

קורס בפיזיקה לכיתה יב



תוכן העניינים:

פרק 1 - מבנה החומר	1
פרק 2 - הכוח החשמלי - חוק קולון- לפי המיקוד של 2026 לא תהיה שאלה עם שימוש בסוס	
פרק 3 - השדה החשמלי-לפי המיקוד של 2026 לא תהיה שאלה עם שימוש בסוס	
פרק 4 - חוק גאוס (ברמה איכותית בלבד מספיק לרמה של הבגרות)- לפי המיקוד של 2026	
פרק 5 - תנועה בשדה חשמלי אחיד	11
פרק 6 - מוליכים	13
פרק 7 - מתח, פוטנציאל ואנרגיה פוטנציאלת חשמלית- לפי המיקוד של 2026 לא יהיו הנוש	
פרק 8 - זרם מתח והתנגדות	25
פרק 9 - אנרגיה והספק במעגל החשמלי	29
פרק 10 - חיבור נגדים וחוקי קירכהוף	32
פרק 11 - חומרים דיאלקטריים	42
פרק 12 - קבלים-ירד במיקוד של 2026	43
פרק 13 - השדה המגנטי	56
פרק 14 - הכוח המגנטי	58
פרק 15 - חוק פארדיי והשראות מגנטית (כאמ מושרה)	68
פרק 16 - פתרון בגריות בחשמל ומגנטיות	71
פרק 17 - גלים חד ממדיים	71
פרק 18 - גלי מים (גלים דו ממדיים)	82
פרק 19 - התאבכות גלי אור- גלים תלת ממדיים	93
פרק 20 - גלי אור- גלים אלקטרו-מגנטיים	113
פרק 21 - האפקט הפוטואלקטרי	113
פרק 22 - האטום- התפתחות הסטורית ומודל האטום של בוהר	133
פרק 23 - גרעין האטום, אנרגיית הגרעין ורדיואקטיביות	152
פרק 24 - מעבדת חקר ושאלון חקר-בקיץ 26 במעבדת החקר- יופיעו 2 שאלות על 2 מתוך	

קורס בפיזיקה לכיתה יב

פרק 2

הכוח החשמלי - חוק קולון- לפי המיקוד של 2026 לא תהיה שאלה עם שימוש בסופרפוזיציה אבל מומלץ להכיר את הנושא

1..... הכוח החשמלי - חוק קולון

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: $\vec{r}_2(8m, 0)$.

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: $\vec{r}_2(5m, 3m)$.

א. חשב את הכוח החשמלי הפועל על כל גוף גודל וכיוון.

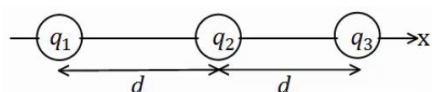
ב. מהי תאוצת כל גוף באותו הרגע אם מסותיהן הן: $m_1 = 3kg$, $m_2 = 8kg$.

4) 3 מטענים על ציר ה-X

שלושה מטענים מונחים על ציר ה-x במרווחים של $d = 10cm$ אחד מהשני.

גודל המטענים הוא: $q_1 = 2\mu c$, $q_2 = -10\mu c$, $q_3 = 5\mu c$.

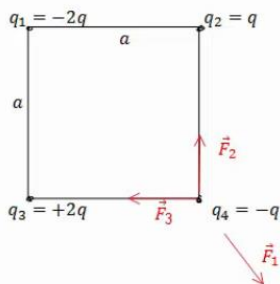
מצא את הכוח הפועל על כל מטען גודל וכיוון.

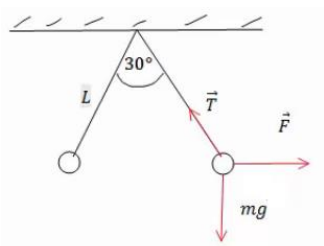


תרגילים:

5) מטען בפינת ריבוע

חשב את הכוח הפועל על המטען בפינה הימנית התחתונה של הריבוע. q ו-a נתונים.



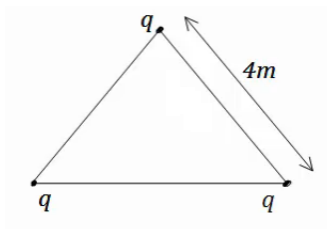


(6) שני כדורים תלויים

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.

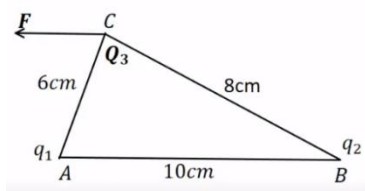
(7) מהירות זוויתית באטום המימן

אטום המימן מורכב מפרוטון בגרעין ואלקטרון הסובב סביב הגרעין בתנועה מעגלית ברדיוס של 0.53 אנגסטרומ. מצא את המהירות הזוויתית של האלקטרון, אם ידוע כי מסת האלקטרון היא: $m_e = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ ומטען האלקטרון והפרוטון הוא: $q_e = -1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C} = -q_p$.



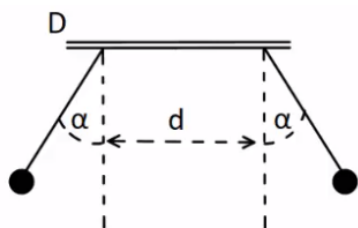
(8) מטענים בקודקודי משולש

שלושה מטענים זהים נמצאים על קודקודיו של משולש שווה צלעות. גודל כל מטען הוא $q = 2 \mu\text{C}$ ואורך צלע המשולש היא 4 m . 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: $Q_3 = 3 \mu\text{C}$ 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 $\angle ACB$ היא זווית ישרה.
ג. מהו גודלו של הכוח השקול F ?



(10) שני מטענים תלויים

שני כדורים שמסתם זהות $m = 8 \text{ gr}$ ומטען זהה q , תלויים באמצעות חוטים משתי נקודות שהמרחק ביניהם הוא $d = 2 \text{ cm}$. נתון: $\alpha = 30^\circ$ ו- $l = 3 \text{ cm}$. בטא את גודל המטען q באמצעות d, m, l, α וחשב את גודל המטען q .

תשובות סופיות:

$$(1) \quad F = -2.56 \cdot 10^9 \text{ N}, \text{ כוח המשיכה.}$$

$$(2) \quad \text{א. שניהם נעים בכיוונים הפוכים, ב- } F = 21.6 \text{ N. ב. } a_1 = -7.2 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \hat{x}, a_2 = 2.7 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \hat{x}$$

$$(3) \quad \text{א. } |F_1| = |F_2| = 7.94 \cdot 10^{-2} \text{ N}, \theta_1 = 30.96^\circ, \theta_2 = 210.96^\circ. \text{ ב. } a_1 \approx 2.65 \cdot 10^{-2} \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$$

$$(4) \quad \sum \vec{F}_1 = 15.75 \text{ N} \hat{x}, \sum \vec{F}_2 = 27 \text{ N} \hat{x}, \sum \vec{F}_1 = 42.75 \text{ N} \hat{x}$$

$$(5) \quad \sum F_y = \frac{kq^2}{a^2} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

$$(6) \quad q = \sqrt{\frac{mg}{k} \tan(15^\circ) L^2 (2 - \sqrt{3})}$$

$$(7) \quad \omega = \sqrt{17} \cdot 10^{16} \frac{1}{\text{sec}}$$

$$(8) \quad \sum F = 3.897 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

$$(9) \quad \text{א. } q_1 : \text{שלילי}, q_2 : \text{חיובי. ב. } q_2 = 7.11 \mu\text{C. ג. } \sum F_x = 37.5 \text{ N}$$

$$(10) \quad q \approx 5.2 \cdot 10^{-8} \text{ C}, q = \sqrt{\frac{mg \tan \alpha}{k}} (d + 2l \sin \alpha)$$

קורס בפיזיקה לכיתה יב

פרק 3

השדה החשמלי-לפי המיקוד של 2026 לא תהיה שאלה עם שימוש בסופרפוזיציה אבל מומלץ להכיר את הנושא

השדה החשמלי 4

השדה החשמלי:

שאלות:

שדה חשמלי של מטענים נקודתיים:

(1) שדה בשתי נקודות

מטען q נמצא בראשית הצירים.

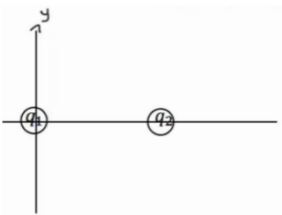
א. חשב את השדה בנקודות: $(0, 2m)$, $(1m, 3m)$, אם נתון ש- $q = 5c$ (גודל וכיוון).

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. $(2cm, 1cm)$

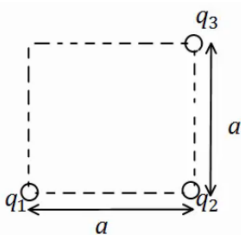
(3) חישוב שדה שקול בפינה של ריבוע

מטענים: q_1 , q_2 , q_3 נמצאים בשלוש פינותיו של ריבוע

בעל צלע a .

מהו השדה בפינה הרביעית?

q_1 , q_2 , q_3 , a נתונים.

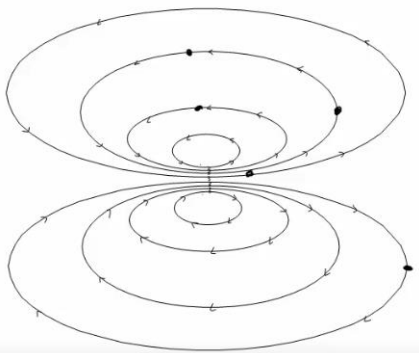


(4) קווי שדה

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: $-5 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ חשב בכוח חשמלי שגודלו: $4 \cdot 10^{-8} \text{ N}$ 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: $q_1 = 3 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ ו- $q_2 = -5 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ מרוחקים 1.8 m זה מזה.
באיזו נקודה מתאפס השדה החשמלי על הקו המחבר בין המטענים?
- (11) שדה בכמה נקודות**
מטען: $q_1 = 4 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ נמצא בראשית. מטען אחר של: $q_2 = -2 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ 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

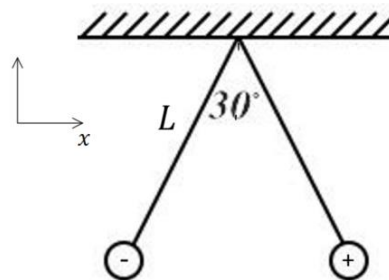
באורך: $L = 8\text{cm}$.

מסת הכדורים זהה ושווה ל- 4gr , מטעני הכדורים הם: $6 \cdot 10^{-8}\text{C}$

ו- $-6 \cdot 10^{-8}\text{C}$, 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 ביניהם?



תשובות סופיות:

(1) א. $\vec{E} = 1.42 \cdot 10^9 \hat{x} + 4.27 \cdot 10^9 \hat{y}$ ב. $\vec{E} = 6.3 \cdot 10^9 \hat{x} + 15.75 \cdot 10^9 (-\hat{y})$

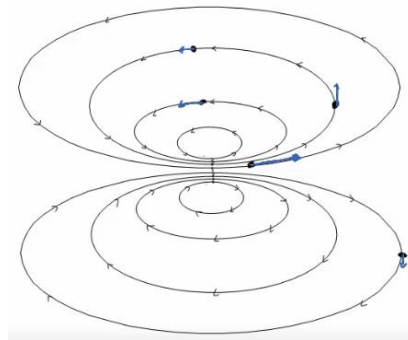
ג. $\vec{F} = 4.26 \cdot 10^9 \hat{x} + 12.81 \cdot 10^9 \hat{y}$ ד. $\vec{F}_3 = -4 \cdot (1.42 \cdot 10^9 \hat{x} + 4.27 \cdot 10^9 \hat{y})$

(2) $E_{1_x} = 8.05 \cdot 10^7, E_{1_y} = 4.03 \cdot 10^7, E_{2_x} = -12.73 \cdot 10^7, E_{2_y} = 12.73 \cdot 10^7$

$E_{T_x} = -4.68 \cdot 10^7, E_{T_y} = 16.77 \cdot 10^7$

(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. $1.28 \cdot 10^{-18} N$, 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) $4.94 \cdot 10^5 \frac{N}{C}$

קורס בפיזיקה לכיתה יב

פרק 4

חוק גאוס (ברמה איכותית בלבד מספיק לרמה של הבגרות) - לפי המיקוד של 2026 הנושא לא יהיה אבל מומלץ לעבור עליו ברפרוף

הסבר 8

חוק גאוס:

רקע:

הקבוע הדיאלקטרי של הריק:

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8.85 \frac{c^2}{N \cdot m^2}$$

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

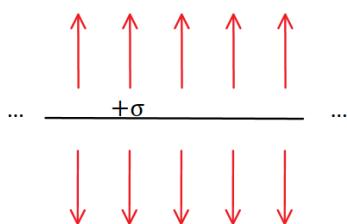
כיוון השדה הוא בכיוון הרדיאלי (כמו מטען נקי)

בקליפה דקה ובכדור מוליך השדה בתוך הקליפה/כדור מוליך הוא אפס.

השדה של מישור אינסופי:

$$E = 2\pi k\sigma = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

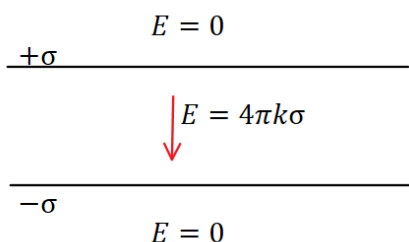
כאשר:



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

$R_1 = 3\text{cm}$ והמטען עליה הוא $Q_1 = 2\mu\text{C}$,

רדיוס הקליפה החיצונית הוא $R_2 = 6\text{cm}$

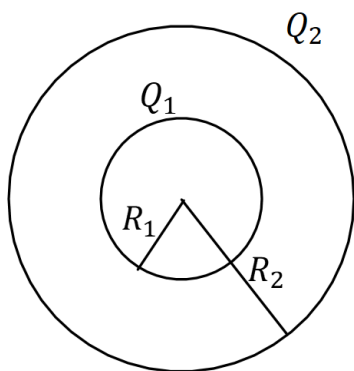
והמטען עליה הוא $Q_2 = 5\mu\text{C}$.

א. חשבו את פונקציות השדה החשמלי בכל המרחב. רמז : סופרפוזיציה.

ב. מה הכוח (גודל וכיוון) שירגיש מטען בגודל

$Q_3 = 0.03\mu\text{C}$ הנמצא במרחק $r = 8\text{cm}$

ממרכז הכדור?



2) שני תיילים מקבילים

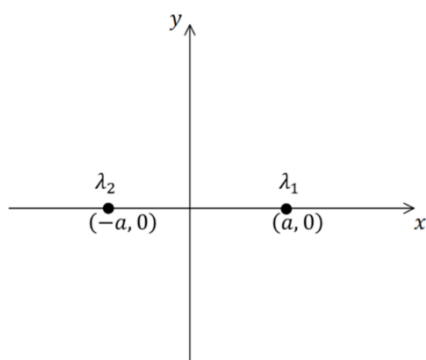
שני תיילים ארוכים מאוד טעונים בצפיפויות

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 ה y .

ב. חזרו על סעיף א עבור $\lambda_1 = -\lambda_2 = \lambda$.



תשובות:

1) א.

$$E = \begin{cases} \frac{63 \cdot 10^3 \frac{N \cdot m^2}{C}}{r^2} & 6cm < r \\ \frac{18 \cdot 10^3 \frac{N \cdot m^2}{C}}{r^2} & 3cm < r < 6cm \\ 0 & r < 3cm \end{cases}$$

בקיוון רדיאלי.

ב. 0.295N בקיוון רדיאלי.

2) א. $\vec{E} = \frac{4k\lambda y}{y^2 + a^2} \hat{y}$

ב. $\vec{E} = -\frac{4k\lambda y}{y^2 + a^2} \hat{x}$

קורס בפיזיקה לכיתה יב

פרק 5

תנועה בשדה חשמלי אחיד

11 תנועה בשדה חשמלי אחיד

תנועה בשדה חשמלי אחיד:

שאלות:

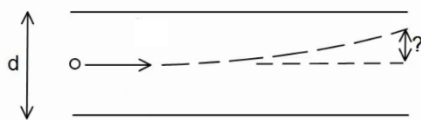
1) מלוח אל לוח

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: $Q = 6 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ והמטען הכולל על הלוח העליון זהה והפוך בסימנו.

משחררים אלקטרון ממנוחה קרוב מאוד ומתחת ללוח העליון: $\left(\begin{matrix} q_e = -1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \\ m_e = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \end{matrix} \right)$

- כמה זמן ייקח לאלקטרון להגיע אל הלוח התחתון?
- מהי מהירותו בזמן פגיעתו בלוח?
- מהי האנרגיה הקינטית של האלקטרון באותו הרגע?

2) חישוב סטייה

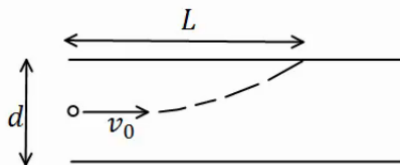


שני לוחות ריבועיים נמצאים אחד מעל השני. אורך הצלע של כל לוח היא 5 ס"מ והמרחק בין הלוחות הוא 2 מ"מ. הלוחות טעונים בצפיפות מטען אחידה. המטען הכולל על הלוח העליון הוא: $Q = 3 \cdot 10^{-11} \text{ C}$, והמטען הכולל על הלוח התחתון זהה והפוך בסימנו.

אלקטרון נע במהירות: $v_0 = 2 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ במקביל ללוחות: $\left(\begin{matrix} q_e = -1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \\ m_e = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \end{matrix} \right)$

- מצא את הסטייה של האלקטרון (כמה זז בציר ה-y) ברגע צאתו מן הלוחות.
- 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.
- מצא את סימנו של המטען, בהנחה שהצפיפות הנתונה חיובית.
- 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. $\theta \approx 1.72^\circ$.

(3) א. סימן המטען שלילי. ב. $\frac{q}{m} = \frac{dv_0^2}{4\pi k \sigma L^2}$.

קורס בפיזיקה לכיתה יב

פרק 7

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

13

מתח, פוטנציאל ואנרגיה פוטנציאלית חשמלית

שאלות

(1) עבודה להביא מטען מהאינסוף

מהי העבודה הדרושה להביא מטען : $Q_1 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ מהאינסוף למרחק : $r = 50 \text{ cm}$ ממטען : $Q_2 = 3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ המקובע במקום?

(2) מטען מגיע עם מהירות מהאינסוף

מטען : $Q_1 = 4 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ בעל מסה : $m = 10^{-3} \text{ kg}$ נע מהאינסוף במהירות : $v_0 = 20 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ כלפי מטען : $Q_2 = 5 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ המקובע למקום.
א. מהו המרחק בו ייעצר רגעית המטען?
ב. מהי מהירות המטען כאשר מרחקו 100 m ?

(3) עבודה להרחיק שני מטענים

חשב את העבודה הדרושה להרחיק שני מטענים : $Q_1 = 3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$, $Q_2 = -4 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ ממרחק : $r_1 = 20 \text{ cm}$ למרחק : $r_2 = 40 \text{ cm}$. בדוק האם הסימן הגיוני.

(4) עבודה להכניס מטען לתוך קליפה טעונה

חשב את העבודה הדרושה להביא מטען של : $Q_1 = 3 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ לתוך קליפה כדורית ברדיוס : $R = 0.8 \text{ m}$ הטעונה בצפיפות מטען משטחית : $\sigma = 2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{C}}{\text{m}^2}$.

(5) עבודה של לוח אינסופי

מטען : $Q = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ נמצא במרחק : $d = 30 \text{ cm}$ מלוח אינסופי הטעון בצפיפות מטען ליחידת שטח : $\sigma = 5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{C}}{\text{m}^2}$.
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: $d = 5 \text{ cm}$.

מצא את העבודה הדרושה להעביר מטען של: $Q = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ מהלוח השלילי אל הלוח החיובי. הזנח את השפעת המטען על השדה של הלוחות.

(7) פוטנציאל שיוצר מטען בשתי נקודות

חשב את הפוטנציאל שיוצר המטען: $Q_1 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ במרחק: $r_1 = 0.8 \text{ m}$

ובמרחק: $r_2 = 0.3 \text{ m}$ מהמטען.

מהי העבודה הדרושה להזיז את המטען: $Q_2 = 5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ מהמרחק הראשון למרחק השני?

(8) 3 מטענים בפינות של ריבוע

בשלוש פינות של ריבוע מקובעים שלושה מטענים זהים: $Q = 2 \cdot 10^{-5} \text{ C}$.

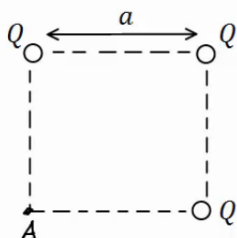
אורך צלע הריבוע היא: $a = 3 \text{ cm}$.

א. חשב את הפוטנציאל בפינה הרביעית של הריבוע.

ב. חשב את הפוטנציאל במרכז הריבוע.

ג. חשב את העבודה הדרושה להזיז את המטען: $q = 3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$

ממרכז הריבוע לקצה הריבוע.



(9) שני מטענים על משולש שווה צלעות

שני מטענים זהים: $Q_1 = Q_2 = 10^{-6} \text{ C}$ נמצאים על קדקודיו של

משולש שווה צלעות בעל אורך צלע: $l = 5 \text{ cm}$.

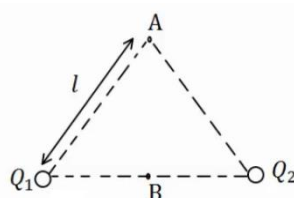
א. מצא את המתח בין הנקודה A הנמצאת בקודקוד

השלילי של המשולש לבין הנקודה B הנמצאת באמצע

הצלע המחברת את שני המטענים.

ב. חשב את העבודה הדרושה להביא מטען של: $q = 5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$

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.

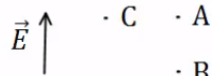
א. איזה מהלוחות טעון במטען חיובי ואיזה

במטען שלילי?

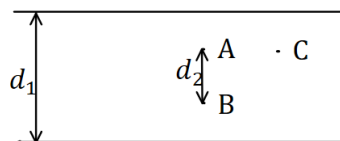
ב. איזה מהלוחות נמצא בפוטנציאל יותר גבוה?

ג. איזו מהנקודות A ו-B נמצאת בפוטנציאל יותר גבוה?

ד. איזה מהנקודות A ו-C, הנמצאות באותו גובה, נמצאת בפוטנציאל יותר גבוה?



11) מתח בין לוחות

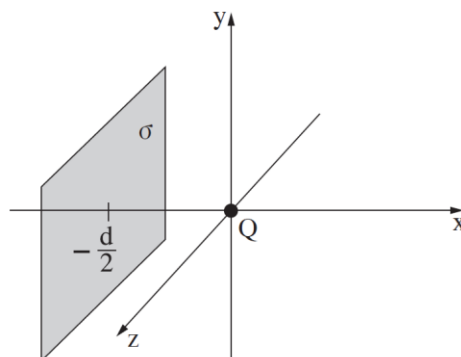


שני לוחות גדולים מאוד נמצאים במרחק $d_1 = 40\text{cm}$ זה מזה. המתח בין הלוחות הוא $\Delta V = 20\text{V}$ וידוע כי הלוח העליון נמצא בפוטנציאל גבוה יותר.

- איזה מהלוחות טעון במטען חיובי ואיזה במטען שלילי?
- מהו השדה בין הלוחות (גודל וכיוון)?
- מהו המתח V_{BA} אם ידוע שהמרחק בין הנקודות A ו B הוא $d_2 = 5\text{cm}$?
- מהי העבודה הדרושה להזיז מטען $Q = 2 \cdot 10^{-6}\text{C}$ מ-A ל-B?
- מהי העבודה הדרושה להזיז מטען $Q = 2 \cdot 10^{-6}\text{C}$ מ-A ל-C - הנמצאת באותו הגובה של A?

12) תרגיל - בגרות חשמל 2022 שאלה 1

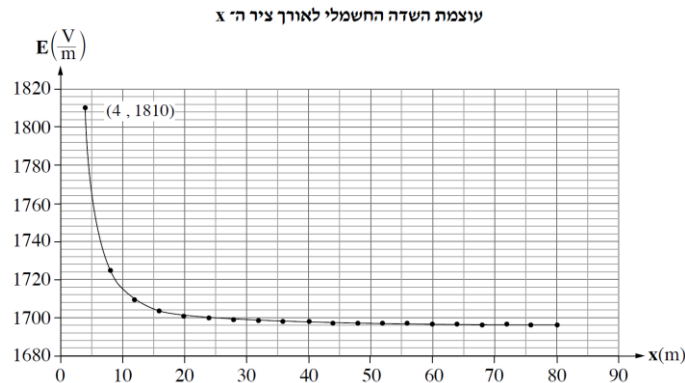
נתונה מערכת המורכבת ממטען נקודתי חיובי שמטענו Q , ומלוח מישורי גדול מאוד ("לוח אין-סופי") הטעון בצפיפות משטחית חיובית אחידה σ . המטען הנקודתי מוחזק במנוחה בראשית הצירים, והלוח ממוקם בנקודה $x = -\frac{d}{2}$ בניצב לציר ה- x (הלוח מקביל למישור yz). המערכת מתוארת בתרשים שלפניכם.



המערכת נמצאת בתנאי ריק. ההשפעה של המטען הנקודתי על צפיפות המטען המשטחית σ ניתנת להזנחה בשאלה כולה.

- בטאו את עוצמת השדה החשמלי, $E(x)$, לאורך ציר ה- x , עבור $x > 0$. השתמשו בפרמטרים Q , σ ובקבועים בסיסיים.

לפניכם גרף המתאר את עוצמת השדה החשמלי, E , בכמה נקודות לאורך ציר ה- x , החל בנקודה $x = d$. נתון: $d = 4\text{m}$, $E(4) = 1810 \frac{\text{V}}{\text{m}}$.



- 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

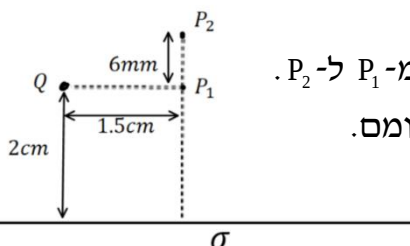
מטען נקודתי $Q = 3\mu\text{C}$ נמצא בגובה 2cm מעל לוח אינסופי הטעון בצפיפות

$$\sigma = 8 \cdot 10^{-4} \frac{\text{C}}{\text{m}^2} \quad \text{אחידה:}$$

א. מצאו את הפוטנציאל בנקודות שבאיור (הניחו שהפוטנציאל של הלוח הוא אפס על הלוח).

ב. מהי העבודה הדרושה להזיז מטען $q = 10^{-10} \text{C}$ מ- P_1 ל- P_2 .

הניחו שהמטען Q והלוח אינם משנים את מיקומם.



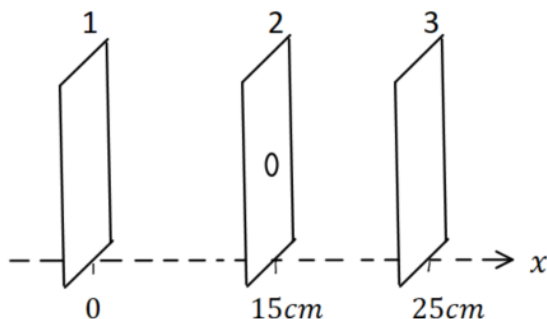
14 חישוב שדה ותנועה בין 3 לוחות

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- $15 \text{ cm} < x < 25 \text{ cm}$

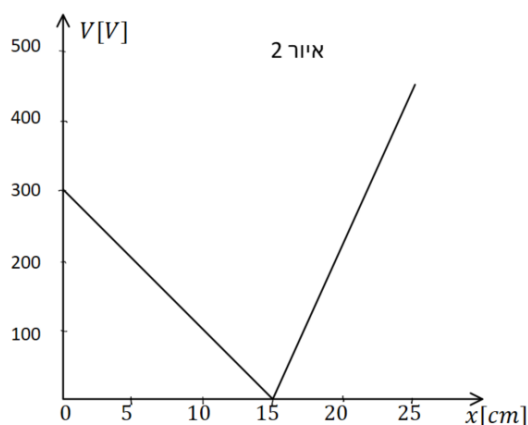
נתון כי צפיפות המטען המשטחית של לוח 1 היא: $\sigma_1 = 2 \cdot 10^{-8} \text{ C/m}^2$
וכי צפיפות המטען המשטחית של לוח 3 חיובית.
ב. חשבו את σ_2 ו- σ_3 .

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: $3 \cdot 10^6 \text{ m/s}$.
ג. מהו מטען החלקיק (כולל הסימן)?
ד. האם החלקיק יגיע ללוח 3? אם כן, מהי תהיה מהירותו? אם לא, היכן ייעצר?

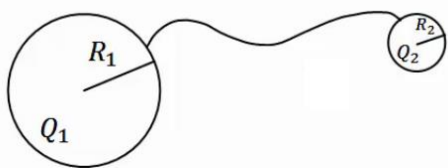
איור 1



איור 2

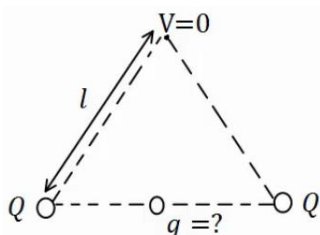


15 שני כדורים מוליכים מחוברים



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: $Q = 2 \cdot 10^{-5} \text{ C}$.
מטען נוסף, q , מונח במרכז הצלע שביניהם.
אורך הצלע של המשולש הוא: $l = 20 \text{ cm}$.
א. מצא את גודלו של המטען q כך שהפוטנציאל
בקודקוד השלישי יתאפס.
ב. חזור על סעיף א' אם המטען q נמצא במרכז של צלע אחרת במשולש.

17 פוטנציאל בנקודה מסוימת

בנקודה מסוימת קיים פוטנציאל של 15 V .

- מהי העבודה להביא מטען שגודלו 1 C מהאינסוף לנקודה זו?
- מהי העבודה הדרושה להביא מטען של $Q = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ לנקודה זו?
- מהי העבודה הדרושה להביא מטען של $Q = -3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ מפוטנציאל של $V = 5 \text{ V}$ לנקודה זו?
- מהי העבודה הדרושה להביא מטען של $Q = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ מנקודה זו לפוטנציאל של 10 V ?

18 עבודה לא תלויה במסלול

מטען נקודתי: $Q_1 = 10^{-5} \text{ C}$ ממוקם בראשית הצירים.

מטען נקודתי נוסף: $Q_2 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ ממוקם ב- $(0.8 \text{ m}, 0)$.

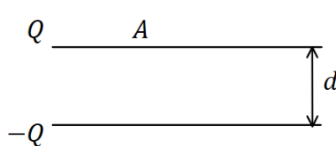
- מצא את הפוטנציאל בנקודות: $A(1.5 \text{ m}, 0)$, $B(1.5 \text{ m}, 1 \text{ m})$, $C(0.8 \text{ m}, 1 \text{ m})$.
- מהי העבודה הדרושה להעביר את המטען: $q = 3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ מנקודה A ל-B?
- מהי העבודה הדרושה להעביר את אותו המטען מנקודה B אל נקודה C?
- מהי העבודה הדרושה להעביר את אותו המטען מנקודה A לנקודה C, דרך הקו הישר בין הנקודות?

(19) אלקטרון מואץ בהפרש פוטנציאליים

אלקטרון מואץ בהפרש פוטנציאליים 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: $q_e = -1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$.

(20) פרוטון נע בין לוחות



שני לוחות גדולים בעלי שטח: $A = 2 \text{ m}^2$ נמצאים במרחק: $d = 10 \text{ cm}$ אחד מהשני.

- טוענים את אחד הלוחות במטען: $Q = 6 \cdot 10^{-3} \text{ C}$, 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: $q_p = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

(21) פוטנציאל של כדור מוליך

כדור מוליך שרדיוסו: $R = 20 \text{ cm}$ טעון במטען: $Q = 3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$.

- א. מהו השדה החשמלי במרחק: $r_1 = 25 \text{ cm}$ ובמרחק: $r_2 = 15 \text{ cm}$ ממרכז הכדור?
ב. מהו הפוטנציאל באותם מרחקים?

(22) מתח בין שני כדורים מוליכים

שני כדורים מוליכים, בעלי רדיוסים: $R_1 = 1 \text{ m}$ ו- $R_2 = 1.4 \text{ m}$,

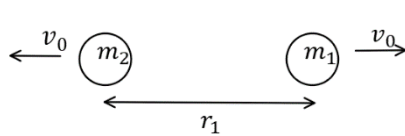
טעונים במטענים: $Q_1 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ ו- $Q_2 = 6 \cdot 10^{-6} \text{ C}$.

- א. מהו הפרש הפוטנציאליים בין שפות הכדורים, אם הם מרוחקים מאוד זה מזה?
ב. מהו הפרש הפוטנציאליים בין שתי הנקודות הכי קרובות של הכדורים, אם המרחק בין מרכזיהם הוא $d = 5 \text{ m}$?
הנח שהתפלגות המטען על כל כדור עדיין אחידה.

(23) שני מטענים מתרחקים

שני גופים בעלי מסות: $m_1 = 20\text{gr}$ ו- $m_2 = 60\text{gr}$ ומטענים: $Q_1 = 2 \cdot 10^{-6}\text{C}$ ו- $Q_2 = 6 \cdot 10^{-6}\text{C}$ נמצאים במרחק: $r_1 = 80\text{cm}$ זה מזה, ובמנוחה.
א. מה תהיה מהירות הגופים כאשר המרחק ביניהם הוא: $r_2 = 1.2\text{m}$?
ב. מה תהיה מהירות הגופים לאחר זמן רב מאוד?

