פרק 3

פתרון בגרויות בקרינה וחומר

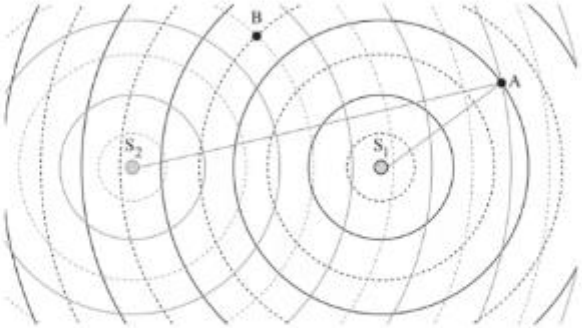
גלי מים 1
גלי אור 8
אטום 24
גרעין אנרגיית קשר גרעינית ורדיואקטיביות 39
אופטיקה גאומטרית 55
גלים חד ממדיים 68

שאלות מבגרויות – גלי מים:

שאלות

1) בגרות 2022 – שאלה 1

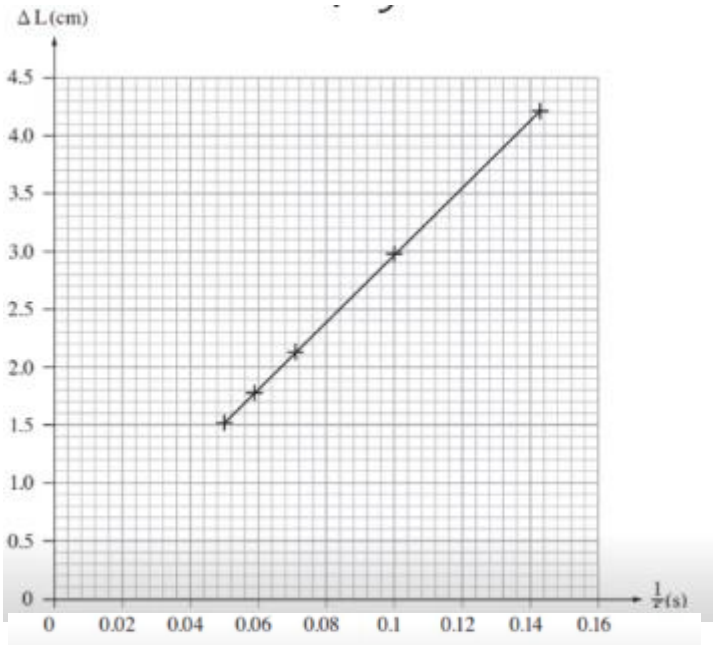
תלמידות מגמת פיזיקה בבית ספר תיכון ערכו מדידות באמבט גלים שבו הן יצרו גלים באמצעות שני כדורים מתנודדים.
S_1 ו־ S_2 הכדורים התנודדו בתדירות זהה f ופגעו במים בו־זמנית. התלמידות מדדו את המרחקים שבין הכדורים
S_1 ו־ S_2 לבין נקודה A (ראו תרשים; התרשים אינו בקנה מידה מדויק).
שימו לב: בתרשים, קו מלא מייצג שיא של גל (מקסימום) וקו מקווקו מייצג שפל של גל (מינימום).



א. קבעו באמצעות התרשים מהו הסדר n של קו ההתאבכות שעליו נמצאת הנקודה A.
נמקו את תשובתכם. (6 נקודות)

ב. ΔL הוא הפרש המרחקים של הנקודה A מכל אחד משני הכדורים ($\Delta L = AS_2 - AS_1$).
רשמו ביטוי של ΔL כפונקציה של התדירות f והמהירות v, עבור התאבכות בונה. (6 נקודות)

התלמידות שינו את תדירות התנודות של שני הכדורים S_1 ו־ S_2. בכל תדירות הן מדדו את המרחקים בין הכדורים
ובין נקודה שנמצאת על אותו קו התאבכות מסדר n, הסדר שמצאתם בסעיף א. התלמידות חישבו את הפרש המרחקים
ΔL וסרטטו את הגרף שלפניכם.



ג. על פי שיפוע הגרף, חשבו את v, מהירות ההתפשטות של הגלים באמבט הגלים. (6 נקודות)

ד. קבעו אם בנקודה B, המסומנת בתרשים, מתרחשת התאבכות בונה או התאבכות הורסת, או שנקודה B היא נקודת ביניים. (6 נקודות)

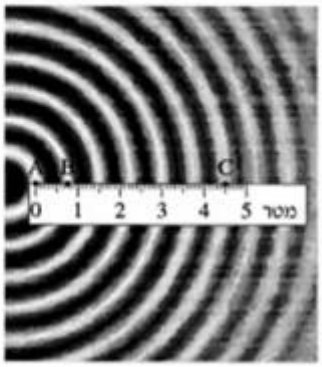
נתון: המשרעת של כל אחד משני הגלים בנקודה B היא 0.2 ס"מ.

ה. עבור התדירות $f = 12.5Hz$, סרטטו גרף של ההעתק האנכי של הגל בנקודה B כפונקצייה של הזמן במשך זמן מחזור אחד. ההעתק האנכי של הנקודה B ברגע $t = 0$ מוגדר בתרשים. (5 נקודות)

ו. קבעו אם וכיצד היה משתנה סוג ההתאבכות בנקודות A ו־B הנתונות בתרשים במקרה שבו שני המקורות S_1 ו־S_2 היו הפוכי מופע. נמקו את קביעתכם. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

2) בגרות 2017– שאלה 1

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



תרשים 1

א. התלמיד חישב את אורך הגל בעזרת תרשים 1 (שים לב ליחידות של הסרגל).

(1) התלמיד מדד את אורך הקטע AB ואת אורך הקטע AC.

מבין שתי המדידות, איזו מדידה מאפשרת חישוב מדויק יותר של אורך הגל?

הסבר מדוע.

(2) חשב את אורך הגל.

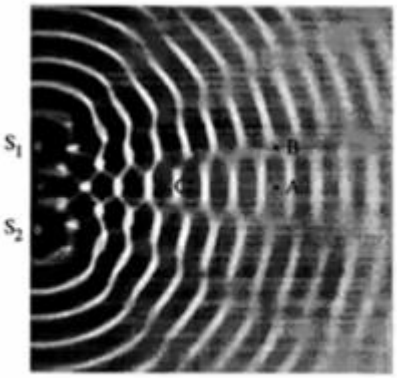
(6 נקודות)

ב. חשב את מהירות הגל. (5 נקודות)

ג. לפי התרשים, קבע אם התווך שהגלים מתקדמים בו הוא אחיד.

נמק את קביעתך. (5 נקודות)

בניסוי אחר הגדיר התלמיד בתכנת הסימולציה שני מקורות S_1 ו־S_2 המייצרים גלים זהים. הוא מדד את עוצמת האות שהתקבלה בשלוש נקודות שונות A, B, C (ראה תרשים 2).



תרשים 2

ד. (1) קבע את סוג ההתאבכות (בונה/הורסת/אחרת) בכל אחת משלוש הנקודות.

(2) 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.

