורסת, או אם הנקודות שעל הקו הן נקודות ביניים. הסבר את תשובותיך באמצעות המרחקים של הנקודות על הקו משני החריצים.

i. הקו OO'.

ii. הקו CC'.

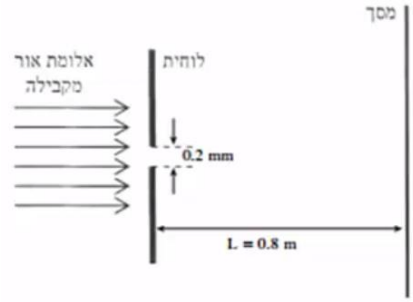
iii. הקו AA'.

iv. הקו BB'.

ד. חוזרים על ניסוי ההתאבכות עם אור בעל אורך גל קצר יותר.
ציין הבדל אחד (מלבד הצבע) בין תבנית ההתאבכות שתתקבל ובין התבנית המוצגת בתרשים.

12) בגרות 2008 שאלה 3

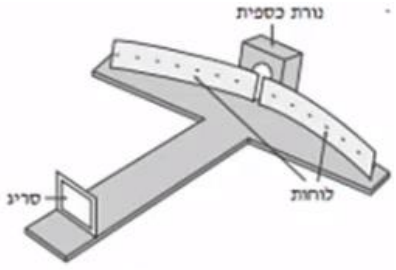
אלומה מונוכרומטית ומקבילה של אור שאורך הגל שלו : $\lambda = 500nm$ $(5000A)$
מוקרנת לעבר לוחית שבה חריץ מלבני שרוחבו : $w = 0.2mm$. האלומה עוברת דרך החריץ ופוגעת במסך המקביל למישור החריץ ונמצא במרחק : $L = 0.8m$ ממנו (ראה תרשים).



א. חשב את הרוחב (על המסך) של פס המקסימום המרכזי.
ב. חשב את הרוחב (על המסך) של פס מקסימום משני.
ג. מה ההבדל בין תבנית עקיבה זו ובין תבנית העקיבה שהייתה מתקבלת, אילו היו מחליפים את אלומת האור באלומה מקבילה של קרינה שאורך הגל שלה $0.2mm$ (0.2 מילימטר)? הסבר.
ד. הסבר מדוע גלי רדיו – בניגוד לגלי אור – עוקפים בניינים.

13) בגרות 2008 שאלה 2

בתרשים שלפניך מוצג ספקטרומטר סריג, המורכב משני לוחות קשתיים שביניהם רווח צר, וסריג עקיפה שחריציו אנכיים והקבוע שלו 5000 חריצים לס״מ. כל חלקי הספקטרומטר צבועים בשחור.
תלמיד מפעיל נורת כספית ורואה (ישירות, ולא דרך הספקטרומטר) שצבע הנורה סגול. התלמיד מציב את נורת הכספית מאחורי הרווח שבין שני הלוחות הקשתיים (ראה תרשים), ומתבונן דרך הסריג בתבנית העקיפה שהסריג יוצר.
בסדר הראשון הוא מבחין בארבעה קווים ספקטרליים.
זוויות הסטייה של קווים אלה מהקו המחבר את אמצע הסריג עם אמצע הרווח שבין הלוחות הן : $17.9°$, $16.9°$, $13.2°$, $12.3°$.



א. חשב את אורכי הגל של ארבעת הקווים הספקטרליים.
ב. מהו צבע האור בסדר אפס (פס המקסימום המרכזי) שהתלמיד רואה דרך הסריג? נמק.

ג. התלמיד מחליף את נורת הכספית בנורת להט (הפולטת אור לבן) ומתבונן דרך הסריג בספקטרום שמתקבל.

i. איזה שינוי יחול בסדר אפס לעומת סדר האפס שהתקבל בניסוי עם נורת הכספית?

ii. האם אופי הספקטרום של הסדר הראשון בנורת להט שונה מאופי הספקטרום של הסדר הראשון בנורת כספית? אם כן – תאר את השוני. אם לא – הסבר מדוע.

ד. ציין שימוש אחד בקרינה על-סגולה בחיי היום-יום.

14) בגרות 2007

גלי מיקרו נכללים בספקטרום הגלים האלקטרומגנטיים, והתדירות שלהם היא בין: $1\cdot10^9\,Hz$ ל- $300\cdot10^9\,Hz$.

א. מהו אורך הגל המינימלי של גלי מיקרו בריק, ומהו אורך הגל המקסימלי של גלים אלה בריק?

ב. לפניך ארבעה היגדים i-iv. קבע לכל היגד אם הוא נכון או לא נכון:

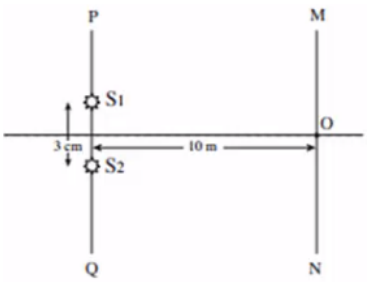
i. המהירות של גלים אלקטרומגנטיים בריק תלויה בתדירות שלהם.

ii. גלים אלקטרומגנטיים הם גלי אורך.

iii. גלי רדיו נכללים בספקטרום הגלים האלקטרומגנטיים.

iv. גלים מחזוריים באמבט גלים נכללים בספקטרום הגלים האלקטרומגנטיים.

בניסוי בגלי מיקרו משתמשים בשני מקורות נקודתיים, S_1 ו- S_2, שפולטים גלי מיקרו שווי-מופע ושווי-משרעת. אורך הגל של כל אחד משני הגלים הוא: $1.2cm$. שני המקורות נמצאים על ישר PQ, במרחק: $3cm$ זה מזה. גלאי יכול לנוע לאורך מסילה MN, שמקבילה לישר PQ (ראה תרשים). המרחק בין המסילה MN לישר PQ הוא: $10m$. נקודה O, שעל המסילה MN, נמצאת במרחקים שווים משני המקורות.



ג. כשהגלאי נמצא בנקודה O הוא קולט עוצמת גל מקסימלית. הסבר מדוע.

ד. מזיזים את הגלאי לאורך המסילה מנקודה O לעבר הנקודה M, עד שעוצמת הגל הנקלט היא שוב מקסימלית. חשב את המרחק שהגלאי עובר.

ה. הגלאי הוזז מהנקודה M אל הנקודה N לאורך המסילה MN, שהיא ארוכה מאוד. בכמה נקודות לאורך המסילה נקלטה עוצמת גל מקסימלית? הסבר.

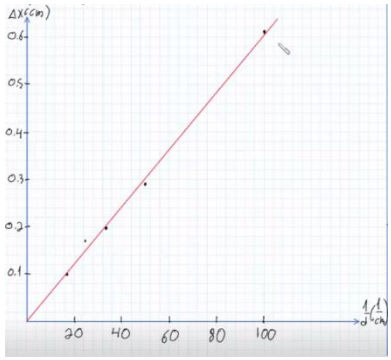
ו. ציין שני שימושים טכנולוגיים בגלי מיקרו.

תשובות סופיות:

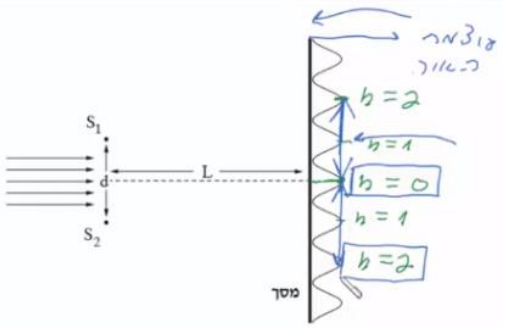
1) א.i. $\Delta x = \frac{\lambda \cdot L}{d}$. ii. $\frac{1}{d}$.

ב.

$\Delta x(cm)$	0.61	0.29	0.20	0.17	0.12	0.10
$\frac{1}{d}\left(\frac{1}{m}\right)$	100	50	33.3	25	20	16.7

ג. 

ד. $\lambda = 500nm$.

ה.i. 

ii. $h = 0.82cm$.

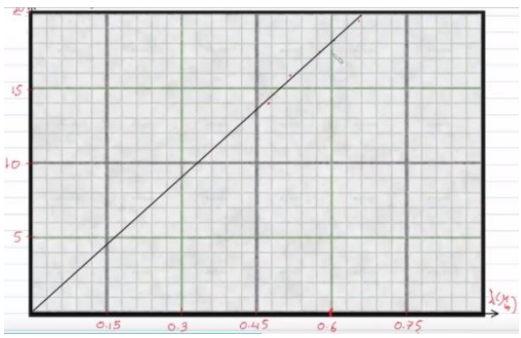
2) א. התאבכות בונה. ב. $\Delta x = 1.5cm$. ג. $\lambda_2 = 500nm$.

ד. λ_1 : התאבכות הורסת , λ_2 : התאבכות בונה. ה. הוכחה.

ו. $w = 0.06mm$.

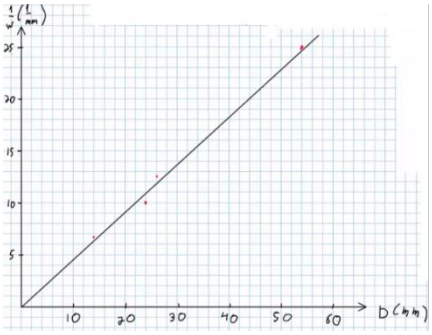
3) א. ב + ח. ב. ג $\leftrightarrow$ ד , ו $\leftrightarrow$ ז. ג. $x = 0.355cm$. ד. $\lambda = 5.93 \cdot 10^{-7} m$.

ה. ראה סרטון. ו. שווה.

4) א. $AB = \frac{5\lambda \cdot L}{d}$. ב. 

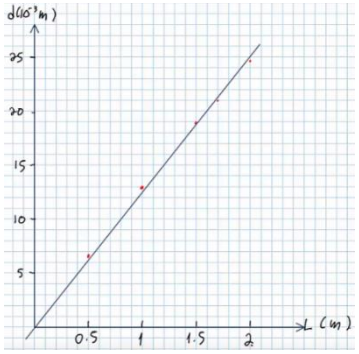
ג. $d = 0.5mm$.

ד. $\lambda = 500nm$.

5) א. λ , L , w .
ב.

ג. $\lambda = 648nm$.
ד. $D_1 = 27.5mm$.
ה. ראה סרטון.

6) א. $S_1P - S_2P = n \cdot \lambda$. ב. ראה סרטון. ג. קטן. ד. $\Delta x = 5.87mm$.
ה.

7) א. ניסוי i. ב. הוכחה. ג. ראה סרטון. ד. $\lambda = 571nm$.
ה. כן.

8) א. $\lambda \cong w$.
ב.

ג. $\lambda = 625nm$.
ד. $\theta_2 = 0.716°$.

9) א. הוכחה. ב. $n_{max} = 2$. ג. $L \geq 7.29m$. ד. $0.626m$.

10) א. רחוק. ב. $4.51 \cdot 10^{14} Hz \leq f \leq 7.2 \cdot 10^{14} Hz$. ג. $f = 5.78 \cdot 10^{14} Hz$.
ד. גדול. ה. ראה סרטון.

11) א. $\Delta x = 0.04m$. ב. $\lambda = 533nm$. ג.i. בונה. ii. בונה.
iii. הורסת. iv. נקודת ביניים. ד. פסי אור צרים וצופים יותר.

12) א. $\Delta x = 4mm$. ב. $\Delta x = 2mm$. ג. ראה סרטון. ד. ראה סרטון.

13) א. $\lambda_{17.9°} = 615nm$, $\lambda_{16.9°} = 581nm$, $\lambda_{13.2°} = 457nm$, $\lambda_{12.3°} = 426nm$.
ב. סגול (תערובת של הצבעים). ג.i. אור לבן. ii. שונה.
ד. טיהור מזון ומים.

14) א. $1mm \geq \lambda \geq 0.3m$. ב.i. לא נכון. ii. לא נכון. iii. נכון.
iv. לא נכון. ג. ראה סרטון. ד. $x_1 = 4.36m$. ה. $n_{max} = 2$.
ו. חימום מזון במיקרו , מכ"מ.

קורס מלא לבגרות בפיזיקה 5 יחידות

פרק 39

האפקט הפוטואלקטרי

האפקט הפוטואלקטרי- הסבר ותרגילים 454
האפקט הפוטואלקטרי- בגרויות 457

האפקט הפוטואלקטרי:

שאלות:

1) אפקט פוטואלקטרי – תרגיל 1

תא פוטואלקטרי מסוים מוקרן באור בתדירויות משתנות.

ברגע שהוא מוקרן באור בתדירות: $f = 8 \cdot 10^{14}\,Hz$, מתחילים להיפלט אלקטרונים מהקתודה.

א. מה פונקציית העבודה של התא?

ב. כעת מקרינים את התא באור באורך גל של 300 ננומטר.
מה תהיה האנרגיה המקסימלית של האלקטרונים הנפלטים?

ג. מה תהיה מהירותם?

ד. האם כל האלקטרונים הנפלטים בעלי מהירות זו? נמקו.

2) אפקט פוטואלקטרי – תרגיל 2

לתא פוטואלקטרי מסוים שורטט אופיין.

א. הסבר כיצד ישתנה אופיין זה אם נאיר את התא עם 2 מנורות זהות לבודדה שהארנו בה קודם.

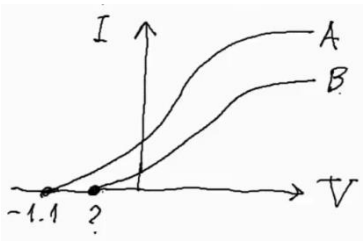
ב. הסבר מה ישתנה באופיין אם נשתמש במקור אור בעל אורך גל ארוך יותר.

ג. כיצד ישתנה האופיין אם נחליף הלוח הפולט במתכת בעלת פונקציית עבודה קטנה יותר.

3) אפקט פוטואלקטרי – תרגיל 3

בוצעו 2 ניסויים בתא פוטואלקטרי:

בפעם הראשונה התא הואר באור באורך גל: $\lambda_1 = 500$, ובפעם השנייה הואר באור באורך גל: $\lambda_2 = 550$.



תוצאות האופיין של 2 הניסויים לפניך.

א. לאיזה מהאופיינים מתאים כל אחד מאורכי הגל?

ב. מצא את פונקציית העבודה של המתכת.

ג. מצא את האנרגיה הקינטית המקסימלית של האלקטרונים הנפלטים באופיין B.

ד. מצא את ערך סימן השאלה באופיין.

ה. תאר כיצד ייראה אופיין B, אם נרחיק מעט את מקור האור שלו מהתא.

4) אפקט פוטואלקטרי – תרגיל 4

תוצאות הניסוי של מיליקן מ-1916 מופיעות בטבלה הבאה:

$f\left(10^{14}\,Hz\right)$	$E_k\left(eV\right)$
11.84	2.57
9.60	1.67
8.22	1.09
7.41	0.73
6.91	0.55

א. שרטט גרף של האנרגיה הקינטית כתלות בתדירות.

ב. מצא מהגרף את:

i. קבוע פלנק.

ii. את פונקציית העבודה של המתכת.

iii. את תדירות הסף של המתכת.

ג. הסבר את תוצאות המדידה האחרונה.

5) אפקט פוטואלקטרי – תרגיל 5

מנורה שהספקה 60 וואט מאירה באורך גל מונוכרומטי של 620 ננומטר על תא פוטואלקטרי. ידוע שהאור עוקר אלקטרונים מהקתודה.

א. מה אנרגיית פוטון בודד של נורה זו?

ב. מה הזרם שיראה האמפרמטר שמחובר לתא, אם 1% מהפוטונים שנפלטים מהנורה מגיעים לתא, 2% מהפוטונים שמגיעים לתא עוקרים אלקטרונים ו-5% מהאלקטרונים הנעקרים מגיעים לאנודה?

ג. מהו זרם הרוויה של התא?

תשובות סופיות:

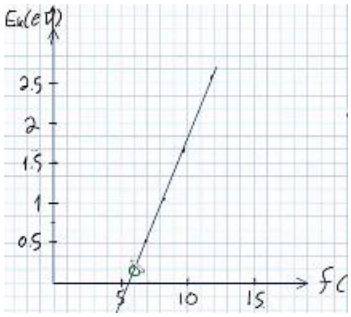
1) א. $3.31eV$ ב. $0.82eV$ ג. $V = 5.37 \cdot 10^5 \frac{m}{sec}$ ד. לא.

2) ראה סרטון.

3) א. $\lambda_1 = A$, $\lambda_2 = B$ ב. $B = 1.38eV$ ג. $1.4 \cdot 10^{-19} J$ ד. $0.87V$

ה. ראה סרטון.

4) א.



ב.i. $4.16 \cdot 10^{-15}$ eVS ii. $2.33eV$ iii. $5.6 \cdot 10^{14} Hz$

ג. ראה סרטון.

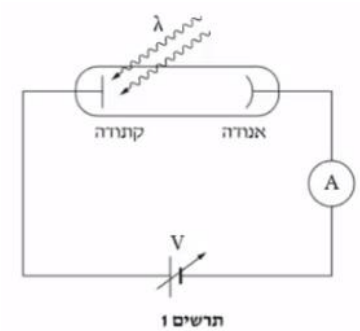
5) א. $2eV$ ב. $3 \cdot 10^{-4} A$ ג. $6mA$

האפקט הפוטואלקטרי - בגרויות:

שאלות:

1) בגרות 2020

מקרינים אלומה של אור מונוכרומטי על קתודה של תא פוטואלקטרי, כמתואר בתרשים 1. האנרגיה של כל פוטון היא: $2.75eV$. אורך גל הסף (המקסימלי) שמאפשר לאלקטרונים להיפלט מקתודה זו הוא: $\lambda_0 = 551nm$.



תרשים 1

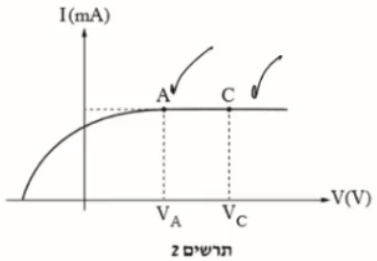
א. חשב את התדירות של האור המוקרן.

בעקבות פגיעת האור בקתודה, נפלטים ממנה אלקטרונים.

ב. חשב את האנרגיה הקינטית המקסימלית של האלקטרונים שנפלטים.

ג. הסבר את משמעותו של "מתח העצירה", וקבע את ערכו.

בתרשים 2 שלפניך מתואר גרף של עוצמת הזרם בתא הפוטואלקטרי כפונקציה של המתח על התא.

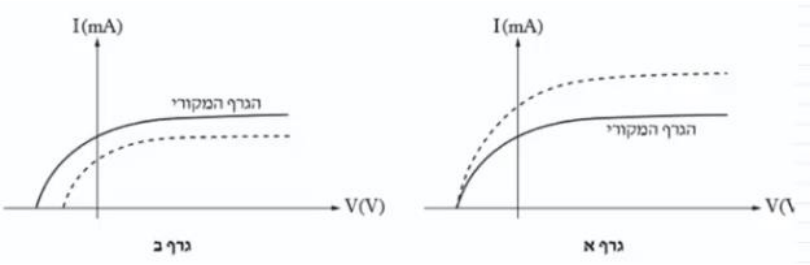


תרשים 2

ד. בגרף שבתרשים 2 עוצמות הזרמים בנקודות A ו-C שוות זו לזו (זרם רוויה), אף שהמתח בנקודה C גדול מן המתח בנקודה A. הסבר תופעה זו.

מקרינים על הקתודה הנתונה שתי אלומות אור מונוכרומטיות אחרות בזו אחר זו. השוני בין האלומות יכול להיות באורך הגל או בעוצמת האור של האלומה או בשניהם. הגרפים א-ב שלפניך מתארים את עוצמת הזרם כפונקציה של המתח בתא הפוטואלקטרי.

בכל גרף על אותה מערכת צירים מוצגות שתי עקומות, אחת בקו רציף – על פי הנתונים של האלומה המקורית שבפתיח של השאלה, ואחת בקו מקווקו – של האלומה האחרת.



גרף ב גרף א

ה. בנוגע לכל אחד משני הגרפים א-ב:

i. קבע אם אורך הגל של האלומה האחרת גדול מאורך הגל המקורי, קטן ממנו או שווה לו. נמק את קביעותיך.

ii. קבע אם עוצמת האור של האלומה האחרת גדולה מעוצמת האור של האלומה המקורית, קטנה ממנה או שווה לה. נמק את קביעותיך.

ו. לפניך ארבעה היגדים i-iv. קבע מהו ההיגד הנכון. נמק את קביעתך:

i. אלקטרונים שנפלטו מן הקתודה יגיעו אל האנודה רק אם קיים מתח האצה בין האנודה לקתודה.