(24) שני מטענים מתרחקים ומתקרבים



שני גופים בעלי מסות: $m_1 = 25\text{gr}$ ו- $m_2 = 50\text{gr}$ ומטענים: $Q_1 = 4 \cdot 10^{-6}\text{C}$ ו- $Q_2 = -5 \cdot 10^{-6}\text{C}$ נמצאים במרחק: $r_1 = 1\text{m}$ זה מזה.

לגופים מהירות התחלתית כך שאחד מתרחק מהשני.

גודל המהירות ההתחלתית של שני הגופים הוא: $v_0 = 5 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$.

- א. מה תהיה מהירות הגופים כאשר המרחק ביניהם הוא: $r_2 = 5\text{m}$?
- ב. מהו v_0 המינימאלי עבורו הגופים לא יפגשו לעולם?
- ג. כעת נניח כי v_0 שווה לחצי מהערך שחישבת בסעיף ב'.
- ד. מצא את מהירות הגופים כאשר $r_3 = 0.5\text{m}$.

(25) 1000 טיפות שמן

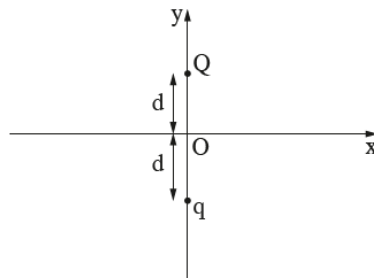
1000 טיפות שמן זהות טעונות במטען זהה ונמצאות בפוטנציאל זהה v_1 .
הטיפות מתחברות לטיפה אחת גדולה.
מהו הפוטנציאל של הטיפה הגדולה (v_1 נתון)?
רמז: ניתן להתייחס לכל טיפה ככדור מוליך.

26) בגרות 2024 שאלה 2

פיזיקה, קיץ תשפ"ד, מס' 36371 + נספח

- 4 -

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 q , Q , d וקבועים פיזיקליים בהתאם לצורך. ציינו את כיוון השדה. (6 נקודות)

הפוטנציאל באינסוף נבחר להיות אפס.

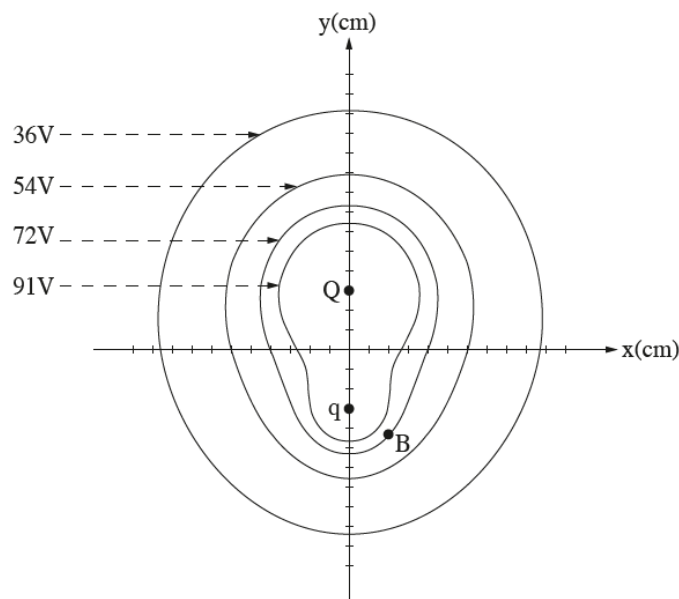
ב. האם יש נקודה כלשהי במרחב (מלבד באינסוף) שבה הפוטנציאל החשמלי שווה לאפס? אם כן – בטאו את המיקום של נקודה זו. אם לא – הסבירו מדוע. (6 נקודות)

בתרשים 2 מוצגים קווים המקטעים משטחים שוי פוטנציאל של מערכת המטענים.

ערך הפוטנציאל של כל קו מסומן בתרשים באמצעות חץ.

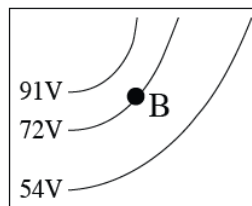
בצירים שבתרשים, המרחק בין כל שתי שנתות סמוכות מייצג מרחק של 2 cm .

מטען Q ממוקם בנקודה $(0, 6\text{ cm})$ ומטען q בנקודה $(0, -6\text{ cm})$, כמתואר בתרשים 2.
נתון: $Q = 6 \cdot 10^{-10}\text{ C}$.

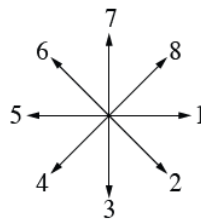


תרשים 2

- 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 3 מוצגת שושנת כיוונים ובה שמונה כיוונים (1-8). היעזרו בתרשים 3 וקבעו איזה מן הכיוונים 1-8 מתאים בקירוב לתיאור כיוון התאוצה של הפוזיטרון בחולפו בנקודה B. נמקו את קביעתכם. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)



2: הגדלה של האזור שבקרבת נקודה B



3: שושנת כיוונים

תרשים 3

תשובות סופיות

$$W = 108 \cdot 10^{-3} \text{ J} \quad (1)$$

$$r = 90 \text{ m} \quad \text{א.} \quad v_F \approx 6.32 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ב.} \quad (2)$$

$$W = 0.27 \text{ J}, \text{ כן.} \quad (3)$$

$$W = 5.43 \cdot 10^3 - 0 \quad (4)$$

$$W = 170 \text{ J} \quad (5)$$

$$W = 33.9 \text{ J} \quad (6)$$

$$W = 18.75 \cdot 10^{-2} \text{ J} \quad (7)$$

$$W = -27.65 \text{ J} \quad \text{ג.} \quad V_B = 25.46 \cdot 10^6 \text{ V} \quad \text{ב.} \quad V_A = 16.24 \cdot 10^6 \text{ V} \quad \text{א.} \quad (8)$$

$$W_{A \rightarrow B} = 1.8 \text{ J} \quad \text{ב.} \quad V_{BA} = 3.6 \cdot 10^5 \text{ V} \quad \text{א.} \quad (9)$$

$$(10) \quad \text{א. הלוח הטעון במטען חיובי נמצא למטה, והשלילי למעלה.}$$

$$\text{ב. התחתון.} \quad \text{ג. B} \quad \text{ד. הפוטנציאל שווה.}$$

$$(11) \quad \text{א. הלוח הטעון במטען חיובי נמצא למעלה, והשלילי למטה.}$$

$$\text{ב.} \quad E = 50 \frac{\text{N}}{\text{m}} \quad \text{ג.} \quad -2.5 \text{ V} \quad \text{ד.} \quad -5 \cdot 10^{-6} \text{ J} \quad \text{ה.} \quad 0$$

$$(12) \quad \text{א.} \quad E(x) = \frac{kQ}{x^2} + 2\pi k\sigma \quad \text{ב.} \quad Q = 200 \text{ nC}, \quad \sigma = 30 \cdot 10^{-9} \frac{\text{C}}{\text{m}^2} \quad (12)$$

$$\text{ג. היגד 1.} \quad \text{ד.} \quad V_{d,2d} = 7011 \text{ V} \quad \text{ה. לא משתנה.}$$

$$(13) \quad \text{א.} \quad V(P_1) = 8.95 \cdot 10^5 \text{ V}, \quad V(P_2) = 4.90 \cdot 10^5 \text{ V} \quad \text{ב.} \quad -4.05 \cdot 10^5 \text{ J}$$

$$(14) \quad \text{א.} \quad E = \begin{cases} 2000 \frac{\text{V}}{\text{m}} & 0 < x < 15 \\ -4500 \frac{\text{V}}{\text{m}} & 15 < x < 25 \end{cases}$$

$$\text{ב.} \quad \sigma_2 = -5.75 \cdot 10^{-8} \frac{\text{C}}{\text{m}^2}, \quad \sigma_3 = 4.21 \cdot 10^{-8} \frac{\text{C}}{\text{m}^2} \quad \text{ג.} \quad q = 7.5 \mu\text{C}$$

$$\text{ד. לא ב-} 22 \text{ cm} \quad x \gg$$

$$(15) \quad q_1' = (Q_2 + Q_1) \frac{R_1}{R_1 + R_2}, \quad q_2' = (Q_2 + Q_1) \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$(16) \quad \text{א.} \quad q = -3.46 \cdot 10^{-5} \text{ C} \quad \text{ב.} \quad q = -2 \cdot 10^{-5} \text{ C}$$

$$(17) \quad \text{א.} \quad W = 15 \text{ J} \quad \text{ב.} \quad W = 3 \cdot 10^{-7} \text{ J} \quad \text{ג.} \quad W = -3 \cdot 10^{-5} \text{ J}$$

$$\text{ד.} \quad W = -10^{-5} \text{ J}$$

$$(18) \quad \text{א.} \quad V_A = 3.17 \cdot 10^5 \text{ V}, \quad V_B \approx 1.97 \cdot 10^5 \text{ V}, \quad V_C = 2.5 \cdot 10^5 \text{ V}$$

$$\text{ב.} \quad W_{AB} = -3.6 \cdot 10^{-1} \text{ J} \quad \text{ג.} \quad W_{B \rightarrow C} = 1.59 \cdot 10^{-1} \text{ J} \quad \text{ד.} \quad W_{AC} = -2.01 \cdot 10^{-1} \text{ J}$$

$$(19) \quad \text{א.} \quad \Delta U = -300 \text{ eV} / = 4.8 \cdot 10^{-17} \text{ J} \quad \text{ב.} \quad V_F \approx 1.02 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

$$(20) \quad \sigma = 3 \cdot 10^{-6} \frac{C}{m^2} \quad \text{א.} \quad E \approx 3.39 \cdot 10^5 \frac{N}{C} \quad \text{ב.} \quad V = 3.39 \cdot 10^4 V \quad \text{ג.}$$

$$\text{ד.} \quad v = 2.55 \cdot 10^6 \frac{m}{sec}$$

$$(21) \quad \text{א.} \quad E(r_1) = 4.32 \cdot 10^5 \frac{N}{C}, E(r_2) = 0$$

$$\text{ב.} \quad V(r_1) = 1.08 \cdot 10^5 V, V(r_2) = 1.35 \cdot 10^5 V$$

$$(22) \quad \text{א.} \quad V_{21} \approx 2.06 \cdot 10^4 V \quad \text{ב.} \quad V_{ba} = 7.6 \cdot 10^3 V$$

$$(23) \quad \text{א.} \quad u_1 \approx -1.84 \frac{m}{sec}, u_2 = 0.612 \frac{m}{sec} \quad \text{ב.} \quad u_2 = 1.06 \frac{m}{sec}, u_1 = -3.18 \frac{m}{sec}$$

$$(24) \quad \text{א.} \quad u_1 = -7.96 \frac{m}{sec}, u_2 = 1.48 \frac{m}{sec} / u_1 = 4.62 \frac{m}{sec}, u_2 = -4.81 \frac{m}{sec}$$

$$\text{ב.} \quad v_{0_{min}} \approx 2.18 \frac{m}{sec} \quad \text{ג.} \quad r_{max} = 1.29 m \quad \text{ד.} \quad u_1 = -3.79 \frac{m}{sec}, u_2 = 1.35 \frac{m}{sec}$$

$$(25) \quad V_{1000} = 100 V_1$$

$$(26) \quad \text{א.} \quad \text{גודל השדה הוא } \frac{k}{d^2} (Q - q) \text{ וכיוונו כלפי מטה.}$$

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.

$$\text{ג.} \quad 2 \cdot 10^{-10} C$$

$$\text{ד.} \quad 6.63 \cdot 10^6 m/s$$

ה. כיוון התאוצה הוא בכיוון שקול הכוחות. מהתרשים ניתן לראות ששקול הכוחות הוא בערך בכיוון 2 של השושנה.

קורס בפיזיקה לכיתה יב

פרק 8

זרם מתח והתנגדות

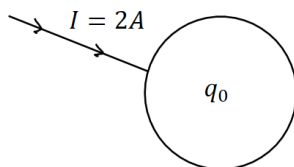
25 זרם מתח והתנגדות

זרם מתח והתנגדות:

שאלות:

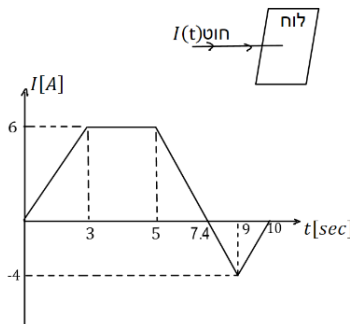
(1) פלאפון מחובר למטען

- 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.



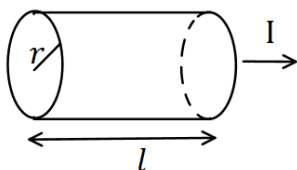
(3) חוט מחובר ללוח

- 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?

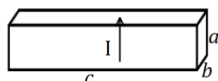
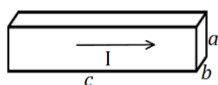
(4) חוק אוהם

- 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).



(א)

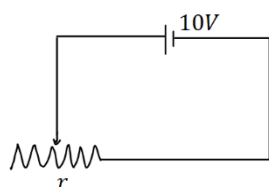
6) נגד בצורת תיבה

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

$$\text{אורך: } r = 50 \frac{\Omega}{\text{m}}$$

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- $I = 0.5\text{A}$.
- א. שרטט תרשים המתאר את המעגל.
- ב. חשב את מתח ההדקים שמספקת הסוללה.
- ג. מהי ההתנגדות של הנגד?

10) תרגיל 1

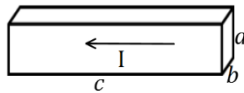
מהו הזרם במוליך אם עובר בו מטען של 50 קולון ב-10 שניות?

11) תרגיל 2

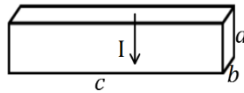
כמה אלקטרונים עוברים במוליך בשניה אחת אם זורם בו זרם קבוע של 2 אמפר?

12) תרגיל 3

מהי ההתנגדות של גליל ניקל בעל התנגדות סגולית של: $\rho = 7.8 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$,
שאורכו 20 ס"מ ורדיוסו 3 מ"מ?



(א)



(ב)

13) תרגיל 4

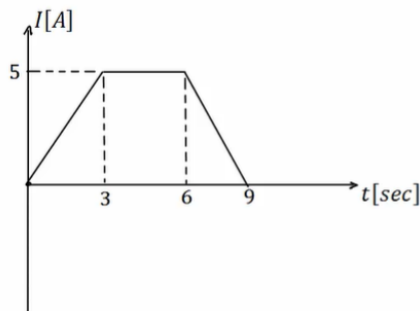
תיבה בעלת צלעות : $a = 3\text{mm}, b = 2\text{mm}, c = 4\text{cm}$
עשויה מחומר בעל התנגדות סגולית : $\rho = 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$
מצא את התנגדות התיבה בשני המקרים הבאים.

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?



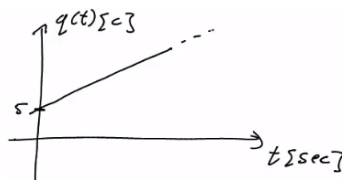
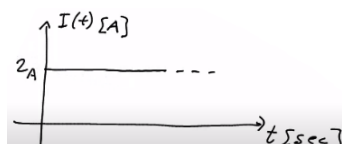
16) תרגיל 7

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.

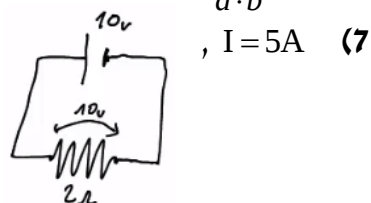


(3) א. $\Delta q = 23c$ ב. $q(t=5) = 21c$

(4) א. $R = 500\Omega$ ב. $I = 20mA$

(5) $R = 0.00137\Omega$

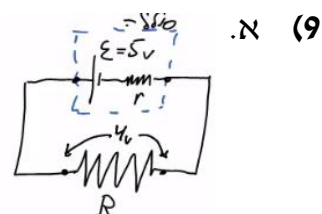
(6) א. $R = \rho \cdot \frac{c}{a \cdot b}$ ב. $R = \rho \cdot \frac{a}{b \cdot c}$



(7) $I = 5A$

ג. $R = 8\Omega$

ב. $V = 4V$



(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 בפיזיקה לכיתה יב

פרק 9

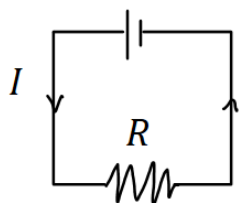
אנרגיה והספק במעגל החשמלי

29 אנרגיה והספק במעגל החשמלי

אנרגיה והספק במעגל החשמלי:

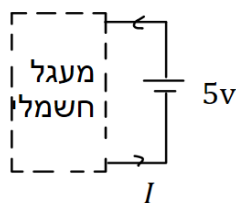
שאלות:

(1) חישובי עבודה ואנרגיה בנגד



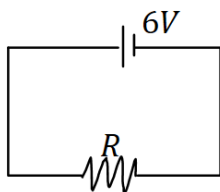
- בנגד בעל התנגדות: $R = 30\Omega$ זורם זרם: $I = 0.3A$.
- כמה מטען עובר בנגד במשך 3 שניות?
 - מהו המתח על הנגד?
 - מהי העבודה שמתבצעת על המטען?
 - כמה חום נוצר בנגד במשך הזמן הנתון?
 - כמה אנרגיה איבדה הסוללה במשך הזמן הנתון.

(2) חישובי עבודה של סוללה



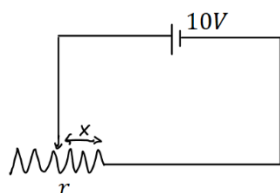
- סוללה מחוברת למעגל חשמלי כלשהו.
- המתח בסוללה הוא: $V = 5 \text{ Volt}$ והזרם במעגל (וגם בסוללה) הוא: $I = 0.4A$.
- כמה מטען עובר דרך הסוללה במשך 2 שניות?
 - כמה עבודה ביצעה הסוללה במשך הזמן הנתון?

(3) הספק של מקור ושל נגד



- במעגל הבא מקור מתח של 6 וולט מחובר לנגד שהתנגדותו: $R = 12\Omega$.
- מהו ההספק של מקור המתח?
 - 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: $r = 100 \frac{\Omega}{m}$.
- מהו ההספק של הנגד כאשר אורכו 5 ס"מ?
 - מהו ההספק בנגד כאשר אורכו 10 ס"מ?
 - מהו ההספק בנגד כפונקציה של האורך?

(5) נורה במתח אחר

נורה שההספק שלה הוא 100W במתח של 220V חוברת 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 : $1\text{hp} = 746\text{Watt}$?

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 ההספק 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 מכונת יש הספק מרבי של 100 כוח סוס.
המכונת מתחילה לנסוע ממנוחה ומסתה 1 טון.
- א. מהי המהירות המרבית אליה יכולה להגיע המכונת 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 נר. | | | |
| (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 בפיזיקה לכיתה יב

פרק 10

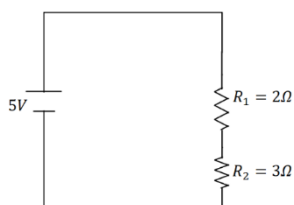
חיבור נגדים וחוקי קירכהוף

חיבור נגדים וחוקי קירכהוף 32

חיבור נגדים וחוקי קירכהוף

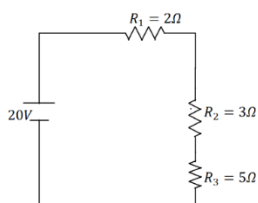
שאלות

(1) דוגמה 1



חשב את הזרם במעגל הבא וחשב את ערך הפוטנציאל בין הנגדים (הנח שההדק השלילי נמצא בפוטנציאל אפס).

(2) דוגמה 2



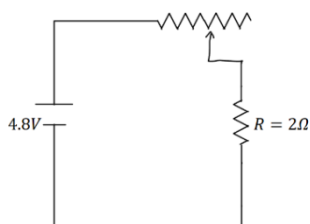
חשב את הזרם במעגל הבא ומצא את המתח על כל נגד.

(3) דוגמה 3

סוללה עם כ"מ של 3V והתנגדות פנימית: $r = 2\Omega$ מחוברת לנגד: $R = 10\Omega$.

- סרטט איור של המעגל.
- מהו הזרם במעגל?
- מהו מתח ההדקים של הסוללה?

(4) דוגמה 4

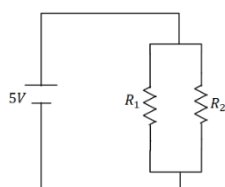


במעגל הבא ישנו מקור מתח אידיאלי (ללא התנגדות פנימית) המחובר לנגד רגיל ונגד משתנה. אורך הנגד המשתנה הוא 20 ס"מ והתנגדותו ליחידת

$$\text{אורך היא: } r = 2 \frac{\Omega}{\text{m}}$$

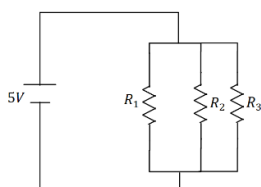
מהו הזרם במעגל ומהו המתח על כל נגד?

(5) דוגמה 5

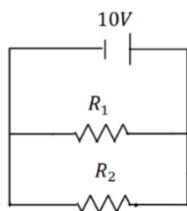


במעגל הבא: $R_2 = 2\Omega$, $R_1 = 6\Omega$ מצא את הזרם במעגל והזרם בכל נגד.

(6) דוגמה 6

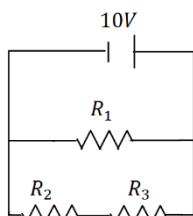


במעגל הבא: $R_3 = 4\Omega$, $R_2 = 2\Omega$, $R_1 = 1\Omega$ מצא את הזרם במעגל והזרם בכל נגד.



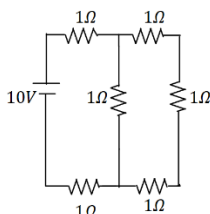
(7) דוגמה 7

במעגל הבא : $R_1 = 5\Omega$, $R_2 = 3\Omega$ מצא את הזרם במעגל והזרם בכל נגד.



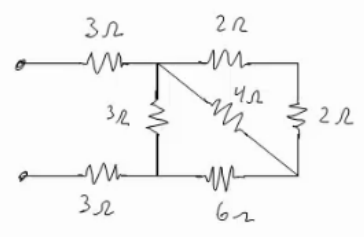
(8) דוגמה 8

במעגל הבא : $R_1 = 4\Omega$, $R_2 = 3\Omega$, $R_3 = 1\Omega$ מצא את הזרם במעגל והזרם בכל נגד.



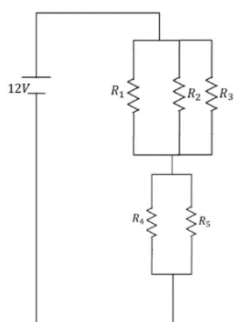
(9) דוגמה 9

מצא את כל הזרמים במעגל הבא :



(10) דוגמה 10

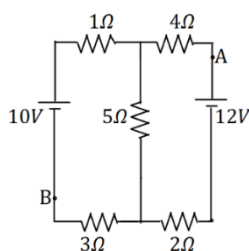
חשב את ההתנגדות השקולה של המעגל הבא בין שני ההדקים.



(11) חישוב הספק מעגל

נתון המעגל הבא $R_3 = R_2 = R_1 = 6\Omega$, $R_5 = R_4 = 8\Omega$.

- מצאו את הזרם במעגל והזרם בכל נגד.
- חשבו את הספק המעגל והראו כי הוא שווה להספק הסוללה.
- מוסיפים נגד כלשהו המחובר בטור לסוללה. האם ההספק של המעגל יקטן, יגדל או לא ישתנה?

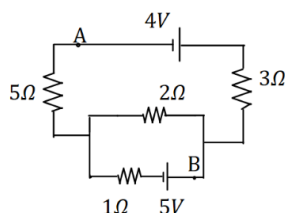


(12) קירכהוף תרגיל 1

במעגל הבא התנגדות הנגדים ומתח המקורות נתונים באיור.

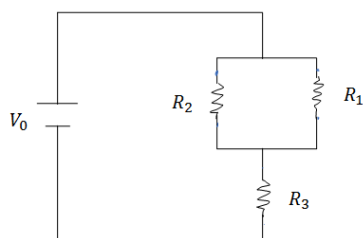
- מצא את הזרמים במעגל.
- מצא את V_{AB} באמצעות שני מסלולים שונים.

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: $R_3 = 5\Omega$, $R_2 = 3\Omega$, $R_1 = 2\Omega$, $V_0 = 31V$.
א. מצא את ההתנגדות השקולה של המעגל.
ב. מצא את הזרם העובר בסוללה.
חשב את הזרם והמתח על כל אחד מהנגדים.

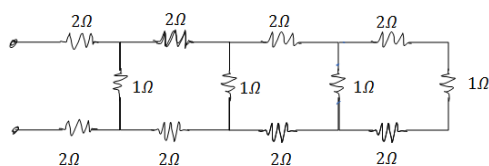
15) תרגיל 2

- 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:

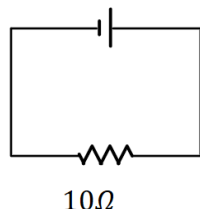


17) תרגיל 4

- מצא את ההתנגדות השקולה של המעגל בין שני ההדקים:

18) דוגמה 1

סוללה לא אידיאלית

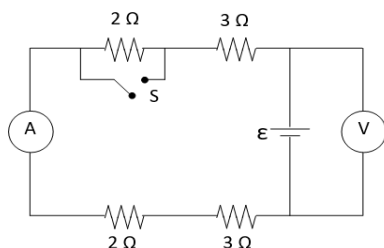


- המעגל הבא מורכב מסוללה לא אידיאלית המחוברת לנגד של 10 אוהם. ההתנגדות הפנימית של הסוללה היא 1 אוהם. במעגל זרם זרם של 2 אמפר.
א. מהו הכא"מ של הסוללה?
ב. מהו מתח ההדקים שמספקת הסוללה במעגל?

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 אידיאליים, 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

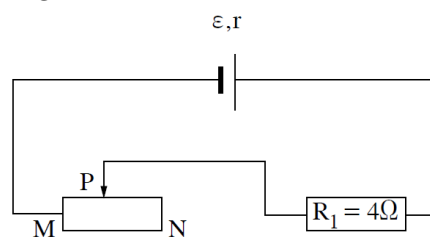
בשיעור פיזיקה ביצעו את הניסוי הבא :
לקחו סוללה שהכא"מ שלה הוא 1.5 וולט והתנגדותה הפנימית לא ידועה.
חיברו סוללה זו לנגד משתנה ובטור אליו – אמפרמטר.
בנוסף חיברו וולטמטר כך שימדוד את מתח ההדקים של הסוללה.
הזיזו את הגררה של הנגד המשתנה כך שבכל פעם השתנה הזרם במעגל, והמתח שמדד הוולטמטר. התוצאות מופיעות בטבלה 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
נתק - 7	0	1.45
קצר - 8	2	0.5

- שרטטו את המעגל המדובר.
- פתחו ביטוי למתח ההדקים של הסוללה.
- שרטטו גרף של מתח הדקי הסוללה כתלות בזרם במעגל.
- בעזרת הגרף מיצאו את כא"מ הסוללה והתנגדותה הפנימית.
- מהי השגיאה היחסית במדידה של כא"מ הסוללה, כפי שרשום עליה (1.5 וולט)?
- מדוע נקודת הקצר לא יצאה בחיתוך עם הציר האופקי כפי שהיה צפוי?

22) בגרות בחשמל 2022 שאלה 2

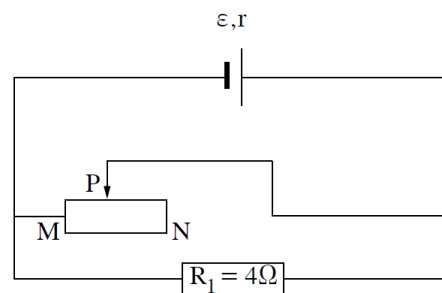
בתרשים 1 מתואר מעגל חשמלי המורכב מסוללה שהכא"מ שלה ε והתנגדותה הפנימית r , נגד שהתנגדותו קבועה $R_1 = 4\Omega$, נגד משתנה MN שנקודת המגע הנייד (הגררה) שלו היא P ותילים אידיאליים. נתון כי ההתנגדות של הנגד המשתנה ליחידת אורך היא $\lambda = 0.8 \frac{\Omega}{\text{cm}}$ ואורכו הכולל $\ell = 30\text{cm}$.



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.



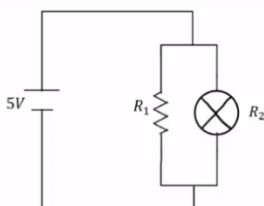
תרשים 2

- 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

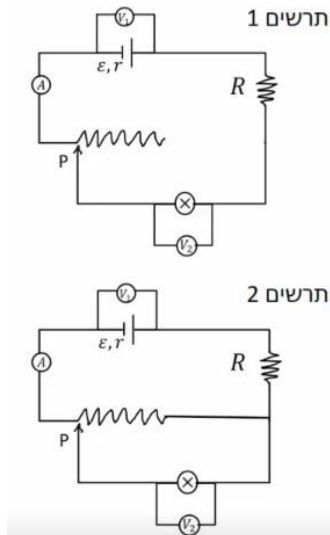
במעגל הבא נתונה התנגדות הנגד, התנגדות הנורה והמתח של הסוללה: $V = 5V$, $R_1 = 3\Omega$, $R_2 = 5\Omega$.

- 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 הגרר P נמצאת בנקודה הכי שמאלית של הנגד המשתנה, מדידת האמפרמטר היא: $0.2A$, והוולטמטר: $V_1 = 4V$.

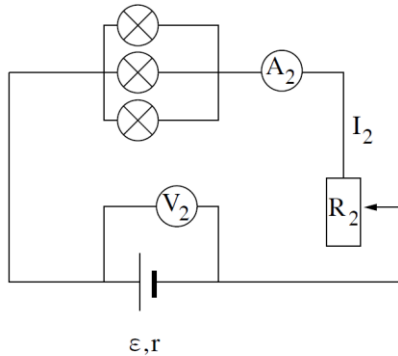


- מהי ההתנגדות הפנימית של הסוללה, ומהי התנגדות הנורה?
- מהי נצילות המעגל במצב הנתון?
- משנים את מיקום הגרר בצורה רציפה, האם הנצילות תגדל / תקטן / לא תשתנה?

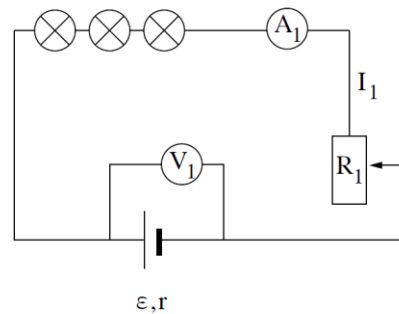
- מחברים את הקצה השני של הנגד המשתנה, כפי שאפשר לראות בתרשים 2, כאשר הגרר נשארת בקצה השמאלי של הנגד.
- האם הספק הסוללה גדל, קטן, או לא השתנה? נמק ללא חישוב.
- באיזה מעגל הנורה מאירה בעוצמה חזקה יותר? הסבר ללא חישוב.

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 והתנגדות הפנימית r , שלוש נורות שעל כל אחת מהן רשום $3V$ ו- $2W$, נגד R_2 , נגד R_1 , תילים ומכשירי מדידה אידיאליים.



מעגל 2



מעגל 1

בכל אחד משני המעגלים מזיזים את הגרר 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.

(18) א. $\varepsilon = 22V$ ב. $V = 20V$

(19) א. $\varepsilon = 24V$, $r = 21\Omega$ ב. $V_1 = 20V$, $V_2 = 18V$

(20) א. ככל שההתנגדות השקולה נמוכה יותר, הזרם יהיה גבוה יותר.

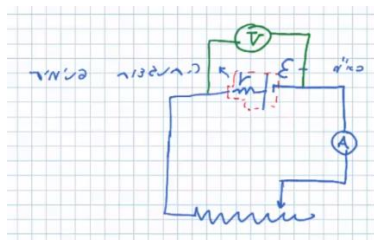
לכן, הזרם הגבוה יהיה כאשר המפסק סגור.

ב. סגור: $V_{AB} = 14.4V$, פתוח: $V_{AB} = 15V$.

ג. $\varepsilon = 18V$, $r = 2\Omega$

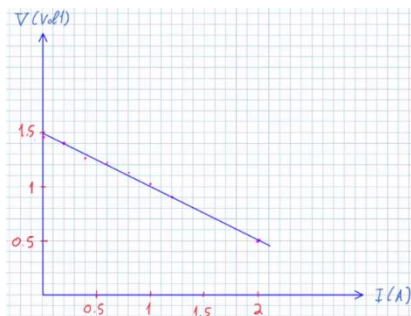
ד. האמפרמטר: $I = 9A$, הוולטמטר: $V = 0$.