(8 נקודות)

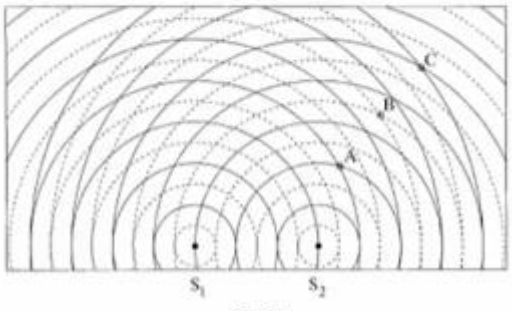
ה. דרג את שלוש הנקודות לפי עוצמות האות שנמדדה בהן, מן העוצמה הגבוהה לעוצמה הנמוכה. הסבר את תשובתך.

($6\frac{1}{3}$ נקודות)

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. (3 נקודות)

3) בגרות 2016– שאלה 1

בתרשים 1 שלפניך מוצג סדרטוט של אמבט גלים, ובו 2 כדורים קטנים S_1 ו־S_2 הנוגעים בתדירות של $f = 10Hz$. שני הכדורים הם מקורות שווי מופע לגלים. המעגלים המוצגים בקו רציף מציינים את השיאים של הגלים ברגע נתון, והמעגלים המוצגים בקו מקוקו מציינים את השפלים של הגלים באותו רגע. המרחק בין הכדור S_1 לכדור S_2 הוא $6\,cm$.



תרשים 1

א. על פי תרשים 1, מצא את אורך הגל λ של הגלים הנוצרים באמבט. פרט את חישוביך.

(5 נקודות)

ב. חשב את המהירות v של הגלים באמבט. (4 נקודות)

ג. בנוגע לכל אחת מהנקודות A, B, C המסומנות בתרשים 1, עונה על התת־סעיפים (1)-(2):

(1) בטא באמצעות אורך הגל λ את הפרשי המרחקים $AS_1 - AS_2$, $BS_1 - BS_2$, $CS_1 - CS_2$.

(2) על פי הפרשי המרחקים שמצאת, קבע את סוג ההתאבכות (בונה / הורסת / אחרת) בכל אחת מהנקודות. הסבר את קביעותיך.

(12 נקודות)

ד. נקודה D, שאינה מסומנת בתרשים, נמצאת על קו מקסימום מהסדר השני.
נתון: המרחק של הנקודה D מן המקור S_2 הוא 8.2 cm.
חשב את מרחקה של נקודה D מן המקור S_1.
שים לב: יש שתי תשובות אפשריות. מצא את שתיהן. (6 נקודות)

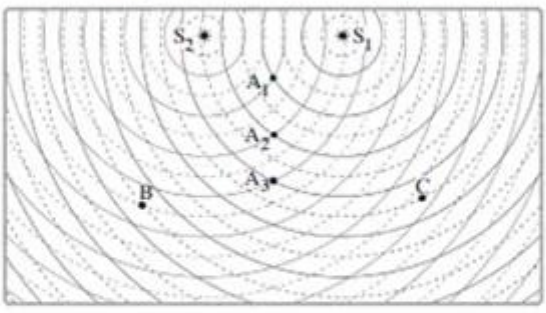
בתרשים 2 שלפניך מוצג תצלום של אמבט גלים אחר.
נתון: התדירות של כל אחד משני המקורות $f = 10Hz$.

תרשים 2

צילמו את האמבט פעם נוספת 0.55 שניות לאחר הצילום הראשון. התצלום השני אינו מוצג.
ה. (1) קבע אם המיקום של הפסים האפורים בתצלום השני שונה ממיקומם בתצלום הראשון. נמק את קביעתך.
(2) קבע אם המיקום של האזורים השחורים בתצלום השני שונה ממיקומם בתצלום הראשון. נמק את קביעתך.
(6 $\frac{1}{3}$ נקודות)

4) בגרות 2014– שאלה 1

באמבט גלים נמצאים שני כדורים המתנדדים בתדירות 25 Hz. הכדורים משמשים שני מקורות נקודתיים, S_1 ו- S_2, לגלים מעגליים שווי מופע.
מקומן של נקודות השיא (מקסימום) של כל גל בנפרד ברגע מסוים מסומנות בתרשים שלפניך בקווים רציפים, ומקומן של נקודות השפל (מינימום) של כל גל בנפרד באותו רגע מסומנות בקווים מקווקווים.
הגל שיוצר כל אחד משני הכדורים מתפשט במים במהירות $50 \frac{cm}{s}$.



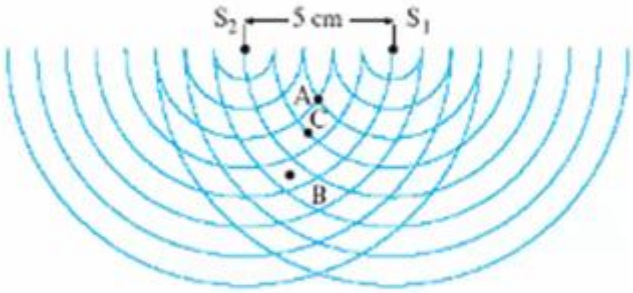
א. חשב את אורך הגל, λ, שיוצר כל אחד משני הכדורים. (8 נקודות)
ב. בתרשים מסומנות שלוש הנקודות A_1, B ו- C. קבע אם נוצרת בכל אחת משלוש הנקודות האלה התאבכות בונה או התאבכות הורסת או שהנקודה היא נקודת ביניים.
נמק את קביעותיך. (9 נקודות)
ג. (1) קבע על פי התרשים: כמה קווי מקסימום יש בתבנית ההתאבכות?
(2) מהו הסדר המרבי של קווי המקסימום?
(8 נקודות)

ד. היעזר בתרשים וקבע אם המרחק A_2A_3 גדול מאורך הגל λ, קטן ממנו או שווה לו.
נמק. ($5\frac{1}{3}$ נקודות).

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.
(3 נקודות)

5) בגרות 2009– שאלה 1

שני כדורים מתנדדים, כל אחד בתדירות 25 Hz. הכדורים טובלים באמבט גלים, ומשמשים כשני מקורות נקודתיים S_1 ו-S_2 לגלים מעגליים. המרחק בין המקורות הוא 5 cm. 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 1 cm. (5 נקודות)

ב. לגבי כל אחת מהנקודות שבתת-סעיפים (1) - (5) שלהלן, ציין אם נוצרת בה התאבכות בונה, התאבכות הורסת או שהיא נקודת ביניים.

(1) הנקודה A, המסומנת בתרשים. **נמק**. (7 נקודות)
(2) הנקודה B, המסומנת בתרשים. **נמק**. (7 נקודות)
(3) הנקודה C, המסומנת בתרשים. **נמק**. (7 נקודות)
(4) נקודה E, הנמצאת במרחק 38 cm מהמקור S_1 ובמרחק 39.5 cm מהמקור S_2. **נמק** (5 נקודות)
(5) נקודה F, הנמצאת במרחק 24 cm מהמקור S_1 ובמרחק 28.2 cm מהמקור S_2. **נמק** (5 נקודות)

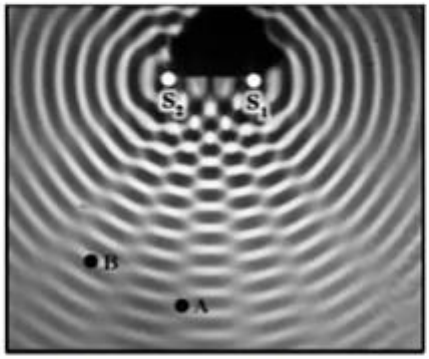
ג. (1) חשב את זמן המחזור T של הגל הנוצר על-ידי אחד המקורות. (4 נקודות)
(2) משרעת הגל (אמפליטודה) בנקודה A שיוצר כל מקור היא 0.4 cm.