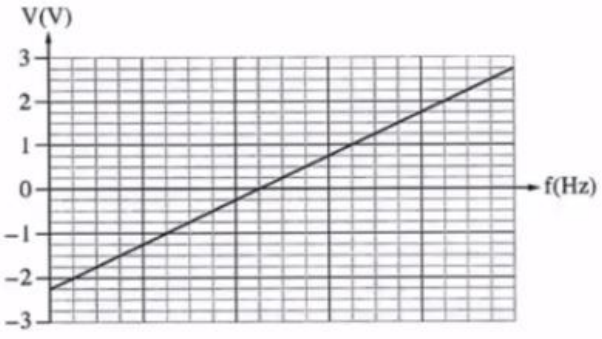
ii. מספר גדול של פוטונים מוסרים את האנרגיה שלהם כדי לעקור אלקטרון בודד מן הקתודה.

iii. בתדירות מסוימת, האנרגיה הקינטית של אלקטרונים שנפלטים מן הקתודה תלויה בעוצמת האור.

iv. הרחקת מקור האור (המנורה) מן הקתודה גורמת להקטנת זרם הרווייה.

2) בגרות 2019

תלמידים ערכו שני ניסויים באמצעות תא פוטואלקטרי שברשותם.
בניסוי הראשון הם האירו את הקתודה (הפולט) של התא בכמה אלומות אור מונוכרומטי, זו אחר זו, ומדדו – לכל אלומה בנפרד – את מתח העצירה (המתח המינימלי שעבורו לא זרם זרם בתא).
על סמך תוצאות הניסוי סרטטו התלמידים גרף. הגרף מוצג בתרשים 1.



תרשים 1

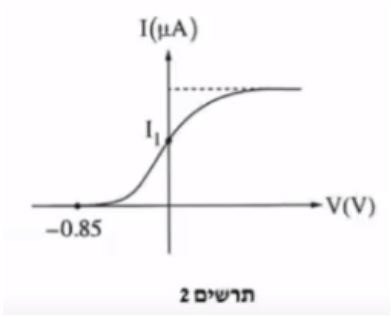
א. הגדר את המושג "תדירות הסף f_0".

ב. מצא באמצעות הגרף את פונקציית העבודה B של הקתודה. פרט את שיקוליך.

ג. חשב את אורך הגל המרבי שעבורו מתרחש האפקט הפוטואלקטרי בתא זה.

בניסוי השני האירו התלמידים את הקתודה באלומת אור מונוכרומטי שתדירותה f_1, ומדדו את הזרם I בתא עבור ערכים שונים של המתח V בין האנודה לקתודה.

תוצאות הניסוי השני מוצגות בתרשים 2.



תרשים 2

ד. חשב את התדירות f_1.

ה. חשב ביחידות של ג'אול את האנרגיה הקינטית של האלקטרונים המהירים ביותר ברגע שהם נעקרו מן הקתודה המוארת באלומת האור שתדירותה f_1.

המשיכו להאיר את התא הפוטואלקטרי באלומה שתדירותה f_1 ובו זמנית האירו אותה באלומה נוספת, שתדירותה f_2.

מדדו את הזרם הכולל I בתא, עבור ערכים שונים של המתח V בין האנודה לקתודה.

נתון כי: $f_0 < f_2 < f_1$.

ו. ענה על הסעיפים הבאים:

i. קבע אם הערך המוחלט של המתח שעבורו יתאפס הזרם I גדול מ- $0.85V$, קטן ממנו או שווה לו. נמק את קביעתך.

ii. קבע אם הזרם I עבור המתח $V = 0$ יגדל, יקטן או לא ישתנה לעומת הזרם I_1 המסומן בתרשים 2. נמק את קביעתך.

3) בגרות 2018

האירו את הפולט (קתודה) של תא פוטואלקטרי בשלוש אלומות אור זו אחר זו.
אורכי הגל של האלומות הם: $\lambda_1 = 200nm$, $\lambda_2 = 450nm$, $\lambda_3 = 650nm$.
אורך גל הסף (המתאים לתדירות הסף) הוא: $\lambda_0 = 539nm$.

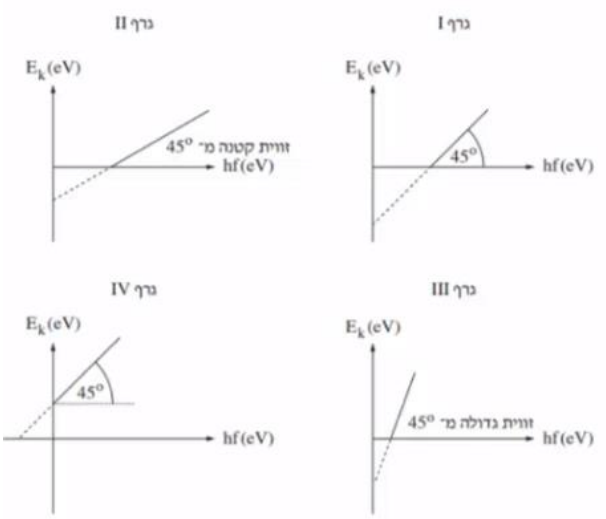
א. עבור כל אחת מן האלומות, קבע אם נוצר זרם בתא הפוטואלטרי.
אם לא נוצר זרם – נמק מדוע.

ב. הגדר את המושג "פונקציית עבודה" (אנרגיית קשר) של מתכת.

ג. חשב את פונקציית העבודה של המתכת שהפולט עשוי ממנה.

ד. חשב את תדירות האור שיגרום לפליטת אלקטרונים שיש להם אנרגיה קינטית מרבית: $E_k = 0.5eV$.

גרפים I-IV שלפניך מתארים אנרגיה קינטית של אלקטרון $E_k(eV)$ כפונקציה של אנרגיית פוטון $hf(eV)$. שני הצירים מסורטטים על פי אותו קנה מידה.



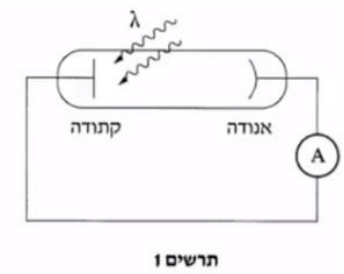
ה. ענה על הסעיפים הבאים:

i. קבע איזה גרף מתאר נכון את התלות של האנרגיה הקינטית של אלקטרון שנפלט מן הפולט באנרגיית פוטון שפגע בפולט.

ii. העתק למחברתך את הגרף הנכון.
הוסף לגרף שבמחברתך ערכים מספריים בנקודות החיתוך של העקומה (הלינארית) עם הציר האופקי (hf) ועם הציר האנכי (E_k).
פרט את שיקוליך.

4) בגרות 2017

מערכת מורכבת מתא פוטואלקטרי, מד זרם (רגיש מאוד) ותילים אידיאליים.
פונקציית העבודה של הקתודה שבתא: $B = 2eV$.
אלומת אור באורך גל λ פוגעת בקתודה (ראה תרשים 1).



תרשים 1

א. חשב באיזה טווח של אורכי גל יזרום זרם במעגל.

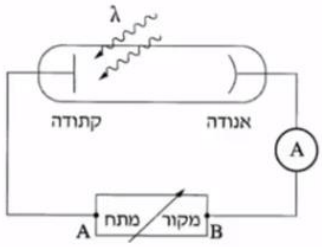
נתון כי מד הזרם מורה על: $2 \cdot 10^{-8} A$.

ב. חשב את המספר המינימלי של פוטונים שפוגעים במשך שנייה אחת בקתודה.

נתון: אורך הגל של אלומת האור שפוגעת בקתודה הוא: $\lambda = 420nm$.

ג. חשב את המהירות המקסימלית של האלקטרונים שנפלטים מן הקתודה.

מוסיפים למערכת מקור מתח V שערכו ניתן לשינוי. הנקודות A ו-B שבתרשים 2 מסמנות את ההדקים של מקור המתח.



תרשים 2

במתח V_{AB} מסוים עוצמת הזרם במעגל מתאפסת.

ד. קבע אם ההדק A חיובי או שלילי. הסבר את קביעתך.

ה. מהו המתח (בערך מוחלט) בין ההדקים של מקור המתח? פרט את שיקוליך.

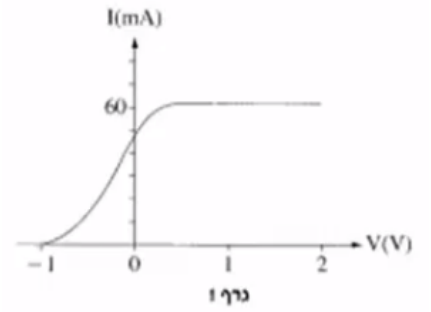
5) בגרות 2016

תלמידי פיזיקה חקרו את האפקט הפוטואלקטרי בשלושה ניסויים A, B ו-C.
בכל הניסויים השתמשו באותו תא פוטואלקטרי.

בניסוי A הם השתמשו במקור הפולט קרינה שתדירותה: $f = 7 \cdot 10^{14}\,Hz$
והספקה: $P = 1W$.

א. חשב את מספר הפוטונים שנפלטו מהמקור במשך דקה אחת.

האופיין של התא הפוטואלקטרי שנבדק בניסוי A, מוצג בגרף 1 שלפניך:



גרף 1

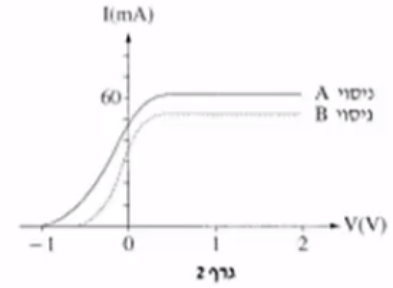
היעזר בגרף, וענה על הסעיפים ב'-ד'.

ב. חשב את מספר הפוטונים שגרמו לפליטת אלקטרונים מהקתודה במשך דקה אחת.

ג. מצא את האנרגיה הקינטית המרבית של האלקטרונים שנפלטו.
נמק את תשובתך.

ד. חשב את אורך הגל המרבי של קרינה שגורמת לפליטת אלקטרונים מקתודה זו.

ה. בגרף 2 מוצגות התוצאות של שניים משלושת הניסויים: ניסוי A המתואר בפתיח לשאלה וניסוי B.



גרף 2

i. קבע אם בניסוי B השתמשו התלמידים במקור הפולט קרינה שתדירותה קטנה מתדירות הקרינה בניסוי A, גדולה ממנה או זהה לה.
נמק את קביעתך.

בניסוי C התלמידים קירבו את אותו מקור קרינה שהשתמשו בו בניסוי B אל התא הפוטואלקטרי, וכך גדלה עוצמת האור שפגעה בקתודה.

ii. קבע אם מתח העצירה שנמדד בניסוי C שונה ממתח העצירה שנמדד בניסוי B. נמק את קביעתך.

6) בגרות 2015

קרינה אלקטרומגנטית מונוכרומטית, שבה לכל פוטון יש אנרגיה של $5eV$, פוגעת במתכת מסוימת ועוקרת ממנה אלקטרונים. האנרגיה הקינטית של האלקטרונים האנרגטיים ביותר שנעקרו היא: $2eV$.

א. הגדר את המושג "פונקציית עבודה" (אנרגיית קשר של מתכת).

ב. חשב את "פונקציית העבודה" של המתכת המוזכרת בפתיח.

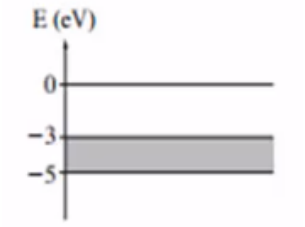
ג. חשב את גודל המהירות של האלקטרונים האנרגטיים ביותר שנעקרו מן המתכת.

לאלקטרונים החופשיים במתכת יש ערכי אנרגיה שונים, בין ערך מקסימלי לערך מינימלי.

לפניך דיאגרמת אנרגיה של מתכת מסוימת. דיאגרמה זו דומה לדיאגרמת רמות אנרגיה אטומיות, אך אין מדובר בקווים בדידים, אלא ברצף של קווים צפופים מאוד שאפשר להתייחס אליהם כאל פס יחיד שיש לו עובי.

בדיאגרמת האנרגיה שלפניך ערך האנרגיה המקסימלי של פס האנרגיה הוא: $-3eV$, וערך האנרגיה המינימלי שלו: $-5eV$. לכל אלקטרון חופשי במתכת המסוימת מיוחסת אנרגיה E המקיימת: $-5eV \le E \le -3eV$.

לאלקטרון שנמצא במנוחה מחוץ למתכת יש אנרגיה אפס (ראה תרשים).

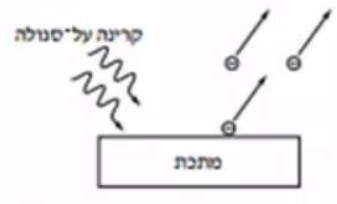


ד. מקרינים על המתכת קרינה מונוכרומטית שבה לכל פוטון יש אנרגיה של: $4eV$. קרינה זו עוקרת מן המתכת אלקטרונים חופשיים.
מהו תחום ערכי האנרגיה הקינטית של האלקטרונים האלה לאחר שנעקרו?

ה. הסבר מדוע חשוב להדגיש בפתיח שבראש העמוד שהאנרגיה הקינטית: $2eV$ היא של האלקטרונים האנרגטיים ביותר.

7) בגרות 2014

בשנת 1887 גילה היינריך הרץ כי אם מטילים קרינה על-סגולה על מתכת שהאוויר סביבה הוא ניטרלי מבחינה חשמלית, האוויר שבקרבת המתכת נטען במטען חשמלי שלילי (ראה תרשים).
לאחר כמה שנים כונתה תופעה זו "האפקט הפוטו-אלקטרי".



קבוצה I וקבוצה II של תלמידי פיזיקה החליטו לשחזר את הניסוי של הרץ.
לשם כך הם ערכו ניסויים שבהם הטילו על לוח מתכת בלתי טעון אלומות קרינה מונוכרומטיות שהתדירויות שלהן ידועות. האלומות הוטלו זו אחר זו, ועבור כל תדירות של אלומה מדדו התלמידים את הפוטנציאל של לוח המתכת אחרי התייצבותו לעומת מצבו ההתחלתי (הבלתי טעון). פוטנציאל הלוח נמדד באמצעות מכשיר מדידה מיוחד ללא צורך בחיבור המתכת למעגל חשמלי.
תוצאות המדידות של קבוצה I מוצגות בטבלה 1:

תדירות הקרינה $(10^{14}\,\text{Hz})$	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0
פוטנציאל הלוח (V)	0	0	0.03	0.3	0.5	0.67	0.86

א. על פי ערכי טבלה 1, סרטט גרף של הפוטנציאל של לוח המתכת כפונקציה של תדירות הקרינה הפוגעת בו.
ב. בגרף שסרטטת, מהי המשמעות הפיזיקאלית של נקודת החיתוך של החלק הנטוי של העקומה עם הציר האופקי?
ג. באמצעות הגרף שסרטטת מצא את פונקציית העבודה של המתכת.
הסבר את שיקוליך.
ד. באחד השלבים של הניסוי, פוטנציאל הלוח היה: 0.3V. התלמידים הקרינו על הלוח אלומת קרינה בתדירות של: $11.0\cdot10^{14}\,\text{Hz}$ (ראה טבלה 1).
i. הסבר מדוע השתחררו אלקטרונים מלוח המתכת.
ii. מה קרה לפוטנציאל הלוח בעקבות השתחררות האלקטרונים?

קבוצה II רצתה לאמת את ממצאי הניסויים של קבוצה I.
על לוח מתכת אחר, בלתי טעון, הטילו תלמידי קבוצה זו אלומות בתדירויות המוצגות בטבלה 1, זו אחר זו, ומדדו גם הם עבור כל תדירות את ערכי הפוטנציאל של הלוח לעומת מצבו ההתחלתי.
תוצאות המדידות מוצגות בטבלה 2:

תדירות הקרינה $(10^{14}\,\text{Hz})$	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0
פוטנציאל הלוח (V)	0	0	0	0.03	0.3	0.5	0.67

ה. כפי שעולה מטבלה 1 ומטבלה 2, יש הבדלים בין תוצאות המדידות של שתי הקבוצות.
התלמידים הציעו כמה הסברים להבדלים אלה.
קבע איזה מן המשפטים i-iv שלפניך יכול לספק הסבר נכון להבדלים האלה, ונמק את קביעתך.

i. בקבוצה I השתמשו בקרינה שעוצמתה גבוהה מזו שהשתמשו בה בקבוצה II.

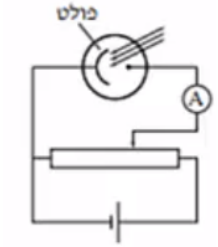
ii. בקבוצה I השתמשו בקרינה שעוצמתה נמוכה מזו שהשתמשו בה בקבוצה II.

iii. בקבוצה I השתמשו בלוח העשוי מתכת אחרת מזו שהשתמשו בה בקבוצה II.

iv. קבוצה I הציבה את לוח המתכת קרוב יותר למקור הקרינה מאשר הציבה אותו קבוצה II.

8) בגרות 2013

בתרשים שלפניך מעגל חשמלי שאפשר למדוד בו את זרם הרוויה בתא פוטואלקטרי. מקרינים אור בתדירות קבועה f על תא פוטואלקטרי.



א. נסמן ב- n_e את מספר האלקטרונים הנפלטים בכל שנייה מהפולט.
פתח ביטוי לחישוב של n_e באמצעות עוצמת זרם הרוויה I וערך המטען היסודי e.

ב. הסבר מדוע שינוי בהספק של מקור האור גורם לשינוי ב- n_e.

ג. הנוסחה לחישוב הספק היא: $P=\frac{\Delta E}{\Delta t}$.
פתח ביטוי המקשר בין ההספק של מקור האור P ובין n_e, בהנחה שכל

פוטון בעל תדירות f שיוצא ממקור האור משחרר אלקטרון.

למעשה, לא כל פוטון משחרר אלקטרון.
נסמן ב- η (נצילות) את היחס בין מספר הפוטונים המשחררים אלקטרונים בכל שנייה ובין מספר הפוטונים שמקור האור פולט בכל שנייה: $\eta = \frac{n_e}{n_{photons}}$.

ד. הוכח שהקשר בין מספר הפוטונים המשחררים אלקטרונים בכל שנייה ובין מספר הפוטונים שמקור האור פולט בכל שנייה מוצג בנוסחה: $\eta = \frac{hf \cdot n_e}{P}$.

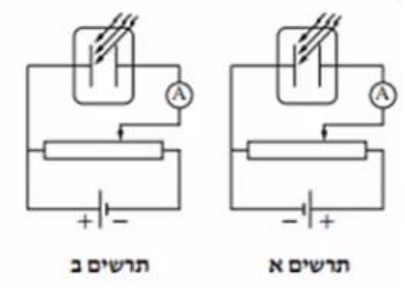
P – הספק מקור האור.
f – תדירות האור.

ה. במעגל המתואר בתרשים, הגדלת המתח על התא הפוטואלקטרי גורמת להגדלת הזרם, עד גבול מסוים שהוא זרם הרוויה. הסבר תופעה זו.

9) בגרות 2012

תלמידי פיזיקה ערכו ניסוי בתא פוטואלקטרי, והאירו את הפולט (הקתודה) באור שתדירותו: $6.67 \cdot 10^{14}\,Hz$. התלמידים בודקים את התלות של זרם הרוויה בהספק האור הפוגע בפולט.

א. באיזה משני המעגלים המוצגים בתרשימים א' ו-ב' השתמשו התלמידים בניסוי? נמק.



ב. בניסוי התלמידים הגדילו את הספק האור הפוגע בפולט.
האם כתוצאה מכך זרם הרוויה הנמדד גדל, קטן או לא השתנה? נמק.

נסמן ב- η את יעילות התא הפוטואלקטרי, המבטאת את היחס בין מספר הפוטונים שגרמו לפליטת אלקטרונים ובין מספר הפוטונים שפגעו בפולט.
כשהספק האור הפוגע בפולט היה: $6 \cdot 10^{-3}\,W$, מדדו התלמידים זרם רוויה של: $2.16 \cdot 10^{-7}\,A$.

ג. חשב את מספר האלקטרונים שנפלטים מהפולט בכל שנייה.

ד. חשב את יעילות התא הפוטואלקטרי.

ה. בתרשים ג' שתי עקומות א' ו-ב'. בעקומות מוצג הקשר בין זרם הרוויה, I, ובין הספק האור הפוגע בפולט, P, עבור שני תאים פוטואלקטריים שיעילותם שונה. איזה משתי העקומות מתאימה לתא שיעילותו גבוהה יותר? נמק.

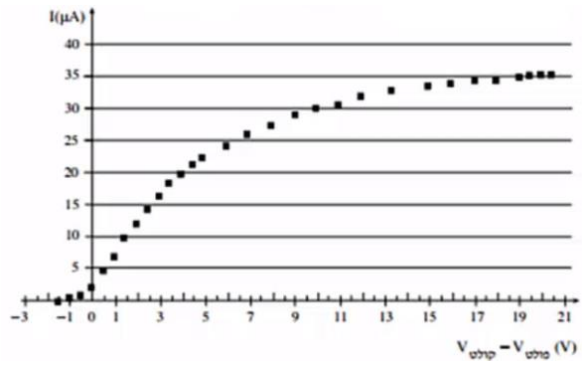
10) בגרות 2011

תלמידה מבצעת ניסוי לקבלת אופיין של תא פוטואלקטרי. לשם כך היא בונה מעגל חשמלי מתאים, ומקרינה על הפולט (קתודה) של התא אור לבן, הכולל את כל אורכי הגל בין: $400nm - 700nm$.