ב. $V = \varepsilon - I \cdot r$



(21) א. שרטוט:

ד. כא"מ: $\varepsilon = 1.5V$, פנימית: $r = 0.5\Omega$



ג. שרטוט:

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 בפיזיקה לכיתה יב

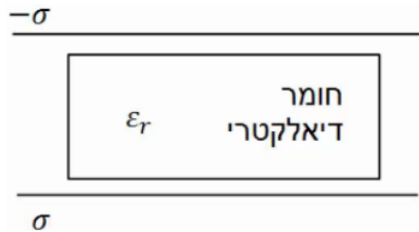
פרק 11

חומרים דיאלקטריים

42 חומרים דיאלקטריים

חומרים דיאלקטריים:

שאלות:



(1) חומר דיאלקטרי בין שני לוחות

חומר דיאלקטרי בעל מקדם $\epsilon_r = 2$ מוכנס בין שני לוחות גדולים מאוד, הטעונים בצפיפות

$$\text{מטען משטחית: } \sigma = 3 \cdot 10^{-3} \frac{\text{C}}{\text{m}^2}$$

מהו השדה החשמלי בתוך החומר, אם הצפיפות בלוח העליון שלילית ובתחתון חיובית.

תשובות סופיות:

$$E = 1.7 \cdot 10^8 \frac{\text{N}}{\text{C}} \quad (1)$$

קורס בפיזיקה לכיתה יב

פרק 12

קבלים-ירד במיקוד של 2026

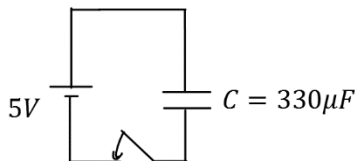
43	קבל וקיבול
48	תרגילים נוספים
53	תהליכי טעינה ופריקה של קבל

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.



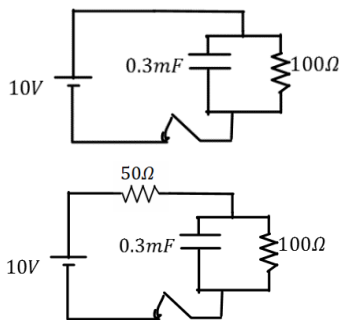
- מה יהיה הזרם במעגל?
- מה יהיה המתח בין לוחות הקבל?
- מה יהיה המטען על הלוחות? ציין איפה יהיה המטען החיובי ואיפה השלילי.
- חזור על הסעיפים במקרה שבו מחובר גם נגד בטור במעגל

(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?

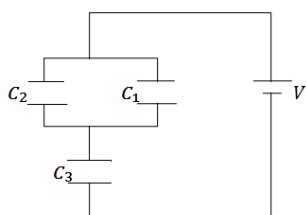
(3) קבל במקביל לנגד

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).



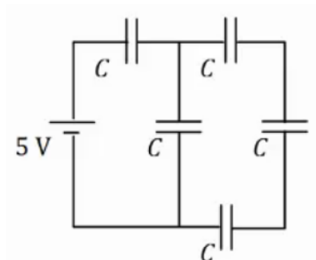
(4) חישוב קיבול של קבל לוחות

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^2 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 הלוחות 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.

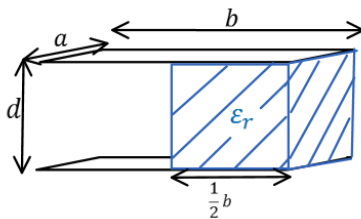
(10) מכניסים חומר לקבל בשתי דרכים

- קבל בעל קיבול של $5\mu\text{F}$ 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 $\epsilon_r = 1.2$ 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 $8\mu\text{F}$ 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 $\epsilon_r = 1.4$ 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.

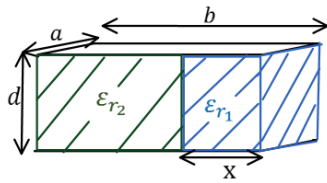
(12) קבל עם חצי ימין מלא



קבל לוחות מורכב משני לוחות בעלי שטח $A = a \times b$, ומרחק d בין הלוחות.

נתון: $a = 3\text{cm}$, $b = 4\text{cm}$, $d = 2\text{mm}$.

- א. מצא את הקיבול של הקבל.
 ממלאים את חציו הימני של הקבל בחומר דיאלקטרי בעל מקדם $\epsilon_r = 3$ וחציו השמאלי נשאר ריק (ראה איור).
 ב. מצא את הקיבול החדש של הקבל.
 ג. מחברים את הקבל למקור מתח $V_0 = 5\text{V}$.
 כמה מטען יהיה על כל לוח ומה תהיה האנרגיה של הקבל?

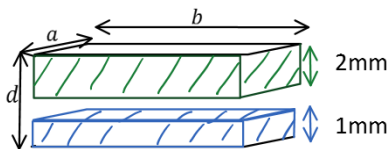


13) קבל עם חלק ימין שונה מחלק שמאל

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 $\epsilon_{r1} = 4$, ואת החלק הנותר בחומר דיאלקטרי בעל מקדם $\epsilon_{r2} = 2$ (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 $\epsilon_{r1} = 4$.

את החלק מגובה 2mm ועד הלוח העליון ממלאים בחומר דיאלקטרי בעל מקדם $\epsilon_{r2} = 2$ (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. $C' = 3.32pF, V' = 6V, Q' = 19.9pC$
- 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 $10V$?

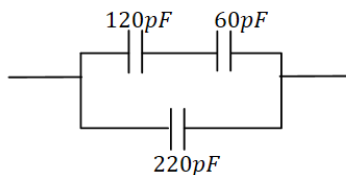
(2) קבל לוחות

קבל לוחות מורכב משני לוחות בעלי שטח $A = 4cm^2$, שביניהם מרחק של $d = 1mm$.

- מה הקיבול של הקבל אם המרווח בין הלוחות ריק?
- מה הקיבול של הקבל אם המרווח בין הלוחות מלא בחומר דיאלקטרי אחיד בעל מקדם $\epsilon_r = 2.5$?
- מצא את המטען על הקבל, עבור כל אחד מהמקרים בסעיפים הקודמים, אם מחברים את הקבל למקור מתח של $5V$.

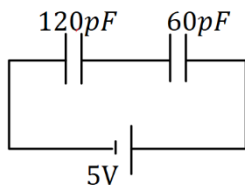
(3) חיבור קבלים

מצא את הקיבול השקול של החיבור הבא.



(4) חיבור קבלים

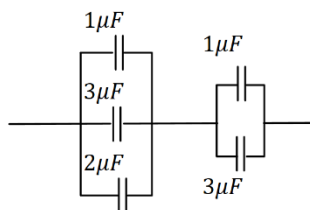
מה המטען והמתח על כל קבל במערכת הבאה (זמן רב לאחר חיבור הסוללה)?
ציין איפה המטען החיובי והיכן המטען השלילי בכל קבל.



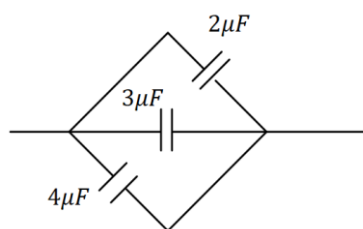
(5) חיבור קבלים

נתונה מערכת הקבלים הבאה:

- מצא את הקיבול השקול בין שני הקצוות של החוט.
- מצא את המתח והמטען על כל קבל אם מחברים את הקצוות למקור מתח של $10V$.



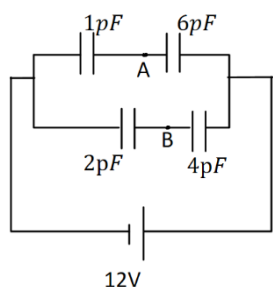
6) יהלום



נתונה מערכת הקבלים הבאה:

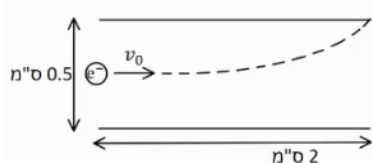
- מצא את הקיבול השקול במקרה הבא.
- מצא את המתח והמטען על כל קבל אם מחברים את הקצוות למקור מתח של 10V.

7) חיבור קבלים ומציאת מתח



- במעגל הבא נתון הקיבול של כל קבל ומתח הסוללה: מצא את המתח על כל קבל והמטען על כל קבל. סמן על כל קבל היכן המטען החיובי.
- מהו V_{AB} המתח בין הנקודות A ל-B?

8) אלקטרון נכנס לקבל לוחות

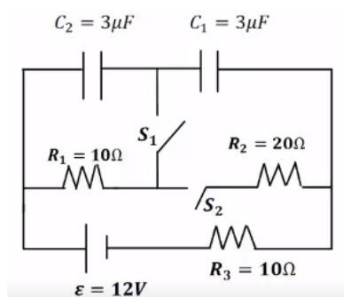


- קבל לוחות מורכב משני לוחות ריבועיים בעלי אורך צלע של 2 ס"מ ומרחק בין הלוחות של 0.5 ס"מ. אלקטרון נכנס במרכז הלוחות עם מהירות, המקבילה ללוחות, שגודלה $v_0 = 10^7 \frac{m}{sec}$ (ראה איור).

- האלקטרון פוגע בדיוק בקצה הלוח העליון.
- חשב את השדה בין הלוחות (גודל וכיוון).
- חשב את המתח אליו מחובר הקבל.

תרגילים ברמה ב':

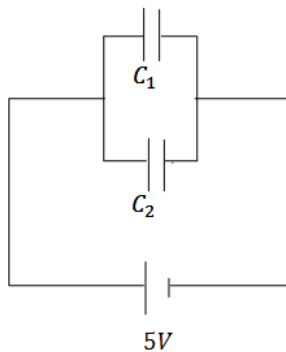
9) מעגלים



- 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_2 . פתוח S_1 . מהו המתח והמטען על 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 $10\mu\text{F}$ והשני של $15\mu\text{F}$, 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.

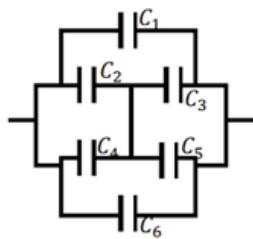


11 שני קבלים טעונים מחוברים לקבל שלישי

במעגל הבא קיבול הקבלים הוא: $C_1 = 3\mu\text{F}$, $C_2 = 2\mu\text{F}$, והמתח בסוללה הוא 5V .
לאחר שהקבלים נטענים מנתקים את המקור ומחליפים אותו בקבל של $C_3 = 5\mu\text{F}$.
מצא את המטען המתח והאנרגיה של הקבל החדש, לאחר שהמערכת מתייצבת.

12 מרחיקים לוחות בקבל לוחות

קבל לוחות בעל אורך צלע $a = 2\text{cm}$ ומרחק בין הלוחות $d = 1\text{mm}$, 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.

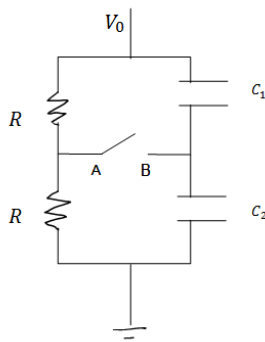


13 חיבור קונפיגורציית קבלים

נתונה מערכת קבלים המחוברים על פי השרטוט.
מצא את הקיבול השקול של המערכת.

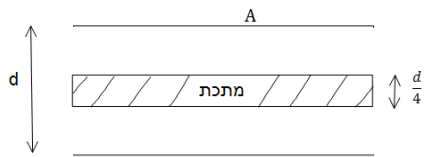
14 קבלים עם מפסק

במעגל הבא מחזיקים את הקצה העליון בפוטנציאל קבוע, ונתון V_0 הקצה התחתון מוארק.
נתון: הקיבול של כל קבל, ההתנגדות הזוהה 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 ($d \ll \sqrt{A}$).



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:

$$Q = 0.3 \text{ mF} \quad (1)$$

$$Q_A = 17.7 \text{ pc}, Q_B = 44.25 \text{ pc} \quad \text{ג.} \quad C' = 8.85 \text{ pF} \quad \text{ב.} \quad C = 3.54 \text{ pF} \quad \text{א.} \quad (2)$$

$$C_T = 260 \text{ pF} \quad (3)$$

$$Q_1 = Q_2 = 200 \text{ pc}, V_{C_1} = 1.67 \text{ V}, V_{C_2} = 3.33 \text{ V} \quad (4)$$

$$C_T = 2.4 \mu\text{F} \quad \text{א.} \quad (5)$$

$$V_{4,5} = 6 \text{ V}, V_{1,2,3} = 4 \text{ V}, Q_1 = 4 \mu\text{C}, Q_2 = 12 \mu\text{C}, Q_3 = 8 \mu\text{C}, Q_4 = 6 \mu\text{C}, Q_5 = 18 \mu\text{C} \quad \text{ב.} \quad (6)$$

$$V_T = 10 \text{ V}, Q_1 = 20 \mu\text{C}, Q_2 = 30 \mu\text{C}, Q_3 = 40 \mu\text{C} \quad \text{ב.} \quad C_T = 9 \mu\text{F} \quad \text{א.} \quad (6)$$

$$Q_{1,2} = 10.29 \mu\text{C}, Q_{3,4} = 16 \mu\text{C}, V_1 = 10.29 \text{ V}, V_2 = 1.71 \text{ V}, V_3 = 8 \text{ V}, V_4 = 4 \text{ V} \quad \text{א.} \quad (7)$$

$$V_{AB} = -2.28 \text{ V} \quad \text{ב.} \quad (7)$$

$$V \approx 35.5 \text{ V} \quad \text{ב.} \quad \vec{E} \approx -7.12 \cdot 10^3 \frac{\text{N}}{\text{C}} \hat{y} \quad \text{א.} \quad (8)$$

$$V_{C_2} = 0, V_{C_1} = 12 \text{ V}, Q_1 = 36 \mu\text{C} \quad \text{ב.} \quad Q_1 = Q_2 = 24 \mu\text{C}, V_1 = 8 \text{ V}, V_2 = 4 \text{ V} \quad \text{א.} \quad (9)$$

$$Q_{1,2} = 18 \mu\text{C}, V_1 = 6 \text{ V}, V_2 = 3 \text{ V} \quad \text{ג.} \quad (9)$$

$$V_{C_1} = 6 \text{ V}, Q_{C_1} = 18 \mu\text{C}, V_{C_2} = 3 \text{ V}, Q_2 = 18 \mu\text{C} \quad \text{ד.} \quad (10)$$

$$q_2 = 36 \mu\text{C}, q_1 = 24 \mu\text{C}, V_1 = V_2 = 2.4 \text{ V} \quad \text{ב.} \quad q_2 = 108 \mu\text{C}, q_1 = 72 \mu\text{C}, V_1 = V_2 = 10.8 \text{ V} \quad \text{א.} \quad (10)$$

$$q'_3 = 12.5 \mu\text{C}, V'_3 = 2.5 \text{ V}, U = 15.625 \text{ J} \quad (11)$$

$$U_{C_1} = 15.93 \cdot 10^{-12} \text{ J}, U_{C_F} = 47.79 \cdot 10^{-12} \text{ J} \quad \text{ב.} \quad V' = 9 \text{ V} \quad \text{א.} \quad (12)$$

$$|W| = 31.86 \cdot 10^{-12} \text{ J} \quad \text{ג.} \quad (12)$$

$$C_T = C_1 + C_6 + C_{2,3,4,5} \quad (13)$$

$$q_1 = \frac{C_1 V_0}{2}, q_2 = \frac{C_2 V_0}{2}, \Delta q = \frac{V_0}{2} (C_2 - C_1) \quad \text{ב.} \quad V_{AB} = \frac{V_0}{2} - \frac{V_0 C_2}{C_1 + C_2} \quad \text{א.} \quad (14)$$

$$q = CV = \frac{\epsilon_0 A}{d} V, E = \frac{V}{d}, U = \frac{1}{2} \frac{\epsilon_0 A}{d} V^2 \quad \text{א.} \quad (15)$$

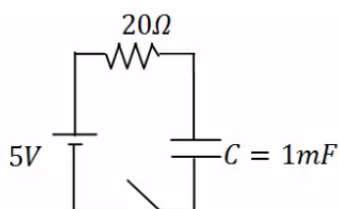
$$q_1 = q_2 = \frac{4\epsilon_0 AV}{3d}, E_1 = E_2 = \frac{4V}{3d}, U = \frac{1}{2} C_T V^2 = \frac{2\epsilon_0 A}{3d} V^2 \quad \text{ב.} \quad (15)$$

$$E_1 = E_2 = \frac{V}{d}, U = \frac{3\epsilon_0 AV^2}{8d} \quad \text{ג.} \quad (15)$$

תהליכי טעינה ופריקה של קבל:

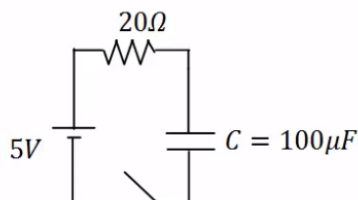
שאלות:

(1) טעינה



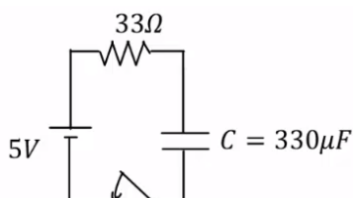
- במעגל הבא הקיבול של הקבל הוא: $C = 1\text{mF}$,
 התנגדות הנגד היא: $R = 20\Omega$ ומתח המקור
 הוא: $V_0 = 5\text{V}$. סוגרים את המפסק ב- $t = 0$.
 א. מהו המטען על הקבל לאחר 0.01 שניות?
 ב. המתח על הקבל באותו הרגע?
 ג. מהם המטען והמתח על הקבל לאחר 0.1 שניות?

(2) זמן אופייני



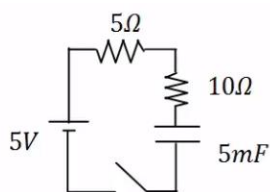
- במעגל הבא הקיבול של הקבל הוא: $C = 100\mu\text{F}$,
 התנגדות הנגד היא: $R = 100\Omega$ ומתח המקור
 הוא: $V_0 = 5\text{V}$. סוגרים את המפסק ב- $t = 0$.
 מהו המטען והמתח על הקבל לאחר 0.3 שניות?

(3) חישוב זרם



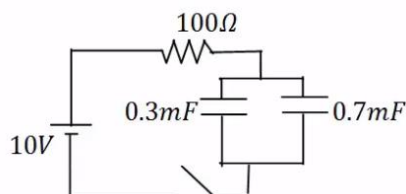
- במעגל הבא הקיבול של הקבל הוא: $C = 330\mu\text{F}$,
 התנגדות הנגד היא: $R = 33\Omega$ ומתח המקור
 הוא: $V_0 = 5\text{V}$. סוגרים את המפסק ב- $t = 0$.
 א. מהו הזרם במעגל ב- $t = 0.005\text{sec}$?
 ב. מהו ההספק בנגד באותו הרגע?

(4) שני נגדים



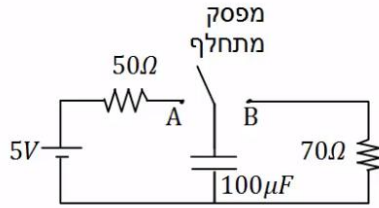
- במעגל הבא סוגרים את המפסק ב- $t = 0$.
 א. מהו הזמן האופייני במעגל?
 ב. מצא את המתח והזרם בקבל בזמנים: $t = 0.01, 0.6\text{sec}$.

(5) שני קבלים



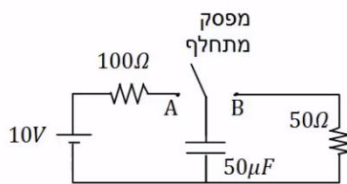
- במעגל הבא סוגרים את המפסק ב- $t = 0$.
 א. מהו הזמן האופייני במעגל?
 ב. מצא את המתח והמטען בכל קבל
 בזמנים: $t = 0.2, 0.8\text{sec}$.

(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.

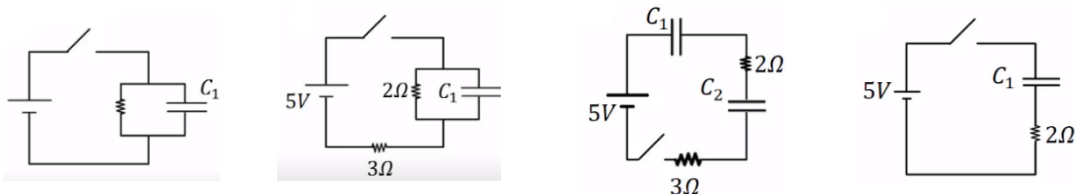
(7) מתג מתחלף



- 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 והחוטמים אידיאליים.
א. ב. ג. ד.



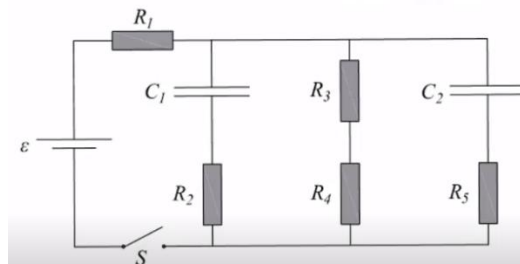
(9) קבלים במעגל בהתחלה ולאחר זמן רב

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. $q_C(t) \approx 1.97 \cdot 10^{-3} \text{C}$ ב. $V_C = 1.97 \text{V}$
- ג. $q_C(t = 0.1) = 4.97 \cdot 10^{-3} \text{C}$, $V_C = 4.97 \text{V}$
- (2) $q_C = 5 \cdot 10^{-4} \text{C}$, $V_C = V_0 = 5 \text{V}$
- (3) א. $I(0.005) \approx 0.096 \text{A}$ ב. $P \approx 0.305 \text{W}$
- (4) א. $\tau = 0.075 \text{sec}$
- ב. $V_C(t = 0.01) = 0.624 \text{V}$, $I(t = 0.01) \approx 0.292 \text{A}$, $V_C(t = \infty) = 5 \text{V}$, $I(t = \infty) = 0$
- (5) א. $\tau = 0.1 \text{sec}$
- ב. $V_T(t = 0.2) = 8.65 \text{V}$, $q_1(t = 0.2) = 2.60 \cdot 10^{-3} \text{C}$, $q_2(t = 0.2) = 6.01 \cdot 10^{-3} \text{C}$
- (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. $q_C(t = 0.02) \approx 7.92 \cdot 10^{-6} \text{C}$
- 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. $I(t = 0) = 2.5 \text{A}$ ב. $I = 1 \text{A}$ ג. $I = \frac{5}{3} \text{A}$ ד. $I(t = 0) = \infty$
- (9) א. $I_T = I_1 \approx 4.62 \text{A}$, $I_2 \approx 1.85 \text{A}$, $I_{3,4} = 1.85 \text{A}$, $I_5 \approx 0.92 \text{A}$ ב. $I_{1,3,4} = 3.43 \text{A}$, $I_{2,5} = 0$ ג. $q_1 \approx 20.58 \cdot 10^{-6} \text{C}$, $q_2 \approx 41.16 \cdot 10^{-6} \text{C}$

קורס בפיזיקה לכיתה יב

פרק 13

השדה המגנטי

56 השדה המגנטי

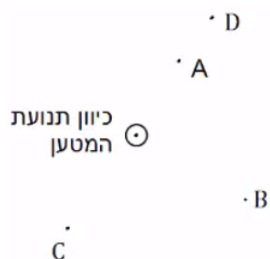
השדה המגנטי:

שאלות:

(1) דוגמה 1

מטען נע מהדף אלינו.

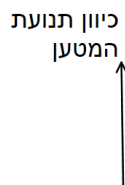
צייר את כיוון השדה המגנטי בנקודות: A, B, C, D.



(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: $I_0 = 2A$.

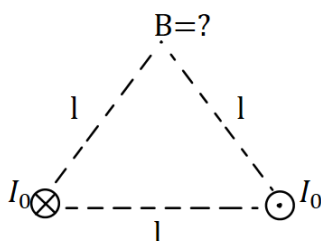
התיילים מונחים בקודקודי הבסיס של משולש

שווה צלעות בעל אורך צלע: $l = 20 \text{ cm}$.

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

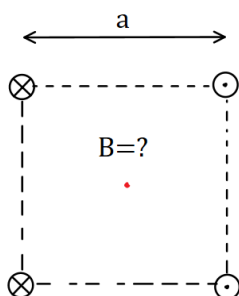
במערכת הבאה ישנם ארבעה תיילים אינסופיים

בפינותיו של ריבוע בעל אורך צלע: $a = 10 \text{ cm}$.

גודל הזרם בכל התיילים זהה ושווה ל- $3A$.

כיוון הזרם מתואר באיור.

מהו השדה המגנטי במרכז הריבוע?

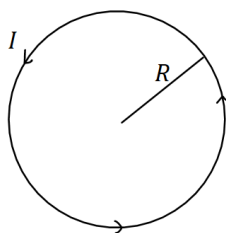


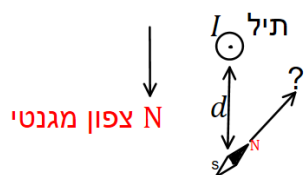
(5) דוגמה 5 - שדה במרכז טבעת

מצא את גודל וכיוון השדה המגנטי במרכז הטבעת שבאיור.

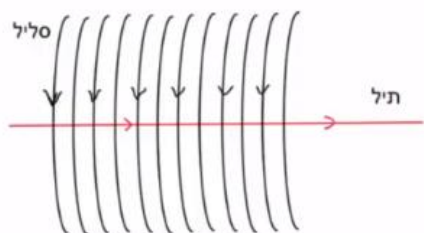
רדיוס הטבעת הוא: $R = 5 \text{ cm}$ והזרם בה הוא: $I = 0.2A$.

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: $B_t = 2.9 \cdot 10^{-5} T$).



- (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) מצד ימין השדה נכנס, מצד שמאל השדה יוצא.

$$\vec{B} = -2 \cdot 10^{-6} \hat{y} \quad (2)$$

$$\vec{B} = -24.24 \cdot 10^{-6} T \hat{y} \quad (3)$$

$$B = 8\pi \cdot 10^{-7} T \quad (4)$$

$$\theta \approx 55.4^\circ \quad (5)$$

$$B_T \approx 5.4 \cdot 10^{-6} T \quad \text{ב.} \quad r = 5.9cm \quad \text{א.} \quad (6)$$

קורס בפיזיקה לכיתה יב

פרק 14

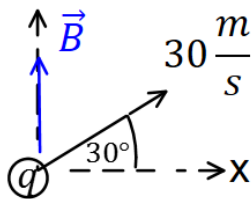
הכוח המגנטי

58 הכוח המגנטי

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

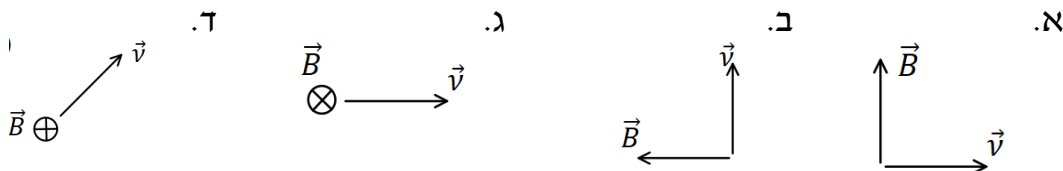
מטען $q = 3c$ נע במהירות: $\vec{v} = 2 \frac{m}{sec} \hat{x} + 4 \frac{m}{sec} \hat{y}$

במרחב ישנו שדה מגנטי אחיד: $\vec{B} = 5T \hat{y}$.

מצא את גודל הכוח המגנטי שפועל על המטען.

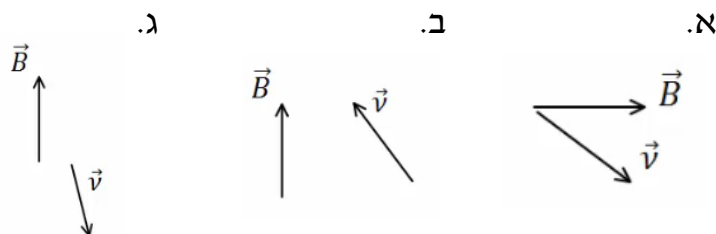
3) דוגמה 3

מצא את כיוון הכוח המגנטי במקרים הבאים:

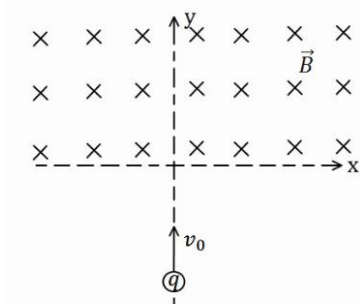


4) דוגמה 5

מצא את כיוון הכוח המגנטי במקרים הבאים:



דוגמה 6 (5)



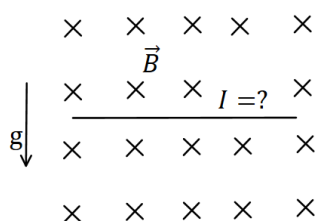
מטען $q = 4c$ נע מ- $y = -\infty$ לאורך הכיוון החיובי של ציר ה- y . בכל התחום $y > 0$ קיים שדה מגנטי אחיד $B = 5T$ לתוך הדף. מסת המטען היא: $m = 10gr$ ומהירותו

היא: $v_0 = 20 \frac{m}{sec}$.

א. שרטט את תנועת המטען.

ב. מצא את המיקום בו יצא המטען מהתחום בו נמצא השדה המגנטי.

דוגמה 7 (6)

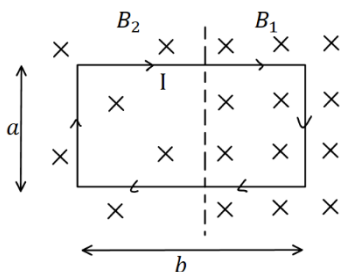


תיל ישר נמצא במאונך לשדה מגנטי אחיד: $B = 10^{-2}T$ לתוך הדף. צפיפות המסה של התיל ליחידת אורך

היא: $\lambda = 20 \frac{gr}{cm}$.

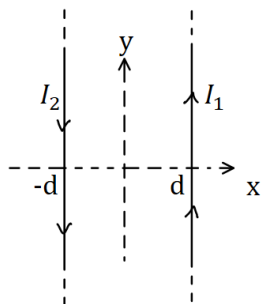
מצא מה צריך להיות גודל וכיוון הזרם בתיל, כך שהתיל ירחף באוויר.

דוגמה 8 (7)



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 ($a = 0.5m$).

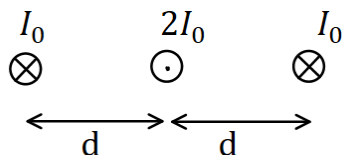
דוגמה 9 (8)



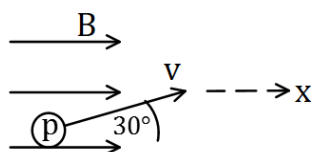
תיל ארוך מאוד מונח במקביל לציר ה- y וב- $x = d$. בתיל זורם זרם: $I_1 = 1A$ בכיוון. תיל ארוך נוסף מונח גם כן במקביל לציר ה- y וב- $x = -d$. הזרם בתיל זה הוא: $I_2 = 2A$ בכיוון הפוך לציר ה- y . מהו הכוח ליחידת אורך על כל תיל, אם: $d = 20cm$?

דוגמה 10 (9)

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?

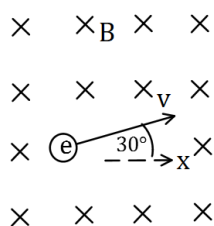


תרגיל 1 (10)



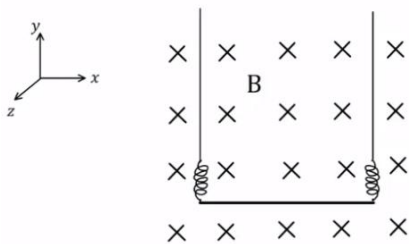
פרוטון נכנס לאזור בו ישנו שדה מגנטי אחיד שעוצמתו $10T$ בכיוון ציר ה- x . מהירות הפרוטון היא: $10^6 \frac{m}{sec}$ וכיוונה בזווית 30° מעלות ביחס לשדה. א. מהו גודל וכיוון הכוח הפועל על הפרוטון? ב. מהי תאוצת הפרוטון? נתון: $q_p = 1.6 \cdot 10^{-19} C$, $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} kg$

תרגיל 2 (11)



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: $q_e = -1.6 \cdot 10^{-19} C$, $m_e = 9.1 \cdot 10^{-31} kg$

תיל תלוי על שני קפיצים (12)



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

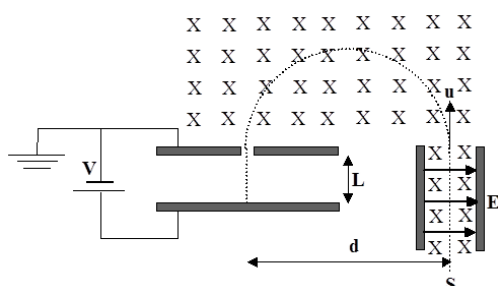
האנכיים ואת הכוחות שהם מפעילים על התיל האופקי.

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 חלקיקים. נתונים: $\vec{B}, \vec{E}, m, q, L$.

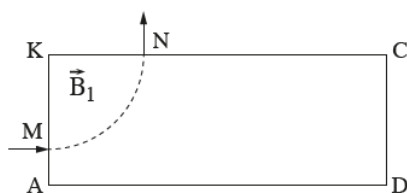
- באיזו מהירות u יוצאים החלקיקים מהקבל הראשון?
- מהו המרחק d (ראה ציור)?
- תוך כמה זמן משלים החלקיק את חצי הסיבוב?
- מה צריך להיות ערכו המינימלי של מתח העוצר V , המופעל על הקבל השני, כדי שהחלקיקים הנכנסים לתוכו יעצרו לחלוטין?
- מחברים את הקבל השני לסוללה, שמתחה גדול פי שתיים ממה שחישבת בסעיף ד'. תוך כמה זמן יעצור החלקיק מרגע כניסתו אל בין לוחות הקבל השני כעת?