סרטט גרף של העתק הנקודה A כפונקציה של הזמן מרגע $t = 0$ עד רגע $t = T$ (זמן של מחזור אחד). רשום מספרים על הצירים. נקודת האפס למדידת העתק הגל תהיה פני המים במצב שבו אין גלים באמבט.

6) בגרות 2006– שאלה 1

תלמיד הציב על שולחן אמבט גלים ובו שני כדורים קטנים, שכל אחד מהם מתנדד בתדירות של 25 Hz. הכדורים מהווים שני מקורות נקודתיים שווי־מופע ושווי־משרעת של גלי מים.

לפניך תצלום של תמונת הגלים שהתפשטו על פני המים. S_1 ו־S_2 מסמנים את שני מקורות הגלים.



א. התלמיד מצא כי מרחק הנקודה A (ראה תצלום) מ־S_1 הוא 34 ס"מ, ומרחקה מ־S_2 הוא 33 ס"מ.
מהו אורך הגל של כל אחד מהגלים הנוצרים על ידי המקורות? (7 נקודות)

ב. מהו הפרש המרחקים של הנקודה B (ראה תצלום) משני המקורות S_1 ו־S_2? (7 נקודות)

ג. מהי מהירות ההתפשטות של הגלים? (5 נקודות)

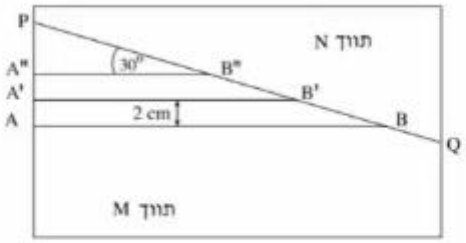
ד. אם שני מקורות הגלים יתנדדו במופע מנוגד ("אנטי פאזה"), האם תבנית ההתאבכות תהיה שונה מזו המוצגת בתצלום? אם לא – הסבר מדוע.

ה. תאר מערכת ניסוי שבאמצעותה אפשר לראות תבנית התאבכות של אור על מסך.
(4$\frac{1}{3}$ נקודות)

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? (5 נקודות)

7) בגרות 2003– שאלה 1

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 m/s בתווך M, ו־ 15 m/s 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 2 cm, והזווית בין כל אחד מקווי השיא ובין הקו PQ היא 30°.

א. מהי התדירות של מקור הגלים? (7 נקודות)

ב. מהו אורך הגל בתווך N? (7 נקודות)

ג. חשב את זווית השבירה של הגל בתווך N. (12 נקודות)

ד. העתק את התרשים למחברתך, והוסף לו את המשך קווי השיא A'B' ו־ A"B" בתווך N. סמן בחץ את כיוון ההתקדמות של הגל בתווך N, וסמן את זווית השבירה. (14 נקודות)

חוזרים על הניסוי במערכת שבה הזווית בין קווי השיא בתווך M ובין קו ההפרדה PQ היא 60°.

ה. ציין מהו הכיוון של התקדמות הגל במקרה זה, והסבר אותו. (אפשר להיעזר בסרטוט.) (10 נקודות)

שאלות מבגרויות – גלי אור:

שאלות

1) בגרות 2022 – שאלה 2

תלמידים ערכו ניסוי במערכת המורכבת מלוחית שיש בה סדק יחיד שרוחבו w, מקור אור מונוכרומטי שאורך הגל שלו λ ומסך. הם הציבו את המסך במקביל ללוחית ובמרחק L ממנה, ומדדו את רוחב כתם האור המרכזי Δx שהתקבל על המסך.

התלמידים ביצעו את המדידות כמה פעמים, ובכל פעם הם השתמשו בלוחית אחרת שבה רוחב הסדק w היה שונה.

א. בטאו את רוחב הכתם המרכזי Δx בתבנית העקיפה כפונקציה של רוחב הסדק w, מרחק הלוחית מהמסך L ואורך הגל λ. (6 נקודות)

תוצאות המדידות מוצגות בטבלה שלפניכם. בטבלה יש גם שורה של "המשתנה החדש" המיועדת למשתנה המבוסס על רוחב הסדק w, והתלות ביניו לבין Δx היא ליניארית.

w (mm)	0.016	0.020	0.030	0.040	0.080
Δx (m)	0.040	0.035	0.025	0.017	0.010
המשתנה החדש					

ב. **(1)** קבעו את המשתנה החדש ואת היחידות שלו.

(2) העתיקו למחברת את הטבלה והשלימו בה את הערכים של המשתנה החדש ואת היחידות שלו.

(4 נקודות)

ג. **(1)** סרטטו דיאגרמת פיזור (נקודות במערכת צירים) של רוחב כתם האור המרכזי Δx כפונקציה של המשתנה החדש.

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

(9 נקודות)

נתון: $L = 0.75\text{m}$.

ד. היעזרו בשיפוע הגרף ומצאו את אורך הגל λ של האור. (9 נקודות)

התלמידים החליפו את הלוחית שבה סדק יחיד בלוחית אחרת, שבה שני סדקים צרים מאוד שהמרחק ביניהם הוא d. עבור שתי הלוחיות התקבל כתם האור המרכזי באמצע המסך.

נתון: $d = w$.

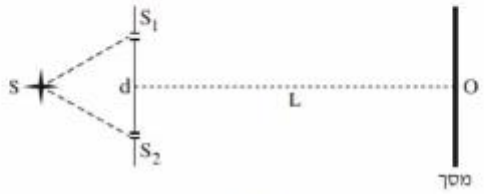
ה. קבעו איזה מן ההיגדים 1–3 שלפניכם נכון, ונמקו את קביעתכם. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

1. רוחב הכתם המרכזי שהתקבל על המסך בשתי הלוחיות שווה.
2. רוחב הכתמים המשניים שהתקבלו על המסך בשתי הלוחיות שווה.
3. מספר פסי המקסימום של האור שהתקבל על המסך הוא זוגי בשתי הלוחיות.

2) בגרות 2021– שאלה 2

אור מונוכרומטי, שאורך הגל שלו λ_1, נפלט ממקור אור נקודתי S ופוגע בלוחית שבה שני סדקים צרים מאוד, S_1 ו־ S_2.
המרחק בין הסדקים הוא $d = 0.4mm$.

במרחק $L = 3.4m$ ממישור הסדקים ובמקביל לו, נמצא מסך שעליו מתקבלת תבנית התאבכות. נקודה O נמצאת על המסך, על האנך האמצעי לקטע המחבר את שני הסדקים (ראה תרשים 1).



תרשים 1

המינימום הראשון מתקבל על המסך במרחק $2.55mm$ מאמצע המקסימום המרכזי.