על סמך המדידות סרטטה התלמידה את האופיין, והוא מוצג בתרשים שלפניך:

עוצמת הזרם, I, כפונקציה של הפרש הפוטנציאלים (פולט V – קולט V).

(קרא משמאל לימין).



א. הסתמך על הגרף ותאר כיצד הגדלת הפרש הפוטנציאלים משפיעה על עוצמת הזרם הנמדד. התייחס לטווח: $0V - 21V$.

ב. חשב את מספר הפוטונים שגורמים לעקירת אלקטרונים מהפולט בכל שנייה.

ג. ענה על הסעיפים הבאים:

i. קבע את הערך של האנרגיה הקינטית המקסימלית של אלקטרונים הנעקרים מהפולט.

ii. מהו אורך הגל של הפוטון שגרם לעקירת אלקטרונים עם אנרגיה זאת?

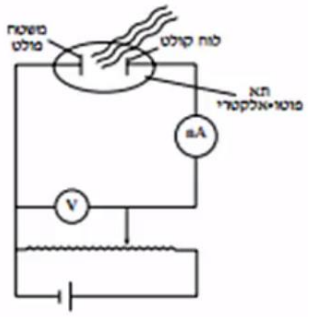
ד. חשב את פונקציית העבודה של המתכת שממנה עשוי הפולט הנתון.

ה. האם אלקטרונים נעקרים מהפולט גם כאשר הפרש הפוטנציאלים הוא אפס? הסבר.

11) בגרות 2010

תלמיד ביצע ניסוי כדי לחקור אפקט פוטואלקטרי. לרשותו עמדו, מקור אור לבן, מסננים בצבעים שונים (על כל מסנן כתוב אורך הגל המינימלי, λ_0, המועבר על ידי המסנן) ותא פוטואלקטרי.

התלמיד הרכיב מעגל חשמלי המתואר בתרשים. בכל פעם הוא הציב בדרכה של אלומת האור הלבן את אחד המסננים, ומדד את מתח העצירה (V).



הנתונים שהתקבלו מוצגים בטבלה שלפניך:

מתח העצירה (V)	אורך הגל המינימלי λ_0 (nm)
0.4	650
0.5	620
0.7	560
0.8	540
1.0	500
1.2	460
1.6	400

א. ענה:

i. בלי להסתמך על תוצאות הניסוי, פתח ביטוי המתאר את מתח העצירה (V) כפונקציה של אורך הגל המינימלי (λ_0).

ii. האם הקשר שהתקבל הוא ליניארי? נמק.

ב. ענה:

i. העתק את הטבלה למחברתך, והוסף לה עמודה שבה תרשום את הערכים המתאימים של $\frac{1}{\lambda_0}$.

ii. סרטט גרף של מתח העצירה, V, כפונקציה של $\frac{1}{\lambda_0}$.

ג. ענה:

i. מצא על פי הגרף את קבוע פלנק. פרט את חישוביך.

ii. מצא על פי הגרף את אורך הגל המקסימלי שעבורו תתקבל פליטת אלקטרונים מן המשטח הפולט. פרט את שיקוליך ואת חישוביך.

ד. הסבר מדוע קיים אורך גל מקסימלי שעבורו תתקבל פליטת האלקטרונים מן המשטח הפולט.

12) בגרות 2008

אלקטרוסקופ הוא מתקן לבדיקת מטען של גופים שונים. לאלקטרוסקופ שני חלקים עיקריים. חלק אחד הוא מוט מתכת הקבוע במקומו, כך שהקצה העליון של המוט – "ראש" האלקטרוסקופ – בולט מעל גוף האלקטרוסקופ. החלק האחר הוא מחוג עשוי ממתכת המחובר במרכזו למוט הקבוע, והוא צמוד אליו כאשר האלקטרוסקופ אינו טעון. כאשר מביאים גוף טעון במגע עם "ראש" האלקטרוסקופ – האלקטרוסקופ נטען, ומחוג האלקטרוסקופ סוטה ממצבו האנכי, ונוצרת זווית גדולה מאפס בין המחוג ובין המוט הקבוע. תלמיד ערך חמישה ניסויים, כמפורט להלן.

א. בניסוי הראשון הרכיב התלמיד על "ראש" האלקטרוסקופ לוח אבץ, וטען את האלקטרוסקופ במטען חשמלי שלילי (ראה תרשים), ומחוג האלקטרוסקופ סטה.

אלקטרוסקופ

לאחר מכן כיוון התלמיד פנס שפלט קרינה על-סגולה על לוח האבץ. בדיוק ברגע שהקרינה פגעה בלוח האבץ, החלה פריקת האלקטרוסקופ, והסטייה של מחוג האלקטרוסקופ הלכה וקטנה.
הסבר את התופעה.

ב. בניסוי השני הגדיל התלמיד את המרחק בין הפנס לבין לוח האבץ, וערך שוב את הניסוי הראשון.
האם גם הפעם, כמו בניסוי הראשון, החלה פריקת האלקטרוסקופ בדיוק ברגע שבו פגעה הקרינה בלוח האבץ? נמק.

ג. בניסוי השלישי טען התלמיד את האלקטרוסקופ במטען חשמלי חיובי, ורק לאחר מכן הקרין באותו פנס שהשתמש בו קודם (בניסוי הראשון והשני). לאחר ההקרנה הסטייה של מחוג האלקטרוסקופ לא השתנתה (האלקטרוסקופ לא נפרק). הסבר מדוע.

ד. בניסוי הרביעי טען התלמיד את האלקטרוסקופ במטען חשמלי שלילי, וכיוון אל לוח האבץ פנס הפולט אור נראה. הסטייה של מחוג האלקטרוסקופ לא השתנתה. ציין סיבה אפשרית לכך.

ה. בניסוי החמישי הסיר התלמיד את לוח האבץ והרכיב במקומו לוח ברזל, טען את האלקטרוסקופ במטען שלילי, וכיוון אל לוח הברזל את הפנס שהשתמש בו בניסוי הראשון הפולט קרינה על-סגולה. הסטייה של מחוג האלקטרוסקופ לא השתנתה. ציין סיבה אפשרית לכך.

ו. ציין יישום אחד בחיי היומיום של תופעת האפקט הפוטואלקטרי.

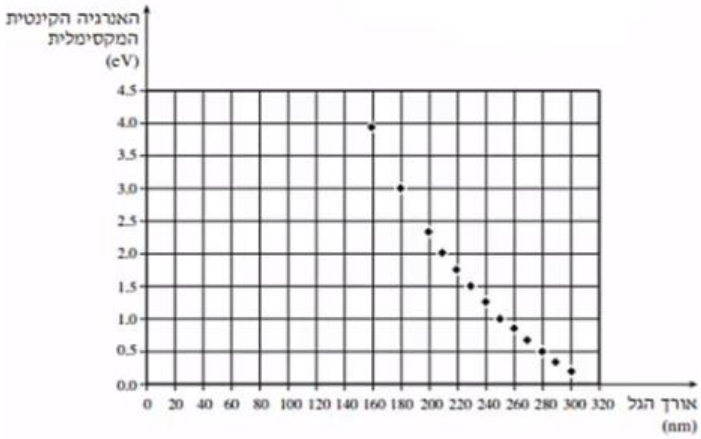
13) בגרות 2007

עורכים ניסוי בתא פוטואלקטרי ומאירים את הפולט (הקתודה) באלומות מונוכרומטיות של קרינה על-סגולה, בזו אחר זו. האלומות שונות זו מזו באורכי הגל שלהן.

לכל אלומה מודדים את האנרגיה הקינטית המקסימלית של האלקטרונים שנעקרים.

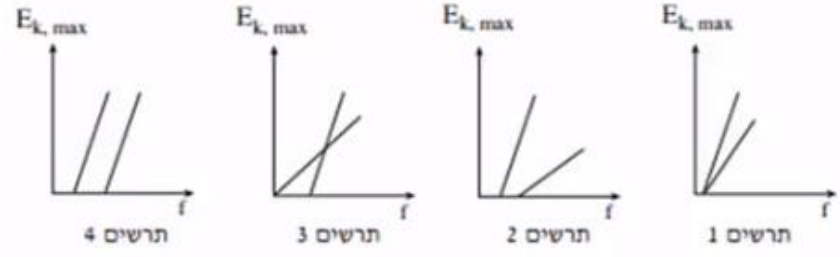
א. מסרטטים גרף של האנרגיה הקינטית המקסימלית של האלקטרונים הנעקרים, כפונקציה של אורך הגל של האלומות הפוגעות.
קבע על סמך התאוריה, אם גרף זה צפוי להיות לינארי. נמק את קביעתך.

ב. הגרף שלפניך מציג את האנרגיה הקינטית המקסימלית של האלקטרונים הנעקרים, כפונקציה של אורך הגל של האלומה הפוגעת, כפי שהתקבלה בניסוי.
בחר בשתי נקודות מהגרף, וחשב בעזרתן את פונקציית העבודה של המתכת המוארת ואת קבוע פלאנק.



ג. הגדר את המושג "מתח עצירה", וחשב את גודלו של מתח העצירה הדרוש כאשר מאירים את הפולט של התא בקרינה בעלת תדירות: $1.25\cdot10^{15}\,\text{Hz}$.
השתמש בערך של קבוע פלאנק שקיבלת בסעיף ב'.

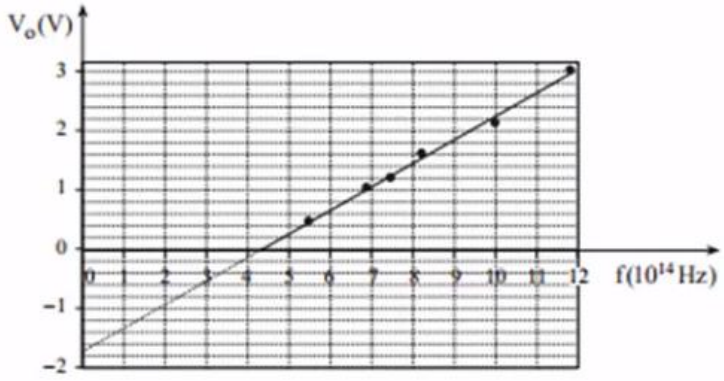
ד. בחלק האחרון של הניסוי משתמשים בשני תאים פוטואלקטריים שונים, ומסרטטים במערכת צירים אחת עבור שני התאים את הגרפים של האנרגיה הקינטית המקסימלית, $E_{k_{max}}$, של האלקטרונים הנעקרים, כפונקציה של תדירות הקרינה f.
איזה מהתרשימים 1-4 שלפניך מציג נכון את תוצאות הניסוי? הסבר.



14) בגרות 2006

בניסוי לחקר האפקט הפוטואלקטרי, הטילו אלומות קרינה מונוכרומטיות, בזו אחר זו, על הפולט (קתודה) של תא פוטואלקטרי העשוי מנתרן, ומדדו את המתח העוצר, V_0. האלומות נבדלות זו מזו בתדירותן, f.

לפניך גרף של המתח העוצר, V_0 (הנמדד בוולטים), כפונקציה של התדירות, f, ביחידות: $10^{14}\,Hz$.



א. מצא את פונקציית העבודה של נתרן.

ב. בטבלה שלפניך מוצגים שלושה מקרים:

	המתח בין הפולט לקולט $V_{קולט} - V_{פולט}$	תדירות הקרינה הפוגעת (Hz)
מקרה (1)	-0.5	$3\cdot10^{14}$
מקרה (2)	0.7	$8\cdot10^{14}$
מקרה (3)	2.8	$8\cdot10^{14}$

ענה על הסעיפים i-iii, בנוגע לכל אחד מהמקרים (3)-(1).

i. קבע אם אלקטרונים נפלטים או אינם נפלטים מן הפולט. הסבר.

ii. אם אלקטרונים נפלטים מן הפולט, קבע אם הם יכולים לפגוע בקולט או אינם יכולים לפגוע בו. הסבר.

iii. אם אלקטרונים נפלטים מן הפולט אך אינם פוגעים בפולט, קבע אם צריך להגיל את המתח $V_{קולט} - V_{פולט}$ או להקטין אותו, כדי שהאלקטרונים הנפלטים יגיעו אל הקולט. הסבר.

ג. ציין תופעה הקשורה לאפקט הפוטואלקטרי שאי אפשר להסביר אותה באמצעות מודל הגלים האלקטרומגנטיים של האור. נמק.

תשובות סופיות:

1) א. $f = 6.64 \cdot 10^{14}\,Hz$. ב. $E_{k_{max}} = 8 \cdot 10^{-20}\,J$. ג. $0.5volt$. ד. ראה סרטון.

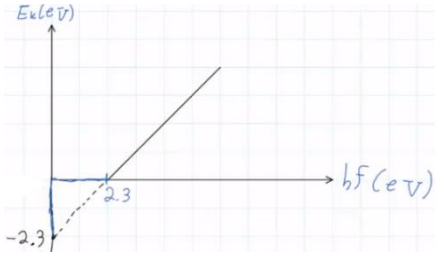
ה.i. גרף א: שווה, גרף ב: גדול. ii. גרף א: גדול, גרף ב: קטן. iv. ו.

2) א. ראה סרטון. ב. $B = 3.6 \cdot 10^{-19}\,J$. ג. $\lambda_{max} = 552.5nm$. ד. $f_1 = 7.48 \cdot 10^{14}\,Hz$.

ה. $E_k = 1.36 \cdot 10^{-19}\,J$. ו.i. שווה. ii. יגדל.

3) א. λ_1: כן, λ_2: כן, λ_3: לא. ב. ראה סרטון. ג. $B = 2.3eV$.

ד. $f = 6.76 \cdot 10^{14}\,Hz$. ה.i. I. ii.



4) א. $\lambda \le 622nm$. ב. $N_{ph} = 1.25 \cdot 10^{11}$. ג. $V_{max} = 5.78 \cdot 10^5 \frac{m}{sec}$.

ד. $V_A > V_B$. ה. $|V_{BA}| = 0.95$.

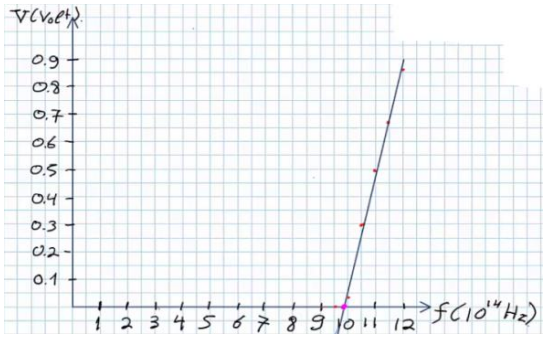
5) א. $1.29 \cdot 10^{20}$. ב. $Ne = 2.25 \cdot 10^{19}$. ג. $E_k = 1eV$. ד. $\lambda_{max} = 654nm$.

ה.i. קטן. ii. זהה.

6) א. ראה סרטון. ב. $B = 3eV$. ג. $V = 8.39 \cdot 10^5 \frac{m}{sec}$. ד. $1eV \ge E_k \ge 0$.

ה. ראה סרטון.

7) א.



ב. ראה סרטון. ג. $B = 4.2eV$.

ד.i. $E_{k_\infty} > 0$. ii. גדל. iii. ה.

8) א. $n_e = \frac{I}{e}$. ב. ראה סרטון. ג. $P = n_e \cdot h \cdot f$. ד. הוכחה.

ה. ראה סרטון.

9) א. תרשים א'. ב. גדל. ג. $1.35 \cdot 10^{12}$. ד. $\eta \approx 0.01\%$.

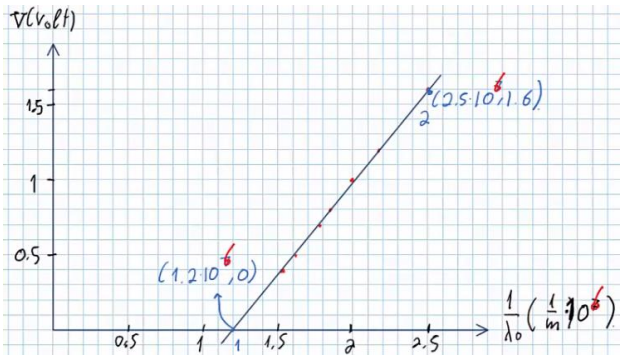
ה. עקומה א'.

10) א. ראה סרטון. ב. $1.875 \cdot 10^{13}$. ג.i. $E_k = 1.5eV$. ii. $\lambda_{min} = 400nm$.

ד. $B = 1.6eV$. ה. כן.

11) א.i. $V=\frac{hc}{e}\cdot\frac{1}{\lambda_0}-\frac{B}{e}$. ii. לא. ב.i.

ii.



$\frac{1}{\lambda_0}\left(\frac{1}{m}\right)$
$1.54\cdot10^6$
$1.61\cdot10^6$
$1.79\cdot10^6$
$1.85\cdot10^6$
$2\cdot10^6$
$2.17\cdot10^6$
$2.5\cdot10^6$

ג.i. $h=6.56\cdot10^{-34}\,J\cdot sec$. ii. $\lambda_{max}=833nm$. ד. ראה סרטון.

12) א. ראה סרטון. ב. כן. ג. ראה סרטון. ד. ראה סרטון.
ה. ראה סרטון. ו. מנגנון בקרת סגירת דלת במעלית.

13) א. לא. ב. $h=6.72\cdot10^{-34}\,J\cdot sec$, $B=6.4\cdot10^{-19}\,J$. ג. $V=1.25V$.
ד. תרשים 4.

14) א. $B=1.7eV$. ב.i. (1) – לא , (2) – כן , (3) – כן.
ii. (1) - כן , (2) – כן , (3) – לא. iii. (3) – להקטין לפחות מ- $1.615V$.
ג. ראה סרטון.

פרק 40

האטום- התפתחות הסטורית ומודל האטום של בוהר

התפתחות הסטורית ומודל האטום של בוהר 474
מודלים של האטום- בגרויות 478

התפתחות היסטורית ומודל האטום של בוהר:

שאלות:

1) תרגיל 1 – אטום מימן

איזו אינטראקציה תתרחש בין גז מימן ברמת היסוד ובין:

א. אלקטרונים בעלי אנרגיה קינטית של 12 אלקטרון וולט?

ב. פוטונים בעלי אנרגיה של 12 אלקטרון וולט?

ג. פוטונים בעלי אנרגיה של 15 אלקטרון וולט?

ד. אלקטרונים בעלי אנרגיה קינטית של 15 אלקטרון וולט?

היעזרו בדיאגרמה לרמות אנרגיה של אטום מימן.

2) תרגיל 2 – אטום מימן

בניסוי מסוים העבירו דרך גז מימן חד אטומי ברמת היסוד אלקטרונים שהואצו לאנרגיה קינטית של 13 אלקטרון וולט.

א. כיצד ייראה ספקטרום הפליטה של גז זה?

ב. מה הערכים האפשריים של האנרגיה הקינטית לאלקטרונים שהואצו לאחר מעברם בגז?

ג. מה השינוי ברדיוס של האלקטרונים הקשורים שעוררו לרמה הגבוהה ביותר?

3) תרגיל 3 – אטום מימן

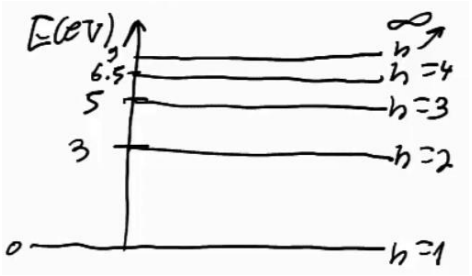
בניסוי נוסף הקרינו גז מימן ברמת היסוד בפוטונים בעלי אורך גל גדול ושווה מ-100 ננומטר, וקטן או שווה מ-400 ננומטר.

א. כיצד ייראה ספקטרום הבליעה של הגז?

ב. כיצד ייראה ספקטרום הפליטה של הגז?

ג. מהי האנרגיה הקינטית של האלקטרון האנרגטי ביותר?

4) גזים אחרים – תרגיל 1



נתונה דיאגרמת רמות האנרגיה של גז מסויים:

א. איזו אינטראקציה תתרחש אם נקרין את הגז בפוטונים בעלי אנרגיה של 6 אלקטרון וולט?

ב. איזו אינטראקציה תתרחש אם נאיץ אל הגז אלקטרונים בעלי אנרגיה קינטית של 6 אלקטרון וולט?

ג. במידה ותתרחש אינטראקציה עם הגז, תאר מה יקרה לאחר מכן.

5) גזים אחרים – תרגיל 2

מעבירים דרך גז לא ידוע אור בטווח אורכי גל של: $180\text{nm} \le \lambda \le 700\text{nm}$.