14) בגרות 2024 שאלה 5

פיזיקה, קיץ תשפ"ד, מס' 36371 + נספח

- 10 -

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.

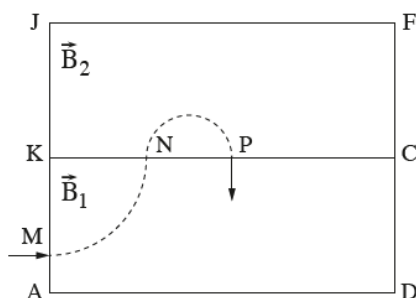


תרשים 1

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: $B_1 = 0.05 T$, 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)

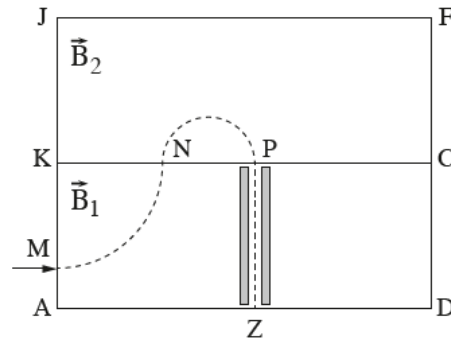
יוצרים שדה מגנטי אחר, $\vec{B}_2$, גם הוא אחיד ומאונך לדף, באזור מלבני KJFC שנמצא מעל האזור המלבני הראשון, כמתואר בתרשים 2. מעניקים לחלקיק שוב את אותה המהירות ההתחלתית v_0 , והוא נע במסלול המתואר בתרשים 2. הוא יוצא מן המלבן KJFC בנקודה P במאונך לצלע KC. נתון כי המרחק KP הוא 62.6 cm .



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.

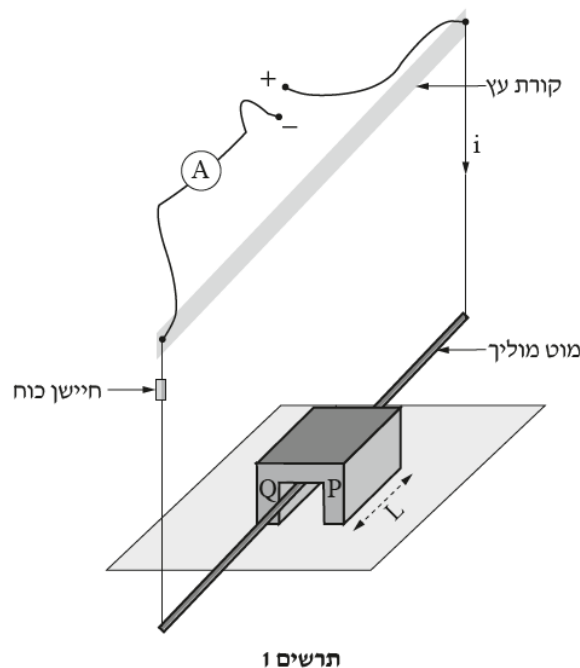
ה. קבעו אם בניסוי זה הפכו את הכיוון של אחד (או יותר) מן השדות $\vec{E}$, $\vec{B}_2$, $\vec{B}_1$. נמקו את קביעתכם. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

15) בגרות 2024 שאלה 6

פיזיקה, קיץ תשפ"ד, מס' 36371 + נספח

- 12 -

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 האחד $\vec{B}$ של המגנט, והוא אינו נוגע במשטח ובמגנט. מסתו של המוט המוליך היא m . אורך קטע המוט המוליך הנמצא בשדה המגנטי הוא $L = 10 \text{ cm}$. חיישן כוח מודד את המתחיות באחד החוטים. המתחיות בשני החוטים זהה. בשאלה כולה יש להזניח את השפעת השדה המגנטי של כדור הארץ, מסת החוטים ומסת חיישן הכוח.

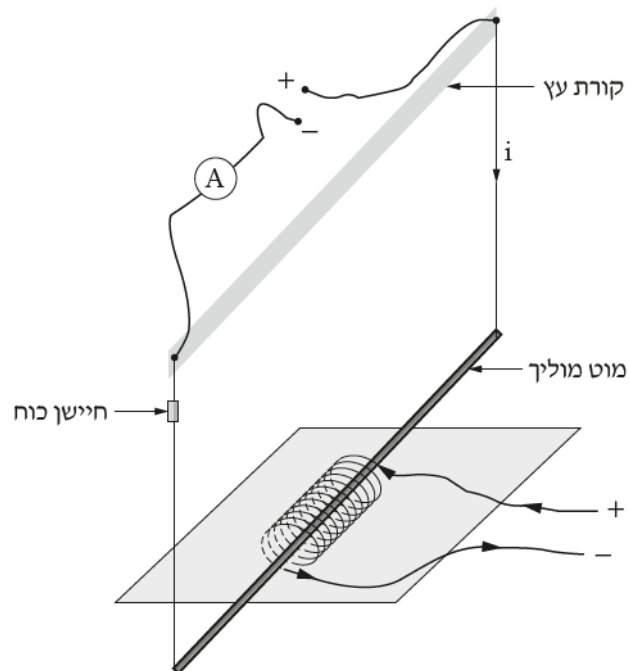


התלמידים שינו את עוצמת הזרם i כמה פעמים, ובכל פעם הם רשמו את המתחיות T הנמדדת בחיישן הכוח. התוצאות מוצגות בטבלה שלפניכם.

$i(\text{A})$	1.0	3.0	5.0	7.0	9.0
$T(\text{N})$	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 המתחיות בחוט כפונקצייה של עוצמת הזרם i . השתמשו בפרמטרים L, B, m 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 המתחיות 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)

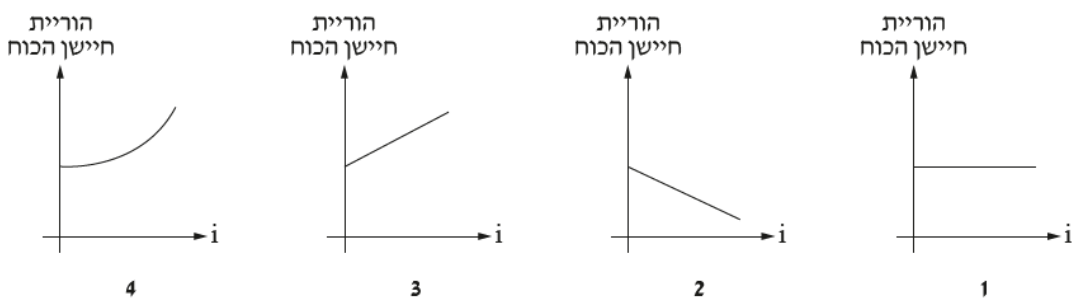
התלמידים הוציאו את מגנט הפרסה, ומיקמו את המוט המוליך לאורך הציר של סילונית שבה זורם זרם קבוע (כיוון הזרם בסילונית מסומן בתרשים 2).



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:

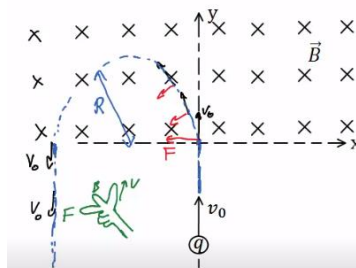
(1) $F_B \approx 207.8 \text{ N}$

(2) $F_B = 30 \text{ N}$

(3) א. $\vec{F}_e$ ב. $\vec{F}_e$ ג. $\vec{F}$ ד. $\vec{F}$

(4) א. $\vec{F}_e$ ב. $\vec{F} \otimes$ ג. $\vec{F}_e$

(5) א. ב. $x = -2 \text{ cm}, y = 0$



(6) כיוון: ימינה, גודל: $I = 2 \cdot 10^3 \text{ A}$

(7) $\sum F = 1 \text{ N}$, 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. $F = 8 \cdot 10^{-13} \text{ N}$, כיוון: לתוך הדף. ב. $a = 4.79 \cdot 10^{14} \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$

(11) א. $F = 8 \cdot 10^{-11} \text{ N}$, כיוון: 60° מתחת לציר ה-x.

ב. $R = 1.14 \cdot 10^{-7} \text{ m}$

(12) א. $I = 3.75 \text{ A}$, כיוון: חיובי של ציר x. ב. $\Delta l = 0.03 \text{ m}$

(13) א. $u = \frac{E}{B}$ ב. $d = \frac{2mE}{qB^2}$ ג. $t = \frac{\pi}{qB} \text{ m}$ 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. $1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

ג. 0.2 T , 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.

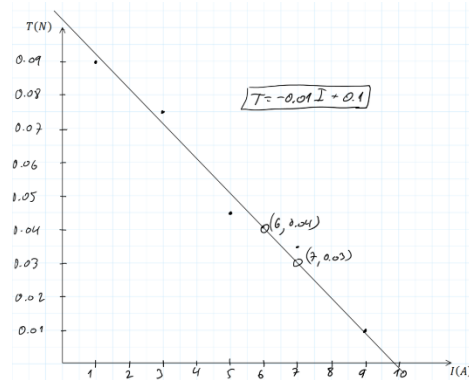
בנקודה N המהירות למטה והכוח שמאלה. לפי כלל יד ימין B_1 החוצה מהדף ולכן הוא התהפך.

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 המתרחקות 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.

$$T = -\frac{BL}{2}I + \frac{mg}{2}$$

ג. (1) ו (2)



$$m = 0.02kg, B = 0.2T$$

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.

קורס בפיזיקה לכיתה יב

פרק 15

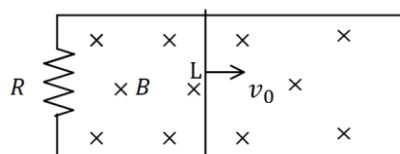
חוק פארדיי והשראות מגנטית (כאמ מושרה)

הרצאות ותרגילים 68

הרצאות ותרגילים:

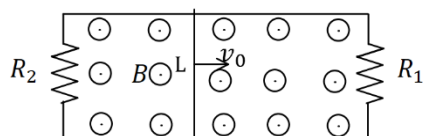
שאלות:

(1) מוט נע על מסילה



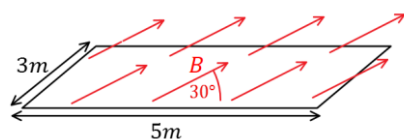
- מוט מוליך נע על מסילה העשויה ממוליכים גם כן.
בקצה המסילה ישנו נגד R . מהירות המוט היא v_0
ואורכו L . במרחב ישנו שדה מגנטי אחיד לתוך הדף B .
- מהו הכא"מ במוט?
 - מהו הזרם בנגד גודל וכיוון?
 - מהו הכוח המגנטי הפועל על המוט?
 - מהו הכוח החיצוני הדרוש על מנת להזיז את המוט במהירות קבועה?

(2) המסילה מחוברת משני הצדדים



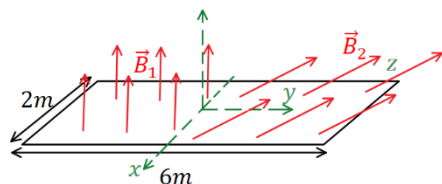
- מוט מוליך נע על מסילה, העשויה ממוליכים גם כן.
בשני קצוות המסילה ישנם נגדים: $R_1 = 2\Omega$, $R_2 = 3\Omega$.
מהירות המוט היא: $v_0 = 5 \frac{m}{sec}$ ואורכו: $L = 20cm$.
במרחב ישנו שדה מגנטי אחיד החוצה מהדף: $B = 1T$.
- מהו הכא"מ במוט?
 - מהו הזרם בכל נגד ובמוט (גודל וכיוון)?
 - מהו הכוח החיצוני הדרוש על מנת להזיז את המוט במהירות קבועה?

(3) חישוב שטף אחיד



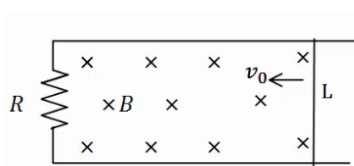
- באיור הבא נתון כי השדה המגנטי על המשטח הזה
בכל נקודה (שדה אחיד).
גודלו הוא $B = 2T$ והזווית בינו למשטח היא 30° .
אורך המשטח הוא 5m ורוחבו הוא 3m.
מצא מהו השטף דרך המשטח.

(4) חישוב שטף מפוצל



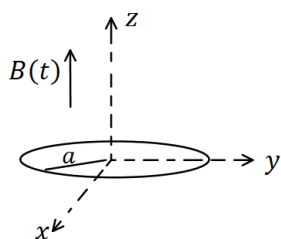
- באיור הבא נתון משטח המונח על מישור xy .
אורך המשטח הוא 6m ורוחבו הוא 2m.
השדה המגנטי בחציו השמאלי של המשטח
הוא: $\vec{B}_1 = 2T\hat{z}$, שדה אחיד.
בחציו הימני של המשטח השדה הוא: $\vec{B}_2 = 7T\hat{y} + 3T\hat{z}$.
מצא מהו השטף דרך המשטח.

(5) עוד מוט ומסילה



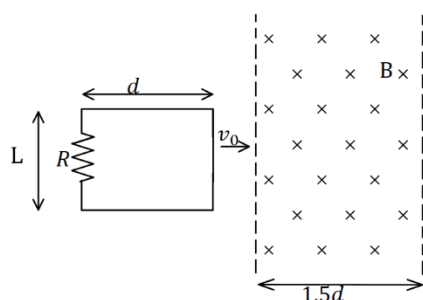
- מוט מוליך נע על מסילה העשויה ממוליכים גם כן.
בקצה המסילה ישנו נגד R , מהירות המוט היא v_0
ואורכו L . במרחב ישנו שדה מגנטי אחיד לתוך הדף B .
א. מהו הכא"מ במעגל לפי חוק פאראדיי (גודל וכיוון)?
ב. מהו הזרם בנגד גודל וכיוון?
ג. חשב את הכא"מ לפי הנוסחה של כא"מ במוט ומצא את כיוון הזרם.
הראה שהתוצאה זהה.

(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:

$$(1) \quad \varepsilon = BLv_0 \quad \text{א.} \quad \text{ב. נגד כיוון השעון,} \quad I = \frac{BLv_0}{R} \quad \text{ג.} \quad F = \frac{B^2 L^2 v_0}{R}$$

$$\text{ד.} \quad F = \frac{B^2 L^2 v_0}{R}$$

$$(2) \quad \varepsilon = 1V \quad \text{א.} \quad \text{ב.} \quad I_1 = 0.5A, I_2 = \frac{1}{3}A, I_3 = \frac{5}{6}A \quad \text{ג.} \quad F = \frac{1}{6}N$$

$$(3) \quad \phi_B = 15T \cdot m^2$$

$$(4) \quad \phi_B = 30T \cdot m^2$$

$$(5) \quad \text{א. עם כיוון השעון,} \quad |\varepsilon| = |BLv_0| \quad \text{ב.} \quad I = \frac{BLv_0}{R}$$

$$\text{ג.} \quad \varepsilon = BLv_0$$

$$(6) \quad \text{א.} \quad |\varepsilon| = \alpha \pi a^2 \quad \text{ב.} \quad I = \frac{\alpha \pi a^2}{R}$$

$$(7) \quad \varepsilon = \begin{cases} -BLv_0 & x < d \\ 0 & d < x < 1.5d \\ BLv_0 & 1.5d < x < 2.5d \end{cases} \quad \text{א.}$$

$$I = \begin{cases} \frac{BLv_0}{R} \text{ anticlockwise} & x < d \\ 0 & d < x < 1.5d \\ \frac{BLv_0}{R} \text{ clockwise} & 1.5d < x < 2.5d \end{cases} \quad \text{ב.}$$

$$P = I^2 R = \begin{cases} \frac{B^2 L^2 v_0}{R} & x < d \\ \frac{B^2 L^2 v_0}{R^2} & d < x < 1.5d \\ \frac{B^2 L^2 v_0}{R} & 1.5d < x < 2.5d \end{cases} \quad \text{ג.}$$

$$\vec{F} = \begin{cases} \frac{B^2 L^2 v_0}{R} \hat{x} & x < d \\ 0 & d < x < 1.5d \\ \frac{B^2 L^2 v_0}{R} \hat{x} & 1.5d < x < 2.5d \end{cases} \quad \text{ד.}$$

קורס בפיזיקה לכיתה יב

פרק 17

גלים חד ממדיים

גלים 71

גלים:

שאלות:

(1) תרגול גל 1

פולס נע ימינה בחבל.

מתוארת צורתו בשני זמנים שונים:



א. מה משרעת הפולס?

ב. מה מהירות התקדמותו?

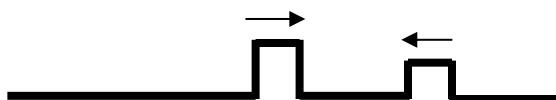
ג. מה כיוון תנועת החלקיק בחבל שנמצא בנקודה A ברגע $t = 0$?

ד. מה כיוון תנועת החלקיק בחבל שנמצא בנקודה B ברגע זה?

(2) תרגול גל 2

מציירים בחבל שתי הפרעות כמתואר בתרשים: $v = 10 \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$.

שרטט את החבל בזמנים הבאים:



א. $t = 8 \text{ sec}$

ב. $t = 16 \text{ sec}$

ג. $t = 18 \text{ sec}$

ד. $t = 22 \text{ sec}$

(3) תרגול גל 3

בחבל מייצרים שתי הפרעות שונות בשני קצותיו שמתקדמות אחת לקראת

השנייה, כמתואר בתרשים: $v = 0.5 \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$.

שרטט את צורת החבל בזמנים הבאים:



א. $t = 8 \text{ sec}$

ב. $t = 12 \text{ sec}$

ג. $t = 13 \text{ sec}$

ד. $t = 16 \text{ sec}$

(4) תרגול גל 4

פולס משולש נע בחבל ומגיע לקצהו. שרטט את החבל + הפלוס במקרים הבאים:

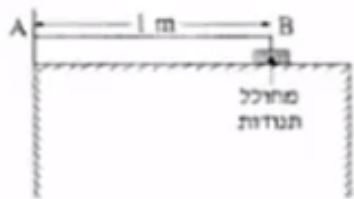
א. קצה החבל קשור לקיר.

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:

$\frac{1}{\lambda} (\text{m}^{-1})$	$\lambda (\text{m})$	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) שייוצר בה גל עומד בחוט AB? נמק.

(6) תרגול גל מחזורי 1

מופיעים לפניכם גרפי העתק זמן והעתק מקום של חבל מסוים.

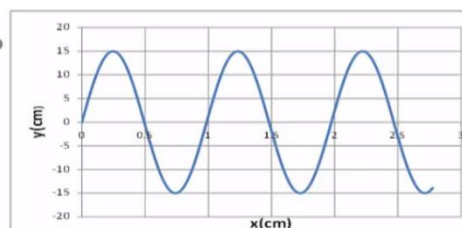
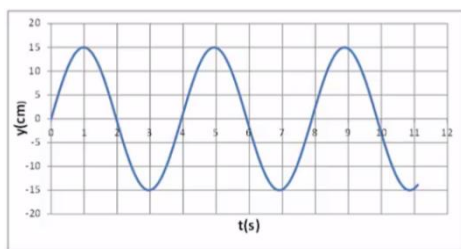
א. מהי משרעת הגל?

ב. מהו אורך הגל המתקדם בחבל?

ג. מה זמן המחזור של הגל?

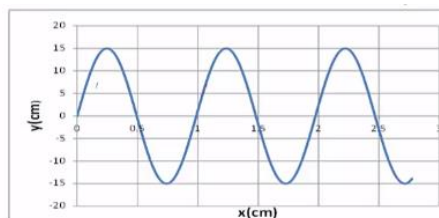
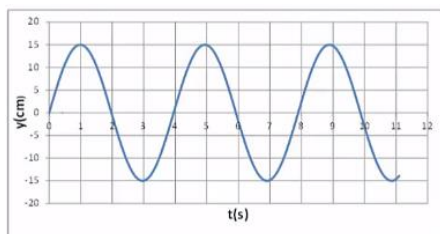
ד. מה מהירות הגל?

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.
- קבע את אורך הגל של כל אחד מהגלים בחבל.
 - שרטט את החבל $\frac{1}{4}$ זמן מחזור לאחר תצלום זה.
 - שרטט את החבל $\frac{1}{2}$ זמן מחזור לאחר תצלום זה.
 - בחר בכל תצלום נקודה מימין ומשמאל למשרעת, וצייר את כיוון תנועתה מיד לאחר צילום זה.

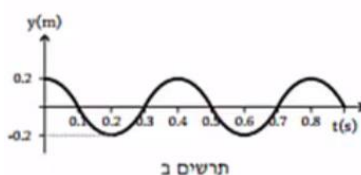
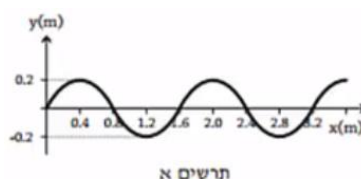
גל עומד

גל מתקדם

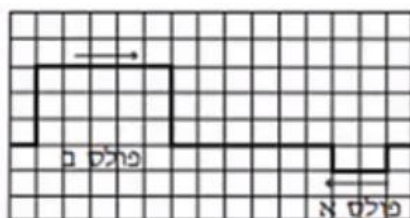


9) בגרות גלים 2007

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.



- 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.



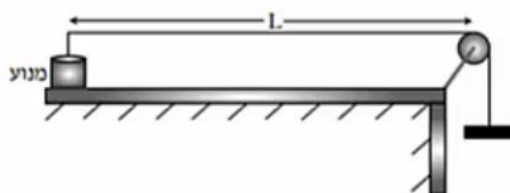
תרשים ג

- 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 (m)	ההופכי של אורך הגל $\frac{1}{\lambda}$ $\left(\frac{1}{m}\right)$
1	16		
2	35		
3	50		
4	65		
5	80		

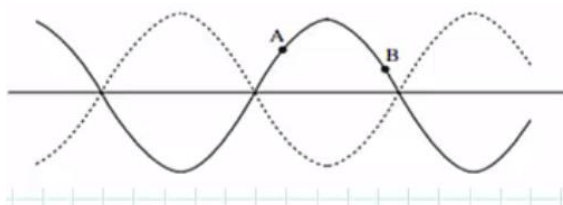
ב. העתק את הטבלה למחברתך. חשב את הערכים המתאימים של אורך הגל λ ,

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.

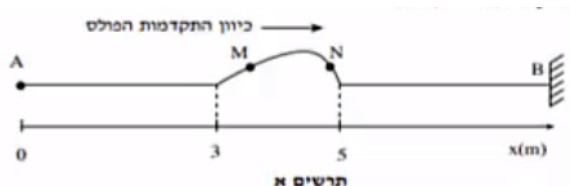
ד. חשב, על פי הגרף שקיבלת, את המהירות v של התקדמות הגל בחבל. פרט את שיקוליך במציאת המהירות.

ה. לפניך תרשים של גל עומד בחבל. מהו הפרש המופע בין שתי הנקודות A ו-B המסומנות בתרשים?



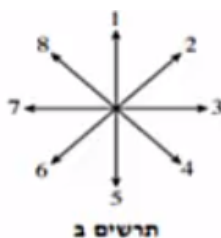
11 בגרות גלים 2010

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: $t_1 = 0.5 \text{ sec}$. לאורך החבל נוצר פולס המתקדם ימינה. תרשים א' שלפניך מציג את מצב החבל ברגע מסוים t_2 , וכן ציר מקום x .



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'.



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.

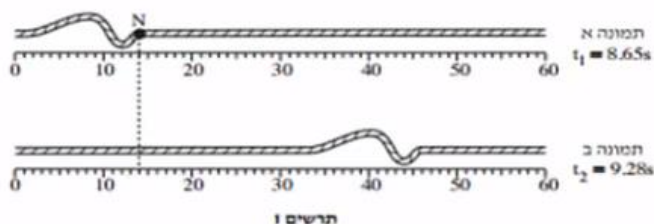
12) בגרות גלים 2013

- 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: $f = 500\text{Hz}$. מהירות ההתקדמות של הגלים על המיתר היא: $400 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$.
חשב את אורך הגל של הגלים.

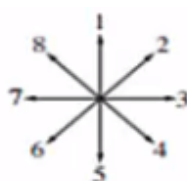
- כאשר שני הקצוות של המיתר המתוח (המתואר בסעיף ב') קבועים במקומם, מתרחשת סופרפוזיציה של הגלים הנעים על המיתר עם גלים המוחזרים מהקצוות. בעקבות זאת נוצר על המיתר גל עומד שבו שני הקצוות הם נקודות צומת (מינימום), ומרכז המיתר הוא נקודת קמר (מקסימום) יחידה.
ג. חשב את אורך המיתר.
ד. הגדילו את התדירות של הגל 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: $t_1 = 8.65\text{sec}$, ובתמונה ב' מוצגת ההפרעה ברגע: $t_2 = 9.28\text{sec}$.



- 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 .

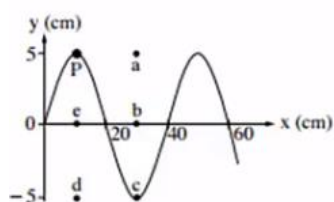


תרשים 2

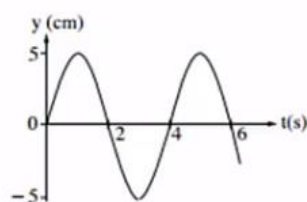
- ד. קצה החבל קשור בנקודה קבועה למוט אנכי שאינו נראה בתמונות. ההפרעה מתקדמת לאורך החבל לעבר קצהו הקשור, והיא חוזרת לכיוון שהגיעה ממנו. כאשר ההפרעה חוזרת היא מתהפכת בכיוון מעלה-מטה. סרטט במחברתך תרשים מקורב של ההפרעה המוחזרת.
- ה. במקרה אחר קצה החבל קשור לטבעת החופשייה לנוע מעלה-מטה לאורך המוט האנכי. 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

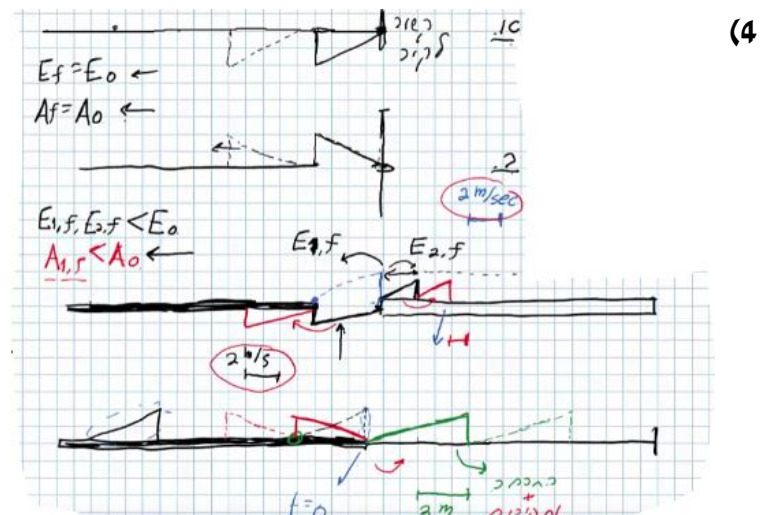
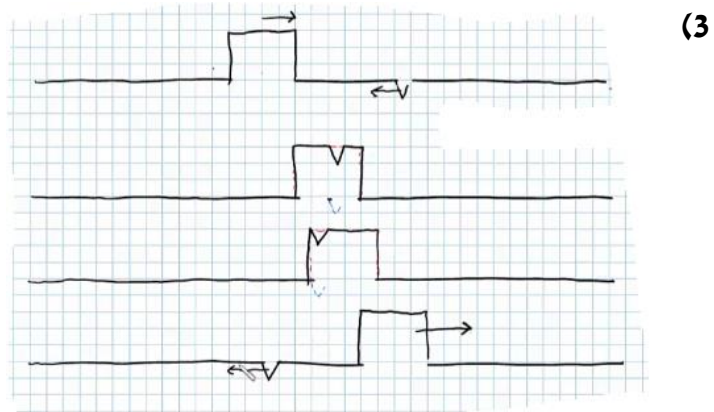
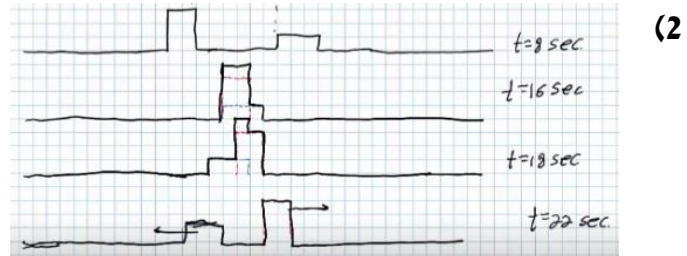


תרשים א

- א. היעזר בתרשימים ומצא את הגדלים האלה:
- משרעת (אמפליטודת) הגל.
 - תדירות הגל.
 - 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:

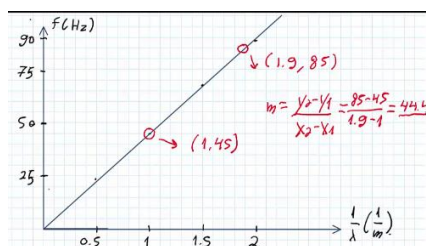
- (1) א. $A = 0.3 \text{ m}$ ב. $V = 0.2 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ג. למעלה. ד. למטה.



5. א.

$\frac{1}{\lambda} (\text{m}^{-1})$	$\lambda (\text{m})$	צורת הגל העומד	f - תדירות התנודות (Hz)
0.5	2		24
1	1		45
1.5	$\frac{2}{3}$		67
2	$\frac{1}{2}$		88

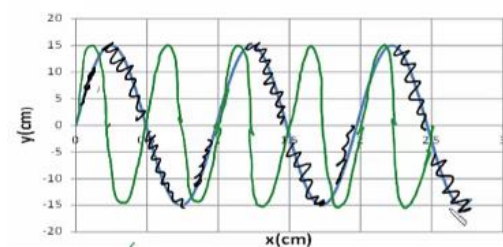
ג. $f = 111 \text{ Hz}$ $f = v \frac{1}{\lambda}$



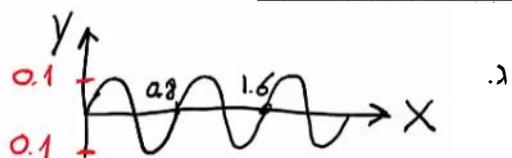
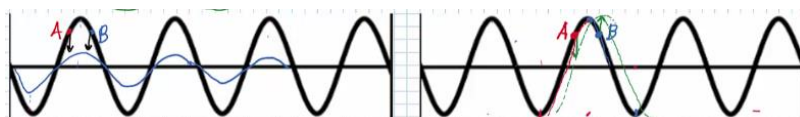
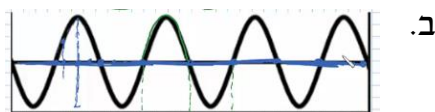
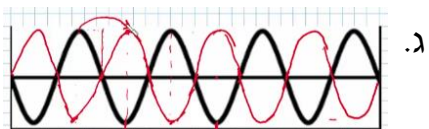
6. א. $A = 0.15 \text{ m}$ ב. $\lambda = 1 \text{ m}$ ג. $t = 4$ ד. $v = 25 \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$

ה. $(0.5, 0)$, $(1.5, 0)$, $(2.5, 0)$

7. הגל הירוק בשרטוט:



8. א. מתקדם: $\lambda_1 = 80 \text{ cm}$, עומד: $\lambda_2 = 80 \text{ cm}$

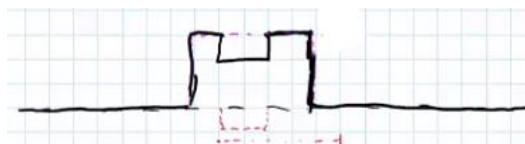


9. א. $A = 0.2 \text{ m}$ ב. $V = 4 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

ז. $t = 8 \text{ sec}$



ז. $t = 5 \text{ sec}$

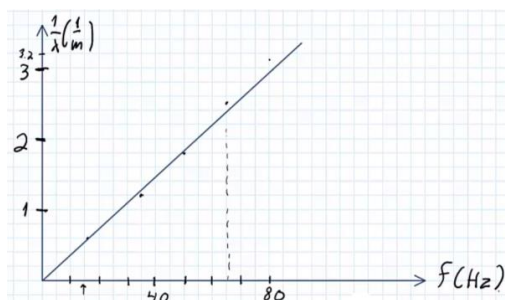


10 א. לא, בניסוי השני λ קטן פי 2.

ב.

מספר נקודות קמר n	תדירות f (Hz)	אורך הגל λ בחבל (m)	ההופכי של אורך הגל $\frac{1}{\lambda}$ בחבל $\left(\frac{1}{m}\right)$
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

ה. 0 $v = 27.3 \frac{m}{sec}$ ד.

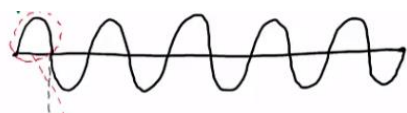


ג. N - חץ מס' 1 - נעה למעלה,

11 א. $V = 4 \frac{m}{sec}$ ב. $t_2 = 1.25 sec$

ד. $\lambda = 1m$

M - חץ מס' 5 - נעה למטה.