א. חשב את אורך הגל λ_1 של האור. (8 נקודות)

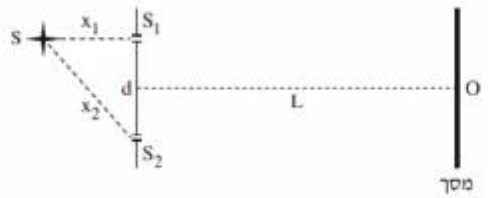
מאירים את מערכת הסדקים המתוארת בתרשים 1 באור מונוכרומטי אחר, שאורך הגל שלו הוא λ_2.
מיקום המינימום מסדר שלישי מתלכד עם מיקום המקסימום מסדר שני שהתקבל באור שאורך הגל שלו הוא λ_1.

ב. חשב את אורך הגל λ_2. (8 נקודות)

מחליפים את הלוחית שבה שני הסדקים בלוחית שבה סדק יחיד שרוחבו $w = 0.2mm$, ומאירים אותה באור שאורך הגל שלו הוא λ_1.

ג. חשב את רוחב הפס של המקסימום המרכזי שמתקבל על המסך. (6 נקודות)

מחזירים את הלוחית שבה שני הסדקים ומשנים את מיקום מקור האור שאורך הגל שלו הוא λ_1, כמתואר בתרשים 2.



תרשים 2

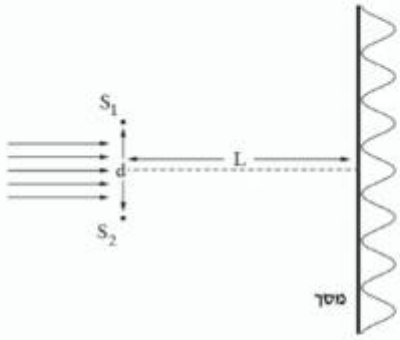
x_1 הוא המרחק בין S_1 לבין S, x_2 הוא המרחק בין S_2 לבין S.

ד. קבע אם המקסימום המרכזי נמצא בנקודה O, מעליה או מתחתיה. נמק את קביעתך. (6 נקודות)

ה. חשב מהו ההפרש בין x_2 לבין x_1 אם בנקודה O התקבל מינימום שני. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

3) בגרות 2020– שאלה 2

תלמידים ערכו ניסוי במעבדה באמצעות מערכת המתוארת בתרשים שלפניך. אלומה מקבילה של אור מונוכרומטי פוגעת בלוחיות שבה זוג סדקים צרים במרחק d זה מזה. כיוון האור הפוגע ניצב למישור הסדקים. במרחק L מן הסדקים מוצב מסך במקביל ללוחיות. על המסך מתקבלת תבנית ההתאבכות.



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. (1) רשום ביטוי של רוחב פס האור, Δx, כפונקציה של המרחק בין הסדקים, d.

(2) החליפו את המשתנה d במשתנה חדש, שהקשר בינו לבין Δx הוא קשר לינארי. מהו המשתנה החדש?

ב. העתק את הטבלה למחברתך, והוסף בה את הערכים של המשתנה החדש ואת היחידות המתאימות. (4 נקודות)

ג. סרטט גרף (דיאגרמת פיזור) של Δx כפונקציה של המשתנה החדש, והוסף בו קו מגמה ליניארי. ($10\frac{1}{3}$ נקודות)

נתון: $L = 120\text{cm}$.

ד. חשב את אורך הגל באמצעות השיפוע של קו המגמה. (7 נקודות)

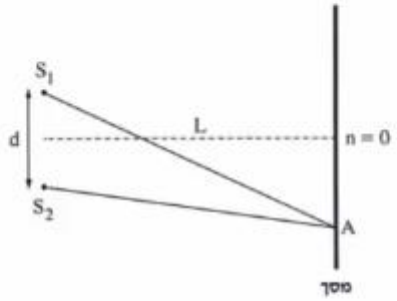
ה. (1) העתק למחברתך (בקירוב) את התרשים שבסעיף ג, וסמן בו את המרחק בין המקסימום המרכזי $(n = 0)$ לבין המקסימום מסדר 2 $(n = 2)$.

(2) חשב את המרחק הזה עבור $d = 0.015\text{cm}$, באמצעות נקודה מקו המגמה.

4) בגרות 2019– שאלה 2

תלמידים עורכים שלושה ניסויים.

בניסוי הראשון, אלומה מקבילה של אור מונוכרומטי בעל אורך גל $\lambda_1 = 600nm$ פוגעת בניצב בלוחית שבה שני חריצים, S_1 ו־S_2. החריצים צרים מאוד ביחס למרחק d שביניהם. על מסך המקביל ללוחית מתקבלת תבנית התאבכות. המסך נמצא במרחק L מן הלוחית (ראה תרשים 1).



תרשים 1

הנח כי מתקיים קירוב של זוויות קטנות.

א. קבע אם בנקודה שבה הפרש הדרכים משני החריצים שווה 18 חצאי אורך גל מתקיימת התאבכות בונה, התאבכות הורסת או נקודת ביניים. נמק את קביעתך. (5 נקודות)

נתון שהמרחק בין מרכז המקסימום מסדר $n = 0$ לבין מרכז המקסימום מסדר $n = 8$ שווה $12cm$.

ב. חשב את הרוחב של פס האור, Δx. (4 נקודות)

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.

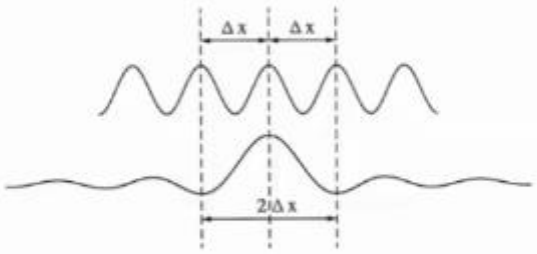
ג. חשב את אורך הגל λ_2. (7 נקודות)

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. (6 נקודות)

בניסוי השלישי, האלומה המקבילה של אור מונוכרומטי, שאורך הגל שלו $\lambda_1 = 600nm$, פוגעת בניצב בלוחית שבה יש חריץ אחד בלבד, ברוחב w. על מסך המקביל ללוחית נוצר מקסימום מרכזי, שרוחבו פי 2 מרוחב פס האור שהתקבל משני החריצים S_1 ו־S_2 בניסוי הראשון (ראה תרשים 2).

המרחק בין הלוחית למסך בניסוי השלישי שווה למרחק L שבין הלוחית למסך בניסוי הראשון.



תרשים 2

ה. הוכח שבניסוי זה, רוחב החריץ w שווה למרחק d בין S_1 ו־S_2. (6 נקודות)

נתון כי המרחק בין הלוחית למסך הוא $L = 1.5m$.

ו. חשב את רוחב החריץ, w. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

5) בגרות 2018– שאלה 2

בתרשים שלפניך מוצג סרטוט של תבנית התאבכות. התבנית נוצרה על ידי אלומה מקבילה של אור מונוכרומטי שעברה דרך זוג חריצים מקבילים בלוחית אטומה. אורך הגל של האלומה הוא λ.

האלומה פגעה בלוחית בכיוון ניצב למישור החריצים, והתבנית התקבלה על מסך המקביל למישור החריצים.