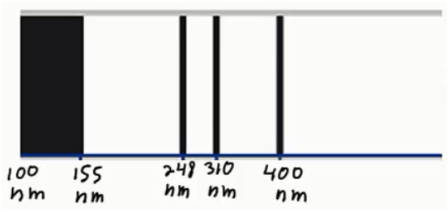
מקבלים ספקטרום בליעה בו חסרים 3 אורכי גל: $\lambda_1 = 620\text{nm}$, $\lambda_2 = 400\text{nm}$, $\lambda_3 = 248\text{nm}$.

א. חשבו ושרטטו את דיאגרמת רמות האנרגיה של גז זה.

ב. כמה קווים ספקטרליים יהיו בספקטרום הפליטה במצב המתואר למעלה?

ג. מאיצים אלקטרונים במתח של 5.5 וולט ולאחר מכן מכוונים אותם לתוך גז זה שנמצא מחדש ברמת היסוד.
עם איזה אנרגיה קינטית יכולים האלקטרונים החופשיים להמשיך לאחר מעברם בגז?

6) גזים אחרים – תרגיל 3



בניסוי מסוים הוקרן גז לא ידוע באור בספקטרום רציף בתחום אורכי הגל של: $100\text{nm} \le \lambda \le 500\text{nm}$.
ספקטרום הבליעה של הגז כולל 3 קווים דקים חשוכים, ותחום רציף חשוך כמתואר בתרשים.

א. חשבו את הפרשי האנרגיה של 3 הרמות המעוררות האפשריות לחישוב ביחס לרמת היסוד.

ב. ענו על הסעיפים הבאים:

i. הסבירו מדוע קיימת בליעה רציפה - $\lambda \le 155\text{nm}$.

ii. חשבו את האנרגיה הדרושה ליינון אטום זה.

ג. שרטטו דיאגרמת רמות אנרגיה לאטום. בחרו את אנרגיית רמת היסוד כרצונכם.

ד. חשבו את אורכי הגל הנפלטים באטום זה.

ה. מה המהירות המקסימלית של אלקטרון שייפלט מאטום זה?

7) אטומים דמויי מימן – תרגיל

א. שרטטו את 5 רמות האנרגיה הראשונות של הליום דמוי מימן + רמת היינון.

ב. מאיצים אלקטרונים חופשיים במתח של 50 וולט ואז יורים אותם לתוך גז זה.

i. עד איזה רמה יעוררו האלקטרונים הקשורים?

ii. עם איזה אנרגיה קינטית יכולים לצאת האלקטרונים החופשיים?

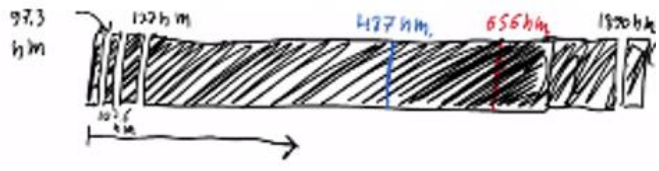
ג. כמה קווי פליטה יהיו בספקטרום הפליטה של הליום זה, ומה אורכי הגל שלהם?

ד. מאירים על גז זה בפוטונים בעלי אורך גל 62 ננומטר. תארו מה יקרה.

תשובות סופיות:

1) ראה סרטון.

2) א. 6 קווים בספקטרום הפליטה.



ב. **1.** $E_k = 13eV$ - לא תהיה מסירה.

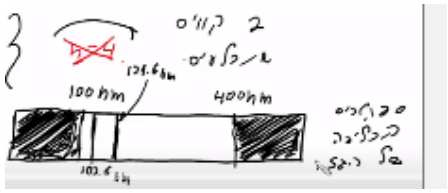
2. $1 \leftarrow 2$: מסירה של $10.2eV$ $\leftarrow$ $E_k = 2.8eV$.

3. $1 \leftarrow 3$: מסירה של $12.09eV$ $\leftarrow$ $E_k = 0.91eV$.

4. $1 \leftarrow 4$: מסירה של $12.75eV$ $\leftarrow$ $E_k = 0.25eV$.

ג. $7.93 \cdot 10^{-10}\ m$

3) א.

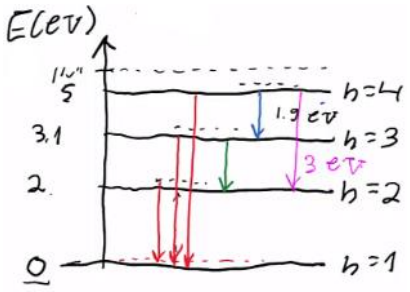


ב. ראה סרטון.

ג. $2.42 \cdot 10^{-19}\ J$

4) ראה סרטון.

5) א. $E_1 = 2eV$, $E_2 = 3.1eV$, $E_3 = 5eV$.



ב. 6 קווים בספקטרום הפליטה.

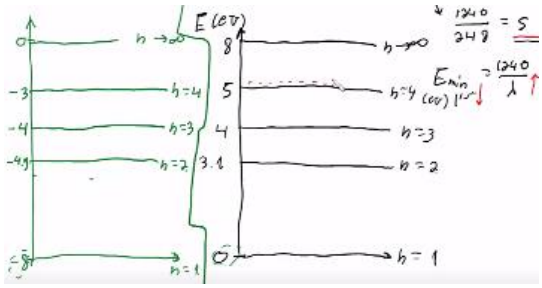
ג. ראה סרטון.

6) א. $\Delta E_{1\to 2} = 3.1eV$, $\Delta E_{1\to 3} = 4eV$, $\Delta E_{1\to 4} = 5eV$

ב.i. ראה סרטון.

ב.ii. $8eV$.

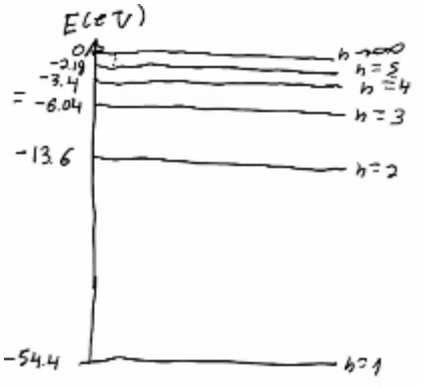
ג.



ד. $\lambda_{1_{4\to 3}} = 1240nm$, $\lambda_{2_{4\to 2}} = 653nm$, $\lambda_{3_{4\to 1}} = 248nm$, $\lambda_{4_{3\to 2}} = 1378nm$,

$\lambda_{5_{3\to 1}} = 310nm$, $\lambda_{6_{2\to 1}} = 400nm$.

ה. $1.24 \cdot 10^6 \frac{m}{sec}$.

7) א. 

ב.i. עירור עד רמה $n=4$.

ii. $E_k=52eV$, $E_{k_{1\to2}}=11.2eV$, $E_{k_{1\to3}}=3.64eV$, $E_{k_{1\to4}}=1eV$.

ג. 6 קווים ספקטרליים:

$\lambda_1=470nm$, $\lambda_2=122nm$, $\lambda_3=24.3nm$, $\lambda_4=164nm$, $\lambda_5=25.6nm$, $\lambda_6=30.4nm$.

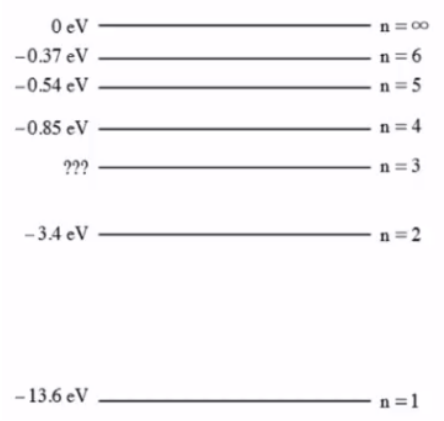
ד. ראה סרטון.

מודלים של האטום – בגרויות:

שאלות:

1) בגרות 2020

בתרשים שלפניך מתוארות כמה מרמות האנרגיה של אטום המימן:



א. חשב את האנרגיה המתאימה לרמה $n=3$.

פוטון שהאנרגיה שלו: $12.5eV$ פוגע באטום המימן שנמצא ברמת היסוד.

ב. קבע אם הפוטון יכול לעודד את האלקטרון באטום המימן לרמה $n=3$. הסבר את קביעתך.

סדרת בלמר היא סדרה של קווים ספקטרליים הנפלטים מאטום מימן בעקבות ירידה של אלקטרון לרמה $n=2$.

ג. ענה על הסעיפים הבאים:

i. חשב את אורך הגל הארוך ביותר בסדרה זו.

ii. חשב את אורך הגל הקצר ביותר בתחום: $400nm < \lambda < 700nm$ בסדרה זו.

אלומת אלקטרונים שהואצו ממנוחה במתח $12.5V$ חודרת לאזור שבו נמצאים אטומי מימן במצב היסוד שלהם.

ד. במצב זה, חשב את אורכי הגל שיופיעו בספקטרום הקרינה שתיפלט מאטומי המימן.

באטמוספרה של השמש יש אטומי מימן. בגלל הטמפרטורה הגבוהה של השמש קיימים בה אטומי מימן מעוררים.

ה. קבע את אנרגיית היינון של אטום מימן לאלקטרון הנמצא ברמה $n=2$. הסבר את תשובתך.

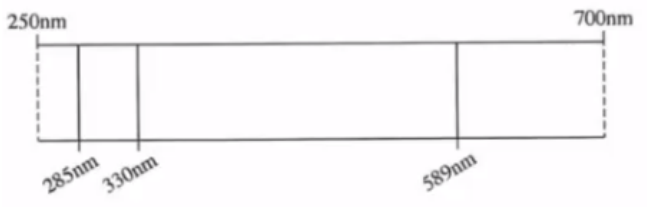
2) בגרות 2019

בכמה מן הכבישים בישראל משתמשים לצורך תאורה בנורות נתרן שפולטות אור בצבעי צהוב-כתום. דרך שפופרת, המכילה גז דליל של נתרן, Na , העבירו קרינה מונוכרומטית באורך גל של: 200nm . קרינה זו מיננת את אטום הנתרן, ונפלט אלקטרון שהאנרגיה הקינטית שלו היא: 1.06eV .

א. הגדר את המושג אנרגיית יינון.

ב. חשב את אנרגיית היינון של הנתרן.

במקרה אחר, העבירו דרך השפופרת קרינה אלקטרומגנטית בתחום: $250\text{nm} < \lambda < 700\text{nm}$ וקיבלו את ספקטרום הבליעה של גז נתרן בתחום זה (ראה תרשים).



ג. סרטט דיאגרמה של רמות האנרגיה של נתרן (כולל רמת היינון) על פי הנתונים בשאלה. פרט את חישוביך.

ד. קבע אם הקו 589nm שנראה בספקטרום הבליעה הוא שחור (בקירוב טוב) או בצבע. נמק את קביעתך.

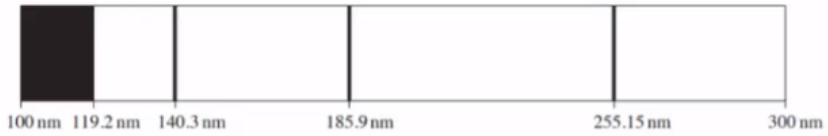
ה. הוסף לדיאגרמה שסרטטת בסעיף ג' חיצים המייצגים את הקווים הספקטרליים של ספקטרום הפליטה.

ו. על פי הנתונים בשאלה, חשב את אורכי הגל של הקרינה הנפלטת מן השפופרת בתחום האור הנראה $(400\text{nm} < \lambda < 700\text{nm})$.

3) בגרות 2018

חוקרים ערכו ניסוי למדידת רמות אנרגיה של אטום כספית. לשם כך הם הקרינו קרינה על-סגולה דרך שפופרת המכילה גז דליל של אטומי כספית. כל אטומי הכספית היו ברמת היסוד.

אורכי הגל של הקרינה העל-סגולה שהקרינו היו בתחום: $300\text{nm}-100\text{nm}$. באמצעות ספקטרומטר קיבלו החוקרים את ספקטרום הבליעה של אטומי הכספית המוצג בתרשים שלפניך:



ספקטרום הבליעה כולל רצף כהה בתחום: $119.2\text{nm}-100\text{nm}$ וכן שלושה קווים ספקטרליים בדידים, המתאימים לאורכי הגל: 140.3nm , 185.9nm , 255.15nm .

א. הסבר מדוע בספקטרום הבליעה תמיד מתקבלים קווים כהים.

ב. חשב את אנרגיית היינון של אטומי הכספית.
ג. סרטט במחברתך דיאגרמה של ארבע רמות האנרגיה של אטום הכספית שהתקבלו בניסוי, וחשב את האנרגיה של כל אחת מן הרמות.
פרט את חישוביך.
ד. חשב את המהירות המרבית של האלקטרונים שהשתחררו מאטומי הכספית בניסוי זה.

החוקרים חישבו גם את ספקטרום הפליטה של אטומי הכספית עבור רמות האנרגיה שהתקבלו בניסוי.
ה. ענה על הסעיפים הבאים:
i. הוסף לדיאגרמה שסרטטת בסעיף ג' חיצים שמייצגים את כל הקווים של ספקטרום הפליטה.
ii. חשב את האנרגיה של הפוטונים שנפלטו, שאורכי הגל שלהם בתחום האור הנראה $(700\text{nm}-400\text{nm})$.

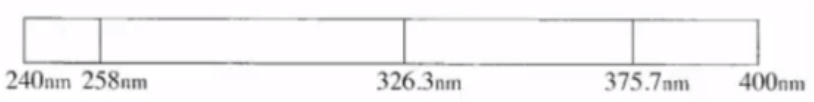
4) בגרות 2017

בשנת 1913 פרסם הפיזיקאי נילס בוהר מאמר, ובו הציע מודל של אטום מימן.
מודל זה הוא ההמשך של המודל הפלנטרי שהציע ארנסט רתרפורד.
המודל שהציע בוהר הוא המודל הראשון שנעשה בו שימוש בעקרונות קוונטים.
א. הסבר את המושג "רמת אנרגיה" לפי המודל של בוהר.
ב. סרטט את דיאגרמת רמות האנרגיה של אטום מימן, ובה 4 הרמות הראשונות ורמת היינון.

אלקטרון באטום המימן ירד מרמת אנרגיה $n=4$ לרמה $n=2$.
בתוך כדי ירידתו של האלקטרון נפלט פוטון אחד.
ג. חשב את תדירות הפוטון שנפלט.
ד. חשב את מהירות האלקטרון ברמת האנרגיה $n=2$.
ה. על פי מודל רתרפורד אי אפשר להסביר את ספקטרום הבליעה של המימן.
הסבר מדוע.

5) בגרות 2016

תלמידי פיזיקה רצו לבדוק את רמות האנרגיה של אטומים מיסוד מסוים.
לשם כך הכניסו דגימה מהיסוד לתוך מכל, וערכו שני ניסויים זה אחר זה.
הנח שכל האטומים נמצאים ברמת היסוד.
בניסוי הראשון העבירו דרך המיכל קרינה אלקטרומגנטית על-סגולה (UV) בתחום: $240\text{nm} \le \lambda \le 400\text{nm}$. התלמידים בדקו באמצעות ספקטרומטר את הקרינה אחרי שעברה דרך המכל.
בספקטרום שהתקבל לא הופיעו: כל אורכי הגל בתחום: $240\text{nm} \le \lambda \le 258\text{nm}$,
וכן שני אורכי הגל: 326.3nm ו-375.7nm (ראה תרשים).



א. ענה על הסעיפים הבאים:

i. מהו סוג הספקטרום שנבדק (בליעה או פליטה)? נמק את תשובתך.

ii. הסבר מדוע החלק הרציף של הקרינה העל-סגולה בתחום: $240\text{nm} \le \lambda \le 258\text{nm}$ לא הופיע בספקטרום שהתקבל.

ב. ענה על הסעיפים הבאים:

i. חשב את אנרגיית היינון של אטום מהדגימה.

ii. חשב את האנרגיה של שתיים מן הרמות המעוררות של אטום זה.

בניסוי השני העבירו דרך המכל אלומת אלקטרונים שהואצו (מחוץ למיכל) במתח 3.1V. באלומה שיצאה מן המיכל התגלו אלקטרונים באנרגיות: 0.1eV , 1eV ו- 3.1eV.

ג. חשב את האנרגיה של שתי הרמות המעוררות שהתגלו בניסוי השני.

ד. על פי התוצאות של שני הניסויים, סרטט את דיאגרמת רמות האנרגיה של האטום הנבדק, ובה חמש רמות האנרגיה שמצאת.

במקביל בדקו התלמידים באמצעות ספקטרומטר את הקרינה האלקטרומגנטית שנפלטה מהמכל בניסוי השני. הם גילו שהתקבלו שני אורכי גל בתחום הנראה $(400\text{nm} \le \lambda \le 700\text{nm})$.

ה. חשב את שני אורכי הגל שהתקבלו בניסוי.

6) בגרות 2015

א. ספקטרום הפליטה של אטום המימן הוא בדיד. כיצד אפשר להסביר עובדה זו באמצעות "מודל האטום של בוהר"?

ב. בעזרת "מודל האטום של בוהר" אפשר לחשב את אנרגיית האלקטרון ברמות האנרגיה השונות של אטום המימן. כאשר רמת הייחוס לאנרגיה פוטנציאלית חשמלית נבחרה באין-סוף $(U_\infty = 0)$, האנרגיה של המערכת גרעין-אלקטרון היא שלילית.
הסבר מהי המשמעות הפיזיקלית של היות האנרגיה שלילית.

ג. קבע איזו מן האפשרויות i-iii היא האפשרות הנכונה להשלמת המשפט שלפניך.
על פי מודל בוהר, כאשר אלקטרון עובר מרמה מעוררת לרמת היסוד:

i. האנרגיה של האטום גדלה.

ii. כוח המשיכה החשמלי הפועל על האלקטרון גדל.

iii. אין שינוי באנרגיית האטום.

נמק את קביעתך.

ד. אלומת פוטונים פוגעת באטום מימן. מצא מהי התוצאה של אינטראקציה בין פוטון מן האלומה ובין אלקטרון הנמצא ברמת היסוד $n=1$, בכל אחת משתי התדירויות:

i. תדירות הפוטון: $f=4\cdot10^{15}\,Hz$.

ii. תדירות הפוטון: $f=2\cdot10^{15}\,Hz$.

ה. שני פוטונים A ו-B נפלטים בעקבות מעבר אלקטרונים בין שתי רמות אנרגיה באטום מימן. פוטון A נפלט במעבר בין הרמות 2 ו-1, ופוטון B נפלט במעבר בין הרמות 3 ו-2.

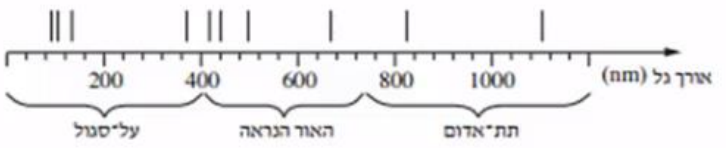
i. האם האנרגיה של פוטון A גדולה מן האנרגיה של פוטון B, קטנה ממנה או שווה לה? הסבר מדוע.

ii. על פי תשובתך על תת-סעיף ה (i), קבע אם אורך הגל של פוטון A גדול מאורך הגל של פוטון B, קטן ממנו או שווה לו.

7) בגרות 2014

א. חשב את האנרגיה של ארבע רמות האנרגיה הראשונות של אטום המימן, ואת אנרגיית היינון שלו. פרט את חישוביך, והצג את תוצאות החישוב בדיאגרמת רמות אנרגיה.

כוכב הוא גרם שמיים לוהט, המפיק בליבה שלו קרינה אלקטרומגנטית בתחום רחב ורציף של אורכי גל, ופולט אותה. כאשר הקרינה עוברת דרך אטמוספרת הכוכב נבלעים בה כמה אורכי גל. ניתוח של ספקטרה (לשון רבים של ספקטרום) הקרינות המגיעות מכוכבים לארץ מספק מידע על ההרכב הכימי של אטמוספרות הכוכבים. מתברר שיש אטומי מימן באטמוספרה של רוב הכוכבים.
בתרשים שלפניך מוצג ציר אורכי הגל, ועליו חלק מספקטרום הבליעה של הגז מימן חד-אטומי.



ב. הסבר מדוע בספקטרה של קרינת הכוכבים יש קווי בליעה באורכי גל מסוימים, כפי שמוצג בתרשים.

ג. ענה על הסעיפים הבאים:

i. חשב את אורך הגל שיכול להעביר אטום מימן מרמת היסוד לרמה המעוררת הראשונה.

ii. היעזר בתרשים וקבע לאיזה תחום של הספקטרום שייך אורך גל זה – אור נראה, קרינה על-סגולה או קרינה תת-אדומה.

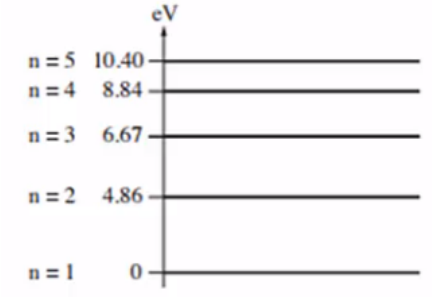
ידוע כי ככל שהטמפרטורה של פני הכוכב גבוהה יותר, כך גדל הסיכוי שאטומי הגז של האטמוספרה שלו יהיו ברמות מעוררות גבוהות יותר.