ו. ראה סרטון.

ג. $L = 0.4m$

ב. $\lambda = 0.8m$

12 א. ראה סרטון.

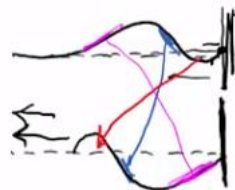
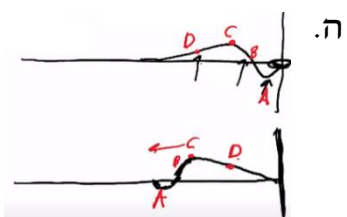
ii. 3 נקודות צומת.

ד. i. $f = 1000Hz$

ב. $V = 50.8 \frac{cm}{sec}$ ג. חץ מס' 5.

ii. רוחבית.

13 א. i. ימינה.



iii. $\lambda = 40cm$

ii. $f = 0.25Hz$

14 א. i. $A = 5cm$

ג. נקודה d.

ב. $V = 0.1 \frac{m}{sec}$

קורס בפיזיקה לכיתה יב

פרק 18

גלי מים (גלים דו ממדיים)

82		תכונות גלי מים
85		התאבכות גלי מים

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 .

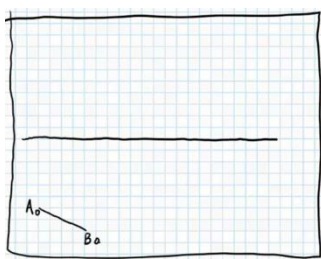
ב. הוסף לתרשים את חזית הגל לאחר שהחזרה מהמחסום.

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, הוספו

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.

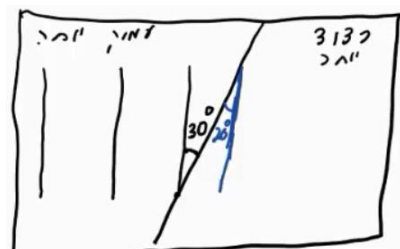
א. מה מהירות גל המים בתווך הרדוד יותר?

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

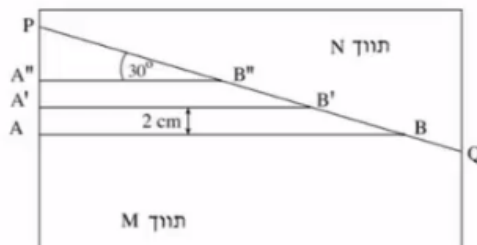
גל מעגלי מתפשט באמבט גלים. משרעתו, כשהיה מעגל ברדיוס 3cm, הייתה 1cm.

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.

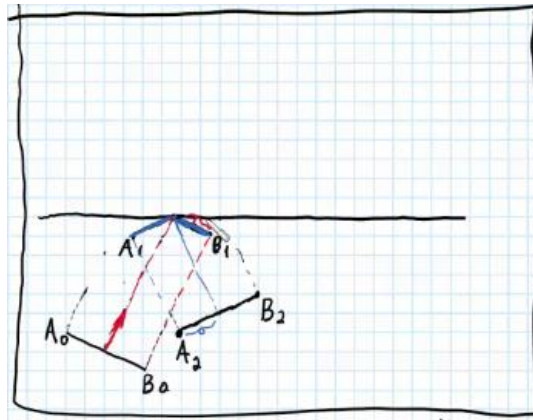


- קו ההפרדה PQ מפריד בין תווך M לתווך N. עומק המים בתווך M שונה מעומק המים בתווך N. גודל מהירות הגלים הוא $10 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ בתווך M, ו- $15 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ בתווך N. הקווים: AB, A'B', ו-A''B'' מתארים שלושה קווי שיא עוקבים של גל הנפלט ממקור הגלים. המרחק בין שני קווי שיא עוקבים, לדוגמה בין AB ל-A'B', הוא 2cm, והזווית בין כל אחד מקווי השיא ובין הקו PQ היא 30° .
- מהי התדירות של מקור הגלים?
 - מהו אורך הגל בתווך N?
 - חשב את זווית השבירה של הגל בתווך N.
 - 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.

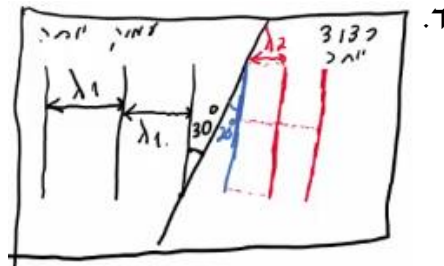
- חוזרים על הניסוי במערכת שבה הזווית בין קווי השיא בתווך M ובין קו ההפרדה PQ היא 60° .
- ציין מהו הכיוון של התקדמות הגל במקרה זה, והסבר אותו. (אפשר להיעזר בסרטוט).

תשובות סופיות:

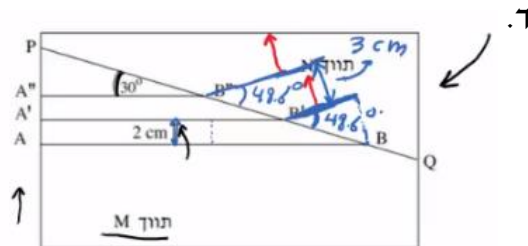
(1)



(2) א. $v_2 = 13.7 \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$ ב. $\lambda_1 = 5 \text{ cm}$ ג. $\lambda_2 = 3.42 \text{ cm}$



(3) א. 5 ב. 0.45cm
(4) א. $f = 500 \text{ Hz}$ ב. $\lambda_2 = 3 \text{ cm}$ ג. $\theta_2 = 48.6^\circ$



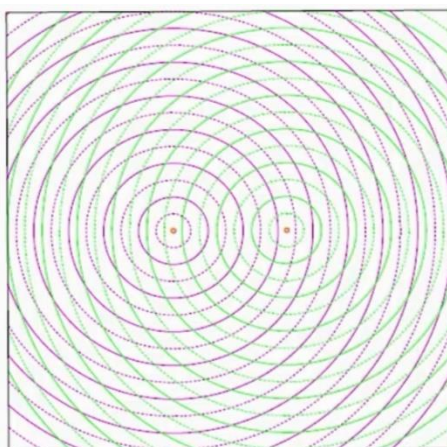
ה. $\theta_2 = X$, אין פתרון לשבירה, הגל רק יוחזר.

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 בקווים 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:
- A - מרחקה מהמקור הראשון - 4 ס"מ ומהמקור השני - 2.8 ס"מ.
 - B - מרחקה מהמקור הראשון - 5 ס"מ ומהמקור השני - 3.2 ס"מ.
 - C - מרחקה מהמקור הראשון - 7 ס"מ ומהמקור השני - 3.4 ס"מ.
 - 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

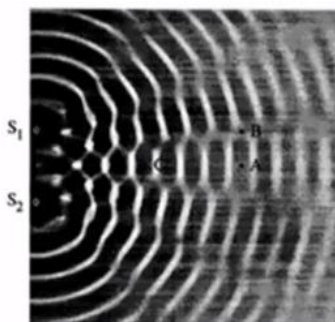
תלמיד חקר גלים מכניים באמצעות תכנת סימולציה. בתכנה הוא קבע תדירות הגל: $f = 400\text{Hz}$, וקיבל את תבנית הגלים הנראית בתרשים 1 שלפניך.



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).



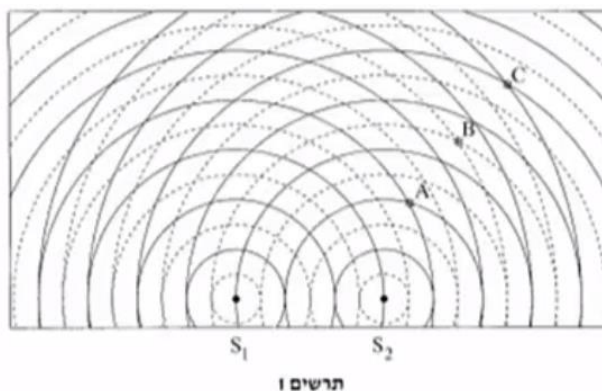
תרשים 2

- 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.

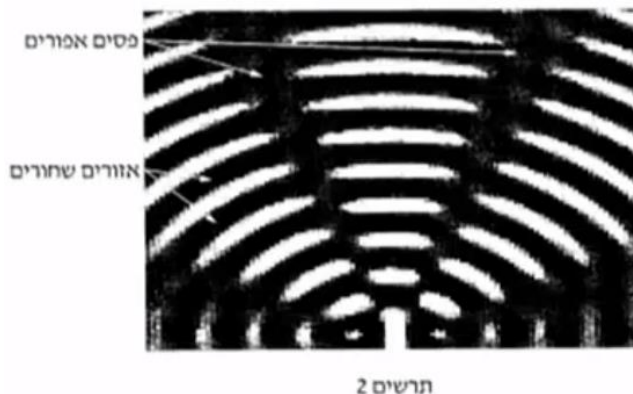
(4) בגרות מים 2016

בתרשים שלפניך מוצג סרטוט של אמבט גלים, ובו 2 כדורים קטנים S_1 ו- S_2 הרוטטים בתדירות של: $f = 10\text{Hz}$. 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.



- א. על פי תרשים 1, מצא את אורך הגל λ של הגלים הנוצרים באמבט. פרט את חישוביך.
- ב. חשב את המהירות v של הגלים באמבט.
- ג. בנוגע לכל אחת מהנקודות: A, B, C, המסומנות בתרשים 1, ענה על הת-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 אפשריות. מצא את שתיהן.

בתרשים 2 שלפניך מוצג תצלום של אמבט גלים אחר.
נתון: התדירות של כל אחד משני המקורות: $f = 10\text{Hz}$.



צילמו את האמבט פעם נוספת 0.55 שניות לאחר הצילום הראשון.
התצלום השני אינו מוצג.

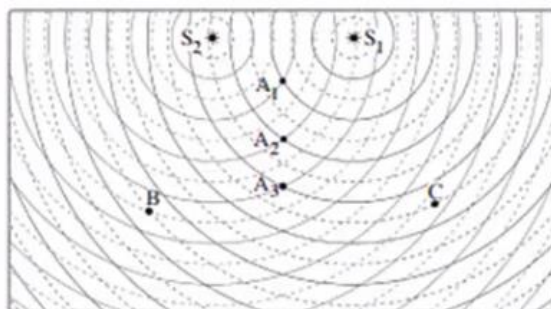
ה. ענה על הסעיפים הבאים:

- 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: $50 \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$.

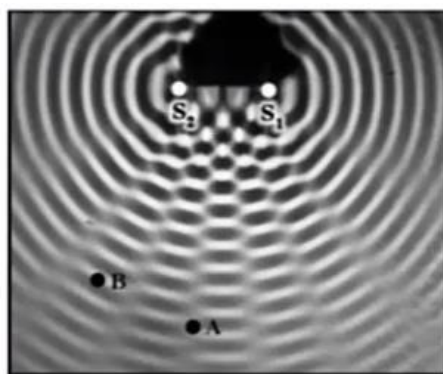


א. חשב את אורך הגל, λ , שיוצר כל אחד משני הכדורים.

- 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:
- קבע על פי התרשים, כמה קווי מקסימום יש בתבנית ההתאבכות?
 - מהו הסדר המרבי של קווי המקסימום?
- ד. היעזר בתרשים וקבע אם המרחק A_2 , A_3 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 מתנווד בתדירות של 25Hz. הכדורים מהווים שני מקורות נקודתיים שווים-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.

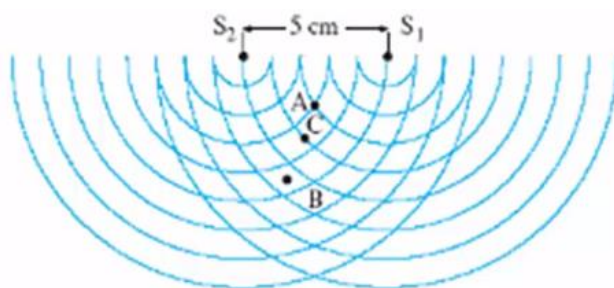


- א. התלמיד מצא כי מרחק הנקודה A (ראה תצלום) מ- S_1 הוא 34 ס"מ, ומרחק מ- S_2 הוא 33 ס"מ.
- מהו אורך הגל של כל אחד מהגלים הנוצרים על ידי המקורות?
- ב. מהו הפרש המרחקים של הנקודה B (ראה תצלום) משני המקורות S_1 ו- S_2 ?
- ג. מהי מהירות ההתפשטות של הגלים?
- ד. אם שני מקורות הגלים יתנוודו במופע מנוגד ("אנטי 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?

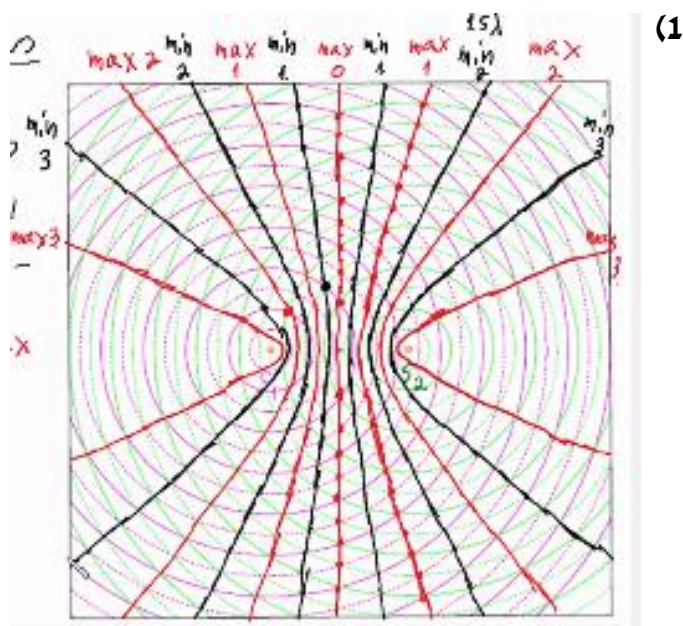
7) בגרות 1999

שני כדורים מתנוודים, 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:



(2) א. 1.2 ס"מ.

ב.i. A - נק' מקסימום מסדר ראשון.

ב.ii. B - נק' צומת מסדר שני.

ב.iii. C - נק' מקסימום מסדר שלישי, נק' על קו מקסימום.

ב.iv. D - נק' ביניים.

ג. 11 קווי מקסימום, 12 קווי מינימום.

(3) א.i. AC. ii. $\lambda = 0.75\text{m}$. ב. $V = 300 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$. ג. תווך אחיד.

ד.i. A : בונה, B : הורסת, C : בונה. ii. $S_1A - S_2A = 0 = \Delta r$: A.

B : $S_2B - S_1B = 0.375\text{m}$, C : $S_1C - S_2C = 0 = \Delta r$.

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. $\lambda = 2\text{cm}$. ב. $v = 20 \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$. ג.i. $AS_1 - AS_2 = 2\lambda$: A.

B : $BS_1 - BS_2 = 2\lambda$, C : $CS_1 - CS_2 = 2\lambda$.

ii. התאבכות בונה בכל הנקודות.

ד. $S_1D = 12.2\text{cm} / 4.2\text{cm}$. i. לא. ii. כן.

(5) א. $\lambda = 2\text{cm}$. ב. A , B : התאבכות בונה , C : נקודת ביניים.

ג.i. 7. ii. סדר שלישי. ד. גדול. ה. קטן.

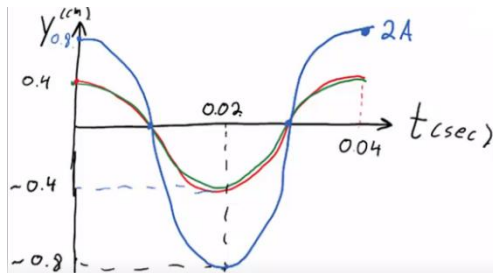
6) א. $\lambda = 2\text{cm}$. ב. $\Delta r = 4\text{cm}$. ג. $V = 0.5 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$. ד. כן.

ה. ראה סרטון. ו. ראה סרטון.

7) א. $d = 5\lambda = 5\text{cm} \rightarrow \lambda = 1\text{cm}$. ב.i. בונה. ii. בונה.

iii. הורסת. iv. הורסת.

v. ביניים. ג.i. $T = 0.04\text{sec}$. ii.



קורס בפיזיקה לכיתה יב

פרק 19

התאבכות גלי אור - גלים תלת ממדיים

93		התאבכות אור מ-2 סדקים
95		התאבכות אור במספר סדקים, וסריג עקיפה
97		התאבכות אור בסדק יחיד + סיכום נושא
98		התאבכות אור- בגרונות

התאבכות אור מ-2 סדקים:

שאלות:

(1) התאבכות אור תרגיל 1

מאירים בלייזר בעל אורך גל 500 ננומטר לוחית בעלת 2 סדקים בעלי $d = 0.2\text{mm}$. במרחק $L = 3\text{m}$ נמצא מסך.

- מהו רוחב פס אור כל עוד אנחנו בזווית קטנות?
- מהו מרחקו ממרכז התבנית של מרכז פס האור מסדר רביעי?
- מהו מרחקו ממרכז תבנית ההתאבכות של קו החושך מסדר שביעי?
- מה מרחקו ממרכז תבנית ההתאבכות של מרכז פס האור מסדר 200?

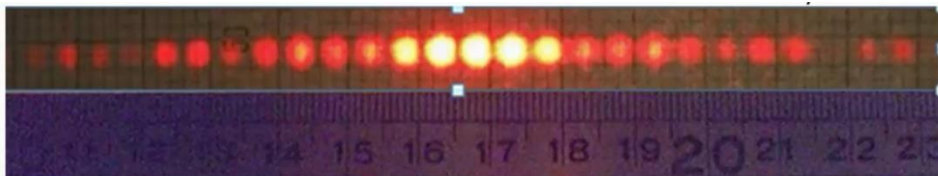
(2) התאבכות אור תרגיל 2

מאירים בלייזר ירוק בעל אורך גל לא ידוע על לוחית ובה 2 סדקים שהמרחק ביניהם 0.15 מ"מ. מניחים מסך שאורכו $h = 1\text{m}$ במרחק 3 מטר מהלוחית כך שמרכז המסך בדיוק מול הסדקים. הזווית למקסימום מסדר חמישי נמדדת ושווה ל-1 מעלה.

- מה אורך הגל של הלייזר?
- מה מרחקו של המינימום מסדר חמישי ממרכז המסך?
- כמה קווי חושך התקבלו על המסך?
- 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.



- מצא את אורך הגל של הלייזר בדרך המדויקת ביותר.
- איזה מהנקודות בצילום הינה נקודת המקסימום המרכזי?
- לאיזה נקודה בצילום מגיע אור שמרחקו מאחד הסדקים גדול ב-3 אורכי גל מאשר מרחקו מהסדק השני?
- לאיזה נקודה על המסך מגיע אור שמרחקו מאחד הסדקים גדול ב-4.5 אורכי גל מאשר מרחקו מהסדק השני?
- מהן 3 הדרכים אשר ניתן לצופף בהן את תבנית ההתאבכות?

תשובות סופיות:

- (1) א. 7.5nm ב. 3 ס"מ. ג. $\theta = 0.93^\circ$ 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:

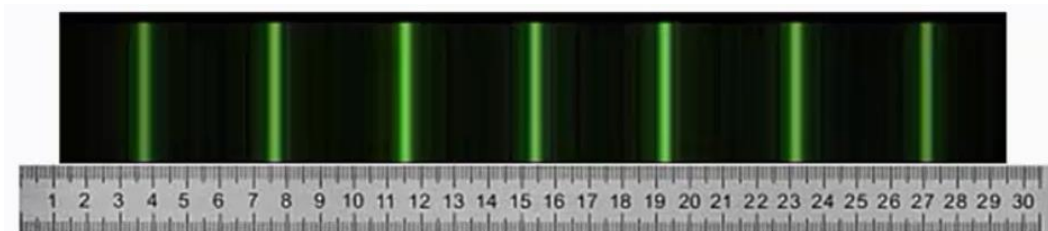
שאלות:

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.
- מהו אורך הגל של הלייזר?
 - מה מיקומו של קו המקסימום מסדר שני?
 - מה מיקומו של קו המקסימום מסדר חמישי?
 - כמה קווי מקסימום יתקבלו על המסך?
 - 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:



- מצאו את קבוע הסריג בדרך המדויקת ביותר.
- באיזה זווית ביחס לאנך האמצעי יתקבל קו המקסימום מסדר 20?
- מה יקרה לתבנית ההתאבכות אם נחליף את הלייזר הירוק בלייזר כחול?

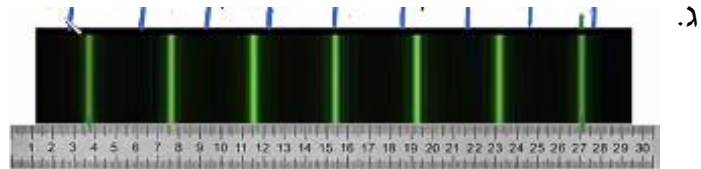
3) התאבכות אור בסריג – תרגיל 6

- אור לבן פוגע בסריג עקיפה בעל קבוע 300 חריצים למ"מ. מסך ארוך מונח במרחק 2 מטר מהסריג.
- מה רוחב הפס הצבעוני מסדר ראשון?
 - מה הזווית שנפתחת בין המקסימום האדום מסדר שני, והסגול מסדר שני?
 - 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° .



(3) א. 0.188 מ'. ב. 10.9° . ג. הוכחה.

התאבכות אור בסדק יחיד + סיכום נושא:

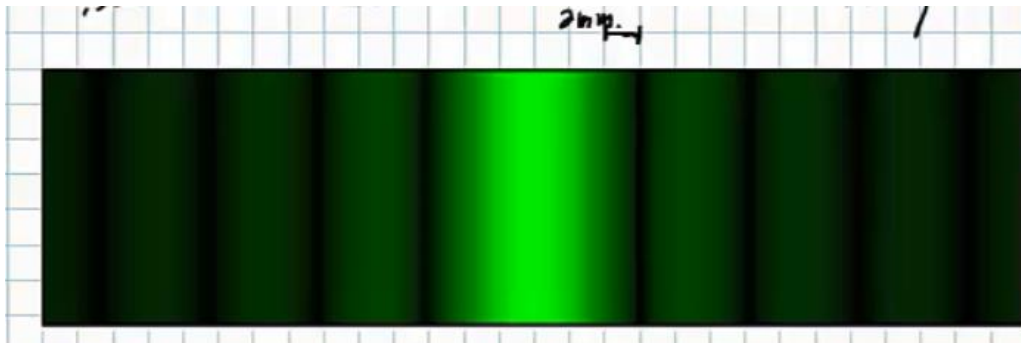
שאלות:

(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:

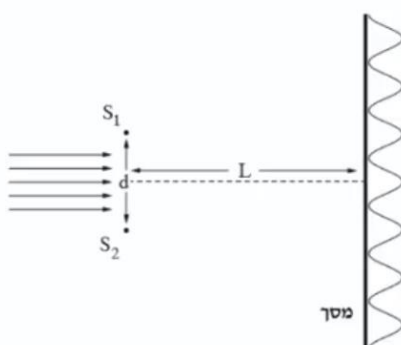
- (1) א. 6.7 מ"מ. ב. 3.35 מ"מ.
(2) א. 0.265 מ"מ. ב. 1,000 קווי צומת בתבנית.
ג. האור ינוע בקווים ישרים ולא מבצע עקיפה.

התאבכות אור - בגריות:

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
Δx (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 ליניארי. 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: $L = 120\text{cm}$.

ד. חשב את אורך הגל באמצעות השיפוע של קו המגמה.

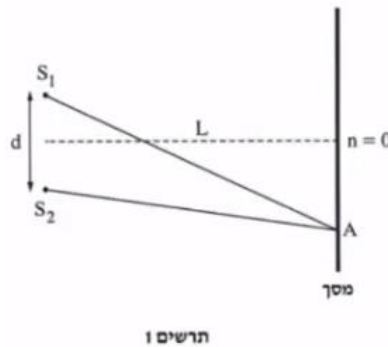
ה. ענה על הסעיפים הבאים:

- 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: $d = 0.015\text{cm}$, באמצעות נקודה מקו המגמה.

2) בגרות 2019

תלמידים עורכים שלושה ניסויים.

בניסוי הראשון, אלומה מקבילה של אור מונוכרומטי בעל אורך גל: $\lambda_1 = 600\text{nm}$ 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).



הנח כי מתקיים קירוב של זוויות קטנות.

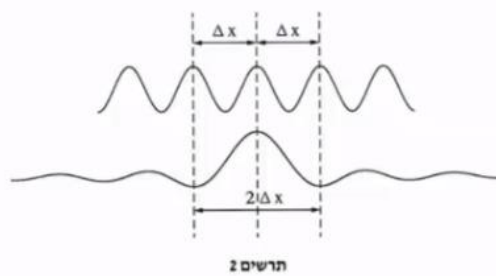
א. קבע אם בנקודה שבה הפרש הדרכים משני החריצים שווה 18 חצאי אורך גל מתקיימת התאבכות בונה, התאבכות הורסת או נקודת ביניים. נמק את קביעתך.

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: $\lambda_1 = 600\text{nm}$, 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.



ה. הוכח שבניסוי זה, רוחב החריץ w שווה למרחק d בין S_1 ו- S_2 .

נתון כי המרחק בין הלוחית למסך הוא: $L = 1.5\text{m}$.
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.



- 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.
- 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 : $d = 0.2\text{mm}$, ומרחק המסך ממישור החריצים הוא : 1.2m .
בתחתית הסרטוט של תבנית ההתאבכות הוסיפו סרגל. הערכים של הסרגל נתונים ביחידה סנטימטר.

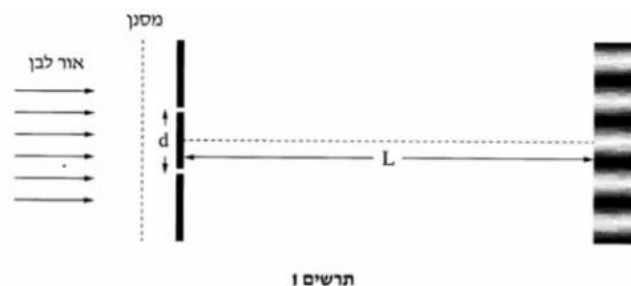
- ג. חשב את הרוחב של פס האור בדרך שבה השגיאה היחסית במדידה תהיה קטנה ככל האפשר. פרט את תשובתך.
- ד. חשב את אורך הגל של אלומת האור.
- ה. הסבר מדוע עדיף להשתמש בסריג עקיפה במקום בזוג חריצים, כדי למדוד בצורה מדויקת ככל האפשר את אורך הגל.

נתון סריג עקיפה שבו המרחק בין כל זוג חריצים סמוכים שווה למרחק d שבין זוג החריצים המוצג בשאלה.

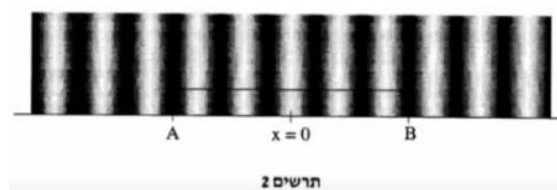
- ו. קבע אם המרחק שבין נקודות המקסימום שבתבנית המתקבלת מזוג החריצים גדול מן המרחק שבין נקודות המקסימום הראשיות שבתבנית המתקבלת מסריג העקיפה, קטן ממנו או שווה לו. נמק את קביעתך.

(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 ההתאבכות (ראה תרשים 1).
חוזרים על הניסוי כמה פעמים, ובכל פעם משתמשים במסנן המעביר אור באורך גל אחר.



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).



בטבלה שלפניך מוצגות תוצאות המדידות :

0.65	0.61	0.58	0.52	0.47	$\lambda (\mu\text{m})$
19.5	18.1	17.4	15.8	14	AB(mm)

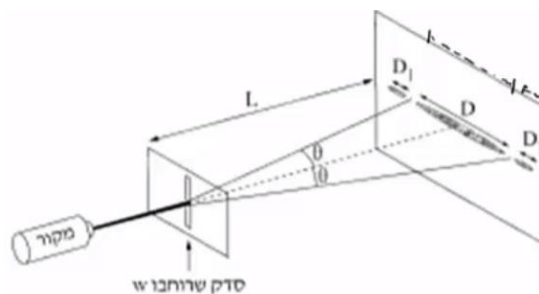
- א. בלי להסתמך על תוצאות המדידות שבטבלה, בטא את המרחק AB באמצעות הפרמטרים : L , d , λ .
- ב. לפי תוצאות המדידות סרטט במחברתך גרף של המרחק AB כפונקציה של אורך הגל.

נתון : $L = 3\text{m}$.

- 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 : $AB = 15\text{mm}$. מצא את אורך הגל שמסנן זה מעביר. פרט את שיקולך.

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 ($L \gg D$).



- א. ציין שלושה פרמטרים המשפיעים על הרוחב D של כתם האור המרכזי הנראה על המסך.

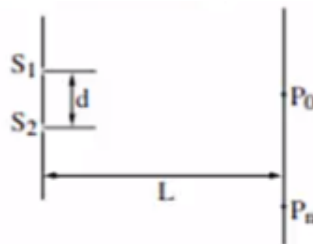
- במעבדה לפיזיקה ערכו תלמידים סדרת ניסויים לחקירת תופעת העקיפה. נתון : המרחק בין הסדק למסך : $L = 1.7\text{m}$. בטבלה שלפניך מוצגות תוצאות המדידות :

0.15	0.10	0.08	0.04	$w(\text{mm})$
14	24	26	54	$D(\text{mm})$
6.7	10	12.5	25	$\frac{1}{w} \left(\frac{1}{\text{mm}} \right)$

- 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: $w = 0.04\text{mm}$.
- 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 נקודות המקסימום מסדר n באור כחול גדול מן המרחק בין הנקודות האלה באור צהוב, קטן ממנו או שווה לו? נמק.

ד. נתון: $d = 0.06\text{mm}$, $\lambda_{blue} = 440\text{nm}$ ו- $L = 0.8\text{m}$.

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:

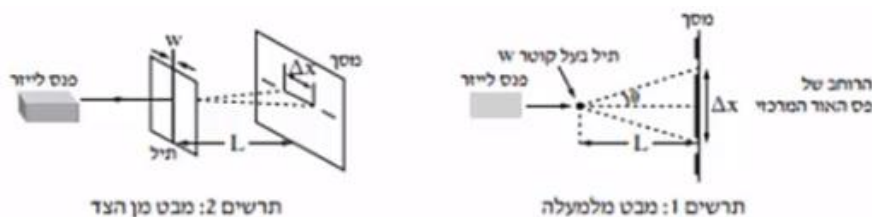
i. $W = 10\lambda$

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).

ג. - אורך הגל של מקור האור (הלייזר).

L - מרחק התיל מן המסך.

W - קוטר התיל.

Δx - הרוחב של פס האור המרכזי.

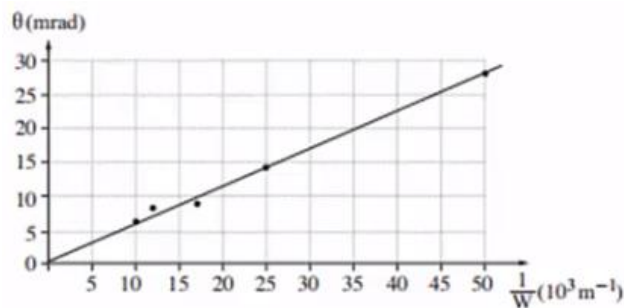
נתון כי בתנאי הניסוי $\sin \theta \approx \tan \theta$.

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 $\sin \theta \approx \theta$.



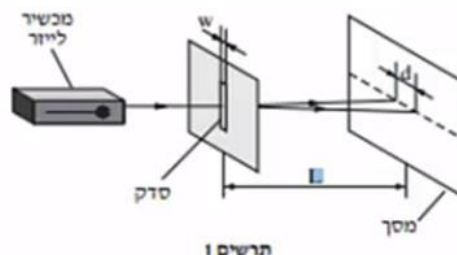
ג. הסבר מדוע העקומה היא קו ישר.

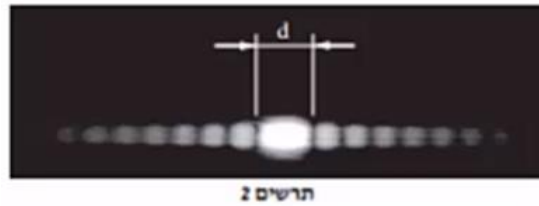
ד. חשב את אורך הגל של האור הנפלט מן הלייזר, ואת תדירותו.

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.





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?

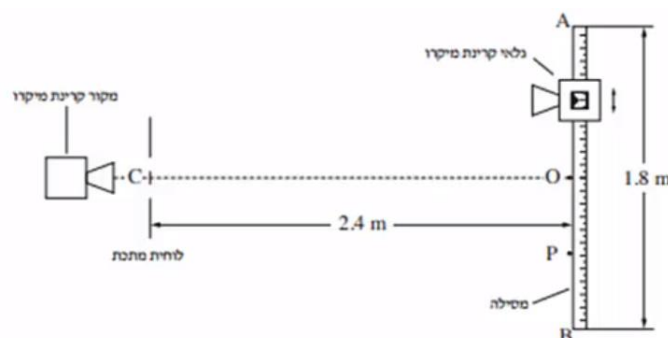
ערכו ניסוי ששינו בו את המרחק בין הסדק למסך, L , ומדדו את הרוחב של כתם האור המרכזי שהתקבל, d . ראה תרשים 1. תוצאות הניסוי מוצגות בטבלה שלפניך:

$L(m)$	2.00	1.70	1.50	1.00	0.50
$d(mm)$	24.6	21	19	13	6.5

- 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: $w = 100\mu m$ ($100 \times 10^{-6} m$). 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.