פסי האור שהתקבלו מסומנים באותיות א-ט. פס האור ה הוא הפס המרכזי.

א. קבע לאיזה פס אור (או לאילו פסי אור) מבין הפסים א-ט הגיע אור מאחד החריצים, במסלול שהוא ארוך בשלושה אורכי גל מן המסלול שעבר האור שהגיע מן החריץ האחר. נמק את תשובתך. (7 נקודות)

ב. קבע לאיזה מקום (או לאילו מקומות) הגיע אור מאחד החריצים, במסלול שהוא ארוך באורך גל אחד מן המסלול שעבר האור שהגיע מן החריץ האחר. בתשובתך השתמש באותיות המציינות את פסי האור. (7 נקודות)

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 הרווח של פס האור בדרך שבה השגיאה היחסית במדידה תהיה קטנה ככל האפשר. פרט את תשובתך. (6 נקודות)

ד. חשב את אורך הגל של אלומת האור. (7 נקודות)

ה. הסבר מדוע עדיף להשתמש בסריג עקיפה במקום בזוג חריצים, כדי למדוד בצורה מדויקת ככל האפשר את אורך הגל. (3 נקודות)

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

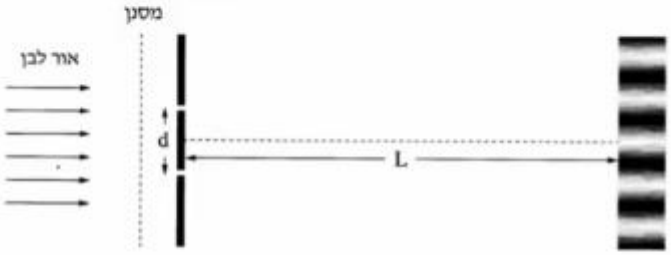
ו. קבע אם המרחק שבין נקודות המקסימום שבתבנית המתקבלת מזוג החריצים גדול מן המרחק שבין נקודות המקסימום הראשיות שבתבנית המתקבלת מסריג העקיפה, קטן ממנו או שווה לו. נמק את קביעתך. ($3\frac{1}{2}$ נקודות)

6) בגרות 2017– שאלה 2

בניסוי דמוי יאנג מקרינים אור לבן דרך מסנן המעביר אור באורך גל מסוים. לאחר שהאור עבר דרך המסנן, הוא עובר דרך שני סדקים זהים שהמרחק ביניהם הוא d.

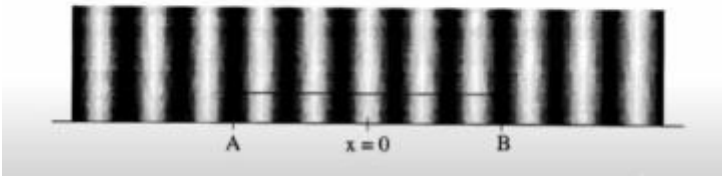
האור מגיע למסך שנמצא במרחק L מן הסדקים ועל המסך מתקבלת תבנית התאבכות (ראה תרשים 1).

חוזרים על הניסוי כמה פעמים, ובכל פעם משתמשים במסנן המעביר אור באורך גל אחר.



תרשים 1

בתבנית ההתאבכות המתקבלת בכל אחד מאורכי הגל מודדים את הרוחב של 5 פסי אור הקרובים למרכז התבנית (קטע AB). $x = 0$ מסמן את מרכז התבנית (ראה תרשים 2).



תרשים 2

בטבלה שלפניך מוצגות תוצאות המדידות.

λ (μm)	0.47	0.52	0.58	0.61	0.65
AB (mm)	14	15.8	17.4	18.1	19.5

א. בלי להסתמך על תוצאות המדידות שבטבלה, בטא את המרחק AB באמצעות הפרמטרים: λ, d, L. (8 נקודות)

ב. לפי תוצאות המדידות סרטט במחברתך גרף של המרחק AB כפונקציה של אורך הגל. (9 נקודות)

נתון: $L = 3m$.

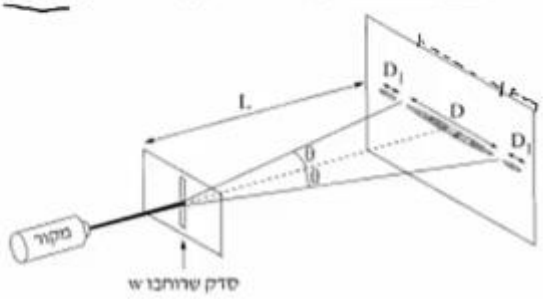
ג. היעזר בביטוי שפיתחת בסעיף א ובגרף שסרטטת בסעיף ב, וחשב את המרחק d בין הסדקים. (10 נקודות)

ד. בערכת הניסוי היה מסנן נוסף שמעביר אור באורך גל לא ידוע. כאשר משתמשים בו מתקבל $AB = 15mm$.

מצא את אורך הגל שמסנן זה מעביר. פרט את שיקוליך. (6$\frac{1}{3}$ נקודות)

7) בגרות 2016– שאלה 2

תופעת העקיפה באור ניתנת להסבר רק באמצעות המודל הגלי של האור. כשאלומה דקה של אור מונוכרומטי עוברת דרך סדק מלבני (ראה תרשים) מתקבלת על מסך תבנית עקיפה אופיינית. שים לב: התרשים שלפניך אינו מסורטט בקנה מידה מדויק ($L >> D$).



א. ציין שלושה פרמטרים המשפיעים על הרוחב D של כתם האור המרכזי הנראה על המסך.
(6 נקודות)

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

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

ב. סרטט במחברתך גרף של $\frac{1}{w}$ כפתקציה של D. (11 נקודות)

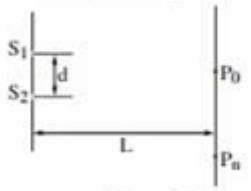
ג. הנח שהזווית θ קטנה ($\sin\theta \approx \tan\theta$). היעזר בגרף וחשב את אורך הגל λ שנפלט ממקור האור. (7 נקודות)

ד. חשב את הרוחב של כתם האור מסדר ראשון, D_1, כאשר רוחב הסדק $w = 0.04mm$.
(5 נקודות)

ה. ציין שני שינויים שיחולו בכתם האור המרכזי, אם מקור האור המונוכרומטי יוחלף במקור אור לבן. נמק את תשובתך. (4 $\frac{1}{3}$ נקודות)

8) בגרות 2015– שאלה 2

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־ $\lambda_{\text{צהוב}}$.
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: $S_1P_n > S_2P_n$. (7 נקודות)

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. (6 נקודות)

מחליפים את האלומה של האור הצהוב באלומה של אור כחול, שאורך הגל שלו, $\lambda_{\text{כחול}}$, מקיים $\lambda_{\text{כחול}} < \lambda_{\text{צהוב}}$. גם אלומה זו מונוכרומטית, מקבילה ופוגעת בניצב ללוחית.