ד. קו הבליעה הספקטרלי בעל אורך הגל הגדול ביותר בתחום האור הנראה, מתקבל כאשר האלקטרונים יוצאים מהרמה $n = 2$.
לאיזו רמה עברו האלקטרונים כשהתקבל קו בליעה זה? נמק.

ה. מדענים מצאו שבספקטרום של כוכב אי אפשר לראות בבת אחת את כל קווי הבליעה המתאימים לאטום המימן.
יש כוכבים שבספקטרה שלהם נראים קווי הבליעה של מימן בתחום התת-אדום בלבד. האם הכוכבים האלה חמים יותר או קרים יותר מכוכבים אחרים, שבספקטרום שלהם מופיעים קווי בליעה בתחום האור הנראה והעל-סגול? נמק את תשובתך.

8) בגרות 2013

אדי כספית בלחץ נמוך נתונים בתוך שפופרת. הנח שאטומי הכספית נמצאים ברמת היסוד. דרך השפופרת עוברת אלומה של קרינה אלקטרומגנטית, שאורכי הגל שלה, λ, נמצאים בתחום הרציף: $170\text{nm} \le \lambda \le 260\text{nm}$.
לפניך דיאגרמה של רמות האנרגיה הראשונות של אטום כספית:



א. חשב את אורכי הגל מהאלומה שנבלעים על ידי אטומי הכספית.
ציין לאיזו רמת אנרגיה עוררה הקרינה את אטומי הכספית, עבור כל אחד מאורכי הגל שמצאת. הזנח את הסיכוי שאטום כספית מעורר יבלע פוטון.

ב. חשב את אורכי הגל של ספקטרום הפליטה המתקבל מאטומי הכספית שבשפופרת, ועבור כל אורך גל ציין בין אילו רמות אנרגיה עבר האטום.

ג. במעבר הקרינה דרך השפופרת, אטומי הכספית פולטים תוך זמן קצר את אורכי הגל שנבלעו. הקרינה שנבלעת נפלטת לכל הכיוונים.
על סמך תיאור זה, הסבר מדוע מופיעים בספקטרום הבליעה קווים כהים.

ד. בדיאגרמה של רמות האנרגיה, כל רמת אנרגיה מאופיינת על ידי ערך מספרי מסוים. (לדוגמה, הרמה המעוררת הראשונה מאופיינת על ידי הערך: 4.86eV).
ציין מה הם סוגי האנרגיה שהערך המספרי מתקבל מהם.

9) בגרות 2012

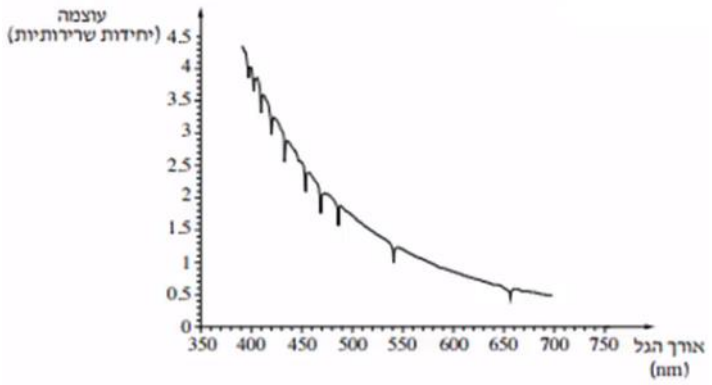
בספקטרום הפליטה של מימן יש רק ארבעה קווים: H_α , H_β , H_γ ו- H_δ, בתחום האור הנראה $(400nm < \lambda < 700nm)$. קווים אלה מתקבלים כשאטומי המימן המעוררים חוזרים לרמת האנרגיה $n = 2$ של האטום.

אורך הגל של הקווים: H_β , H_γ ו- H_δ הוא: $\lambda_\beta = 487nm$, $\lambda_\gamma = 435nm$ ו- $\lambda_\delta = 411nm$.

א. הקו H_α מתקבל במעבר של האלקטרון מרמת האנרגיה השלישית לרמת האנרגיה השנייה.
מבין ארבעת הקווים בתחום האור הנראה, קו זה הוא הקו שאורך הגל שלו מרבי.
הסבר עובדה זו בלי לחשב.

ב. חשב את אורך הגל של הקו H_α.

באטמוספרה של רוב הכוכבים, שהטמפרטורה שלהם גבוהה מאוד, נמצאים אטומי מימן רבים במצב מעורר.
מודדים את עוצמת הקרינה האלקטרומגנטית הנפלטת מכוכב מסוים לאחר שעברה דרך האטמוספרה שלו.
בגרף שלפניך מתוארת עוצמת הקרינה בתחום האור הנראה (ביחידות שרירותיות), כתלות באורך הגל שלה:



ג. הסבר מדוע מופיעות בגרף ירידות חדות בעוצמת האור באורכי גל מסוימים.

משערים שבאטמוספרה של הכוכב יש מימן.

ד. היעזר בגרף והסבר אם יש הצדקה להשערה זו.

ה. האם ייתכן שבאטמוספרה של הכוכב יש גזים נוספים? הסבר את תשובתך.

10) בגרות 2011

כדי ללמוד על תהליכי העירור ועל ספקטרום הפליטה של אטום מימן אפשר להיעזר בסימולציית מחשב הבנויה על פי המודל של בוהר. בסימולציה נתון מכל ובו גז מימן חד-אטומי במצב היסוד.

א. הסימולציה מדמה עירור של אטומי המימן בשתי שיטות: האחת על ידי אלומה של קרינה אלקטרומגנטית, והשנייה על ידי התנגשות של אטומי הגז בחלקיקים שהואצו עוד קודם כניסתם למכל. אטומי המימן עוררו מרמת היסוד לרמה $n=3$.
איזה ערך או אילו ערכים של אנרגיה יכול/יכולים להיות:
   i. לפוטון באלומת הקרינה האלקטרומגנטית? נמק.
   ii. לחלקיק שהתנגש באטום מימן? נמק.

ב. האטומים שעוררו לרמה $n=3$ חוזרים למצב היסוד, והסימולציה מציגה ספקטרום פליטה.
   i. סרטט דיאגרמה של רמות האנרגיה של אטום המימן, שתכלול את רמת היסוד, את שתי הרמות המעוררות הראשונות ואת רמת היינון (סה"כ – ארבע רמות). רשום ליד כל רמה את ערך האנרגיה.
   ii. סמן בדיאגרמה חצים המייצגים את המעברים בין הרמות, שיתאימו לאורכי הגל בספקטרום הפליטה המתקבל.

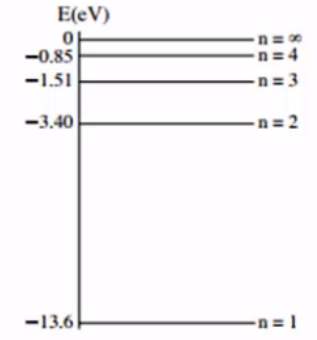
ג. חשב את אורכי הגל בספקטרום פליטה זה.

ד. לפני השימוש בסימולציה התבקשו התלמידים לשער מהו אורך הגל של פוטון שיגרום ליינון של אטומי המימן שבמכל.
לפניך ההשערות שהעלו שלושה תלמידים.
תלמיד A: ליינון אטומי המימן שבמכל יגרום רק פוטון שאורך הגל שלו: $\lambda = 91.18\text{nm}$.
תלמיד B: ליינון אטומי המימן שבמכל יגרום כל פוטון שאורך הגל שלו: $\lambda \le 91.18\text{nm}$.
תלמיד C: ליינון אטומי המימן שבמכל יגרום כל פוטון שאורך הגל שלו: $\lambda \ge 91.18\text{nm}$.
קבע איזו מההשערות של התלמידים היא הנכונה, ונמק את קביעתך.

ה. חשב את האנרגיה הקינטית של האלקטרון באטום המימן כאשר הוא נמצא ברמה $n=3$

11) בגרות 2010

מבצעים שני ניסויים עם גז מימן חד-אטומי.
בניסוי הראשון אלומת קרינה אלקטרומגנטית שאורכי הגל שלה בתחום: $200nm-100nm$ עוברת דרך מכל עם גז מימן לא מעורר.
חלק מהקרינה האלקטרומגנטית נבלע.
לפניך דיאגרמה חלקית של רמות האנרגיה של אטום מימן.



א. הקרינה האלקטרומגנטית בתחום הנתון אינה מיוננת אטומי מימן הנמצאים ברמת היסוד. הסבר מדוע.

בתשובותיך לסעיפים ב-ה יש להזניח את בליעת האנרגיה על ידי אטום מימן מעורר.

ב. ענה:
   i. חשב את אורכי הגל של הקרינה שנבלעה.
   ii. העתק את הדיאגרמה למחברתך, וסמן בה חצים שמייצגים מעברים בין הרמות המתאימים לבליעת אורכי הגל שחישבת.

ג. בניסוי השני אלקטרונים מואצים עוברים דרך אותו מכל עם גז מימן לא מעורר.
   i. חשב את המתח המינימלי הדרוש להאצת האלקטרונים ממנוחה, כדי שיוכלו לגרום ליינון של אטומי המימן.
   ii. האם ייתכן שאלקטרון שהואץ במתח שחישבת בתת-סעיף ג (i), יגרום לעירור האטום (ולא ליינון)? נמק.

ד. כאשר אטום מימן בולע קרינה אלקטרומגנטית, האם רדיוס המסלול של האלקטרון גדל, קטן או אינו משתנה? נמק.

ה. אחת ההנחות שעליהן מבוסס מודל בוהר לאטום מימן היא הקשר: $m_e vr = n\frac{h}{2\pi}$. הראה כי הנחה זו של בוהר שקולה להנחה שהיקף המסלול המעגלי של האלקטרון באטום מימן הוא כפולה שלמה של אורך גל דה-ברויי של האלקטרון.

12) בגרות 2009

על פי מודל האטום של בוהר, אנרגיה של אלקטרון באטום היא גודל קוונטי.

א. הסבר את משמעות המשפט: "האנרגיה של אלקטרון באטום היא גודל קוונטי".

ב. הסבר בעזרת מודל בוהר את העובדה שספקטרום הפליטה של מימן הוא בדיד (קווי).

ג. סדרת בלמר כוללת קווים ספקטרליים שמתקבלים עבור אטומי מימן כשאלקטרון עובר מרמה $m\ (m>2)$ לרמה $n=2$.

מהו אורך הגל המרבי של קו ספקטרלי מסדרה זו? פרט את חישוביך.

ד. אנרגיית היינון של אטום מימן שווה ל- $13.6eV$.

i. הסבר את המשמעות של קביעה זו.

ii. חשב את האנרגיה הדרושה ליינון אטום מימן מרמה $n=2$.

ה. אלקטרון באטום המימן עובר מרמה $n=2$ לרמה $n=1$. בטבלה שלפניך מוצגות ארבע אפשרויות לשינוי הגודל של האנרגיה הכוללת ושל האנרגיה הקינטית של האלקטרון.

איזו מבין האפשרויות 1-4 נכונה? הסבר את בחירתך.

אפשרות / אנרגיה	1	2	3	4
כוללת	קטנה	גדלה	קטנה	לא משתנה
קינטית	גדלה	קטנה	קטנה	גדלה

13) בגרות 2007

א. הסבר כיצד ספקטרום הפליטה של מימן תומך במודל האטום של בוהר ואינו תומך במודל האטום של רתרפורד.

ב. חשב את האנרגיה הכוללת של אטום המימן כאשר האלקטרון נמצא במסלול שרדיוסו גדול פי 25 מרדיוס המסלול המתאים לרמת היסוד.

ג. בעקבות בליעת פוטון, עבר אלקטרון של אטום מימן מרמת היסוד לרמה שחישבת בסעיף ב'.

חשב מהי האנרגיה שהייתה לפוטון.

ד. כמה אורכי גל שונים (אינך נדרש לחשב את אורכי הגל) עשויים להיפלט מאטומי גז המימן המעוררים לרמה שחישבת בסעיף ב'?

נמק את תשובתך בעזרת סרטוט.

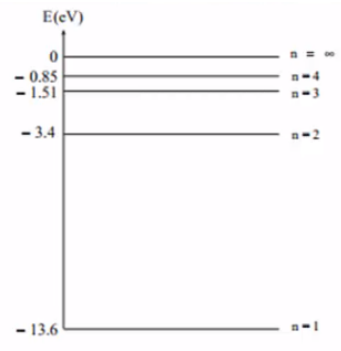
ה. בשפופרת נמצאים אטומי מימן ברמת היסוד.

מה עשוי לקרות לאטומי המימן, אם דרך השפופרת תעבור אלומת פוטונים, שלכל פוטון בה יש אנרגיה כפולה מהאנרגיה שחישבת בסעיף ג'?

14) בגרות 2006

גז של אטומי מימן ברמת היסוד $(n=1)$ נתון בתוך כלי.

ארבע רמות האנרגיה הראשונות של אטומי המימן מתוארות בדיאגרמה שלפניך.



תלמיד מעביר בזו אחר זו אלומות שונות של אלקטרונים דרך הגז, כמתואר בסעיפים א'-ג'.

א. לכל אלקטרון באלומה אנרגיה של 11eV.
האם אלקטרונים אלה יכולים לעורר את אטומי המימן שבכלי?
אם לא – הסבר מדוע. אם כן – מצא את האנרגיה של אלקטרון מהאלומה לאחר שהוא גורם לעירור.

ב. ערכי האנרגיה של האלקטרונים באלומה נמצאים בין 10eV ל-12.5eV.
כמה קווים ספקטרליים יהיו בספקטרום של האור הנפלט מאטומי המימן?
הסבר את תשובתך בעזרת דיאגרמת רמות האנרגיה: העתק למחברתך את הדיאגרמה, וסמן בה חצים להצגת המעברים.

ג. לכל אלקטרון באלומה אנרגיה של: 15eV.
האם אלקטרונים אלה יכולים ליינן את אטומי המימן שבכלי?
אם לא – הסבר מדוע. אם כן – מצא איזה ערך או אילו ערכים של אנרגיה יכול/יכולים להיות, לאחר היינון, לאלקטרונים שגרמו ליינון.

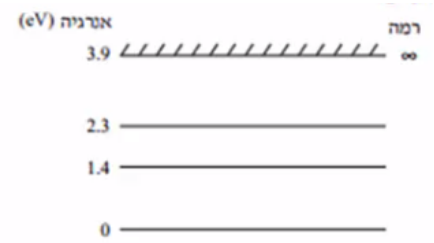
תלמיד אחר מעביר בזו אחר זו אלומות שונות של פוטונים דרך הגז, כמתואר בסעיפים ד-ה.

ד. לכל פוטון באלומה אנרגיה של: 11eV.
האם פוטונים אלה יכולים לעורר את אטומי המימן שבכלי? הסבר.

ה. ערכי האנרגיה של הפוטונים באלומה נמצאים בין 10eV ל-12.5eV.
כמה קווים ספקטרליים מופיעים בספקטרום הבליעה?
הסבר את תשובתך בעזרת דיאגרמת רמות האנרגיה: העתק למחברתך את הדיאגרמה, וסמן בה חצים להצגת המעברים.

15) בגרות 2005

נתונה שפופרת של אדי צזיום בטמפרטורה גבוהה.
התרשים שלפניך מציג חלק מרמות האנרגיה של אטום צזיום.
הנח כי כל מעברי האנרגיה בין רמות אלה מותרים.



א. חלק מאטומי הצזיום בשפופרת נמצאים ברמת היסוד, והשאר ברמה המעוררת הראשונה, ולכן נפלטת מהשפופרת קרינה אלקטרומגנטית מונוכרומטית. חשב את אורך הגל של קרינה זו.

אלומה של אלקטרונים שהאנרגיה שלהם היא: $2.4\cdot10^{-19}\,J$ עוברת דרך השפופרת, וחלק מהאלקטרונים מתנגשים באטומי הצזיום.

ב. חשב את אורכי הגל של כל קווי ספקטרום הפליטה היכולים להתקבל מאטומי הצזיום שבשפופרת.

ג. במקום אלומת האלקטרונים מעבירים בשפופרת אלומת פוטונים שהאנרגיה שלהם היא: $0.9eV$.
מה הם אורכי הגל של כל קווי הספקטרום שיתקבלו כעת מאטומי הצזיום שבשפופרת?

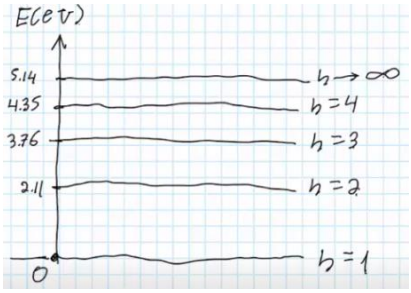
תשובות סופיות:

1) א. $E_{n=3} = -1.51eV$. ב. לא. ג.i. $\lambda = 656.1nm$. ii. $\lambda_{6\to2} = 409.2nm$.

ד. $\lambda_{3\to2} = 656.1nm$, $\lambda_{3\to1} = 102.6nm$, $\lambda_{2\to1} = 121.6nm$. ה. $\Delta E = 3.4eV$.

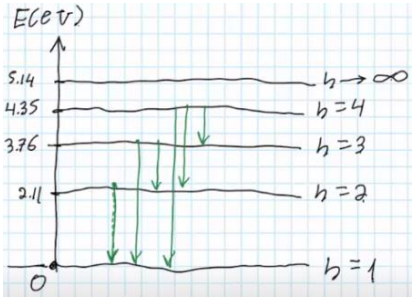
2) א. האנרגיה שיש להשקיע כדי לעקור אלקטרון מהאטום של החומר.

ב. $E = 5.14eV$. ג.



ד. שחור בקירוב.

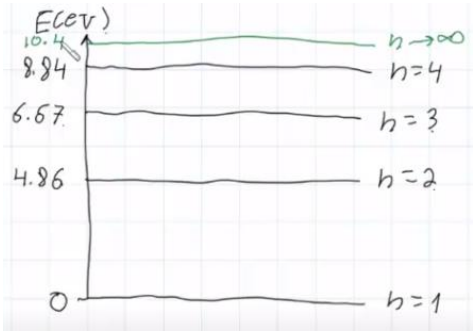
ה.



ו. $\lambda_1 = 588nm$, $\lambda_2 = 554nm$.

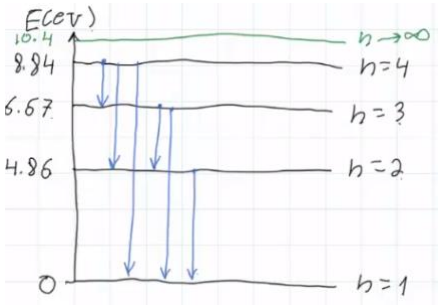
3) א. ראה סרטון. ב. $E = 10.4eV$.

ג.



ד. $V = 8.39 \cdot 10^5 \frac{m}{sec}$.

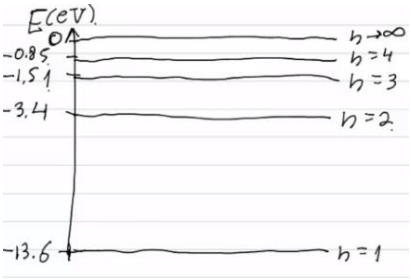
ה.i.



ii. $E_{3\to2} = 1.81eV$, $E_{4\to3} = 2.17eV$.

4) א. ראה סרטון.

ב.



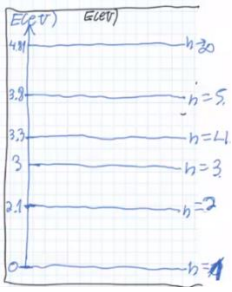
ג. $f = 6.15 \cdot 10^{14} Hz$.

ד. $V = 1.095 \cdot 10^6 \frac{m}{sec}$. ה. ראה סרטון.

5) א.i. בליעה. ii. ראה סרטון. ב.i. $4.81eV$.

ii. $E_3 = 3.8eV$, $E_2 = 3.3eV$.

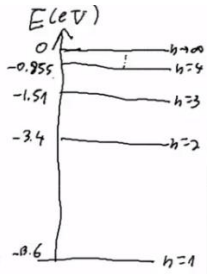
ג. $\Delta E_1 = -2.1eV$, $\Delta E_{0.1} = -3eV$.

ד. 

ה. $\lambda_2 = 590.5nm$, $\lambda_1 = 413.3nm$.

6) א. ראה סרטון. ב. ראה סרטון. ג. ii. ד. ראה סרטון.

ה.i. $E_A > E_B$. ii. $\lambda_A < \lambda_B$.

7) א.  ב. ראה סרטון. ג.i. $\lambda = 121.6nm$. ii. קרינה על-סגולה.

ד. $n = 3$. ה. חמים יותר.