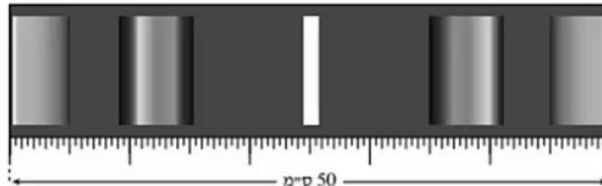
- א. הוכח שהתדירות של מקור קרינת המיקרו היא בקירוב : $6 \cdot 10^{10} \text{ Hz}$.
- ב. חשב בכמה נקודות בין A ל-B יקלוט הגלאי עוצמת קרינה מקסימלית.
- ג. מה צריך להיות המרחק המינימלי בין המסילה ללוחית (OC), כדי שהגלאי יקלוט עוצמת קרינה מקסימלית (התאבכות בונה) בין A ל-B רק בנקודה O? הסבר.

- 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 ממנורת להט, משתמשים בסריג עקיפה בעל 80 חריצים למ"מ. מקרינים אלומה מקבילה של האור על סריג העקיפה במאונך לו. במרחק : $L = 3\text{m}$ מהסריג, ובמקביל לו, נמצא מסך לבן שרוחבו 50 ס"מ.

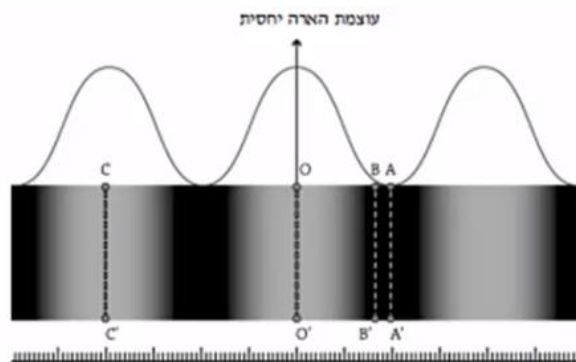
באמצע המסך מתקבל פס אור מרכזי לבן. בכל אחד מצדי פס האור המרכזי רואים שני אזורי ספקטרום רציף, כמתואר בתרשים שלפניך (צילום בשחור-לבן).



- 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

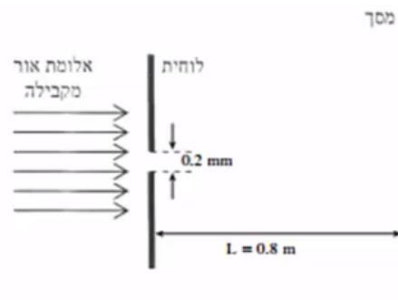
מבצעים ניסוי שבו אלומה מקבילה של אור מונוכרומטי פוגעת בניצב ללוחית שבה שני חריצים מלבניים מקבילים. המרחק בין שני החריצים הוא: $d = 0.02\text{mm}$. החריצים צרים מאוד ביחס למרחק ביניהם. תבנית ההתאבכות של האור שעובר דרך החריצים מתקבלת על מסך המקביל ללוחית, ונמצא במרחק: $L = 1.5\text{m}$ ממנה. בתרשים שלפניך 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

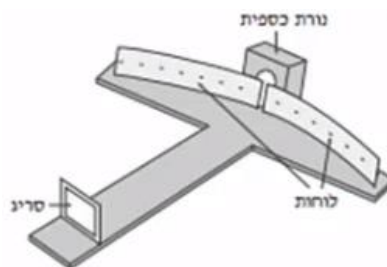
אלומה מונוכרומטית ומקבילה של אור שאורך הגל שלו: $\lambda = 500\text{nm}$ ($5000\text{\AA}$) מוקרנת לעבר לוחית שבה חריץ מלבני שרוחבו: $w = 0.2\text{mm}$. האלומה עוברת דרך החריץ ופוגעת במסך המקביל למישור החריץ ונמצא במרחק: $L = 0.8\text{m}$ ממנו (ראה תרשים).



- חשב את הרוחב (על המסך) של פס המקסימום המרכזי.
- חשב את הרוחב (על המסך) של פס מקסימום משני.
- 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.
- 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: 12.3° , 13.2° , 16.9° , 17.9° .



- חשב את אורכי הגל של ארבעת הקווים הספקטרליים.
- 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 השינוי. 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: $1 \cdot 10^9 \text{ Hz}$ ל- $300 \cdot 10^9 \text{ Hz}$.

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:

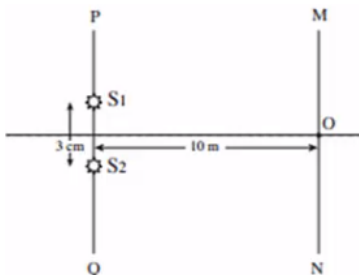
i. המהירות של גלים אלקטרומגנטיים בריק תלויה בתדירות שלהם.

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: 1.2 cm . שני המקורות נמצאים על ישר PQ, במרחק: 3 cm זה מזה. גלאי יכול לנוע לאורך מסילה MN, שמקבילה לישר PQ (ראה תרשים). המרחק בין המסילה MN לישר PQ הוא: 10 m . 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 הנקלטת 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.

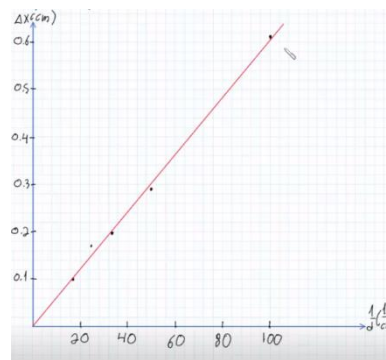
תשובות סופיות:

(1) א. $\Delta x = \frac{\lambda \cdot L}{d}$.i. ב. $\frac{1}{d}$.ii

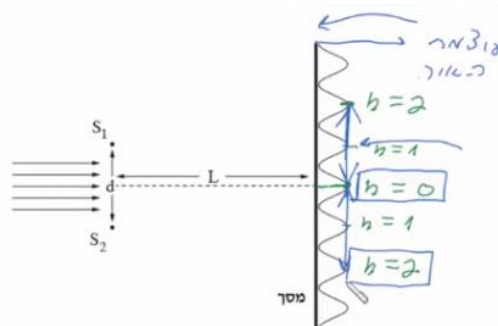
ב.

$\Delta x (\text{cm})$	0.61	0.29	0.20	0.17	0.12	0.10
$\frac{1}{d} \left(\frac{1}{\text{m}} \right)$	100	50	33.3	25	20	16.7

ג. $\lambda = 500 \text{nm}$.ד.



ה.י. $h = 0.82 \text{cm}$.ii



(2) א. התאבכות בונה. ב. $\Delta x = 1.5 \text{cm}$.ג. $\lambda_2 = 500 \text{nm}$.ד.

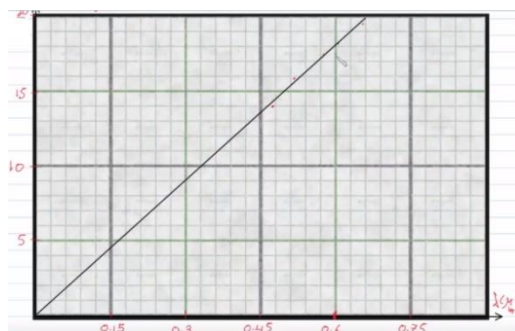
ה. הוכחה. λ_1 : התאבכות הורסת, λ_2 : התאבכות בונה.

ו. $w = 0.06 \text{mm}$.ז.

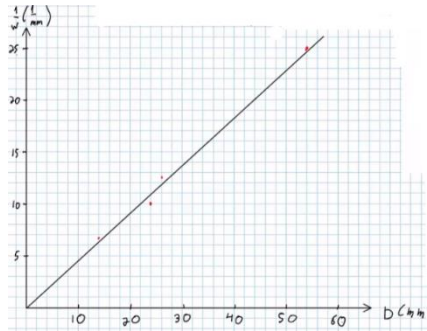
(3) א. ב + ח. ב. $\lambda = 5.93 \cdot 10^{-7} \text{m}$.ג. $x = 0.355 \text{cm}$.ד. $\lambda_1 \leftrightarrow \lambda_2$, $\lambda_1 \leftrightarrow \lambda_2$.ה. שווה.

ו. ראה סרטון.

(4) א. $AB = \frac{5\lambda \cdot L}{d}$.ב. $d = 0.5 \text{mm}$.ג. $\lambda = 500 \text{nm}$.ד.



ג. $\lambda = 648\text{nm}$



ב. א. λ, L, w (5)

ד. $D_1 = 27.5\text{mm}$

ה. ראה סרטון.

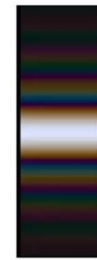
ד. $\Delta x = 5.87\text{mm}$

ג. קטן.

ב. ראה סרטון.

א. $S_1P - S_2P = n \cdot \lambda$ (6)

ה.



ד. $\lambda = 571\text{nm}$

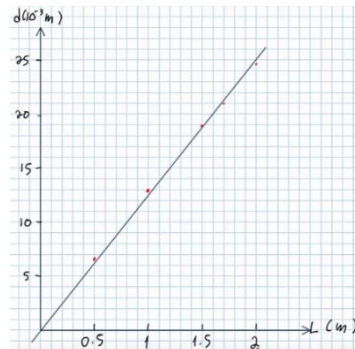
ג. ראה סרטון.

ב. הוכחה.

א. ניסוי i. (7)

ה. כן.

ג. $\lambda = 625\text{nm}$



ב.

א. $\lambda \approx w$ (8)

ד. $\theta_2 = 0.716^\circ$

ד. 0.626m

ג. $L \geq 7.29\text{m}$

ב. $n_{\max} = 2$

א. הוכחה. (9)

ג. $f = 5.78 \cdot 10^{14}\text{Hz}$

ב. $4.51 \cdot 10^{14}\text{Hz} \leq f \leq 7.2 \cdot 10^{14}\text{Hz}$

א. רחוק. (10)

ה. ראה סרטון.

ד. גדול.

ii. בונה.

i. בונה.

ב. $\lambda = 533\text{nm}$

א. $\Delta x = 0.04\text{m}$ (11)

ד. פסי אור צרים וצופים יותר.

iv. נקודת ביניים.

iii. הורסת.

ד. ראה סרטון.

ג. ראה סרטון.

ב. $\Delta x = 2\text{mm}$

א. $\Delta x = 4\text{mm}$ (12)

א. $\lambda_{12.3^\circ} = 426\text{nm}, \lambda_{13.2^\circ} = 457\text{nm}, \lambda_{16.9^\circ} = 581\text{nm}, \lambda_{17.9^\circ} = 615\text{nm}$ (13)

ii. שונה.

i. אור לבן.

ב. סגול (תערובת של הצבעים).

ד. טיהור מזון ומים.

iii. נכון.

ii. לא נכון.

i. לא נכון.

א. $0.3\text{m} \geq \lambda \geq 1\text{mm}$ (14)

ה. $n_{\max} = 2$

ד. $x_1 = 4.36\text{m}$

ג. ראה סרטון.

iv. לא נכון.

ו. חימום מזון במיקרו, מכ"מ.

קורס בפיזיקה לכיתה יב

פרק 21

האפקט הפוטואלקטרי

113	האפקט הפוטואלקטרי- הסבר ותרגילים
116	האפקט הפוטואלקטרי- בגרונות

האפקט הפוטואלקטרי:

שאלות:

1) אפקט פוטואלקטרי – תרגיל 1

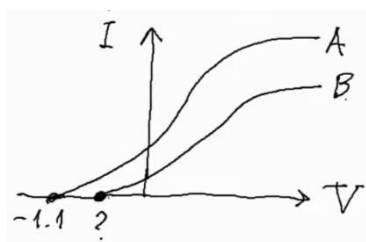
- תא פוטואלקטרי מסוים מוקרן באור בתדירויות משתנות.
ברגע שהוא מוקרן באור בתדירות: $f = 8 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$, מתחילים להיפלט אלקטרונים מהקתודה.
א. מה פונקציית העבודה של התא?
ב. כעת מקרינים את התא באור באורך גל של 300 ננומטר.
מה תהיה האנרגיה המקסימלית של האלקטרונים הנפלטים?
ג. מה תהיה מהירותם?
ד. 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 לבדדה 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 :

$f (10^{14} \text{ Hz})$	$E_k (\text{eV})$
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:

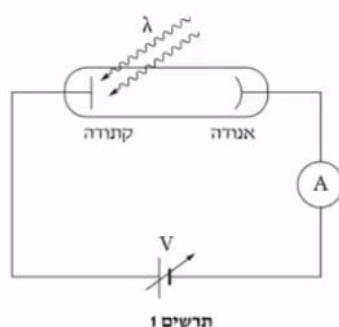
- (1) א. 3.31eV ב. 0.82eV ג. $V = 5.37 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ד. לא.
- (2) ראה סרטון.
- (3) א. $\lambda_1 = A$, $\lambda_2 = B$ ב. $B = 1.38\text{eV}$ ג. $1.4 \cdot 10^{-19} \text{J}$ ד. 0.87V
- ה. ראה סרטון.
- (4) א.
-
- ג. ראה סרטון. iii. $5.6 \cdot 10^{14} \text{Hz}$
- א. 2eV (5) ב. $3 \cdot 10^{-4} \text{A}$ ג. 6mA

האפקט הפוטואלקטרי - בגריות:

שאלות:

1) בגרות 2020

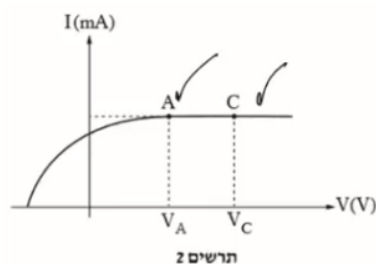
מקרינים אלומה של אור מונוכרומטי על קתודה של תא פוטואלקטרי, כמתואר בתרשים 1. האנרגיה של כל פוטון היא: 2.75eV . אורך גל הסף (המקסימלי) שמאפשר לאלקטרונים להיפלט מקתודה זו הוא: $\lambda_0 = 551\text{nm}$.



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.

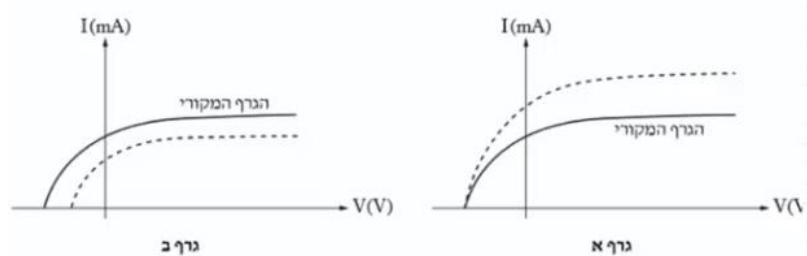
בתרשים 2 שלפניך מתואר גרף של עוצמת הזרם בתא הפוטואלקטרי כפונקציה של המתח על התא.



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.

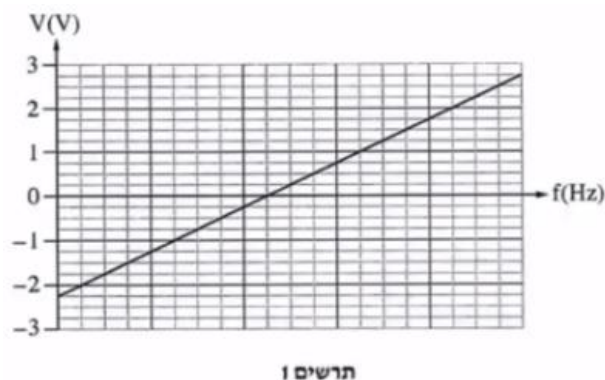


ה. בנוגע לכל אחד משני הגרפים א-ב:

- 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 קביעותך:
 - 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 שנפלטת מן הקתודה תלויה בעוצמת האור.
 - iv. הרחקת מקור האור (המנורה) מן הקתודה גורמת להקטנת זרם הרוייה.

2) בגרות 2019

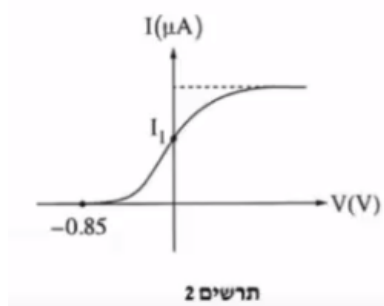
תלמידים ערכו שני ניסויים באמצעות תא פוטואלקטרי שברשותם. בניסוי הראשון הם האירו את הקתודה (הפולט) של התא בכמה אלומות אור מונוכרומטי, זו אחר זו, ומדדו – לכל אלומה בנפרד – את מתח העצירה (המתח המינימלי שעבורו לא זרם זרם בתא). על סמך תוצאות הניסוי סרטטו התלמידים גרף. הגרף מוצג בתרשים 1.



- 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.

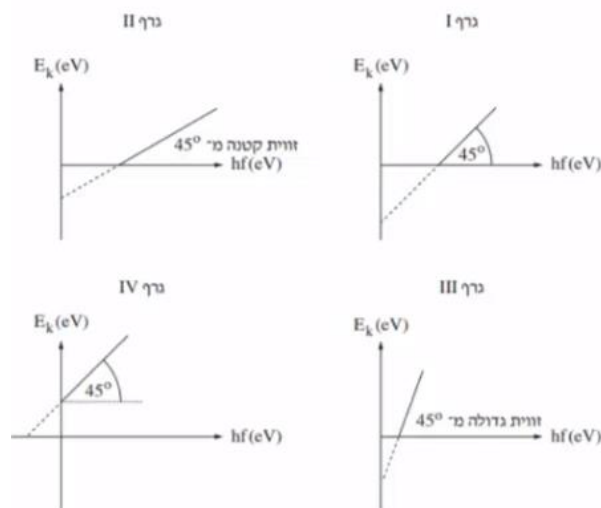


- ד. חשב את התדירות f_1 .
- ה. חשב ביחידות של ג'אול את האנרגיה הקינטית של האלקטרונים המהירים ביותר ברגע שהם נעקרו מן הקתודה המוארת באלומת האור שתדירותה f_1 .
- המשיכו להאיר את התא הפוטואלקטרי באלומה שתדירותה f_1 ובו זמנית האירו אותה באלומה נוספת, שתדירותה f_2 .
- מדדו את הזרם הכולל I בתא, עבור ערכים שונים של המתח V בין האנודה לקתודה. נתון כי: $f_0 < f_2 < f_1$.
- ו. ענה על הסעיפים הבאים:
- קבע אם הערך המוחלט של המתח שעבורו יתאפס הזרם I גדול מ-0.85V, קטן ממנו או שווה לו. נמק את קביעתך.
 - 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: $\lambda_1 = 200\text{nm}$, $\lambda_2 = 450\text{nm}$, $\lambda_3 = 650\text{nm}$. אורך גל הסף (המתאים לתדירות הסף) הוא: $\lambda_0 = 539\text{nm}$.
- א. עבור כל אחת מן האלומות, קבע אם נוצר זרם בתא הפוטואלקטרי. 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: $E_k = 0.5\text{eV}$.

גרפים IV-I שלפניך מתארים אנרגיה קינטית של אלקטרון E_k (eV) כפונקציה של אנרגיית פוטון hf (eV). שני הצירים מסורטטים על פי אותו קנה מידה.

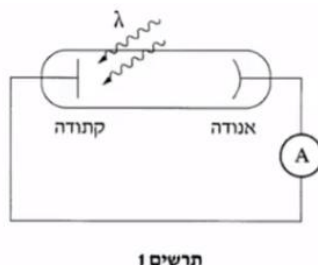


ה. ענה על הסעיפים הבאים:

- קבע איזה גרף מתאר נכון את התלות של האנרגיה הקינטית של אלקטרון שנפלט מן הפולט באנרגיית פוטון שפגע בפולט.
- 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: $B = 2\text{eV}$. אלומת אור באורך גל λ פוגעת בקתודה (ראה תרשים 1).

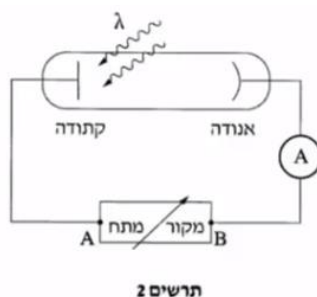


א. חשב באיזה טווח של אורכי גל יזרום זרם במעגל.

נתון כי מד הזרם מורה על: $2 \cdot 10^{-8} \text{ A}$.
ב. חשב את המספר המינימלי של פוטונים שפוגעים במשך שנייה אחת בקתודה.

נתון: אורך הגל של אלומת האור שפוגעת בקתודה הוא: $\lambda = 420 \text{ nm}$.
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.



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.

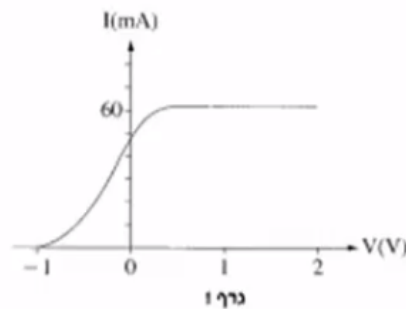
5) בגרות 2016

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: $f = 7 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ והספקה: $P = 1 \text{ W}$.

א. חשב את מספר הפוטונים שנפלטו מהמקור במשך דקה אחת.

האופיין של התא הפוטואלקטרי שנבדק בניסוי A, מוצג בגרף 1 שלפניך:



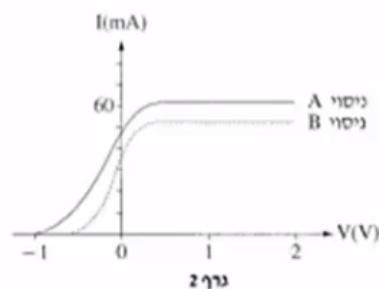
היעזר בגרף, וענה על הסעיפים ב'-ד'.

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.



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 .

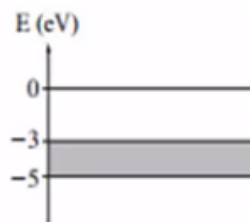
א. הגדר את המושג "פונקציית עבודה" (אנרגיית קשר של מתכת).
 ב. חשב את "פונקציית העבודה" של המתכת המוזכרת בפתח.
 ג. חשב את גודל המהירות של האלקטרונים האנרגטיים ביותר שנעקרו מן המתכת.

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: $-5\text{eV} \leq E \leq -3\text{eV}$.

לאלקטרון שנמצא במנוחה מחוץ למתכת יש אנרגיה אפס (ראה תרשים).

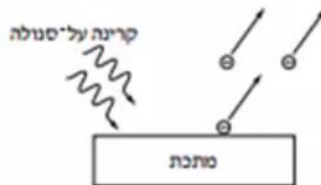


ד. מקרינים על המתכת קרינה מונוכרומטית שבה לכל פוטון יש אנרגיה של: 4eV . קרינה זו עוקרת מן המתכת אלקטרונים חופשיים. מהו תחום ערכי האנרגיה הקינטית של האלקטרונים האלה לאחר שנעקרו?

ה. הסבר מדוע חשוב להדגיש בפתח 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} 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

- על פי ערכי טבלה 1, סרטט גרף של הפוטנציאל של לוח המתכת כפונקציה של תדירות הקרינה הפוגעת בו.
- בגרף שסרטטת, מהי המשמעות הפיזיקאלית של נקודת החיתוך של החלק הנטוי של העקומה עם הציר האופקי?
- באמצעות הגרף שסרטטת מצא את פונקציית העבודה של המתכת. הסבר את שיקוליך.
- באחד השלבים של הניסוי, פוטנציאל הלוח היה: $0.3V$. התלמידים הקרינו על הלוח אלומת קרינה בתדירות של: $11.0 \cdot 10^{14}$ Hz (ראה טבלה 1).
 - הסבר מדוע השתחררו אלקטרונים מלוח המתכת.
 - מה קרה לפוטנציאל הלוח בעקבות השתחררות האלקטרונים?

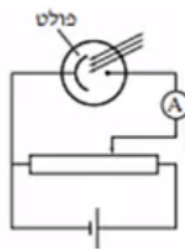
קבוצה II רצתה לאמת את ממצאי הניסויים של קבוצה I. על לוח מתכת אחר, בלתי טעון, הטילו תלמידי קבוצה זו אלומות בתדירויות המוצגות בטבלה 1, זו אחר זו, ומדדו גם הם עבור כל תדירות את ערכי הפוטנציאל של הלוח לעומת מצבו ההתחלתי. תוצאות המדידות מוצגות בטבלה 2:

תדירות הקרינה (10^{14} 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: $\eta = \frac{n_e}{n_{\text{photons}}}$.

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.

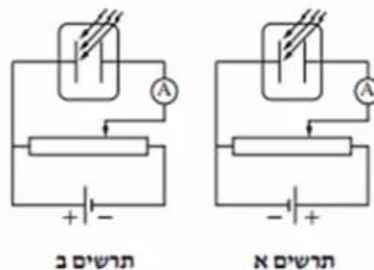
f – תדירות האור.

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: $6.67 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$. התלמידים בודקים את התלות של זרם הרוויה בהספק האור הפוגע בפולט.

א. באיזה משני המעגלים המוצגים בתרשימים א' ו-ב' השתמשו התלמידים בניסוי? נמק.



תרשים ב

תרשים א

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: $6 \cdot 10^{-3} \text{ W}$, מדדו התלמידים זרם רוויה של: $2.16 \cdot 10^{-7} \text{ A}$.

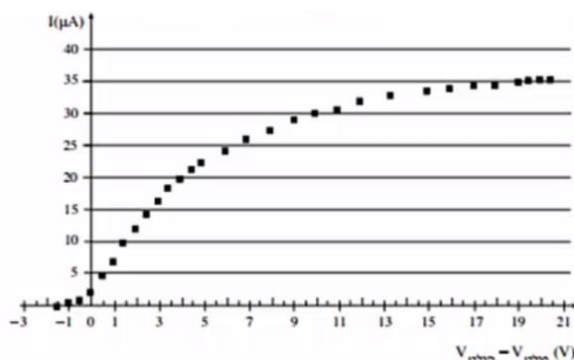
ג. חשב את מספר האלקטרונים שנפלטים מהפולט בכל שנייה.

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

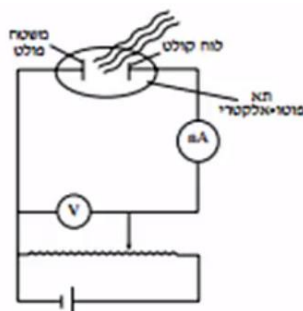
תלמידה מבצעת ניסוי לקבלת אופיין של תא פוטואלקטרי. לשם כך היא בונה מעגל חשמלי מתאים, ומקרינה על הפולט (קתודה) של התא אור לבן, הכולל את כל אורכי הגל בין: $400\text{nm} - 700\text{nm}$.
על סמך המדידות סרטטה התלמידה את האופיין, והוא מוצג בתרשים שלפניך:
עוצמת הזרם, I , כפונקציה של הפרש הפוטנציאלים (פולט – קולט) $(V_{\text{פולט}} - V_{\text{קולט}})$.
(קרא משמאל לימין).



- א. הסתמך על הגרף ותאר כיצד הגדלת הפרש הפוטנציאלים משפיעה על עוצמת הזרם הנמדד. התייחס לטווח: $0\text{V} - 21\text{V}$.
- 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

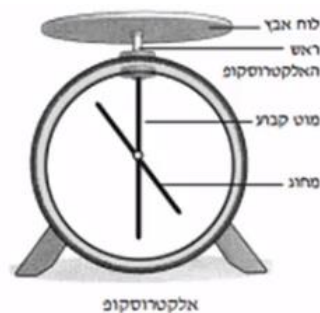
אלקטרונים מן המשטח הפולט. פרט את שיקוליך ואת חישוביך.

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.



- 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.

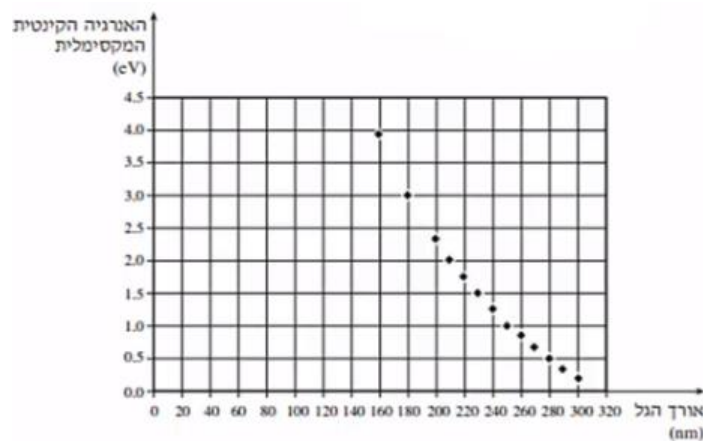
ב. הגרף שלפניך מציג את האנרגיה הקינטית המקסימלית של האלקטרונים

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: $1.25 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$.

השתמש בערך של קבוע פלאנק שקיבלת בסעיף ב'.

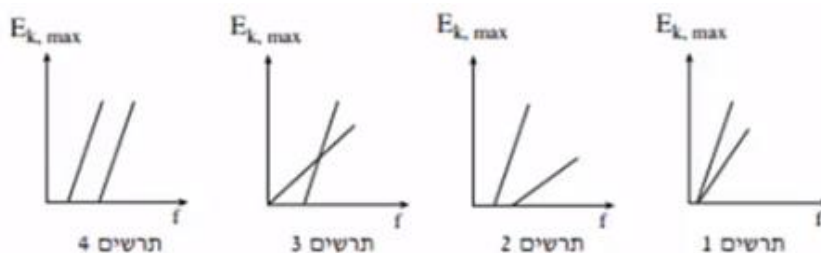
ד. בחלק האחרון של הניסוי משתמשים בשני תאים פוטואלקטריים שונים,

ומסרטטים במערכת צירים אחת עבור שני התאים את הגרפים של

האנרגיה הקינטית המקסימלית, $E_{k, \max}$, של האלקטרונים הנעקרים,

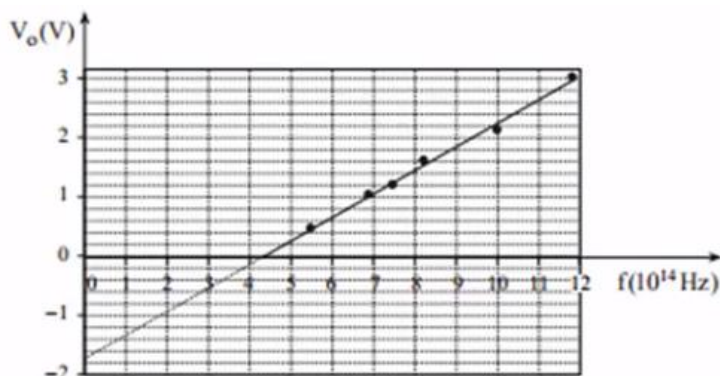
כפונקציה של תדירות הקרינה f .

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:

תדירות הקרינה הפוגעת (Hz)	המתח בין הפולט לקולט קולט - V פולט	
$3 \cdot 10^{14}$	-0.5	מקרה (1)
$8 \cdot 10^{14}$	0.7	מקרה (2)
$8 \cdot 10^{14}$	2.8	מקרה (3)

ענה על הסעיפים i-iii, בנוגע לכל אחד מהמקרים (1)-(3).

- קבע אם אלקטרונים נפלטים או אינם נפלטים מן הפולט. הסבר.
 - אם אלקטרונים נפלטים מן הפולט, קבע אם הם יכולים לפגוע בקולט או אינם יכולים לפגוע בו. הסבר.
 - אם אלקטרונים נפלטים מן הפולט אך אינם פוגעים בפולט, קבע אם צריך להגיל את המתח 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. $f = 6.64 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ ב. $E_{k_{\max}} = 8 \cdot 10^{-20} \text{ J}$ ג. 0.5 volt ד. ראה סרטון.

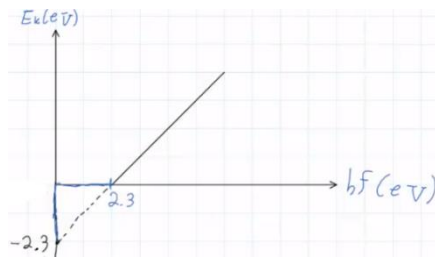
ה. i. גרף א: שווה, גרף ב: גדול. ii. גרף א: גדול, גרף ב: קטן. ו. iv.

(2) א. ראה סרטון. ב. $B = 3.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ ג. $\lambda_{\max} = 552.5 \text{ nm}$ ד. $f_1 = 7.48 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$

ה. $E_k = 1.36 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ ו. i. שווה. ii. יגדל.

(3) א. λ_1 : כן, λ_2 : כן, λ_3 : לא. ב. ראה סרטון. ג. $B = 2.3 \text{ eV}$

ד. $f = 6.76 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ ה. i. I. ii.