ג. האם המרחק בין מרכז תבנית ההתאבכות, P_0, ובין נקודת המקסימום מסדר n באור כחול גדול מן המרחק בין הנקודות האלה באור צהוב, קטן ממנו או שווה לו? נמק.
(7 נקודות)

ד. נתון: $d = 0.06\text{ mm}$, $\lambda_{\text{כחול}} = 440\text{ nm}$ ו־ $L = 0.8\text{ m}$.
חשב את הרווח של פס מקסימום בתבנית ההתאבכות שהתקבלה באור כחול.
(8 נקודות)

ה. מחליפים את אלומת האור הכחול באלומה מקבילה של אור לבן.
כיצד ייראה פס המקסימום מסדר אפס? הסבר מדוע.

9) בגרות 2014– שאלה 2

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 פונעת בתיל שקוטרו קטן, מתקבלת על מסך תבנית עקיפה הדומה לתבנית המתקבלת כאשר אלומת האור עוברת מבעד לסדק. כלומר שאפשר להתייחס אל התיל כאל סדק שרוחבו שווה לקוטר התיל.

א. תלמידים עורכים שלושה ניסויים (1)-(3), 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.

למניך קוטרי התילים בשלושת הניסויים:

(1) $W = 10\lambda$

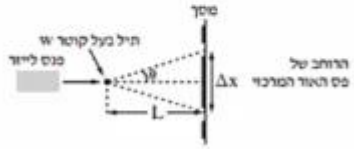
(2) $W = 100\lambda$

(3) $W = 1{,}000\lambda$

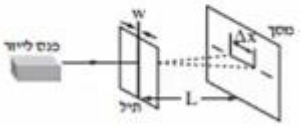
קבע באיזה משלושת הניסויים רוחב פס האור המרכזי שמתקבל על המסך הוא הגדול ביותר.

נמק את קביעתך. (4 נקודות)

התלמידים משחזרים את ניסוי פרנל באמצעות המערכת שמוצגת בתרשימים 1, 2 שלפניך.



תרשים 1: מבט מלמעלה



תרשים 2: מבט מן הצד

הזווית θ מגדירה את הרוחב של פס האור המרכזי (ראה תרשים 1).

λ – אורך הגל של מקור האור (הלייזר)

L – מרחק התיל מן המסך

W – קוטר התיל

Δx – הרוחב של פס האור המרכזי

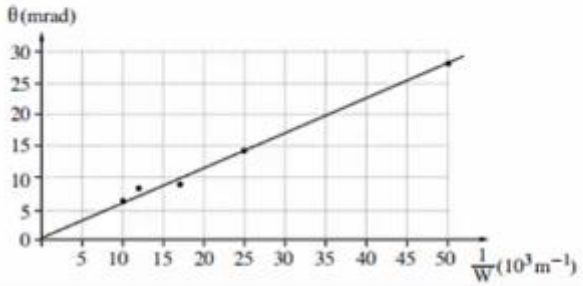
נתון כי בתנאי הניסוי $\sin\theta \approx \tan\theta$

ב. הוכח שבמערכת הניסוי מתקיים הקשר: $\Delta x = 2\frac{\lambda L}{W}$. (8 נקודות)

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 (במיליראדיאן, mrad) כפונקציה של $\frac{1}{W}$.

קוטר התיל W נמדד במיליטטרים (10^{-3}m).

שים לב: בזוויות קטנות הנמדדות ברדיאנים $\sin\theta \approx \theta$.



ג. הסבר מדוע העקומה היא קו ישר. (8 נקודות)

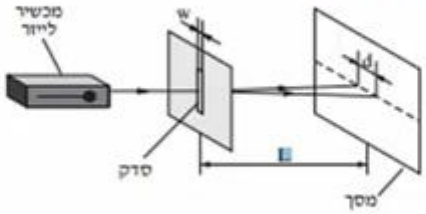
ד. חשב את אורך הגל של האור הנפלט מן הלייזר, ואת תדירותו. (10 נקודות)

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. ($3\frac{1}{2}$ נקודות)

10) בגרות 2013– שאלה 2

לצורך חקירה של קרינת לייזר (מקור אור קוהרנטי) משתמשים במערכת המוצגת בתרשים 1,
שבה קרינת הלייזר פוגעת בניצב ללוחית עם סדק יחיד.
על המסך מתקבלת התמונה שבתרשים 2.



תרשים 1

תרשים 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? (6 נקודות)

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

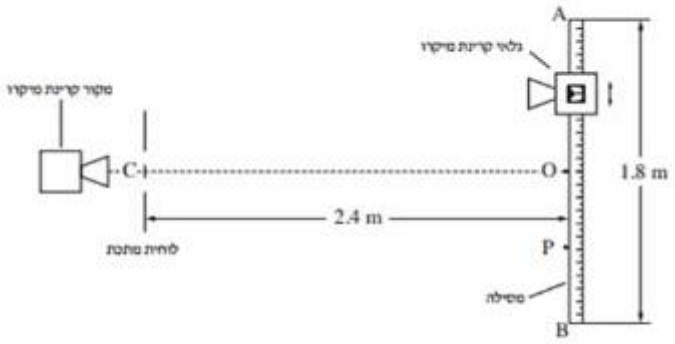
ב. סרטטו גרף המתאר את הרוחב של הכתם המרכזי, d, כפונקציה של המרחק בין הסדק למסך, L.
(10 נקודות)

ג. בעזרת הגרף שסרטטת מצא את אורך הגל כאשר רוחב הסדק הוא $w = 100\mu m$
$(100\times10^{-6}m)$. פרט את חישוביך. (10 נקודות)

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.
($7\frac{1}{2}$ נקודות)

11) בגרות 2012– שאלה 2

אלומה צרה של קרינת מיקרו עוברת דרך לוחית מתכת ובה שני סדקים זהים. המרחק בין מרכזי הסדקים הוא 4 cm. גלאי של קרינת מיקרו מוזז לאורך מסילה ישרה AB שאורכה 1.8 m ונקודת האמצע שלה O. המסילה מקבילה ללוחית ומרוחקה ממנה 2.4 m (ראה תרשים).



OC הוא אנך אמצעי לישר המחבר בין הסדקים. כאשר הגלאי מוזז מנקודה O לעבר הקצה B, הנקודה P היא הנקודה הראשונה שבה נקלטת בגלאי עוצמת קרינה מינימלית. המרחק OP הוא 45 cm.

א. הוכח שהתדירות של מקור קרינת המיקרו היא בקירוב $6 \cdot 10^{10}$ Hz. (7 נקודות)

ב. חשב בכמה נקודות בין A ל־ B יקלוט הגלאי עוצמת קרינה מקסימלית.
(14 נקודות)

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.
($7\frac{1}{3}$ נקודות)

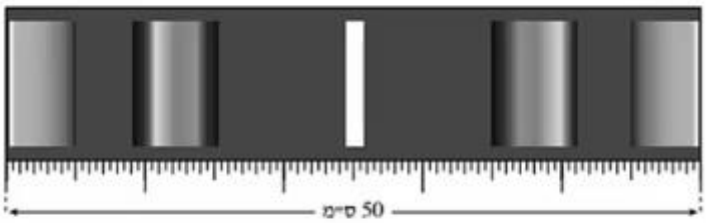
נתון כי רוחב הסדקים הוא 2 cm והמרחק בין הלוחית למסילה 2.4 m.
מכסים את הסדק התחתון (הסדק שנמצא מול הקטע OB שבמסילה).
מזיזים את הגלאי לאורך המסילה מהנקודה O אל הנקודה A.