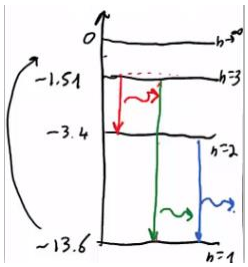
8) א. $2 \leftarrow 1$: $\lambda = 255nm$, $E_{ph} = 4.86eV$, $3 \leftarrow 1$: $\lambda = 186nm$, $E_{ph} = 6.67eV$.

ב. $2 \leftarrow 3$: $\lambda = 685nm$, $1 \leftarrow 3$: $\lambda = 186nm$, $1 \leftarrow 2$: $\lambda = 255nm$.

ג. ראה סרטון. ד. ראה סרטון.

9) א. ראה סרטון. ב. $\lambda_{3\to2} = 656nm$. ג. ראה סרטון. ד. כן.

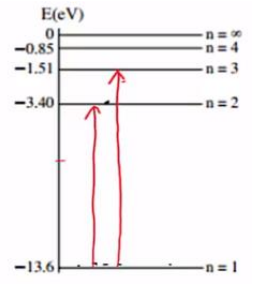
ה. כן, הליום.

10) א.i. $E_{ph} = 12.09eV$. ii. $12.75eV \geq E_e \geq 12.09eV$. ב. 

ג. $\lambda_{2\to1} = 121.6nm$, $\lambda_{3\to2} = 656nm$, $\lambda_{3\to1} = 102.6nm$.

ד. ההשערה של תלמיד B. ה. $E_k = 1.51eV$.

11) א. ראה סרטון. ב.i. $\lambda_{1\to3} = 102.6nm$, $\lambda_{1\to2} = 121.6nm$.

ii. 

ג.i. $V_{min} = 13.6volt$. ii. כן. ד. גדל.

ה. הוכחה.

12) א. ראה סרטון. ב. ראה סרטון. ג. $\lambda_{3\to2}=656nm$. ד. i. ראה סרטון.

ii. $E=3.4eV$.

ה. אפשרות 1.

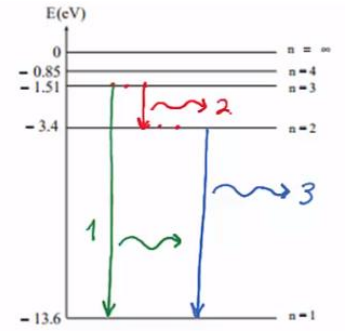
13) א. ראה סרטון. ב. $E_g=-0.544eV$. ג. $E_{ph}=13.06eV$. ד. 10 קווים.

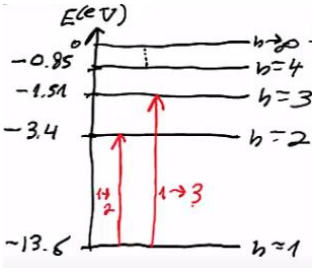
ה. ראה סרטון.

14) א. כן, $E=0.8eV$. ב. 3 קווי פליטה שונים,

ג. כן, $0\le E_k\le 1.4eV$. ד. לא.

ה. 2 קווים ספקטרליים,





15) א. $\lambda=886nm$. ב. $\lambda_{3\to2}=1378nm$, $\lambda_{3\to1}=539nm$, $\lambda_{2\to1}=886nm$.

ג. כמו סעיף ב'.

קורס מלא לבגרות בפיזיקה 5 יחידות

פרק 41

גרעין האטום, אנרגיית הגרעין ורדיואקטיביות

גרעין- בגרויות 493
הגרעין- הסבר 507
אנרגיית קשר של הגרעין ויציבות גרעינים 512
רדיואקטיביות 513
תגובות גרעיניות 516

גרעין – בגרויות:

שאלות:

1) בגרות 2020

בבקעת תמנע ליד אילת, סמוך למכרות נחושת עתיקים, נמצאו לאחרונה ערמות פסולת מימי הפקתה של הנחושת. מדידות הפעילות של פחמן רדיואקטיבי, ^{14}C, בפיסת עץ שנמצאה בערמות הפסולת אפשרו לקבוע באיזו תקופה היסטורית המכרות היו פעילים, כך הוכח, מעל לכל ספק, שמכרות הנחושת האלה פעלו בימיו של שלמה המלך.

שאלה זו עוסקת בקביעת גיל של פיסת עץ בעזרת האיזוטופ הרדיואקטיבי של פחמן ^{14}C.

האיזוטופ ^{14}C נוצר באטמוספרה, משוואת ההיווצרות היא: $^{14}_{7}N+^{1}_{0}n\rightarrow^{14}C+^{1}_{1}p$.

א. הסתמך על משוואת היווצרותו של ^{14}C באטמוספרה, וקבע מהו מספר הפרוטונים ומהו מספר הנייטרונים בגרעין של ^{14}C. הסבר את קביעותיך.

^{14}C מתפרק התפרקות רדיואקטיבית ל- ^{14}N.

ב. ענה על הסעיפים הבאים:

i. רשום את משוואת ההתפרקות הרדיואקטיבית של ^{14}C, וציין את סוג הקרינה הנפלטת.

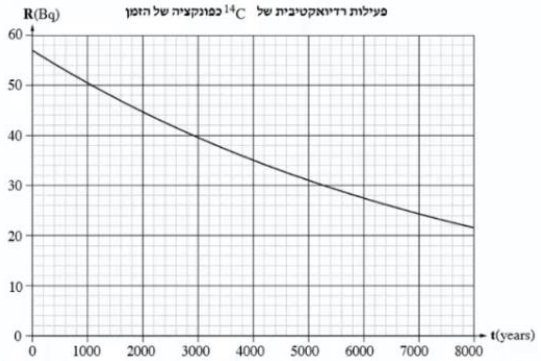
ii. מהו חוק השימור שהסתמכת עליו כדי לקבוע את סוג הקרינה הנפלטת בהתפרקות רדיואקטיבית זו?

אחוז הפחמן הרדיואקטיבי, ^{14}C, בכל יצור נשאר קבוע כל עוד הוא חי.

כאשר היצור מת, ^{14}C מתחיל להתפרק התפרקות רדיואקטיבית. מדענים מדדו את הפעילות של ^{14}C בזמן $t=0$ בפיסת עץ שנלקחה מעץ חי, באותה מסה ומאותו סוג עץ כמו פיסת העץ שנמצאה בערמת הפסולת, ומצאו כי: $R(0)=57Bq$.

נתון: זמן מחצית החיים של ^{14}C הוא: $T_{\frac{1}{2}}=5730_{years}$.

לפניך גרף הפעילות הרדיואקטיבית, R, של ^{14}C כפונקציה של הזמן, t.



המדענים מדדו את הגיל של פיסת העץ שנמצאה בערמת הפסולת בבקעת תמנע בשתי שיטות שרמת הדיוק שלהן שונה. בשיטה הראשונה הם מדדו בזמן t_1 את הפעילות של פיסת עץ שנמצאה בערמת הפסולת בבקעת תמנע ומצאו כי: $R(t_1)=40Bq$.

ג. קבע באמצעות הגרף את הגיל של פיסת העץ על פי השיטה הראשונה. נמק את קביעתך.

בשיטה השנייה, המדויקת יותר, הם מדדו את $N(t_1)$ - מספר גרעיני ^{14}C שנשארו בזמן t_1 בפיסת העץ שנמצאה בערמת הפסולת, וחשבו את ΔN - מספר הגרעינים שהתפרקו מתחילת ההתפרקות עד הזמן t_1.

המדענים מצאו כי: $\Delta N_{^{14}C}=N(0)-N(t_1)=4.63\cdot10^{12}$.

ד. חשב את קבוע הדעיכה λ ביחידות של $\frac{1}{sec}$.

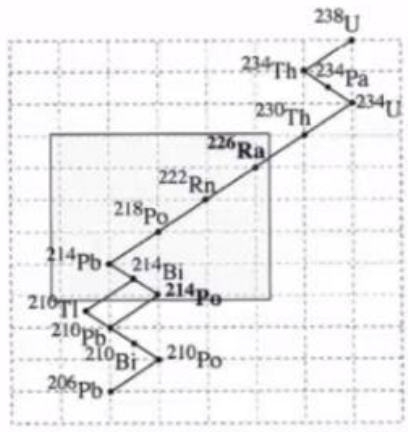
ה. ענה על הסעיפים הבאים:

i. חשב את הפעילות $R(t_1)$ המתקבלת על פי השיטה השנייה.

ii. קבע את הגיל של פיסת העץ באמצעות הגרף ובאמצעות $R(t_1)$ שחישבת בתת-סעיף i.

2) בגרות 2019

היום ידועות ארבע סדרות רדיואקטיביות. שאלה זו עוסקת בסדרת אורניום 238. רדיוס 226 $\left(^{214}_{84}Po\right)$ הם איזוטופים רדיואקטיביים טבעיים השייכים לסדרה זו. פולוניום 214 הוא תוצר בשרשרת ההתפרקויות של רדיום 226 (ראה תרשים).



א. קבע את מספר התפרקויות α ואת מספר התפרקויות β^- שמתרחשות בשרשרת ההתפרקויות מרדיום 226 לפולניום 214. הסבר את קביעותיך.

באחד השלבים של השרשרת המתוארת נוצר האיזוטופ הרדיואקטיבי רדון 222 $\left(^{222}_{86}\mathrm{Rn}\right)$. בשל הנזק שגז הרדון גורם לבריאות כשהוא מצטבר במקומות סגורים (כגון מרתפים ומקלטים), הוא מעורר עניין מדעי וטכנולוגי רב.

ב. קבע את המספר האטומי ואת מספר המסה של גרעין הבת Y הנוצר מהתפרקותו של רדון 222.

מדידות של מדגם רדון 222 הראו כי הפעילות הרדיואקטיבית שלו פוחתת פי 8 במשך 11,475 ימים.

ג. ענה על הסעיפים הבאים:

i. חשב את זמן מחצית החיים, $T_{\frac{1}{2}}$, של איזוטופ זה.

ii. חשב את קבוע הדעיכה λ של איזוטופ זה.

אנרגיות הקשר הגרעיניות של האיזוטופים רדיום 226 ופולוניום 214 הן: $E_{B(Ra)}=1732.62MeV$, $E_{B(Po)}=1666.02MeV$.

ד. קבע איזה משני האיזוטופים יציב יותר. נמק את קביעתך.

3) בגרות 2018 שאלה 5

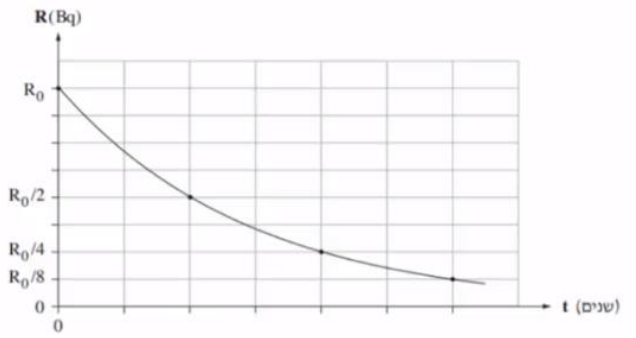
סטרונציום טבעי הוא יסוד מתכתי יציב שהתגלה בשנת 1790.

האיזוטופ הרדיואקטיבי $^{90}_{38}\mathrm{Sr}$ התגלה במהלך ניסויים גרעיניים שנערכו בשנות הארבעים של המאה ה-20.

א. ציין את המשמעות של המספרים 38 ו-90 המופיעים בסימון $^{90}_{38}\mathrm{Sr}$.

נערכו שני ניסויים, ניסוי I וניסוי II.

ניסוי I נערך על מדגם של $^{90}_{38}\mathrm{Sr}$ שמסתו $2gr$. זמן מחצית החיים של מדגם זה הוא 29 שנים. בגרף שלפניך מוצגת הפעילות R (ב- Bq - התפרקויות לשנייה) כפונקציה של הזמן t (בשנים) עבור מדגם זה.



ב. חשב לאחר כמה זמן ירדה הפעילות ל- $\frac{R_0}{8}$. פרט את חישובך.

ג. חשב (בקירוב) את מספר הגרעינים במדגם ברגע $t=0$ עבור מדגם זה שמסתו $2gr$.

ד. ענה על הסעיפים הבאים:

i. חשב את קבוע הדעיכה ביחידה $\frac{1}{sec}$.

ii. חשב את הפעילות R_0 (הפעילות ברגע $t=0$).

ניסוי II נערך על מדגם של האיזוטופ $^{90}_{38}Sr$ שמסתו $1gr$.

ה. העתק את הגרף למחברתך, וסמן את העקומה בספרה I.
הוסף למערכת הצירים שבמחברתך את העקומה עבור ניסוי II, וסמן אותה בספרה II.

4) בגרות 2018 שאלה 4

נתון הגרעין ^4_2He של האיזוטופ הליום 4.

א. מדוע גרעין זה נשאר יציב על אף כוחות הדחייה החשמליים הפועלים בו?

ב. כתוב דוגמה לגרעין שהוא איזוטופ נוסף של הליום (גם אם איזוטופ זה לא באמת קיים במציאות).

ג. נכנה את הגרעין ^4_2He "מערכת חלקיקים במצב 1". מפרקים את הגרעין ^4_2He עד שכל מרכיביו נמצאים במנוחה במרחק רב אלה מאלה. נכנה את מערכת החלקיקים הזו "מערכת חלקיקים במצב 2".
האם האנרגיה של מערכת החלקיקים במצב 1 גדולה מזו שבצב 2, קטנה או שווה לה?
העתק למחברתך את התשובה הנכונה מבין התשובות i-iv שלפניך, ונמק את תשובתך:

i. האנרגיה של מערכת החלקיקים במצב 1 גדולה מזו שבמצב 2.

ii. האנרגיה של מערכת החלקיקים במצב 1 שווה לזו שבמצב 2.

iii. האנרגיה של מערכת החלקיקים במצב 1 קטנה מזו שבמצב 2.

iv. אי אפשר לדעת, כי התשובה תלויה במצב שבו בוחרים את רמת האפס של האנרגיה.

נתון כי המסה האטומית של ^4_2He היא: $M\left(^4_2He\right)=4.002602u$, מסת אלקטרון היא: $m_e=0.000549u$, מסת פרוטון היא: $m_p=1.007276u$ ומסת ניוטרון היא: $m_n=1.008665u$.

ד. חשב את אנרגיית הקשר הגרעינית של גרעין איזוטופ ההליום ^4_2He.

ה. נתונים שני גרעינים שונים. כיצד אפשר לקבוע איזה מן הגרעינים יציב יותר?
העתק למחברתך את התשובה הנכונה מבין התשובות i-iv שלפניך.
אין צורך לנמק.

i. על פי אנרגיית הקשר הגרעינית.
ii. על פי אנרגיית הקשר הגרעינית חלקי מספר הנוקלאונים.
iii. על פי אנרגיית הקשר הגרעינית חלקי מספר הפרוטונים.
iv. על פי מספר הנוקלאונים.

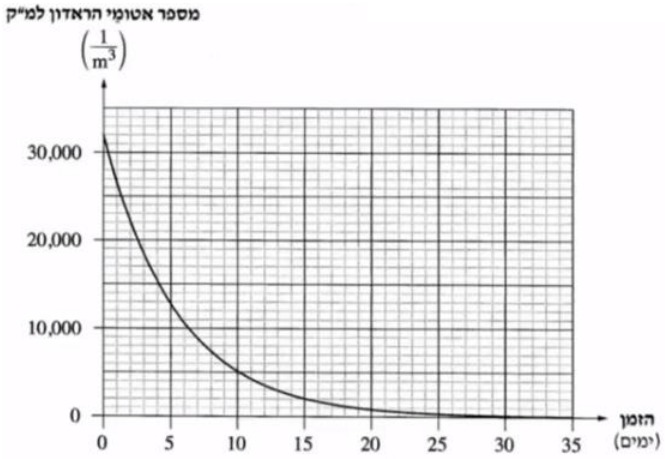
5) בגרות 2017

ראדון, $^{222}_{86}Rn$, הוא יסוד רדיואקטיבי טבעי שמקורו בקרקע והוא נמצא בכמויות קטנות גם במים. הראדון מתפרק לפולוניום, Po, שגם הוא יסוד רדיואקטיבי, ונפלטת קרינת אלפא.
האנרגיה של קרינת אלפא גבוהה מספיק כדי לגרום לפגיעה במולקולות בגוף האדם, וכך קרינה זו עלולה לגרום נזק לבריאות.
המשרד להגנת הסביבה קבע תקן לרמת האקטיביות (פעילות) המרבית המותרת של ראדון למ"ק (מטר מעוקב) במבני מגורים בישראל: $200\frac{Bq}{m^3}$, $\left(Bq=\frac{1}{sec}\right)$.

א. הסבר את המשמעות הפיזיקלית של המשפט: "רמת האקטיביות המרבית המותרת של הראדון למ"ק במבני מגורים בישראל היא: $200\frac{Bq}{m^3}$".

ב. בהתפרקות של גרעין ראדון לפולוניום נפלט חלקיק אלפא יחיד.
כתוב את המשוואה של התפרקות זו, וציין את מספר המסה ואת המספר האטומי של גרעין הפולוניום.

לפניך גרף של מספר אטומי ראדון למ"ק של דגימת ראדון כפונקציה של הזמן.
בתחילת המדידה מספר אטומי הראדון למ"ק היה: $32,000\frac{1}{m^3}$.



ג. על פי הגרף, קבע בקירוב את זמן מחצית החיים של הראדון. פרט את שיקוליך.
ד. ענה על הסעיפים הבאים:
   i. רשום נוסחה המתארת אקטיביות כפונקציה של זמן.
   ii. חשב כעבור כמה זמן מתחילת המדידה תגיע רמת האקטיביות למ"ק של דגימת הראדון אל התקן שקבע המשרד להגנת הסביבה.

6) בגרות 2015 שאלה 5

$^{235}_{92}U$ הוא איזוטופ רדיואקטיבי של אורניום. בתהליך שבו נויטרון איטי פוגע בגרעין $^{235}_{92}U$ הגרעין עשוי להתבקע. אחת האפשרויות לתוצרי ביקוע: איזוטופ של קסנון, $^{140}_{54}Xe$, איזוטופ של סטרונציום $^{93}_{38}Sr$ ונויטרונים אחדים.

א. ענה על הסעיפים הבאים:
   i. רשום את משוואת התהליך, ומצא את מספר הנויטרונים המשתחררים במהלך הביקוע.
   ii. נמק בעזרת אחד מחוקי השימור מדוע לא ייתכן שאחד החלקיקים המשתחררים במהלך ביקוע זה הוא פרוטון.
ב. הגדר מהי "אנרגיית קשר ממוצעת לנוקלאון בגרעין".

אנרגיית הקשר הממוצעת לנוקלאון בגרעין של סטרונציום, $^{93}_{38}Sr$, היא: $8.61MeV$,
ובגרעין של אורניום, $^{235}_{92}U$, היא: $7.59MeV$.

ג. האם אתה מצפה שאנרגיית הקשר לנוקלאון בגרעין של קסנון, $^{140}_{54}Xe$, תהיה גדולה מזו שבאורניום, $^{235}_{92}U$, קטנה ממנה או שווה לה? נמק.
ד. האנרגיה הקינטית הכוללת של התוצרים בתהליך המתואר בפתיח גדולה ב-$178MeV$ מסך כל האנרגיה הקינטית של המגיבים.
חשב את אנרגיית הקשר הממוצעת לנוקלאון באיזוטופ $^{140}_{54}Xe$.

7) בגרות 2015 שאלה 4

בלוטת התריס שבגוף האדם מנצלת יוד, I, ליצירת הורמון המשפיע על קצב חילוף החומרים בתאי הגוף. אם קיימים בבלוטה אזורים פגומים – היוד אינו מגיע אליהם.
לצורך אבחון של פגמים בבלוטה על הנבדקים לשתות תמיסה המכילה איזוטופ רדיואקטיבי של יוד, ועל פי הקרינה הנפלטת אפשר לזהות את האזורים הפעילים של הבלוטה.

א. בהכנת היוד הרדיואקטיבי משתמשים באיזוטופ לא יציב של טלור (tellurium), $^{131}_{52}Te$, שפולט קרינת β^- והופך לאיזוטופ רדיואקטיבי של יוד.
זמן מחצית החיים של טלור הוא 25 דקות.
כמה פרוטונים וכמה נויטרונים נמצאים בגרעין של האיזוטופ הרדיואקטיבי של היוד שנוצר?

ב. האיזוטופ הרדיואקטיבי של היוד שנוצר מטלור מתפרק ל- $^{131}_{54}\text{Xe}$.
זמן מחצית החיים של איזוטופ היוד הוא 8 ימים.
רשום את המשוואה של התהליך הרדיואקטיבי הזה.

בתחילת התהליך, ברגע $t=0$, היו $2\cdot10^{18}$ גרעיני $^{131}_{52}\text{Te}$.
ברגע מסוים, t_1, הפרידו לשתי מבחנות את ה- $^{131}_{52}\text{Te}$ שנותר ואת היוד הרדיואקטיבי שנוצר. ברגע ההפרדה מספר גרעיני הטלור היה שווה למספר גרעיני היוד (10^{18} גרעינים בכל מבחנה).