(4) א. $\lambda \leq 622 \text{ nm}$ ב. $N_{ph} = 1.25 \cdot 10^{11}$ ג. $V_{\max} = 5.78 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

ד. $V_A > V_B$ ה. $|V_{BA}| = 0.95$

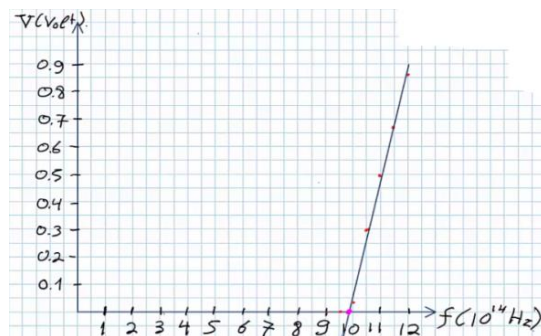
(5) א. $1.29 \cdot 10^{20}$ ב. $Ne = 2.25 \cdot 10^{19}$ ג. $E_k = 1 \text{ eV}$ ד. $\lambda_{\max} = 654 \text{ nm}$

ה. i. קטן. ii. זהה.

(6) א. ראה סרטון. ב. $B = 3 \text{ eV}$ ג. $V = 8.39 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ד. $1 \text{ eV} \geq E_k \geq 0$

ה. ראה סרטון.

(7) א. ב. ראה סרטון. ג. $B = 4.2 \text{ eV}$



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. $E_k = 1.5 \text{ eV}$ ii. $\lambda_{\min} = 400 \text{ nm}$

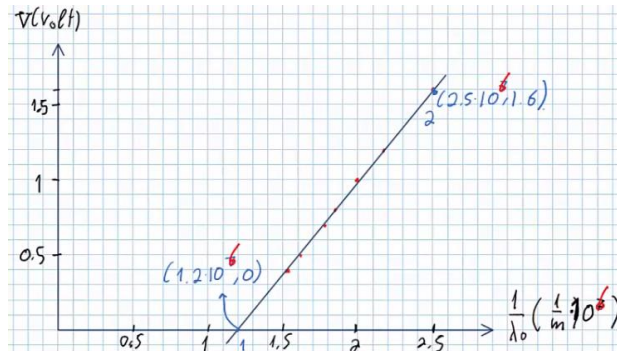
ד. $B = 1.6 \text{ eV}$ ה. כן.

$\frac{1}{\lambda_0} \left(\frac{1}{m} \right)$
$1.54 \cdot 10^6$
$1.61 \cdot 10^6$
$1.79 \cdot 10^6$
$1.85 \cdot 10^6$
$2 \cdot 10^6$
$2.17 \cdot 10^6$
$2.5 \cdot 10^6$

ב.i.

11 א.i. $V = \frac{hc}{e} \cdot \frac{1}{\lambda_0} - \frac{B}{e}$ ב.ii. לא.

ב.ii.



ד. ראה סרטון. ב.ii. $\lambda_{\max} = 833 \text{ nm}$

ג.i. $h = 6.56 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{sec}$

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. $B = 6.4 \cdot 10^{-19} \text{ J}$, $h = 6.72 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{sec}$. ג. $V = 1.25 \text{ V}$.

ד. תרשים 4.

14 א. $B = 1.7 \text{ eV}$. ב.i. (1) – לא, (2) – כן, (3) – כן.

ב.ii. (1) – כן, (2) – כן, (3) – לא. ב.iii. (3) – להקטין לפחות מ-1.615V.

ג. ראה סרטון.

קורס בפיזיקה לכיתה יב

פרק 22

האטום- התפתחות הסטורית ומודל האטום של בוהר

133	התפתחות הסטורית ומודל האטום של בוהר
137	מודלים של האטום- בגרונות

התפתחות היסטורית ומודל האטום של בוהר:

שאלות:

(1) תרגיל 1 – אטום מימן

- איזו אינטראקציה תתרחש בין גז מימן ברמת היסוד ובין:
- אלקטרונים בעלי אנרגיה קינטית של 12 אלקטרון וולט?
 - פוטונים בעלי אנרגיה של 12 אלקטרון וולט?
 - פוטונים בעלי אנרגיה של 15 אלקטרון וולט?
 - אלקטרונים בעלי אנרגיה קינטית של 15 אלקטרון וולט?
- היעזרו בדיאגרמה לרמות אנרגיה של אטום מימן.

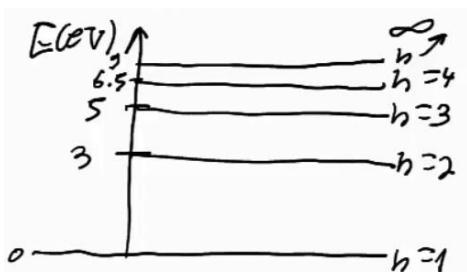
(2) תרגיל 2 – אטום מימן

- בניסוי מסוים העבירו דרך גז מימן חד אטומי ברמת היסוד אלקטרונים שהוצאו לאנרגיה קינטית של 13 אלקטרון וולט.
- כיצד ייראה ספקטרום הפליטה של גז זה?
 - מה הערכים האפשריים של האנרגיה הקינטית לאלקטרונים שהוצאו לאחר מעברם בגז?
 - 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.
- כיצד ייראה ספקטרום הבליעה של הגז?
 - כיצד ייראה ספקטרום הפליטה של הגז?
 - מהי האנרגיה הקינטית של האלקטרון האנרגטי ביותר?

(4) גזים אחרים – תרגיל 1

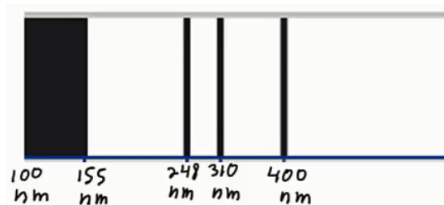


- נתונה דיאגרמת רמות האנרגיה של גז מסוים:
- איזו אינטראקציה תתרחש אם נקרין את הגז בפוטונים בעלי אנרגיה של 6 אלקטרון וולט?
 - איזו אינטראקציה תתרחש אם נאיץ אל הגז אלקטרונים בעלי אנרגיה קינטית של 6 אלקטרון וולט?
 - במידה ותתרחש אינטראקציה עם הגז, תאר מה יקרה לאחר מכן.

(5) גזים אחרים – תרגיל 2

מעבירים דרך גז לא ידוע אור בטווח אורכי גל של : $180\text{nm} \leq \lambda \leq 700\text{nm}$.
מקבלים ספקטרום בליעה בו חסרים 3 אורכי גל : $\lambda_1 = 620\text{nm}$, $\lambda_2 = 400\text{nm}$,
 $\lambda_3 = 248\text{nm}$.

- חשבו ושרטטו את דיאגרמת רמות האנרגיה של גז זה.
- כמה קווים ספקטרליים יהיו בספקטרום הפליטה במצב המתואר למעלה?
- 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 : $100\text{nm} \leq \lambda \leq 500\text{nm}$.
ספקטרום הבליעה של הגז כולל 3 קווים
דקים חשוכים, ותחום רציף חשוך כמתואר בתרשים.

- חשבו את הפרשי האנרגיה של 3 הרמות המעוררות האפשריות לחישוב ביחס לרמת היסוד.
- ענו על הסעיפים הבאים :
 - הסבירו מדוע קיימת בליעה רציפה - $\lambda \leq 155\text{nm}$.
 - חשבו את האנרגיה הדרושה ליינון אטום זה.
 - שרטטו דיאגרמת רמות אנרגיה לאטום. בחרו את אנרגיית רמת היסוד כרצונכם.
 - חשבו את אורכי הגל הנפלטים באטום זה.
 - מה המהירות המקסימלית של אלקטרון שיפלט מאטום זה?

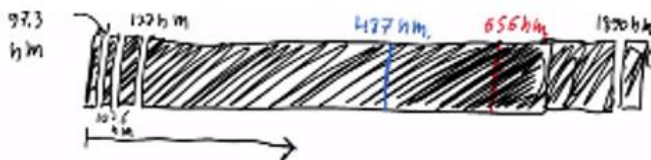
(7) אטומים דמויי מימן – תרגיל

- שרטטו את 5 רמות האנרגיה הראשונות של הליום דמוי מימן + רמת היינון.
- מאיצים אלקטרונים חופשיים במתח של 50 וולט ואז יורים אותם לתוך גז זה.
 - עד איזה רמה יעוררו האלקטרונים הקשורים?
 - עם איזה אנרגיה קינטית יכולים לצאת האלקטרונים החופשיים?
 - כמה קווי פליטה יהיו בספקטרום הפליטה של הליום זה, ומה אורכי הגל שלהם?
 - 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. $E_k = 13\text{eV}$ - לא תהיה מסירה.

2. $1 \leftarrow 2$: מסירה של $10.2\text{eV} \leftarrow E_k = 2.8\text{eV}$.

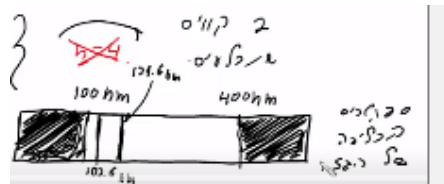
3. $1 \leftarrow 3$: מסירה של $12.09\text{eV} \leftarrow E_k = 0.91\text{eV}$.

4. $1 \leftarrow 4$: מסירה של $12.75\text{eV} \leftarrow E_k = 0.25\text{eV}$.

ג. $7.93 \cdot 10^{-10} \text{ m}$

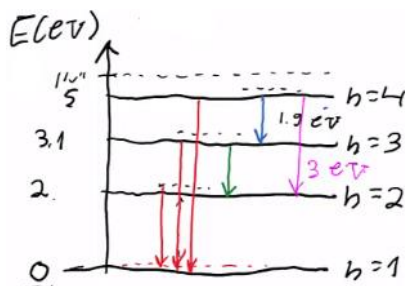
ב. ראה סרטון. ג. $2.42 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

(3) א.



(4) ראה סרטון.

(5) א. $E_3 = 5\text{eV}$, $E_2 = 3.1\text{eV}$, $E_1 = 2\text{eV}$.

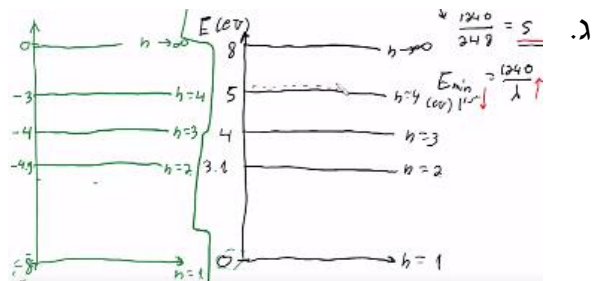


ב. 6 קווים בספקטרום הפליטה. ג. ראה סרטון.

ב.i. ראה סרטון.

(6) א. $\Delta E_{1 \rightarrow 2} = 3.1\text{eV}$, $\Delta E_{1 \rightarrow 3} = 4\text{eV}$, $\Delta E_{1 \rightarrow 4} = 5\text{eV}$

ב.ii. 8eV

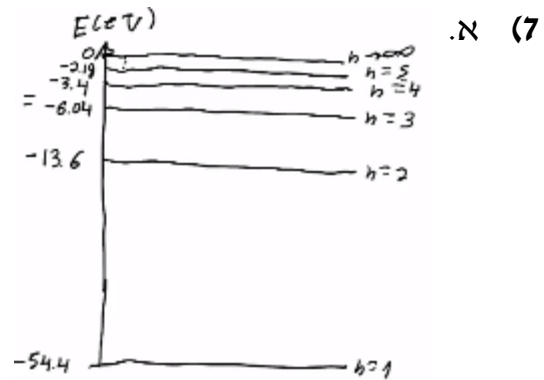


ד. $\lambda_{4 \rightarrow 3} = 1378\text{nm}$, $\lambda_{3 \rightarrow 2} = 248\text{nm}$, $\lambda_{2 \rightarrow 1} = 653\text{nm}$, $\lambda_{4 \rightarrow 1} = 1240\text{nm}$

$\lambda_{6 \rightarrow 2} = 400\text{nm}$, $\lambda_{5 \rightarrow 3} = 310\text{nm}$

ה. $1.24 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

ב.i. עירור עד רמה $n = 4$.



ב.i. $E_k = 52\text{eV}$, $E_{k_{1 \rightarrow 2}} = 11.2\text{eV}$, $E_{k_{1 \rightarrow 3}} = 3.64\text{eV}$, $E_{k_{1 \rightarrow 4}} = 1\text{eV}$.

ג. 6 קווים ספקטרליים:

ד. $\lambda_1 = 470\text{nm}$, $\lambda_2 = 122\text{nm}$, $\lambda_3 = 24.3\text{nm}$, $\lambda_4 = 164\text{nm}$, $\lambda_5 = 25.6\text{nm}$, $\lambda_6 = 30.4\text{nm}$.

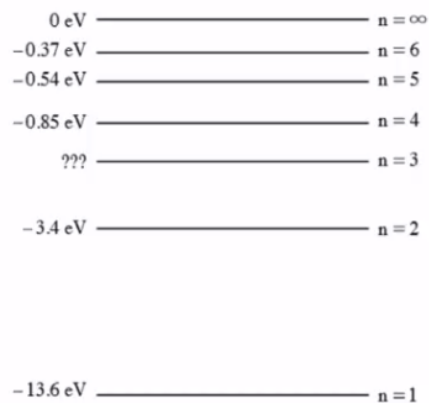
ד. ראה סרטון.

מודלים של האטום – בגריות:

שאלות:

(1) בגרות 2020

בתרשים שלפניך מתוארות כמה מרמות האנרגיה של אטום המימן:



א. חשב את האנרגיה המתאימה לרמה $n = 3$.

פוטון שהאנרגיה שלו: 12.5 eV 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 ספקטריים הנפלטים מאטום מימן בעקבות ירידה של אלקטרון לרמה $n = 2$.
ג. ענה על הסעיפים הבאים:

- חשב את אורך הגל הארוך ביותר בסדרה זו.
- חשב את אורך הגל הקצר ביותר בתחום: $400 \text{ nm} < \lambda < 700 \text{ nm}$ בסדרה זו.

אלומת אלקטרונים שהוצאו ממנוחה במתח 12.5 V חודרת לאזור שבו נמצאים אטומי מימן במצב היסוד שלהם.
ד. במצב זה, חשב את אורכי הגל שיופיעו בספקטרום הקרינה שתיפלט מאטומי המימן.

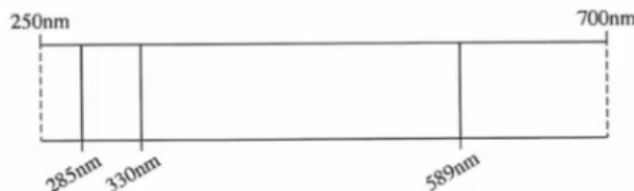
באטמוספירה של השמש יש אטומי מימן. בגלל הטמפרטורה הגבוהה של השמש קיימים בה אטומי מימן מעוררים.
ה. קבע את אנרגיית היינון של אטום מימן לאלקטרון הנמצא ברמה $n = 2$.
הסבר את תשובתך.

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 מייננת 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).

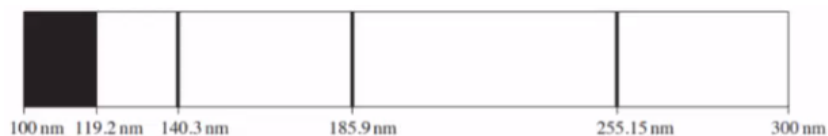


- ג. סרט דיאגרמה של רמות האנרגיה של נתרן (כולל רמת היינון) על פי הנתונים בשאלה. פרט את חישוביך.
- ד. קבע אם הקו 589nm שנראה בספקטרום הבליעה הוא שחור (בקירוב טוב) או בצבע. נמק את קביעתך.
- ה. הוסף לדיאגרמה שסרטטת בסעיף ג' חיצים המייצגים את הקווים הספקטראליים של ספקטרום הפליטה.
- ו. על פי הנתונים בשאלה, 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 ספקטראליים בדידים, המתאימים לאורכי הגל: 255.15nm , 185.9nm , 140.3nm .

א. הסבר מדוע בספקטרום הבליעה תמיד מתקבלים קווים כהים.

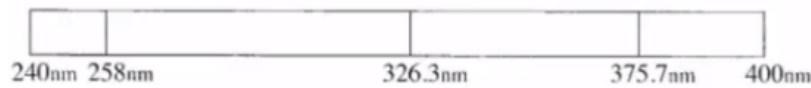
- ב. חשב את אנרגיית היינון של אטומי הכספית.
 ג. סרטט במחברתך דיאגרמה של ארבע רמות האנרגיה של אטום הכספית שהתקבלו בניסוי, וחשב את האנרגיה של כל אחת מן הרמות.
 פרט את חישוביך.
 ד. חשב את המהירות המרבית של האלקטרונים שהשתחררו מאטומי הכספית בניסוי זה.
- החוקרים חישובו גם את ספקטרום הפליטה של אטומי הכספית 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 ($400\text{nm} - 700\text{nm}$).

(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: $240\text{nm} \leq \lambda \leq 400\text{nm}$. התלמידים בדקו באמצעות ספקטרומטר את הקרינה אחרי שעברה דרך המכל.
 בספקטרום שהתקבל לא הופיעו: כל אורכי הגל בתחום: $240\text{nm} \leq \lambda \leq 258\text{nm}$, 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: $240\text{nm} \leq \lambda \leq 258\text{nm}$ 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 שנפלטת מהמכל בניסוי השני. הם גילו שהתקבלו שני אורכי גל בתחום הנראה ($400\text{nm} \leq \lambda \leq 700\text{nm}$).
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.
 - 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: $f = 4 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$

ii. תדירות הפוטון: $f = 2 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$

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.

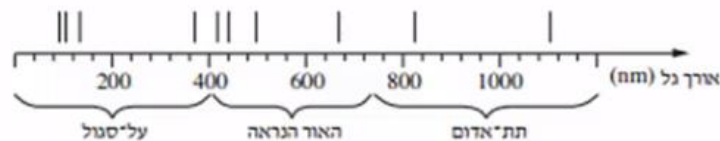
i. האם האנרגיה של פוטון A גדולה מן האנרגיה של פוטון B, קטנה ממנה או שווה לה? הסבר מדוע.

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 אטמוספירת 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 באטמוספירה 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:

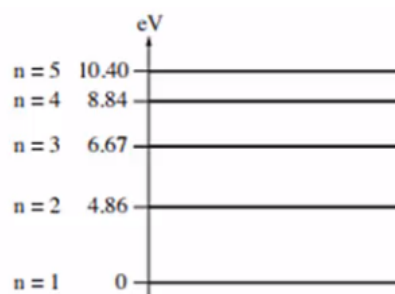
- i. חשב את אורך הגל שיכול להעביר אטום מימן מרמת היסוד לרמה המעוררת הראשונה.
- ii. היעזר בתרשים וקבע לאיזה תחום של הספקטרום שייך אורך גל זה – אור נראה, קרינה על-סגולה או קרינה תת-אדומה.

ידוע כי ככל שהטמפרטורה של פני הכוכב גבוהה יותר, כך גדל הסיכוי שאטומי הגז של האטמוספירה שלו יהיו ברמות מעוררות גבוהות יותר.

ד. קו הבליעה הספקטרוני 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: $170\text{nm} \leq \lambda \leq 260\text{nm}$.
לפיכך דיאגרמה של רמות האנרגיה הראשונות של אטום כספית:



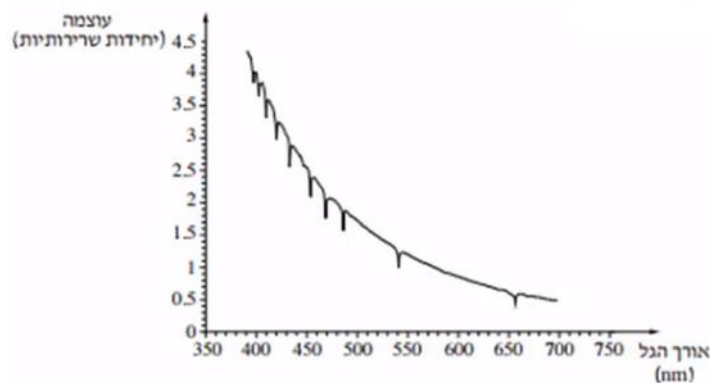
- חשב את אורכי הגל מהאלומה שנבלעים על ידי אטומי הכספית.
ציין לאיזו רמת אנרגיה עוררה הקרינה את אטומי הכספית, עבור כל אחד מאורכי הגל שמצאת. הזנח את הסיכוי שאטום כספית מעורר יבלע פוטון.
- חשב את אורכי הגל של ספקטרום הפליטה המתקבל מאטומי הכספית שבשפופרת, ועבור כל אורך גל ציין בין אילו רמות אנרגיה עבר האטום.
- 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.
- 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 ($400\text{nm} < \lambda < 700\text{nm}$). קווים אלה מתקבלים כשאטומי המימן המעוררים חוזרים לרמת האנרגיה $n = 2$ של האטום. אורך הגל של הקווים: H_δ ו- H_γ , H_β הוא: $\lambda_\beta = 487\text{nm}$, $\lambda_\gamma = 435\text{nm}$ ו- $\lambda_\delta = 411\text{nm}$.

- 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 .

באטמוספירה של רוב הכוכבים, שהטמפרטורה שלהם גבוהה מאוד, נמצאים אטומי מימן רבים במצב מעורר. מודדים את עוצמת הקרינה האלקטרומגנטית הנפלטת מכוכב מסוים לאחר שעברה דרך האטמוספירה 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 שבאטמוספירה של הכוכב יש מימן.
ד. היעזר בגרף והסבר אם יש הצדקה להשערה זו.
ה. האם ייתכן שבאטמוספירה 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 $n = 3$.

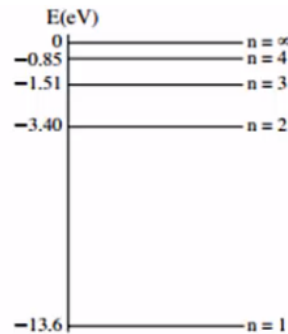
איזה ערך או אילו ערכים של אנרגיה יכול/יכולים להיות:

- 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: $\lambda \leq 91.18\text{nm}$.
- תלמיד C: ליינון אטומי המימן שבמכל יגרום כל פוטון שאורך הגל שלו: $\lambda \geq 91.18\text{nm}$.
- 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: $200\text{nm} - 100\text{nm}$ 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 מייננת 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: $m_e v r = n \frac{h}{2\pi}$. 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 ספקטרי 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.

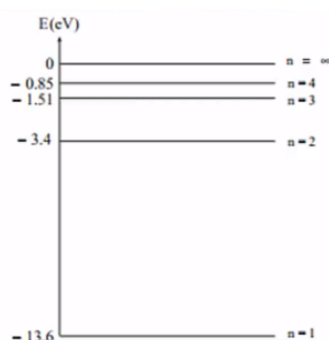
אפשרות / אנרגיה	1	2	3	4
כוללת	קטנה	גדלה	קטנה	לא משתנה
קינטית	גדלה	קטנה	קטנה	גדלה

(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'.

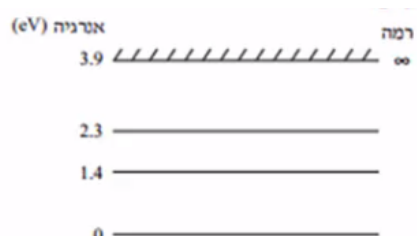
- לכל אלקטרון באלומה אנרגיה של 11eV .
האם אלקטרונים אלה יכולים לעורר את אטומי המימן שבכלי?
אם לא – הסבר מדוע. אם כן – מצא את האנרגיה של אלקטרון מהאלומה לאחר שהוא גורם לעירור.
- ערכי האנרגיה של האלקטרונים באלומה נמצאים בין 10eV ל- 12.5eV .
כמה קווים ספקטרליים יהיו בספקטרום של האור הנפלט מאטומי המימן?
הסבר את תשובתך בעזרת דיאגרמת רמות האנרגיה: העתק למחברתך את הדיאגרמה, וסמן בה חצים להצגת המעברים.
- 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'.

- לכל פוטון באלומה אנרגיה של 11eV .
האם פוטונים אלה יכולים לעורר את אטומי המימן שבכלי? הסבר.
- 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: $2.4 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ 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: 0.9 eV .
- מה הם אורכי הגל של כל קווי הספקטרום שיתקבלו כעת מאטומי הצזיום שבשפופרת?

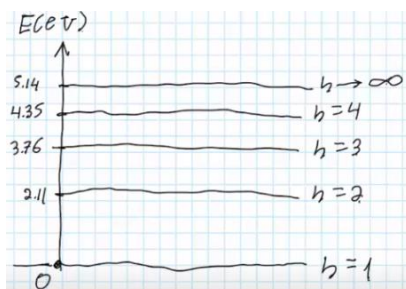
תשובות סופיות:

(1) א. $E_{n=3} = -1.51\text{eV}$. ב. לא . ג. $\lambda = 656.1\text{nm}$. ii. $\lambda_{6 \rightarrow 2} = 409.2\text{nm}$.

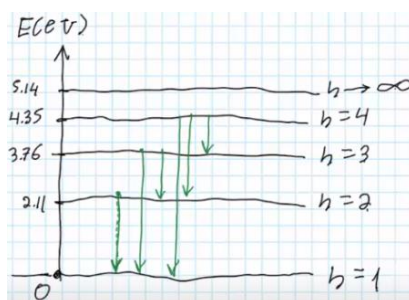
ד. $\lambda_{3 \rightarrow 2} = 656.1\text{nm}$, $\lambda_{3 \rightarrow 1} = 102.6\text{nm}$, $\lambda_{2 \rightarrow 1} = 121.6\text{nm}$. ה. $\Delta E = 3.4\text{eV}$.

(2) א. האנרגיה שיש להשקיע כדי לעקור אלקטרון מהאטום של החומר .

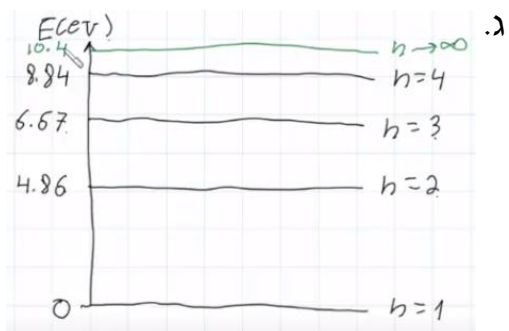
ב. $E = 5.14\text{eV}$. ג. ד. שחור בקירוב .



ו. $\lambda_1 = 588\text{nm}$, $\lambda_2 = 554\text{nm}$.



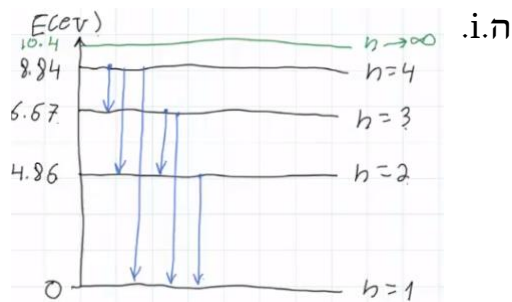
ה.



ג.

(3) א. ראה סרטון . ב. $E = 10.4\text{eV}$.

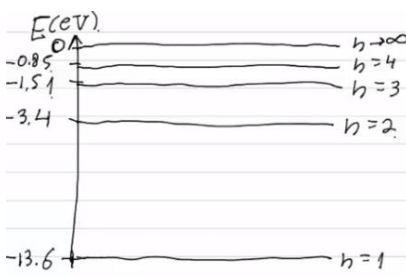
ד. $V = 8.39 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$.



ה. i.

ii. $E_{4 \rightarrow 3} = 2.17\text{eV}$, $E_{3 \rightarrow 2} = 1.81\text{eV}$.

ג. $f = 6.15 \cdot 10^{14}\text{Hz}$.



ב.

(4) א. ראה סרטון .

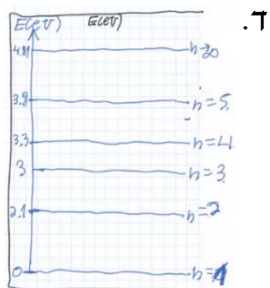
ד. $V = 1.095 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$. ה. ראה סרטון .

(5) א. בליעה. ii. ראה סרטון. ב. i. 4.81eV .

ii. $E_2 = 3.3\text{eV}$, $E_3 = 3.8\text{eV}$.

ג. $\Delta E_{0.1} = -3\text{eV}$, $\Delta E_1 = -2.1\text{eV}$.

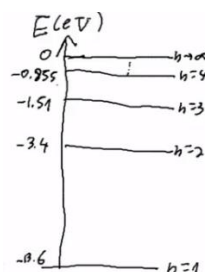
ה. $\lambda_1 = 413.3\text{nm}$, $\lambda_2 = 590.5\text{nm}$.



(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. ראה סרטון. ב. ראה סרטון. ג. i. $\lambda = 121.6\text{nm}$. ii. קרינה על-סגולה.



ד. $n = 3$. ה. חמים יותר.

(8) א. $2 \leftarrow 1$: $\lambda = 255\text{nm}$, $E_{ph} = 4.86\text{eV}$; $3 \leftarrow 1$: $\lambda = 186\text{nm}$, $E_{ph} = 6.67\text{eV}$.

ב. $2 \leftarrow 3$: $\lambda = 685\text{nm}$; $1 \leftarrow 3$: $\lambda = 186\text{nm}$; $1 \leftarrow 2$: $\lambda = 255\text{nm}$.

ג. ראה סרטון. ד. ראה סרטון.

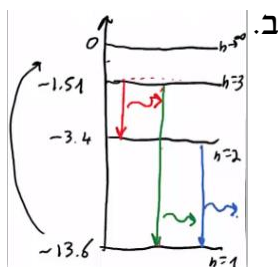
(9) א. ראה סרטון. ב. $\lambda_{3 \rightarrow 2} = 656\text{nm}$. ג. ראה סרטון. ד. כן.

ה. כן, הליום.

(10) א. i. $E_{ph} = 12.09\text{eV}$. ii. $12.75\text{eV} \geq E_e \geq 12.09\text{eV}$.

ג. $\lambda_{3 \rightarrow 1} = 102.6\text{nm}$, $\lambda_{3 \rightarrow 2} = 656\text{nm}$, $\lambda_{2 \rightarrow 1} = 121.6\text{nm}$.

ד. ההשערה של תלמיד B. $E_k = 1.51\text{eV}$.

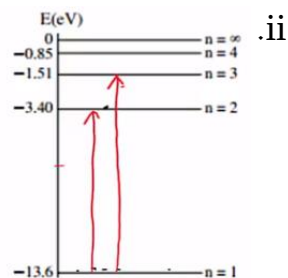


ב. i. $\lambda_{1 \rightarrow 2} = 121.6\text{nm}$, $\lambda_{1 \rightarrow 3} = 102.6\text{nm}$.

ג. i. $V_{min} = 13.6\text{volt}$. ii. כן.

ד. גדל.

(11) א. ראה סרטון.



ה. הוכחה.

(12) א. ראה סרטון. ב. ראה סרטון. ג. $\lambda_{3 \rightarrow 2} = 656\text{nm}$. ד. ראה סרטון.

ii. $E = 3.4\text{eV}$. ה. אפשרות 1.

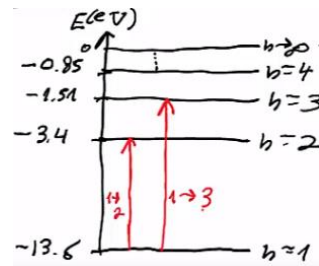
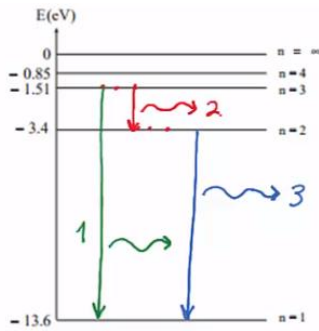
(13) א. ראה סרטון. ב. $E_g = -0.544\text{eV}$. ג. $E_{ph} = 13.06\text{eV}$. ד. 10 קווים.

ה. ראה סרטון.

(14) א. כן, $E = 0.8\text{eV}$. ב. 3 קווי פליטה שונים,

ג. כן, $0 \leq E_k \leq 1.4\text{eV}$. ד. לא.

ה. 2 קווים ספקטרליים,



(15) א. $\lambda = 886\text{nm}$. ב. $\lambda_{2 \rightarrow 1} = 886\text{nm}$, $\lambda_{3 \rightarrow 1} = 539\text{nm}$, $\lambda_{3 \rightarrow 2} = 1378\text{nm}$.

ג. כמו סעיף ב'.

קורס בפיזיקה לכיתה יב

פרק 23

גרעין האטום, אנרגיית הגרעין ורדיואקטיביות

152	גרעין- בגרונות
166	הגרעין- הסבר
171	אנרגיית קשר של הגרעין ויציבות גרעינים
172	רדיואקטיביות
175	תגובות גרעיניות

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 באטמוספירה, משוואת ההיווצרות היא: $^{14}_7\text{N} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{14}_6\text{C} + ^1_1\text{p}$.
א. הסתמך על משוואת היווצרותו של ^{14}C באטמוספירה, 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:

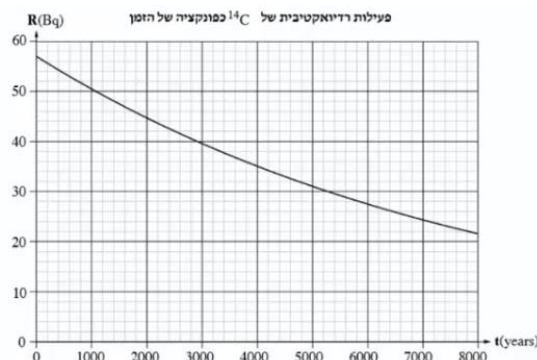
i. רשום את משוואת ההתפרקות הרדיואקטיבית של ^{14}C , וציין את סוג הקרינה הנפלטת.