ד. חשב באיזה מרחק מהנקודה O יקלוט הגלאי לראשונה עוצמת קרינה מינימלית.
(5 נקודות)

12) בגרות 2011– שאלה 2

כדי למצוא את תחום התדירויות של האור הנראה הנפלט מנורת להט, משתמשים בסריג עקיפה בעל 80 חריצים למ"מ. מקרינים אלומה מקבילה של האור על סריג העקיפה במאונך לו. במרחק $L = 3\ m$ 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. (8 נקודות)

ב. היעזר בתרשים וקבע את הגבולות של תחום התדירויות של האור הנראה הנפלט מהנורה. (10 נקודות)

ג. הקצה הימני והקצה השמאלי של המסך נראים ירוקים. חשב את התדירות של אור ירוק זה. (6 נקודות)

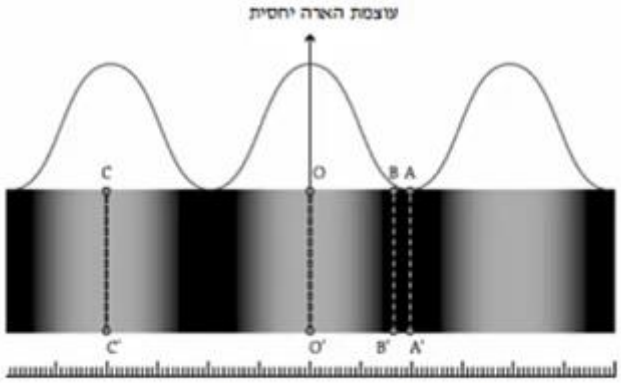
ד. מחליפים את הסריג בסריג אחר, בלי לשנות את מרחק הסריג מהמסך. כעת, בכל אחד מצדי פס האור המרכזי הלבן מתקבל על המסך אזור ספקטרום רציף אחד בלבד. האם קבוע הסריג החדש גדול מקבוע הסריג הקודם, קטן ממנו או שווה לו? נמק. (6 נקודות)

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. (3$\frac{1}{3}$ נקודות)

13) בגרות 2009– שאלה 2

מבצעים ניסוי שבו אלומה מקבילה של אור מונוכרומטי מונחת בניצב ללוחית שבה שני חריצים מלבניים מקבילים. המרחק בין שני החריצים הוא $d = 0.02\ mm$. החריצים צרים מאוד ביחס למרחק ביניהם. תבנית ההתאבכות של האור שעובר דרך החריצים מתקבלת על מסך המקביל ללוחית, ונמצא במרחק $L = 1.5\ m$ 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. (5 נקודות)

ב. חשב את אורך הגל של האור. (5 נקודות)

ג. עבור כל אחד מהקווים בתת־הסעיפים (1)-(4), 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.
(20 נקודות)

(1) הקו OO'

(2) הקו CC'

(3) הקו AA'

(4) 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. ($3\frac{1}{3}$ נקודות)

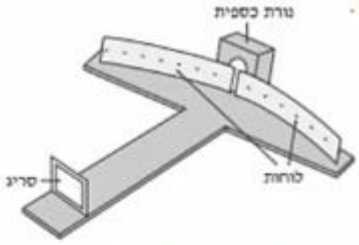
14) בגרות 2008– שאלה 2

בתרשים שלפניך מוצג ספקטרומטר סריג, המורכב משני לוחות קשתיים שביניהם רווח צר, וסריג עקיפה שחריציו אנכיים והקבוע שלו 5000 חריצים לס"מ. כל חלקי הספקטרומטר צבועים בשחור.

תלמיד מפעיל נורת כספית ורואה (ישירות, ולא דרך הספקטרומטר) שצבע הנורה סגול.

התלמיד מציב את נורת הכספית מאחורי הרווח שבין שני הלוחות הקשתיים (ראה תרשים), ומתבונן דרך הסריג בתבנית העקיפה שהסריג יוצר. בסדר הראשון הוא מבחין בארבעה קווים ספקטרליים.

זוויות הסטייה של קווים אלה מהקו המחבר את אמצע הסריג עם אמצע הרווח שבין הלוחות הן: 17.9° , 16.9° , 13.2° , 12.3°.



א. חשב את אורכי הגל של ארבעת הקווים הספקטרליים. (10 נקודות)

ב. מהו צבע האור בסדר אפס (פס המקסימום המרכזי) שהתלמיד רואה דרך הסריג?
נמק. (6 נקודות)

ג. התלמיד מחליף את נורת הכספית בנורת להט (הפולטת אור לבן) ומתבונן דרך הסריג בספקטרום שמתקבל.

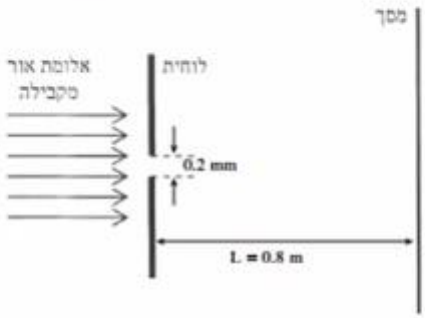
(1) איזה שינוי יחול בסדר אפס לעומת סדר האפס שהתקבל בניסוי עם נורת הכספית? (6 נקודות)

(2) האם אופי הספקטרום של הסדר הראשון בנורת להט שונה מאופי הספקטרום של הסדר הראשון בנורת כספית? אם כן – תאר את השוני;
אם לא – הסבר מדוע. (6 נקודות)

ד. ציין שימוש אחד בקרינה על־סגולה בחיי היום־יום. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

15) בגרות 2008– שאלה 3

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



א. חשב את הרוחב (על המסך) של פס המקסימום המרכזי. (10 נקודות)

ב. חשב את הרוחב (על המסך) של פס מקסימום משני. (10 נקודות)

ג. מה תחבדל בין תבנית עקיפה זו ובין תבנית העקיפה שהייתה מתקבלת, אילו היו מחליפים את אלומת האור באלומה מקבילה של קרינה שאורך הגל שלה $0.2\ mm$ (0.2 מילימטר)? הסבר. (9 נקודות)

ד. הסבר מדוע גלי רדיו – בניגוד לגלי אור – עוקפים בניינים. $(4\frac{1}{3}$ נקודות)

16) בגרות 2007– שאלה 2

גלי מיקרו נכללים בספקטרום הגלים האלקטרומגנטיים, והתדירות שלהם היא בין $1\cdot10^9\,Hz$ לי $300\cdot10^9\,Hz$.

א. מהו אורך הגל המינימלי של גלי מיקרו בריק, ומהו אורך הגל המקסימלי של גלים אלה בריק? (6 נקודות)

ב. לפניך ארבעה היגדים (1)-(4). קבע לכל היגד אם הוא נכון או לא נכון. (4 נקודות)

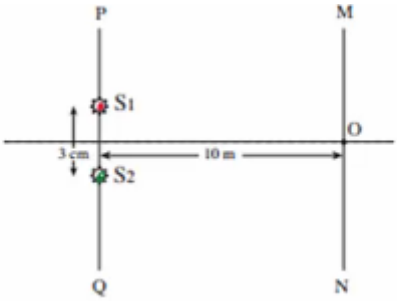
(1) המהירות של גלים אלקטרומגנטיים בריק תלויה בתדירות שלהם.