ג. ענה על הסעיפים הבאים:

i. הגדר את המושג "פעילות רדיואקטיבית", $R_{(t)}$, וציין יחידות מתאימות.

ii. לאיזה משני החומרים יש פעילות גדולה יותר ברגע ההפרדה? חשב פי כמה.

ד. הסבר מדוע הזמן t_1 ארוך במקצת מזמן מחצית החיים של טלור.

ה. חשב מהו אחוז גרעיני יוד שיישארו במבחנת היוד ומהו אחוז גרעיני טלור שיישארו במבחנת הטלור כעבור יממה (24 שעות) מרגע ההפרדה.

8) בגרות 2014

כאשר מפציצים אלומיניום $(\text{A}\ell)$ בחלקיקי α, אחת התגובות שיכולה להתרחש בעקבות זאת היא היווצרות של איזוטופ זרחן (P), המלווה בפליטה של נויטרון.

תגובה זו מתוארת במשוואה שלפניך: $^{27}_{13}\text{A}\ell+^{4}_{2}\text{He}\rightarrow^{30}_{15}\text{P}+^{1}_{0}\text{n}$.

א. הראה כי במשוואה זו מתקיימים שימור של מספר הנוקלאונים ושימור של המטען החשמלי.

בשנת 1932 גילה הפיזיקאי האמריקני קארל אנדרסון את הפוזיטרון, שהוא ה"אנטי חלקיק" של האלקטרון. מסת הפוזיטרון שווה למסת האלקטרון, אך המטען החשמלי של הפוזיטרון הוא חיובי, ושווה בגודלו לגודל של מטען האלקטרון.

ב. איזוטופ הזרחן שנזכר בפתיח לשאלה הוא רדיואקטיבי. הוא מתפרק על ידי פליטה של פוזיטרון $^{0}_{+1}\text{e}$, ומתקבל איזוטופ יציב של צורן, Si.

i. הסבר את המושג "רדיואקטיבי".

ii. רשום את המשוואה המייצגת את תגובת הפירוק של איזוטופ הזרחן.

ג. זמן מחצית החיים של איזוטופ הזרחן הוא: 150 sec. חשב איזה חלק מדגימה של איזוטופ הזרחן יישאר ממנה 450 sec לאחר יצירתה.

ד. זמן החיים של פוזיטרון שנוצר בתגובה המתוארת בסעיף ב' הוא קצר. בתגובה שלו עם אלקטרון, הפוזיטרון והאלקטרון מתאיינים (מתחסלים), ונוצרים שני פוטוני גמא בעלי אותה תדירות.

i. הסבר כיצד תגובה זו מתיישבת עם עקרון שימור האנרגיה.

ii. חשב את האנרגיה של כל אחד משני הפוטונים שנוצרים.

9) בגרות 2013

רוב הכורים הגרעיניים מבוססים על תהליך הביקוע של גרעיני אורניום 235.
בעקבות ההתפרקות של גרעין האורניום נוצרים גרעינים של יסודות אחרים, וכמה ניוטרונים. אחת האפשרויות של התפרקות גרעין האורניום היא היווצרות גרעיני סלניום (Se) וצריום (Ce) (ראה טבלה) ושחרור כמה ניוטרונים.

הגרעין	$^{235}_{92}U$	$^{146}_{58}Ce$	$^{85}_{34}Se$
המסה האטומית (u)	234.9935	145.8782	84.9033

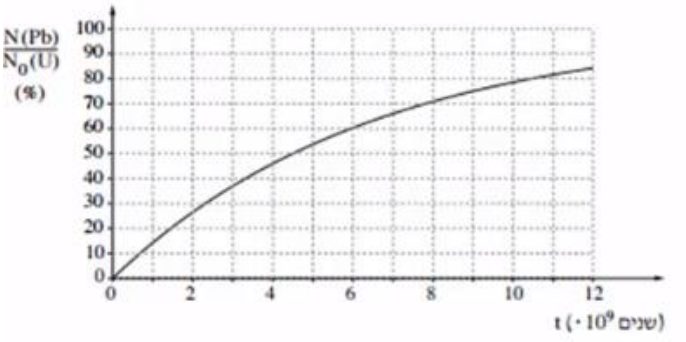
א. כתוב את המשוואה של תהליך ההתפרקות.
ב. מצא כמה אנרגיה משתחררת בתהליך הביקוע של גרעין אורניום אחד.
ג. בתהליך הביקוע חלק מאנרגיית הקשר הגרעינית הופכת לאנרגיה אחרת.
הבא שתי דוגמאות לפחות לאנרגיות המתקבלות בתהליך הביקוע.
ד. הגדר "מהי אנרגיית קשר ממוצעת לנוקלאון".
ה. ביקוע גרעיני והיתוך (מיזוג) גרעיני הם שני תהליכים שאנרגיה משתחררת בהם.
הסבר את ההבדל בין שני התהליכים, בהסברך התייחס לאנרגיית הקשר הממוצעת לנוקלאון.

10) בגרות 2012

סדרת האורניום היא סדרה של התפרקויות רדיואקטיביות המתחילה בגרעין $^{238}_{92}U$.

א. הגרעין $^{238}_{92}U$ מתפרק לגרעין תוריום Th, תוך כדי פליטת חלקיק α.
כתוב את המשוואה של התפרקות זו. ציין בה את מספר המסה ואת המספר האטומי של גרעין התוריום ושל חלקיק α.
ב. סדרת האורניום מסתיימת כאשר מתקבל איזוטופ של עופרת $^{206}_{82}Pb$.
חשב את המספר של התפרקויות α ואת המספר של התפרקויות β^- בסדרה זו.

בעקבות גילוי הרדיואקטיביות בתחילת המאה הקודמת, הציע רתרפורד לקבוע גיל של קרקע בעזרת ההתפרקות של אורניום 238 לעופרת 206.
במעבדה נבדקה דגימת קרקע. אפשר להניח שבקרקע שנדגמה לא היו אטומי $^{206}_{82}Pb$ בזמן $t=0$ (רגע היווצרות הקרקע), ושהמקור של אטומי $^{206}_{82}Pb$ המצויים בה הוא רק באטומי $^{238}_{92}U$ שהתפרקו.
נסמן: $N(Pb)$ הוא מספר אטומי העופרת ברגע מסוים, $N_0(U)$ הוא מספר אטומי האורניום שהיו בדגימה ברגע $t=0$.
בתרשים שלפניך גרף תאורטי ובו מוצג היחס $\frac{N(Pb)}{N_0(U)}$ כתלות בזמן.



ג. מהו האחוז של אטומי האורניום שהתפרקו לאטומי עופרת במהלך $6\cdot10^9$ השנים שחלפו מהזמן $t=0$? הסבר את תשובתך.

ד. מהו זמן מחצית החיים של $^{238}_{92}U$? הסבר את תשובתך.

ה. בקרקע שנדגמה נמצא שמפר אטומי העופרת הוא $\frac{2}{3}$ ממספר אטומי האורניום. חשב את גיל הקרקע בדגימה על פי נתון זה.

11) בגרות 2011

הגרעין $^{107}_{47}Ag$ קולט נויטרון והופך לגרעין חדש, $^{108}_{47}Ag$, שהוא רדיואקטיבי.

הגרעין $^{108}_{47}Ag$ מתפרק ופולט חלקיק β^-. מתהליך ההתפרקות מתקבל גרעין X.

א. כמה פרוטונים וכמה נויטרונים יש בגרעין $^{107}_{47}Ag$?

ב. האם הגרעין X הוא איזוטופ של היסוד Ag? הסבר.

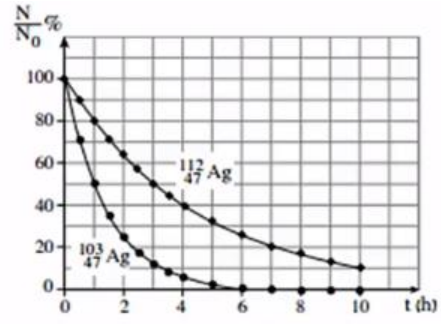
ג. ענה על הסעיפים הבאים:

i. רשום את המשוואות של שני התהליכים הגרעיניים המתוארים (קליטת הנויטרון ופליטת החלקיק β^-).

ii. ציין שני חוקי שימור שהשתמשת בהם בכתיבת המשוואות.

בתרשים שלפניך מוצגים שני גרפים: $\frac{N}{N_0}$ (באחוזים) כפונקציה של זמן, t, המתארים את תהליך ההתפרקות של האיזוטופים $^{103}_{47}Ag$ ו-$^{112}_{47}Ag$.

N_0 - מספר גרעיני האב ברגע $t=0$, N - מספר גרעיני האב ברגע t.



ד. נמצא שברגע $t=3h$, במדגם של איזוטופ $^{103}_{47}Ag$, נשארו $N=4\cdot10^{28}$ גרעיני אב.
חשב את מספר גרעיני האב N_0 במדגם זה ברגע $t=0$.

ה. במעבדה הכינו מדגמים של שני איזוטופים: $^{103}_{47}Ag$ ו- $^{112}_{47}Ag$.
פעילות (מספר התפרקויות בשנייה) של שני המדגמים ברגע $t=0$ שווה.
חשב את היחס בין מספר גרעיני האב בשני המדגמים ברגע $t=0$.

12) בגרות 2009

בשנת 1934 ערכו בני הזוג אירן קירי ופרדריק ז'וליו ניסוי. הם הטילו אלומה של חלקיקי α על רדיד אלומיניום - $^{27}_{13}A\ell$, והתרחשה תגובה גרעינית שהתקבל בה איזוטופ הזרחן, $^{30}_{15}P$, וחלקיק נוסף.

א. ענה על הסעיפים הבאים:

i. רשום את משוואת התהליך הגרעיני שהתרחש בעת הטלת חלקיקי ה- α על רדיד האלומיניום.

ii. ציין מהו החלקיק הנוסף שהתקבל בתגובה הגרעינית.

ב. ציין שני גדלים פיזיקליים שנשמרים בתגובה גרעינית.

ג. מסת האטום של האיזוטופ $^{27}_{13}A\ell$ היא: $M\left(^{27}_{13}A\ell\right)=26.981539u$.

נתון כי:

מסת אלקטרון: $m\left(^{0}_{-1}e\right)=0.000549u$.

מסת נויטרון: $m\left(^{1}_{0}n\right)=1.008665u$.

חשב את אנרגיית הקשר של גרעין $^{27}_{13}A\ell$.

ד. אנרגיית הקשר של גרעין $^{40}_{20}Ca$ היא: $342.073MeV$, ואנרגיית הקשר של גרעין $^{235}_{92}U$ היא: $1,783.963MeV$.
איזה משני גרעינים אלה יציב יותר? נמק.

13) בגרות 2008

א. תוצאות ניסוי רתרפורד (פיזור חלקיקי α על ידי עלה זהב) שוללות את מודל מבנה האטום שהציע תומסון (מודל המכונה לעיתים "מודל עוגת הצימוקים").
הסבר מדוע הן שוללות מודל זה.

ב. בהתפרקות רדיואקטיבית גרעין פולוניום $\left(^{214}_{84}Po\right)$ מתפרק לגרעין עופרת $\left(^{214}Pb\right)$. גרעין העופרת מתפרק התפרקות β^- לגרעין ביסמוט $^{214}_{83}Bi$.
רשום את משוואת התגובה הגרעינית שבה גרעין הביסמוט נוצר מגרעין העופרת.
ציין במשוואה גם את המספר האטומי של העופרת.

ג. מהו סוג ההתפרקות הרדיואקטיבית (המתוארת בסעיף ב'), שבעקבותיה גרעין העופרת נוצר מגרעין הפולוניום? רשום את המשוואה של התפרקות זו.
ציין במשוואה גם את מספר המסה של גרעין הפולוניום.

ד. הכינו במעבדה מדגם של איזוטופ עופרת 214. בתום הכנתו מצאו כי פעילות המדגם היא: $30,000Bq$ (כלומר 30,000 התפרקויות בשנייה).
כעבור מחצית השעה מצאו כי פעילות המדגם היא: $13,900Bq$.
i. חשב את זמן מחצית החיים של עופרת 214.
ii. חשב את מספר גרעיני עופרת 214 שהיו במדגם בתום הכנתו (כאשר פעילותו הייתה: $30,000Bq$).

14) בגרות 2004

הדויטריום הוא איזוטופ של מימן שגרעינו מורכב מפרוטון וניוטרון.
גרעין הדויטריום נקרא דויטרון.
א. הראה, בעזרת נתונים מהנספח, כי מסת הדויטרון שווה ל- $2.013552u$.
(הזנח את אנרגיית הקשר בין האלקטרון לגרעין).
ב. חשב, בעזרת נתונים ונוסחאות מהנספח, את אנרגיית הקשר הגרעינית של הדויטרון. הצג את תשובתך ביחידות של MeV.
ג. האם ייתכן שהדויטרון יהיה תוצר התפרקות β^- של גרעין אטום כלשהו? הסבר.

הטריטיום הוא איזוטופ של מימן (H) שמספר המסה שלו הוא 3. המסה של גרעין הטריטיום היא: $3.015500u$, והוא מתפרק בהתפרקות רדיואקטיבית לאיזוטופ של הליום (He), שמסת הגרעין שלו היא: $3.014931u$.
ד. ענה על הסעיפים הבאים:
i. רשום את הנוסחה של תהליך ההתפרקות.
ii. חשב את האנרגיה הקינטית הכוללת של תוצרי ההתפרקות.
הצג את תשובתך ביחידות MeV.

15) בגרות 2002

גרעין ביסמוט $^{211}_{83}Bi$ הוא גרעין רדיואקטיבי. לגרעין זה שני אופני התפרקות:
באחד נוצר גרעין הבת פולוניום $^{211}_{84}Po$, ובאחר נוצר גרעין הבת טליום $^{207}_{81}T\ell$.
א. רשום את הנוסחה המתארת את התהליך הרדיואקטיבי המביא להיווצרות של כל אחד מגרעיני בת אלה.
ב. האם אפשר לקבוע מראש, לגבי גרעין ביסמוט $^{211}_{83}Bi$ מסוים, אם הוא עתיד להתפרק לגרעין $^{211}_{84}Po$ או לגרעין $^{207}_{81}T\ell$? הסבר.
ג. חלק מגרעיני הבת שהתקבלו מהתפרקות הביסמוט ממשכים להתפרק בתהליך α לאיזוטופ יציב של עופרת, $^{}_{82}Pb$.
חלק אחר מגרעיני הבת שהתקבלו מהתפרקות הביסמוט מתפרק בתהליך β, לאותו איזוטופ של עופרת.
כתוב את הנוסחאות המתארות את שני התהליכים. ציין את מספרי המסה ואת המספרים האטומיים של כל הגרעינים המעורבים בכל אחד מהתהליכים.

ד. זמן מחצית החיים של גרעין $^{211}_{84}\mathrm{Po}$ הוא 0.52 שניות.

זמן מחצית החיים של גרעין $^{207}_{81}\mathrm{T}\ell$ הוא 4.77 דקות.

ברגע מסוים נמצאים במדגם של גרעיני ביסמוט שבתהליך התפרקות 10^{18} גרעיני $^{211}_{84}\mathrm{Po}$ ו-10^{21} גרעיני $^{207}_{81}\mathrm{T}\ell$.

i. חשב, עבור אותו רגע, את קצב ההצטברות של גרעיני האיזוטופ היציב של העופרת, שמקורם בגרעיני ה-$^{211}_{84}\mathrm{Po}$ (ביחידות של גרעינים לשנייה).

ii. חשב, עבור אותו רגע, את קצב ההצטברות של גרעיני האיזוטופ היציב של העופרת, שמקורם בגרעיני ה-$^{207}_{81}\mathrm{T}\ell$.

תשובות סופיות:

1) א. 6 פרוטונים , 8 נויטרונים.

ב.i. $^{14}_{6}C \rightarrow ^{14}_{7}N + ^{0}_{-1}e$, $^{14}_{6}C \rightarrow ^{14}_{7}N + ^{-}B$, הקרינה הנפלטת היא אלקטרון (או B^-).

ii. חוק שימור המטען. ג. $T \approx 2900_{years}$. ד. $T\frac{1}{2} = 3.836 \cdot 10^{-10}\frac{1}{sec}$.

ה.i. $R(t) = 39.2Bq$. ii. 3000 שנה.

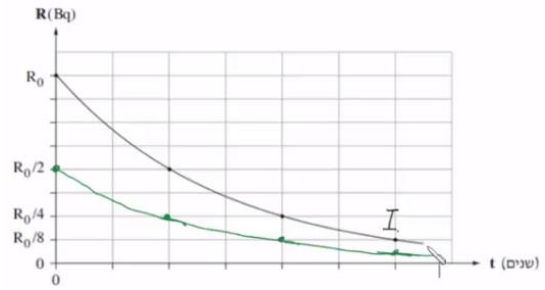
2) א. α - 3 התפרקויות , β^- - 2 התפרקויות. ב. מספר אטומי – 84 , מספר מסה – 218.

ג.i. $T_{\frac{1}{2}} = 3.825_{days}$. ii. $\lambda = 2.1 \cdot 10^{-6}\frac{1}{sec}$. ד. פולניום.

3) א. 38 – המספר האטומי (פרוטונים) , 90 – מספר המסה (נוקלואינים).

ב. 87 שנים. ג. $N = 1.34 \cdot 10^{22}$. ד.i. $\lambda = 7.57 \cdot 10^{-10}\frac{1}{sec}$.

ii. $R_0 = 1.01 \cdot 10^{13}Bq$. ה.



4) א. ראה סרטון. ב. $^{3}_{2}He$. ג. iii. ד. $\Delta 28.3MeV$ ה. ii.

5) א. ראה סרטון. ב. $^{222}_{86}R_n \rightarrow ^{218}_{84}Po + ^{4}_{2}He$. ג. $T_{\frac{1}{2}} = 3.8_{days}$.

ד.i. $R = \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$. ii. $t = 18.5_{days}$. ה. ראה סרטון.

6) א.i. $^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{140}_{54}Xe + ^{93}_{38}Sr + 3\cdot ^{1}_{0}n$. ii. ראה סרטון.

ב. האנרגיה שיש להשקיע או לתת לגרעין מסוים בממוצע כדי לעקור ממנו נוקלאון בודד. ג. גדולה. ד. $\frac{E_{B\,Xe}}{A} = 8.29MeV$.

7) א. $^{131}_{52}Te \rightarrow ^{131}_{53}I$. ב. $^{131}_{53}I \rightarrow ^{131}_{54}Xe + ^{0}_{-1}e + \bar{\nu}$.

ג.i. קצב התפרקות יסוד רדיואקטיבית / כמה התפרקויות ביחי' זמן (שניה), $B_q \leftarrow \frac{1}{sec}$.

ii. $R_{Te} > R_I$. ד. ראה סרטון. ה. יוד : 91.7% , טלור : $4.58 \cdot 10^{-16} \rightarrow 0$.

8) א. ראה סרטון. ב.i. חומר שהגרעין שלו אינו יציב והוא מתפרק/ יכול להתפרק בפרק זמן מסוים לגרעין אחר. ii. $^{30}_{15}P \rightarrow ^{30}_{14}Si + ^{0}_{+1}e + \nu$.

ג. $\frac{1}{8}$. ד.i. ראה סרטון. ii. 511keV כל פוטון.

9) א. $^{235}_{92}U \rightarrow ^{146}_{58}Ce + ^{85}_{34}Se + 4^{1}_{0}n$. ב. $\Delta E = 1105MeV$.

ג. אנרגיה קינטית לתוצרים , אנרגיה של פוטונים שנפלטים מהגרעין.

ד. האנרגיה שיש להשקיע כדי לעקור בממוצע נוקלאון בודד מהגרעין.

ה. ראה סרטון.

10) א. $^{238}_{92}U \rightarrow ^{234}_{90}Th + ^{4}_{2}He$. ב. $N_{\alpha} = 8$, $N_{\beta^-} = 6$.

ג. 40%. ד. $T_{\frac{1}{2}} = 4.54 \cdot 10^{9}_{\text{years}}$. ה. $t = 3.35 \cdot 10^{9}_{\text{years}}$.

11) א. פרוטונים: 47 , נויטרונים: 60. ב. לא.

ג.i. תהליך 1: $^{107}_{47}Ag + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{108}_{47}Ag$, תהליך 2: $^{108}_{47}Ag \rightarrow ^{108}_{48}X + ^{0}_{-1}e + \bar{\nu}$.

ii. חוק שימור המטען, חוק שימור מס' הנוקלאונים הכולל.

ד. $N_0 = 3.2 \cdot 10^{29}$. ה. $\frac{1}{3}$.

12) א.i. $^{27}_{13}A\ell + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{30}_{15}P + ^{1}_{0}n$. ii. נויטרון.

ב. חוק שימור המטען, חוק שימור מספר הנוקלאומים. ג. $E_b = 225MeV$ ד. $^{40}_{20}Ca$.