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: $R(0) = 57\text{Bq}$.

נתון: זמן מחצית החיים של ^{14}C הוא: $T_{\frac{1}{2}} = 5730_{\text{years}}$.

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: $R(t_1) = 40\text{Bq}$.
ג. קבע באמצעות הגרף את הגיל של פיסת העץ על פי השיטה הראשונה. נמק את קביעתך.

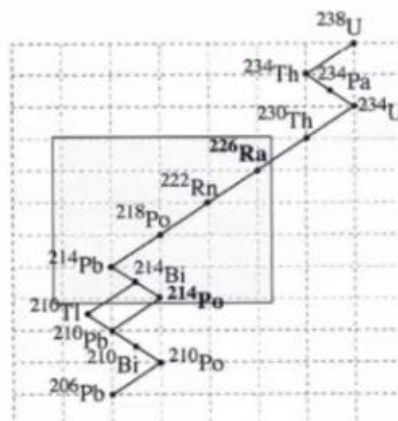
בשיטה השנייה, המדויקת יותר, הם מדדו את $N(t_1)$ - מספר גרעיני ^{14}C שנשארו בזמן t_1 בפיסת העץ שנמצאה בערמת הפסולת, וחשבו את ΔN - מספר הגרעינים שהתפרקו מתחילת ההתפרקות עד הזמן t_1 .
המדענים מצאו כי: $\Delta N_{^{14}\text{C}} = N(0) - N(t_1) = 4.63 \cdot 10^{12}$.
ד. חשב את קבוע הדעיכה λ ביחידות של $\frac{1}{\text{sec}}$.

ה. ענה על הסעיפים הבאים:

- חשב את הפעילות $R(t_1)$ המתקבלת על פי השיטה השנייה.
- 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}U .
רדיוס $^{214}_{84}\text{Po}$ הם איזוטופים רדיואקטיביים טבעיים השייכים לסדרה זו.
פולוניום 214 הוא תוצר בשרשרת ההתפרקות של רדיוס 226 (ראה תרשים).



א. קבע את מספר התפרקויות α ואת מספר התפרקויות β^- שמתרחשות
בשרשרת ההתפרקויות מרדיום 226 לפולוניום 214. הסבר את קביעותיך.

באחד השלבים של השרשרת המתוארת נוצר האיזוטופ הרדיואקטיבי רדון 222 ($^{222}_{86}\text{Rn}$).
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: $E_{B(\text{Po})} = 1666.02 \text{ MeV}$, $E_{B(\text{Ra})} = 1732.62 \text{ MeV}$.

ד. קבע איזה משני האיזוטופים יציב יותר. נמק את קביעתך.

3) בגרות 2018 שאלה 5

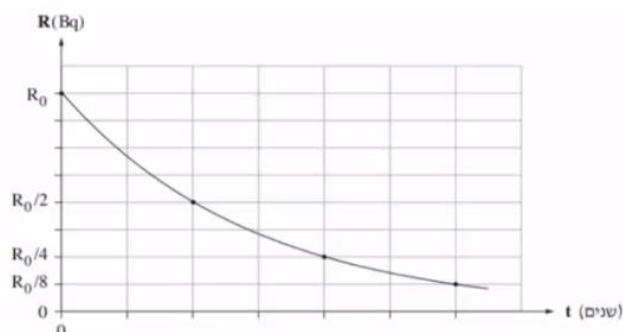
סטרונציום טבעי הוא יסוד מתכתי יציב שהתגלה בשנת 1790.

האיזוטופ הרדיואקטיבי $^{90}_{38}\text{Sr}$ התגלה במהלך ניסויים גרעיניים שנערכו בשנות
הארבעים של המאה ה-20.

א. ציין את המשמעות של המספרים 38 ו-90 המופיעים בסימון $^{90}_{38}\text{Sr}$.

נערכו שני ניסויים, ניסוי I וניסוי II.

ניסוי I נערך על מדגם של $^{90}_{38}\text{Sr}$ 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 $\frac{1}{\text{sec}}$.
 - ii. חשב את הפעילות R_0 (הפעילות ברגע $t = 0$).

ניסוי II נערך על מדגם של האיזוטופ $^{90}_{38}\text{Sr}$ 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 שבמצב 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: $M(^4_2\text{He}) = 4.002602\text{u}$, מסת אלקטרון היא: $m_e = 0.000549\text{u}$, מסת פרוטון היא: $m_p = 1.007276\text{u}$ ומסת ניוטרון היא: $m_n = 1.008665\text{u}$.

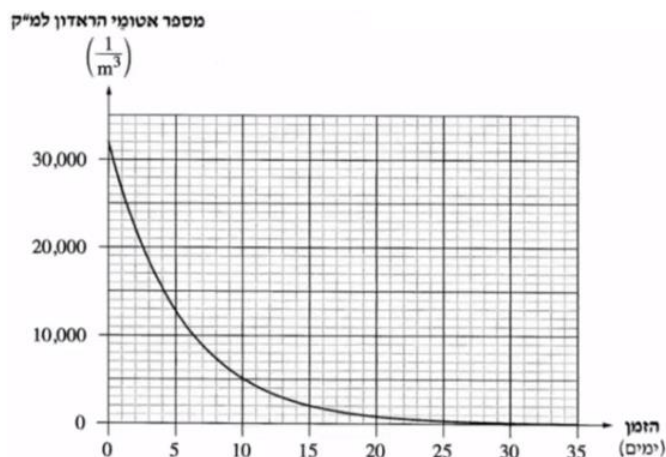
ד. חשב את אנרגיית הקשר הגרעינית של גרעין איזוטופ ההליום ^4_2He .

- 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.
- על פי אנרגיית הקשר הגרעינית.
 - על פי אנרגיית הקשר הגרעינית חלקי מספר הנוקלאונים.
 - על פי אנרגיית הקשר הגרעינית חלקי מספר הפרוטונים.
 - על פי מספר הנוקלאונים.

5) בגרות 2017

- ראדון, ${}^{222}_{86}\text{Rn}$, 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: $200 \frac{\text{Bq}}{\text{m}^3}$, $\left(\text{Bq} = \frac{1}{\text{sec}} \right)$.
- הסבר את המשמעות הפיזיקלית של המשפט: "רמת האקטיביות המרבית המותרת של הראדון למ"ק במבני מגורים בישראל היא: $200 \frac{\text{Bq}}{\text{m}^3}$ ".
 - 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: $32,000 \frac{1}{\text{m}^3}$.



- ג. על פי הגרף, קבע בקירוב את זמן מחצית החיים של הראדון. פרט את שיקולך.
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

$^{235}_{92}\text{U}$ הוא איזוטופ רדיואקטיבי של אורניום. בתהליך שבו נויטרון איטי פוגע בגרעין $^{235}_{92}\text{U}$ הגרעין עשוי להתבקע. אחת האפשרויות לתוצרי ביקוע: איזוטופ של קסנון, $^{140}_{54}\text{Xe}$, איזוטופ של סטרונציום $^{93}_{38}\text{Sr}$ 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, $^{93}_{38}\text{Sr}$, היא: 8.61MeV , ובגרעין של אורניום, $^{235}_{92}\text{U}$, היא: 7.59MeV .

- ג. האם אתה מצפה שאנרגיית הקשר לנוקלאון בגרעין של קסנון, $^{140}_{54}\text{Xe}$, תהיה גדולה מזו שבאורניום, $^{235}_{92}\text{U}$, 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 $^{140}_{54}\text{Xe}$.

(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), $^{131}_{52}\text{Te}$, 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 $2 \cdot 10^{18}$ 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:

- הגדר את המושג "פעילות רדיואקטיבית", $R(t)$, וציין יחידות מתאימות.
- לאיזה משני החומרים יש פעילות גדולה יותר ברגע ההפרדה? חשב פי כמה.
- הסבר מדוע הזמן t_1 ארוך במקצת מזמן מחצית החיים של טלור.
- 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 (Al) בחלקיקי α , אחת התגובות שיכולה להתרחש
בעקבות זאת היא היווצרות של איזוטופ זרחן (P), המלווה בפליטה של נויטרון.
תגובה זו מתוארת במשוואה שלפניך: $^{27}_{13}\text{Al} + ^4_2\text{He} \rightarrow ^{30}_{15}\text{P} + ^1_0\text{n}$.
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.

- איזוטופ הזרחן שנוצר 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".
- רשום את המשוואה המייצגת את תגובת הפירוק של איזוטופ הזרחן.
- זמן מחצית החיים של איזוטופ הזרחן הוא: 150sec. חשב איזה חלק
מדגימה של איזוטופ הזרחן יישאר ממנה 450sec לאחר יצירתה.
- 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 $^{235}_{92}\text{U}$. בעקבות ההתפרקות של גרעין האורניום נוצרים גרעינים של יסודות אחרים, וכמה ניוטרונים. אחת האפשרויות של התפרקות גרעין האורניום היא היווצרות גרעיני סלניום (Se) וציריום (Ce) (ראה טבלה) ושחרור כמה ניוטרונים.

הגרעין	$^{235}_{92}\text{U}$	$^{146}_{58}\text{Ce}$	$^{85}_{34}\text{Se}$
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 $^{238}_{92}\text{U}$.

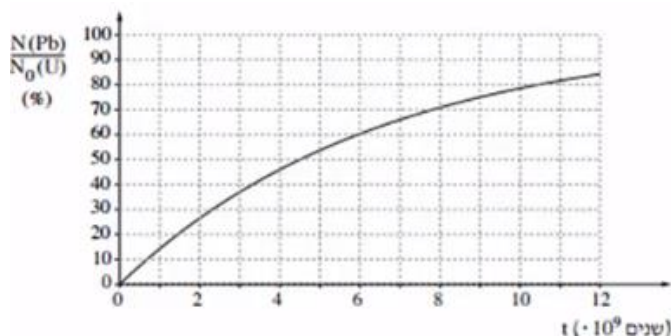
- א. הגרעין $^{238}_{92}\text{U}$ מתפרק לגרעין תוריום Th, תוך כדי פליטת חלקיק α . כתוב את המשוואה של התפרקות זו. ציין בה את מספר המסה ואת המספר האטומי של גרעין התוריום ושל חלקיק α .
- ב. סדרת האורניום מסתיימת כאשר מתקבל איזוטופ של עופרת $^{206}_{82}\text{Pb}$. חשב את המספר של התפרקויות α ואת המספר של התפרקויות β^- בסדרה זו.

בעקבות גילוי הרדיואקטיביות בתחילת המאה הקודמת, הציע רתרפורד לקבוע גיל של קרקע בעזרת ההתפרקות של אורניום $^{238}_{92}\text{U}$ לעופרת $^{206}_{82}\text{Pb}$.

במעבדה נבדקה דגימת קרקע. אפשר להניח שבקרקע שנדגמה לא היו אטומי $^{206}_{82}\text{Pb}$ בזמן $t = 0$ (רגע היווצרות הקרקע), ושהמקור של אטומי $^{206}_{82}\text{Pb}$ המצויים בה הוא רק באטומי $^{238}_{92}\text{U}$ שהתפרקו.

נסמן: $N(\text{Pb})$ הוא מספר אטומי העופרת ברגע מסוים, $N_0(\text{U})$ הוא מספר אטומי האורניום שהיו בדגימה ברגע $t = 0$.

בתרשים שלפניך גרף תאורטי ובו מוצג היחס $\frac{N(\text{Pb})}{N_0(\text{U})}$ כתלות בזמן.

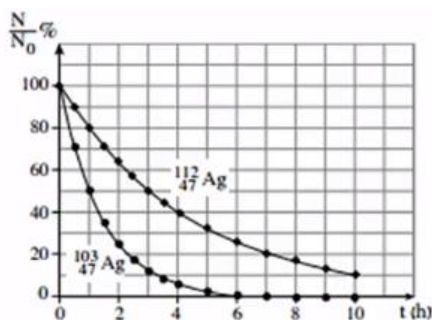


- ג. מהו האחוז של אטומי האורניום שהתפרקו לאטומי עופרת במהלך $6 \cdot 10^9$ השנים שחלפו מהזמן $t = 0$? הסבר את תשובתך.
- ד. מהו זמן מחצית החיים של $^{238}_{92}\text{U}$? הסבר את תשובתך.
- ה. בקרקע שנדגמה נמצא שמפר אטומי העופרת הוא $\frac{2}{3}$ ממספר אטומי האורניום. חשב את גיל הקרקע בדגימה על פי נתון זה.

11 בגרות 2011

- הגרעין $^{107}_{47}\text{Ag}$ קולט נויטרון והופך לגרעין חדש, $^{108}_{47}\text{Ag}$, שהוא רדיואקטיבי. הגרעין $^{108}_{47}\text{Ag}$ מתפרק ופולט חלקיק β^- . מתהליך ההתפרקות מתקבל גרעין X.
- א. כמה פרוטונים וכמה נויטרונים יש בגרעין $^{107}_{47}\text{Ag}$?
- 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 $^{103}_{47}\text{Ag}$ ו- $^{112}_{47}\text{Ag}$.
- 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 $N = 4 \cdot 10^{28}$ 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 - $^{27}_{13}Al$, 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 $^{27}_{13}Al$ היא: $M(^{27}_{13}Al) = 26.981539u$. נתון כי:
- מסת אלקטרון: $m(^0_{-1}e) = 0.000549u$
- מסת נויטרון: $m(^1_0n) = 1.008665u$
- חשב את אנרגיית הקשר של גרעין $^{27}_{13}Al$.
- 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 ($^{214}_{84}Po$) מתפרק לגרעין עופרת $^{214}_{82}Pb$. 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: $30,000\text{Bq}$ (כלומר $30,000$ התפרקויות בשנייה). כעבור מחצית השעה מצאו כי פעילות המדגם היא: $13,900\text{Bq}$.
- חשב את זמן מחצית החיים של עופרת 214 .
 - חשב את מספר גרעיני עופרת 214 שהיו במדגם בתום הכנתו (כאשר פעילותו הייתה: $30,000\text{Bq}$).

14 בגרות 2004

- הדוטריום הוא איזוטופ של מימן שגרעינו מורכב מפרוטון וניטרון. גרעין הדוטריום נקרא דוטרון.
- הראה, בעזרת נתונים מהנספח, כי מסת הדוטרון שווה ל- 2.013552u (הזנח את אנרגיית הקשר בין האלקטרון לגרעין).
 - חשב, בעזרת נתונים ונוסחאות מהנספח, את אנרגיית הקשר הגרעינית של הדוטרון. הצג את תשובתך ביחידות של MeV .
 - האם ייתכן שהדוטרון 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:

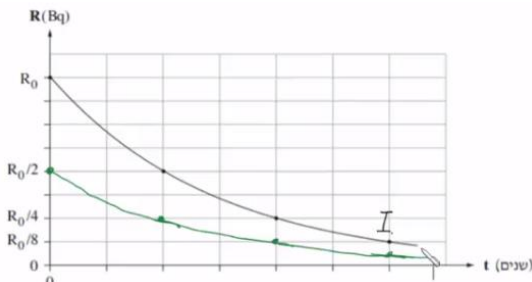
- רשום את הנוסחה של תהליך ההתפרקות.
- חשב את האנרגיה הקינטית הכוללת של תוצרי ההתפרקות. הצג את תשובתך ביחידות MeV .

15 בגרות 2002

- גרעין ביסמוט $^{211}_{83}\text{Bi}$ הוא גרעין רדיואקטיבי. לגרעין זה שני אופני התפרקות:
- באחד נוצר גרעין הבת פולוניום $^{211}_{84}\text{Po}$, ובאחר נוצר גרעין הבת טליום $^{207}_{81}\text{Tl}$.
- רשום את הנוסחה המתארת את התהליך הרדיואקטיבי המביא להיווצרות של כל אחד מגרעיני בת אלה.
 - האם אפשר לקבוע מראש, לגבי גרעין ביסמוט $^{211}_{83}\text{Bi}$ מסוים, אם הוא עתיד להתפרק לגרעין $^{211}_{84}\text{Po}$ או לגרעין $^{207}_{81}\text{Tl}$? הסבר.
 - חלק מגרעיני הבת שהתקבלו מהתפרקות הביסמוט ממשכים להתפרק בתהליך α לאיזוטופ יציב של עופרת, $^{207}_{82}\text{Pb}$.
- 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 $^{211}_{84}\text{Po}$ הוא 0.52 שניות.
 זמן מחצית החיים של גרעין $^{207}_{81}\text{Tl}$ הוא 4.77 דקות.
 ברגע מסוים נמצאים במדגם של גרעיני ביסמוט שבתהליך התפרקות 10^{18}
 גרעיני $^{211}_{84}\text{Po}$ ו- 10^{21} גרעיני $^{207}_{81}\text{Tl}$.
 i. חשב, עבור אותו רגע, את קצב ההצטברות של גרעיני האיזוטופ היציב
 של העופרת, שמקורם בגרעיני ה- $^{211}_{84}\text{Po}$ (ביחידות של גרעינים לשנייה).
 ii. חשב, עבור אותו רגע, את קצב ההצטברות של גרעיני האיזוטופ
 היציב של העופרת, שמקורם בגרעיני ה- $^{207}_{81}\text{Tl}$.

תשובות סופיות:

- (1) א. 6 פרוטונים, 8 נויטרונים.
 ב.i. ${}^{14}_6\text{C} \rightarrow {}^{14}_7\text{N} + {}^0_{-1}e$, ${}^{14}_6\text{C} \rightarrow {}^{14}_7\text{N} + B^-$. הקרינה הנפלטת היא אלקטרון (או B^-).
 ii. חוק שימור המטען. ג. $T \approx 2900 \text{ years}$. ד. $T \frac{1}{2} = 3.836 \cdot 10^{-10} \frac{1}{\text{sec}}$.
 ה.i. $R(t) = 39.2 \text{ Bq}$. ii. 3000 שנה.
- (2) א. α - 3 התפרקויות, β^- - 2 התפרקויות. ב. מספר אטומי - 84, מספר מסה - 218.
 ג.i. $T_{\frac{1}{2}} = 3.825 \text{ days}$. ii. $\lambda = 2.1 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{sec}}$. ד. פולניום.
- (3) א. 38 - המספר האטומי (פרוטונים), 90 - מספר המסה (נוקלואונים).
 ב. 87 שנים. ג. $N = 1.34 \cdot 10^{22}$. ד.i. $\lambda = 7.57 \cdot 10^{-10} \frac{1}{\text{sec}}$.
 ii. $R_0 = 1.01 \cdot 10^{13} \text{ Bq}$. ה.
- 
- (4) א. ראה סרטון. ב. ${}^3_2\text{He}$. ג. iii. ד. $\Delta 28.3 \text{ MeV}$. ה. ii.
- (5) א. ראה סרטון. ב. ${}^{222}_{86}\text{Rn} \rightarrow {}^{218}_{84}\text{Po} + {}^4_2\text{He}$. ג. $T_{\frac{1}{2}} = 3.8 \text{ days}$.
- ד. i. $R = \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$. ii. $t = 18.5 \text{ days}$. ה. ראה סרטון.
- (6) א.i. ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0n \rightarrow {}^{140}_{54}\text{Xe} + {}^{93}_{38}\text{Sr} + 3 {}^1_0n$. ii. ראה סרטון.
 ב. האנרגיה שיש להשקיע או לתת לגרעין מסוים בממוצע כדי לעקור ממנו נוקלאון בודד. ג. גדולה. ד. $\frac{E_{B\text{Xe}}}{A} = 8.29 \text{ MeV}$.
- (7) א. ${}^{131}_{52}\text{Te} \rightarrow {}^{131}_{53}\text{I}$. ב. ${}^{131}_{53}\text{I} \rightarrow {}^{131}_{54}\text{Xe} + {}^0_{-1}e + \bar{\nu}$. ג. גדולה. ד. $\frac{E_{B\text{Xe}}}{A} = 8.29 \text{ MeV}$.
- ג.i. קצב התפרקות יסוד רדיואקטיבית / כמה התפרקויות ביח' זמן (שניה), $B_q \leftarrow \frac{1}{\text{sec}}$.
 ii. $R_{\text{Te}} > R_{\text{I}}$. 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. ${}^{30}_{15}\text{P} \rightarrow {}^{30}_{14}\text{Si} + {}^0_{+1}e + \nu$. ג. $\frac{1}{8}$. ד.i. ראה סרטון. ii. 511keV כל פוטון.
- (9) א. ${}^{235}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{146}_{58}\text{Ce} + {}^{85}_{34}\text{Se} + 4 {}^1_0n$. ב. $\Delta E = 1105 \text{ MeV}$. ג. אנרגיה קינטית לתוצרים, אנרגיה של פוטונים שנפלטו מהגרעין.

ד. האנרגיה שיש להשקיע כדי לעקור בממוצע נוקלאון בודד מהגרעין.
ה. ראה סרטון.

(10) א. $^{238}_{92}\text{U} \rightarrow ^{234}_{90}\text{Th} + ^4_2\text{He}$ ב. $N_{\beta^-} = 6, N_{\alpha} = 8$

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: $^{107}_{47}\text{Ag} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{108}_{47}\text{Ag}$, תהליך 2: $^{108}_{47}\text{Ag} \rightarrow ^{108}_{48}\text{X} + ^0_{-1}\text{e} + \bar{\nu}$

ii. חוק שימור המטען, חוק שימור מס' הנוקלאונים הכולל.

ד. $N_0 = 3.2 \cdot 10^{29}$ ה. $\frac{1}{3}$

(12) א. i. $^{27}_{13}\text{Al} + ^4_2\text{He} \rightarrow ^{30}_{15}\text{P} + ^1_0\text{n}$ ii. נויטרון.

ב. חוק שימור המטען, חוק שימור מספר הנוקלאומים. ג. $E_b = 225\text{MeV}$ ד. $^{40}_{20}\text{Ca}$

(13) א. ראה סרטון. ב. $^{214}_{82}\text{Pb} \rightarrow ^{214}_{83}\text{Bi} + ^0_{-1}\text{e} + \bar{\nu}$

ג. התפרקות α , $^{218}_{84}\text{Po} \rightarrow ^{214}_{82}\text{Pb} + ^4_2\text{He}$ ד. i. $T_{\frac{1}{2}} = 0.45 \text{ hours}$

ii. $N_0 = 7.02 \cdot 10^7$

(14) א. הוכחה. ב. $\Delta E = 2.23\text{MeV}$ ג. לא. ד. i. $^3_1\text{H} \rightarrow ^3_2\text{He} + ^0_{-1}\text{e} + \bar{\nu}$

ii. $\Delta E = 0.0186\text{MeV}$

(15) א. התפרקות β^- : $^{211}_{83}\text{Bi} \rightarrow ^{211}_{84}\text{Po} + ^0_{-1}\text{e} + \bar{\nu}$, התפרקות α : $^{211}_{83}\text{Bi} \rightarrow ^{207}_{81}\text{Te} + ^4_2\text{He}$

ב. לא. ג. $^{207}_{81}\text{Te} \rightarrow ^{207}_{82}\text{Pb} + ^0_{-1}\text{e} + \bar{\nu}$ ו- $^{211}_{84}\text{Po} \rightarrow ^{207}_{82}\text{Pb} + ^4_2\text{He}$

ד. i. $R_{\text{Po}} = 1.33 \cdot 10^{18} \text{ Bq}$ ii. $R_{\text{Te}} = 2.42 \cdot 10^{18} \text{ Bq}$

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.



ב. מצא את האנרגיה הקינטית המקסימלית האפשרית שתהיה לתוצר החסר.

נתון שמסתו האטומית של תוריום 228 היא 228.028741u ,

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.

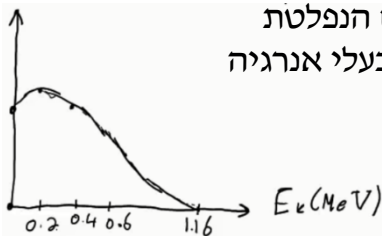
2 תרגיל 2

עורכים ניסוי עם חומר רדיואקטיבי בשם ביסמוט (${}_{83}^{210}\text{Bi}$).

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 הנפלטים 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?

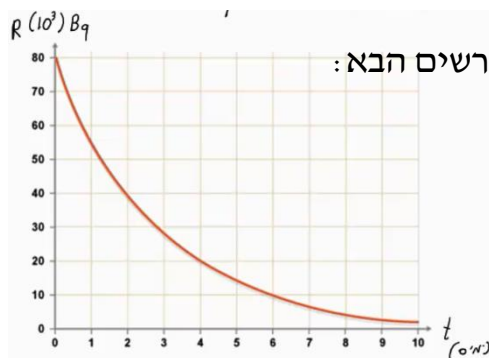
ג. כמה גרעיני אב יישארו לאחר 9 ימים?

ד. מה תהיה הפעילות לאחר 9 ימים?

4 תרגיל 4

- נתון מדגם של נתרן $^{24}_{11}\text{Na}$ 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 $t = 17$ days?
ד. הוסף לתרשים עקומה המתארת את כמות גרעיני הבת שנוצרו בתהליך, כתלות בזמן.

6 תרגיל 6

- אורניום $^{235}_{92}\text{U}$ מתפרק בשרשרת התפרקויות שכוללת 3 התפרקויות אלפא ו-2 התפרקויות בטא מינוס.
א. מצא את המספר האטומי ומספר המסה של הגרעין החדש שנוצר.

אותו $^{235}_{92}\text{U}$ ממשיך בשרשרת ההתפרקות שלו, ומסיים כאיזוטופ יציב של עופרת ($^{207}_{82}\text{Pb}$).

- 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 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

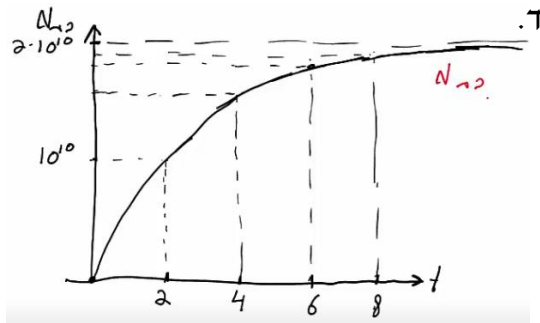
(1) א. ${}_{90}^{228}\text{Th} \rightarrow {}_{88}^{224}\text{Ra} + {}_2^4\text{He}$ ב. $E_{\text{max}} = -5.55\text{MeV}$ ג. $E_{\text{max}} < -5.55\text{MeV}$

(2) א. ${}_{83}^{210}\text{Bi} \rightarrow {}_{84}^{210}\text{Po} + {}_{-1}^0e + \bar{\nu}$ 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. ${}_{11}^{24}\text{Na} \rightarrow {}_{12}^{24}\text{Mg} + {}_{-1}^0e + \bar{\nu}$ ב. $6.43 \cdot 10^{17}\text{Bq}$ ג. $1.61 \cdot 10^{17}\text{Bq}$ ד. $4.3 \cdot 10^{22}$

(5) א. יומיים. ב. אחרי שישה ימים. ג. 221Bq



(6) א. ${}_{88}^{223}\text{Ra}$ ב. 7 התפרקויות אלפא ו-4 בטא.

(7) א. 115.5Bq א. 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 $^{27}_{13}\text{Al}$, 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: $^2_1\text{H} + ^2_1\text{H} \rightarrow ^3_2\text{H} + ?$. א. השלם את התגובה. ב. נתון שאנרגיית הקשר לנוקליאון לדויטריום (^2_1H) היא 1.11226MeV , ולהליום 3 (^3_2H) היא 2.5727MeV . מצא כמה אנרגיה מינימלית יש להשקיע בתגובה הנ"ל, כדי שתקרה.

תשובות סופיות

- (1) א. $^{27}_{13}\text{Al} + ^4_2\text{He} \rightarrow ^{30}_{15}\text{P} + ^1_0\text{n}$ ב. $\Delta E = 2.65\text{MeV}$ ג. אנרגיה קינטית לתוצרים ופליטה של אנרגיה בצורת פוטונים.
(2) א. $^2_1\text{H} + ^2_1\text{H} \rightarrow ^3_2\text{H} + ^1_0\text{n}$ 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) $\Delta E = 39.2 \text{ MeV}$

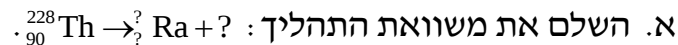
(2) $E = 7.684$

רדיואקטיביות:

שאלות:

(1) תרגיל 1

תוריום 228 מתפרק התפרקות אלפא ונוצר גרעין בת של רדיום 224.



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'?

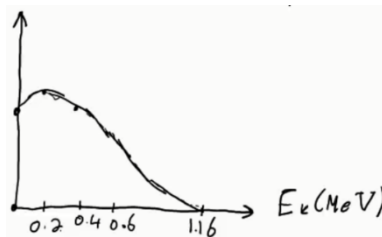
(2) תרגיל 2

עורכים ניסוי עם חומר רדיואקטיבי בשם ביסמוט (${}_{83}^{210}\text{Bi}$).

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 הנפלטים 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 , ושסתו

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

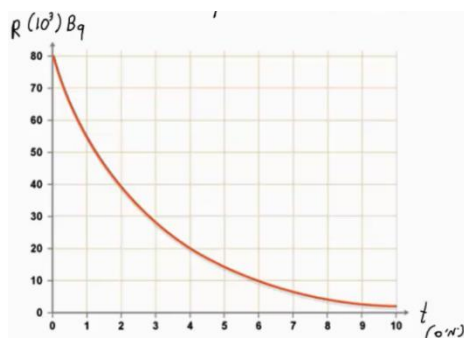
נתון מדגם של חומר רדיואקטיבי בעל 10^{10} גרעינים וזמן מחצית חיים של יומיים וחצי.

- 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 $^{24}_{11}\text{Na}$ 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 $t = 17$ days?
 - ד. הוסף לתרשים עקומה המתארת את כמות גרעיני הבת שנוצרו בתהליך, כתלות בזמן.

(6) תרגיל 6

- אורניום $^{235}_{92}\text{U}$ מתפרק בשרשרת התפרקויות שכוללת 3 התפרקויות אלפא ו-2 התפרקויות בטא מינוס.
- א. מצא את המספר האטומי ומספר המסה של הגרעין החדש שנוצר.
- אותו $^{235}_{92}\text{U}$ ממשיך בשרשרת ההתפרקות שלו, ומסיים כאיזוטופ יציב של עופרת $^{207}_{82}\text{Pb}$.
- 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. ${}_{90}^{228}\text{Th} \rightarrow {}_{88}^{224}\text{Ra} + {}_2^4\text{He}$ ב. $E_{v_{\max}} = -5.55\text{MeV}$ ג. $E_{v_{\max}} < -5.55\text{MeV}$

2. א. ${}_{83}^{210}\text{Bi} \rightarrow {}_{84}^{210}\text{Po} + {}_{-1}^0\text{e} + \bar{\nu}$ ב. הסברים בסרטון.

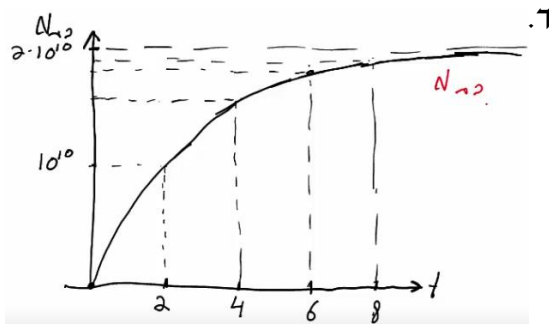
3. א. $5 \cdot 10^9$ ב. $8.75 \cdot 10^9$ ג. $8.25 \cdot 10^8$

ד. 2645Bq

4. א. ${}_{11}^{24}\text{Na} \rightarrow {}_{12}^{24}\text{Mg} + {}_{-1}^0\text{e} + \bar{\nu}$ ב. $6.43 \cdot 10^{17}\text{Bq}$ ג. $1.61 \cdot 10^{17}\text{Bq}$

ד. $4.3 \cdot 10^{22}$

5. א. יומיים. ב. אחרי שישה ימים. ג. 221Bq



6. א. ${}_{88}^{223}\text{Ra}$ ב. 7 התפרקויות אלפא ו-4 בטא.

7. א. i. 115.5Bq 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 $^{27}_{13}\text{Al}$, 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: $^2_1\text{H} + ^2_1\text{H} \rightarrow ^3_2\text{H} + ?$. א. השלם את התגובה. ב. נתון שאנרגיית הקשר לנוקליאון לדויטריום (^2_1H) היא: 1.11226MeV , ולהליום 3 (^3_2H) היא: 2.5727MeV . מצא כמה אנרגיה מינימלית יש להשקיע בתגובה הנ"ל, כדי שתקרה.

תשובות סופיות:

- (1) א. $^{27}_{13}\text{Al} + ^4_2\text{He} \rightarrow ^{30}_{15}\text{P} + ^1_0\text{n}$ ב. $\Delta E = 2.65\text{MeV}$ ג. אנרגיה קינטית לתוצרים ופליטה של אנרגיה בצורת פוטונים.
(2) א. $^2_1\text{H} + ^2_1\text{H} \rightarrow ^3_2\text{H} + ^1_0\text{n}$ ב. התהליך יקרה מעצמו (0).