13) א. ראה סרטון. ב. $^{214}_{82}Pb \rightarrow ^{214}_{83}Bi + ^{0}_{-1}e + \bar{\nu}$.

ג. התפרקות α , $^{218}_{84}Po \rightarrow ^{214}_{82}Pb + ^{4}_{2}He$. ד.i. $T_{\frac{1}{2}} = 0.45_{\text{hours}}$.

ii. $N_0 = 7.02 \cdot 10^{7}$.

14) א. הוכחה. ב. $\Delta E = 2.23MeV$. ג. לא. ד.i. $^{3}_{1}H \rightarrow ^{3}_{2}He + ^{0}_{-1}e + \bar{\nu}$.

ii. $\Delta E = 0.0186MeV$.

15) א. התפרקות β^-: $^{211}_{83}Bi \rightarrow ^{211}_{84}Po + ^{0}_{-1}e + \bar{\nu}$, התפרקות α: $^{211}_{83}Bi \rightarrow ^{207}_{81}Te + ^{4}_{2}He$.

ב. לא. ג. $^{211}_{84}Po \rightarrow ^{207}_{82}Pb + ^{4}_{2}He$ -ו $^{207}_{81}Te \rightarrow ^{207}_{82}Pb + ^{0}_{-1}e + \bar{\nu}$.

ד.i. $R_{Po} = 1.33 \cdot 10^{18}Bq$. ii. $R_{Te} = 2.42 \cdot 10^{18}Bq$.

אנרגיית קשר של הגרעין ויציבות גרעינים

שאלות

1) חשבו את אנרגיית הקשר הגרעינית של ליתיום 7.

2) מצאו את אנרגיית הקשר הממוצעת לנוקליאון של פחמן 12.

תשובות סופיות

1) $\Delta E = 39.2\,\text{MeV}$

2) $E = 7.684$

רדיואקטיביות

שאלות

1) תרגיל 1

תוריום 228 מתפרק התפרקות אלפא ונוצר גרעין בת של רדיום 224.

א. השלם את משוואת התהליך: $^{228}_{90}\mathrm{Th} \rightarrow ^{?}_{?}\mathrm{Ra} + ?$.

ב. מצא את האנרגיה הקינטית המקסימלית האפשרית שתהיה לתוצר החסר.

נתון שמסתו האטומית של תוריום 228 היא $228.0287411u$,
ומסתו האטומית של רדיום 224 היא $224.020186u$.

ג. הסבר מדוע כמעט בכל המקרים האנרגיה הקינטית של התוצר השני תהיה קטנה מהערך שחישבת בסעיף ב.

2) תרגיל 2

עורכים ניסוי עם חומר רדיואקטיבי בשם ביסמוט $\left(^{210}_{83}\mathrm{Bi}\right)$.

נמצא, שחומר זה מתפרק התפרקות בטא מינוס לחומר לא-ידוע בשם פולוניום (Po).

א. כתוב את משוואת ההתפרקות.

ב. בניסוי המשך עם חומר זה מודדים את מהירות החלקיקים הנפלטת מהגרעין, ומשרטטים גרף של מספר החלקיקים הנפלטים בעלי אנרגיה קינטית מסוימת, כתלות באנרגיה קינטית זו.
התקבל הגרף הבא:

נתון שמסתו האטומית של ביסמוט זה היא $209.98412u$,
ושמסתו האטומית של פולוניום זה היא $209.98287u$.

i. הסבר כיצד נקודת החיתוך של הגרף עם הציר האופקי תומכת בחוק שימור מסה-אנרגיה.

ii. הסבר מדוע שאר הנקודות בגרף לא סותרות חוק שימור זה, ואיזה תגלית היסטורית הוסקה בעזרת גרף זה.

3) תרגיל 3

נתון מדגם של חומר רדיואקטיבי בעל 10^{10} גרעינים וזמן מחצית חיים של יומיים וחצי.

א. כמה גרעינים רדיואקטיביים יישארו במדגם לאחר יומיים וחצי?

ב. כמה גרעיני בת ייווצרו לאחר 7 וחצי ימים?

ג. כמה גרעיני אב יישארו לאחר 9 ימים?

ד. מה תהיה הפעילות לאחר 9 ימים?

4) תרגיל 4

נתון מדגם של נתרן 24 $\left(^{24}_{11}\mathrm{Na}\right)$ שמתפרק התפרקות בטא מינוס למגנזיום (Mg).
מסת המדגם – 2 גרם. המסה האטומית של נתרן 24 היא 23.990962u .
זמן מחצית החיים של נתרן היא 15 שעות.

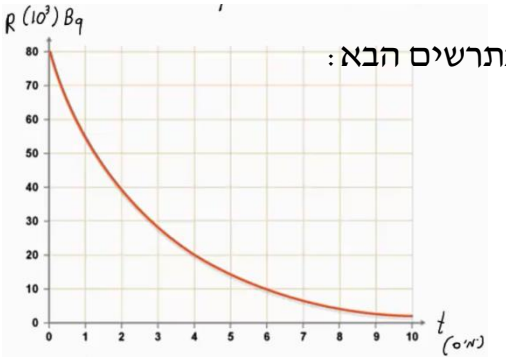
א. כתוב את משוואת תהליך ההתפרקות.

ב. מה פעילות מדגם זה ברגע $t=0$?

ג. מה תהיה פעילותו (בבקרל) לאחר 30 שעות?

ד. כמה גרעיני בת יוצרו לאחר 42 שעות?

5) תרגיל 5



חומר רדיואקטיבי מסוים מתפרק, כמופיע בתרשים הבא:

א. מהו זמן מחצית החיים של החומר?

ב. מתי תהיה פעילותו 10^4 בקרל?

ג. מה תהיה פעילותו ברגע $t=17\ \mathrm{days}$?

ד. הוסף לתרשים עקומה המתארת את כמות גרעיני הבת שנוצרו בתהליך, כתלות בזמן.

6) תרגיל 6

אורניום 235 $\left(^{235}_{92}\mathrm{U}\right)$ מתפרק בשרשרת התפרקויות שכוללת 3 התפרקויות אלפא ו-2 התפרקויות בטא מינוס.

א. מצא את המספר האטומי ומספר המסה של הגרעין החדש שנוצר.

אותו $\left(^{235}_{92}\mathrm{U}\right)$ ממשיך בשרשרת ההתפרקות שלו, ומסיים כאיזוטופ יציב של עופרת $\left(^{207}_{82}\mathrm{Pb}\right)$.

ב. מצא כמה התפרקויות אלפא וכמה התפרקויות בטא מינוס עבר בתהליך.

7) תרגיל 7

פעילותו של 1 ק״ג חומר אורגני (חי) נמדדה ושווה ל-231 בקרל.

א. i. מה תהיה פעילותו של חומר אורגני שמת לפני 5,736 שנה?

ii. לפני 11,472 שנה?

ב. פעילותה של עריכת חומר (1 ק״ג) שנחפרה באפריקה נמדדה, ונמצא כי היא שווה ל-160 בקרל.
מתי הפסיק לתפקד חומר זה?

ג. מה תהיה פעילותו של 1 ק״ג חומר אורגני שהפסיק לתפקד לפני שבוע?

ד. מה תהיה פעילותו של 1 ק״ג חומר אורגני שהפסיק לתפקד לפני 65 מיליון שנה?

תשובות סופיות

1) א. ${}^{228}_{90}\mathrm{Th} \rightarrow {}^{224}_{88}\mathrm{Ra} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$ ב. $Ev_{max} = -5.55\,\mathrm{MeV}$ ג. $Ev_{max} < -5.55\,\mathrm{MeV}$

2) א. ${}^{210}_{83}Bi \rightarrow {}^{210}_{84}Po + {}^{0}_{-1}e + \bar{V}$ ב. הסברים בסרטון.

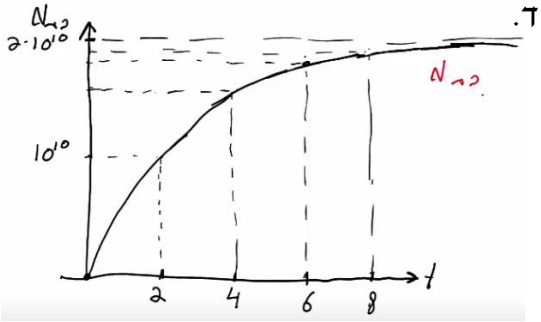
3) א. $5\cdot10^{9}$ ב. $8.75\cdot10^{9}$ ג. $8.25\cdot10^{8}$ ד. $2645\mathrm{Bq}$

4) א. ${}^{24}_{1}\mathrm{Na} \rightarrow {}^{24}_{12}\mathrm{Mg} + {}^{0}_{-1}e + \bar{V}$ ב. $6.43\cdot10^{17}\,\mathrm{Bq}$ ג. $1.61\cdot10^{17}\,\mathrm{Bq}$

ד. $4.3\cdot10^{22}$

5) א. יומיים. ב. אחרי שישה ימים. ג. $221\mathrm{Bq}$

ד.



6) א. ${}^{223}_{88}\mathrm{Ra}$ ב. 7 התפרקויות אלפא ו-4 בטא.

7) א1. $115.5\mathrm{Bq}$ א2. $57.75\mathrm{Bq}$ ב. לפני 3,031 שנה בערך.

ג. אי אפשר לדעת. ד. $R \rightarrow 0$

תגובות גרעיניות

שאלות

1) תרגיל 1

יורים על גרעין $^{27}_{13}\mathrm{Al}$, שמסתו האטומית 26.981538u , גרעין הליום.

בתגובה נוצר גרעין לא ידוע, שמסתו 29.9783138u , וחלקיק נוסף – נויטרון.

א. כתוב את משוואת התגובה הגרעינית, והשלם את המספרים לגרעין הלא-ידוע שסימונו P .

ב. כמה אנרגיה מינימלית יש לתת לחלקיק האלפא בתגובה, כדי שתתרחש תגובה זו?

ג. נותנים לו אנרגיה כפולה מהאנרגיה שחישבנו בסעיף ב.
לאן תלך אנרגיה זו לאחר התגובה?

2) תרגיל 2

נתונה התגובה הבאה: $^{2}_{1}\mathrm{H}+^{2}_{1}\mathrm{H}\rightarrow^{3}_{2}\mathrm{H}+?$.

א. השלם את התגובה.

ב. נתון שאנרגיית הקשר לנוקליאון לדויטוריום $\left(^{2}_{1}\mathrm{H}\right)$ היא $1.11226\,\mathrm{MeV}$,
ולהליום 3 $\left(^{3}_{2}\mathrm{H}\right)$ היא $2.5727\,\mathrm{MeV}$.
מצא כמה אנרגיה מינימלית יש להשקיע בתגובה הנ"ל, כדי שתקרה.

תשובות סופיות

1) א. $^{27}_{13}\mathrm{Al}+^{4}_{2}\mathrm{He}\rightarrow^{30}_{15}\mathrm{P}+^{1}_{0}\mathrm{h}$ ב. $\Delta E=2.65\,\mathrm{MeV}$

ג. אנרגיה קינטית לתוצרים ופליטה של אנרגיה בצורת פוטונים.

2) א. $^{2}_{1}\mathrm{H}+^{2}_{1}\mathrm{H}\rightarrow^{3}_{2}\mathrm{H}+^{1}_{0}\mathrm{n}$ ב. התהליך יקרה מעצמו (0).

אנרגיית קשר של הגרעין ויציבות גרעינים:

שאלות:

1) תרגיל 1

חשבו את אנרגיית הקשר הגרעינית של ליתיום 7.

2) תרגיל 2

מצאו את אנרגיית הקשר הממוצעת לנוקליאון של פחמן 12.

תשובות סופיות:

1) $\Delta E = 39.2\,MeV$

2) $E = 7.684$

רדיואקטיביות:

שאלות:

1) תרגיל 1

תוריום 228 מתפרק התפרקות אלפא ונוצר גרעין בת של רדיום 224.

א. השלם את משוואת התהליך: $^{228}_{90}Th \rightarrow ^{?}_{?}Ra + ?$.

ב. מצא את האנרגיה הקינטית המקסימלית האפשרית שתהיה לתוצר החסר.

נתון שמסתו האטומית של תוריום 228 היא: $228.0287411u$, ומסתו האטומית של רדיום 224 היא: $224.020186u$.

ג. הסבר מדוע כמעט בכל המקרים האנרגיה הקינטית של התוצר השני תהיה קטנה מהערך שחישבת בסעיף ב'?

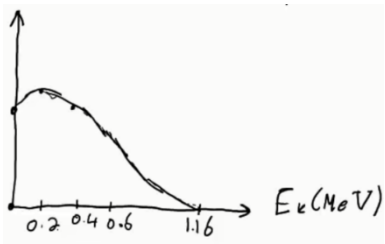
2) תרגיל 2

עורכים ניסוי עם חומר רדיואקטיבי בשם ביסמוט $\left(^{210}_{83}Bi\right)$.

נמצא, שחומר זה מתפרק התפרקות בטא מינוס לחומר לא-ידוע בשם פולוניום (Po).

א. כתוב את משוואת ההתפרקות.

ב. בניסוי המשך עם חומר זה מודדים את מהירות החלקיקים הנפלטת מהגרעין, ומשרטטים גרף של מספר החלקיקים הנפלטים בעלי אנרגיה קינטית מסוימת, כתלות באנרגיה קינטית זו.
התקבל הגרף הבא:



נתון שמסתו האטומית של ביסמוט זה היא: $209.98412u$, ושמסתו האטומית של פולוניום זה היא: $209.98287u$.

i. הסבר כיצד נקודת החיתוך של הגרף עם הציר האופקי תומכת בחוק שימור מסה-אנרגיה.

ii. הסבר מדוע שאר הנקודות בגרף לא סותרות חוק שימור זה, ואיזה תגלית היסטורית הוסקה בעזרת גרף זה.

3) תרגיל 3

נתון מדגם של חומר רדיואקטיבי בעל 10^{10} גרעינים וזמן מחצית חיים של יומיים וחצי.

א. כמה גרעינים רדיואקטיביים יישארו במדגם לאחר יומיים וחצי?

ב. כמה גרעיני בת ייווצרו לאחר 7 וחצי ימים?

ג. כמה גרעיני אב יישארו לאחר 9 ימים?

ד. מה תהיה הפעילות לאחר 9 ימים?

4) תרגיל 4

נתון מדגם של נתרן 24 $\left(^{24}_{11}\mathrm{Na}\right)$ שמתפרק התפרקות בטא מינוס למגנזיום $\left(\mathrm{Mg}\right)$.

מסת המדגם – 2 גרם. המסה האטומית של נתרן 24 היא: $23.990962\mathrm{u}$.

זמן מחצית החיים של נתרן היא 15 שעות.

א. כתוב את משוואת תהליך ההתפרקות.

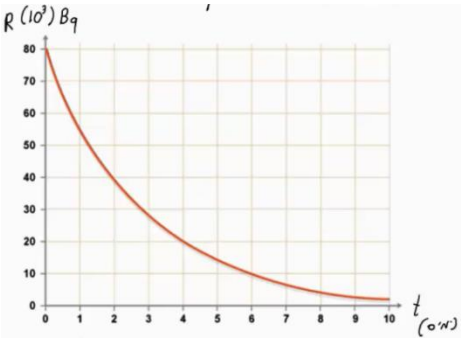
ב. מה פעילות מדגם זה ברגע $t=0$?

ג. מה תהיה פעילותו (בבקרל) לאחר 30 שעות?

ד. כמה גרעיני בת יוצרו לאחר 42 שעות?

5) תרגיל 5

חומר רדיואקטיבי מסוים מתפרק, כמופיע בתרשים הבא:



א. מהו זמן מחצית החיים של החומר?

ב. מתי תהיה פעילותו 10^4 בקרל?

ג. מה תהיה פעילותו ברגע $t=17\ \mathrm{days}$?

ד. הוסף לתרשים עקומה המתארת את כמות גרעיני הבת שנוצרו בתהליך, כתלות בזמן.

6) תרגיל 6

אורניום 235 $\left(^{235}_{92}\mathrm{U}\right)$ מתפרק בשרשרת התפרקויות שכוללת 3 התפרקויות אלפא ו-2 התפרקויות בטא מינוס.

א. מצא את המספר האטומי ומספר המסה של הגרעין החדש שנוצר.

אותו $\left(^{235}_{92}\mathrm{U}\right)$ ממשיך בשרשרת ההתפרקות שלו, ומסיים כאיזוטופ יציב של עופרת $\left(^{207}_{82}\mathrm{Pb}\right)$.

ב. מצא כמה התפרקויות אלפא וכמה התפרקויות בטא מינוס עבר בתהליך.

7) תרגיל 7

פעילותו של 1 ק״ג חומר אורגני (חי) נמדדה ושווה ל-231 בקרל.

א. ענה על הסעיפים הבאים:

i. מה תהיה פעילותו של חומר אורגני שמת לפני 5,736 שנה?

ii. לפני 11,472 שנה?

ב. פעילותה של ערימת חומר (1 ק״ג) שנחפרה באפריקה נמדדה, ונמצא כי היא שווה ל-160 בקרל.
מתי הפסיק לתפקד חומר זה?

ג. מה תהיה פעילותו של 1 ק״ג חומר אורגני שהפסיק לתפקד לפני שבוע?

ד. מה תהיה פעילותו של 1 ק״ג חומר אורגני שהפסיק לתפקד לפני 65 מיליון שנה?

תשובות סופיות:

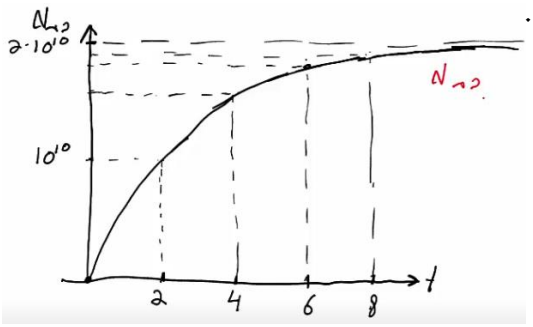
1) א. $^{228}_{90}Th \rightarrow ^{224}_{88}Ra + ^{4}_{2}He$ ב. $Ev_{max} = -5.55MeV$ ג. $Ev_{max} < -5.55MeV$

2) א. $^{210}_{83}Bi \rightarrow ^{210}_{84}Po + ^{0}_{-1}e + \bar{V}$ ב. הסברים בסרטון.

3) א. $5 \cdot 10^{9}$ ב. $8.75 \cdot 10^{9}$ ג. $8.25 \cdot 10^{8}$
ד. 2645Bq

4) א. $^{24}_{1}Na \rightarrow ^{24}_{12}Mg + ^{0}_{-1}e + \bar{V}$ ב. $6.43 \cdot 10^{17}Bq$ ג. $1.61 \cdot 10^{17}Bq$
ד. $4.3 \cdot 10^{22}$

5) א. יומיים. ב. אחרי שישה ימים. ג. 221Bq
ד.



6) א. $^{223}_{88}Ra$ ב. 7 התפרקויות אלפא ו-4 בטא.

7) א.i. 115.5Bq א.ii. 57.75Bq ב. לפני 3,031 שנה בערך.
ג. אי אפשר לדעת. ד. $R \rightarrow 0$

תגובות גרעיניות:

שאלות:

1) תרגיל 1

יורים על גרעין $^{27}_{13}Al$, שמסתו האטומית: $26.981538u$, גרעין הליום.

בתגובה נוצר גרעין לא ידוע, שמסתו: $29.9783138u$, וחלקיק נוסף – נויטרון.

א. כתוב את משוואת התגובה הגרעינית, והשלם את המספרים לגרעין הלא-ידוע שסימונו P.

ב. כמה אנרגיה מינימלית יש לתת לחלקיק האלפא בתגובה, כדי שתתרחש תגובה זו?

ג. נותנים לו אנרגיה כפולה מהאנרגיה שחישבנו בסעיף ב'.
לאן תלך אנרגיה זו לאחר התגובה?

2) תרגיל 2

נתונה התגובה הבאה: $^{2}_{1}H+^{2}_{1}H\rightarrow^{3}_{2}H+?$.

א. השלם את התגובה.

ב. נתון שאנרגיית הקשר לנוקליאון לדויטוריום $\left(^{2}_{1}H\right)$ היא: $1.11226\,MeV$,
ולהליום 3 $\left(^{3}_{2}H\right)$ היא: $2.5727\,MeV$.
מצא כמה אנרגיה מינימלית יש להשקיע בתגובה הנ"ל, כדי שתקרה.

תשובות סופיות:

1) א. $^{27}_{13}Al+^{4}_{2}He\rightarrow^{30}_{15}P+^{1}_{0}h$ ב. $\Delta E=2.65\,MeV$

ג. אנרגיה קינטית לתוצרים ופליטה של אנרגיה בצורת פוטונים.

2) א. $^{2}_{1}H+^{2}_{1}H\rightarrow^{3}_{2}H+^{1}_{0}n$ ב. התהליך יקרה מעצמו (0).