(2) גלים אלקטרומגנטיים הם גלי אורך.

(3) גלי רדיו נכללים בספקטרום הגלים האלקטרומגנטיים.

(4) גלים מחווריים 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. (5 נקודות)

ד. מזיזים את הגלאי לאורך המסילה מנקודה O לעבר הנקודה M, עד שעוצמת הגל הנקלט היא שוב מקסימלית. חשב את המרחק שהגלאי עובר. (9 נקודות)

ה. הגלאי הוזז מהנקודה M אל הנקודה N לאורך המסילה MN, שהיא ארוכה מאוד. בכמה נקודות לאורך המסילה נקלטה עוצמת גל מקסימלית? הסבר. ($5\frac{1}{2}$ נקודות)

ו. ציין שני שימושים טכנולוגיים בגלי מיקרו. (4 נקודות)

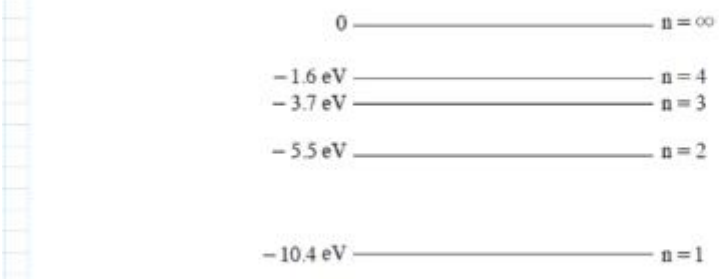
שאלות מבגרויות – אטום:

שאלות

1) בגרות 2022 – שאלה 4

מדענים חקרו את רמות האנרגייה של אטום כספית באמצעות שפופרת המכילה אדי כספית בלחץ נמוך ובטמפרטורה נמוכה. בתנאים אלה אפשר להניח כי מרבית האטומים נמצאים **ברמת היסוד**.

לפניכם תרשים של חלק מרמות האנרגייה של אטום הכספית.



המדענים העבירו דרך השפופרת קרינה אלקטרומגנטית בתחום מסוים ורציף של אורכי גל. באמצעות ספקטרומטר הם בחנו את הקרינה לאחר שעברה דרך השפופרת, וגילו קווים שחורים.

בשאלה זו יש להתייחס לעידור מרמת היסוד בלבד.

א. חשבו את אורך הגל המקסימלי של הקרינה שיכולה לגרום לעידור אטום הכספית. (6 נקודות)

המדענים בדקו את ספקטרום הפליטה והבחינו בשלושה קווים ספקטרליים בלבד.

ב. חשבו את אורכי הגל של הקרינה שנפלטה. (9 נקודות)

ג. קבעו את אורכי הגל שבהם התגלו הקווים השחורים לאחר שהקרינה עברה דרך השפופרת. (6 נקודות)

ד. קבעו אם הייתה מתרחשת תופעת יינון, אילו היו מקרינים את אטום הכספית בקרינה מונוכרומטית באורך גל $\lambda = 80nm$.

אם לא – נמקו את קביעתכם, אם כן – חשבו את האנרגייה הקינטית המקסימלית של האלקטרונים שהיו נפלטים.

(7 נקודות)

בניסוי אחר העבירו דרך השפופרת אלומת אלקטרונים. האנרגייה של כל אלקטרון היא $8eV$.

ה. קבעו אם הקרינה שנפלטה הפעם היא בדיוק באותם שלושה אורכי גל שחישבתם בסעיף ב. נמקו את קביעתכם.

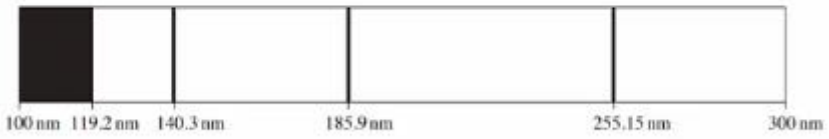
(5$\frac{1}{3}$ נקודות)

2) בגרות 2021 – שאלה 4

חוקרים ערכו ניסוי למדידת רמות אנרגייה 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 $100nm - 300nm$.

באמצעות ספקטרומטר קיבלו החוקרים את ספקטרום הבליעה של אטומי הכספית המוצג בתרשים שלפניך.



ספקטרום הבליעה כולל רצף כהה בתחום $100nm - 119.2nm$ וכן שלושה קווים ספקטרליים כהים בדידים, המתאימים לאורכי הגל $140.3nm$, $185.9nm$, $255.15nm$.

א. הסבר מדוע בספקטרום הבליעה תמיד מתקבלים קווים כהים. (6 נקודות)

ב. חשב את אנרגיית היינון של אטומי הכספית. (6 נקודות)

ג. סרטט במחברתך דיאגרמה של ארבע רמות האנרגייה של אטום הכספית שהתקבלו בניסוי, וחשב את האנרגייה של <u>כל אחת</u> מן הרמות. <u>פרט את חישוביך</u>. (8 נקודות)

ד. חשב את המהירות המרבית של האלקטרונים שהשתחררו מאטומי הכספית בניסוי זה. (6 נקודות)

החוקרים חישבו גם את ספקטרום הפליטה של אטומי הכספית עבור רמות האנרגייה שהתקבלו בניסוי.

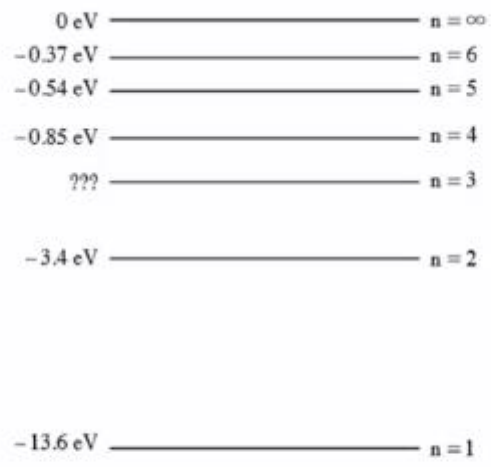
ה. (1) הוסף לדיאגרמה שסרטטת בסעיף ג חיצים שמייצגים את כל הקווים הספקטרליים של ספקטרום הפליטה.

(2) חשב את האנרגייה של הפוטונים שנפלטו, שאורכי הגל שלהם בתחום האור הנראה ($700nm - 400nm$).

($7\frac{1}{3}$ נקודות)

3) בגרות 2020 – שאלה 4

בתרשים שלפניך מתוארות כמה מרמות האנרגייה של אטום המימן.



א. חשב את האנרגייה המתאימה לרמה $n = 3$. (7 נקודות)

פוטון שהאנרגייה שלו $12.5eV$ פוגע באטום המימן שנמצא ברמת היסוד.

ב. קבע אם הפוטון יכול לעורר את האלקטרון באטום המימן לרמה $n = 3$. הסבר את קביעתך. (7 נקודות)

סדרת בלמר היא סדרה של קווים ספקטרליים הנפלטים מאטום מימן בעקבות ירידה של אלקטרון לרמה $n = 2$.

ג. (1) חשב את אורך הגל הארוך ביותר בסדרה זו.

(2) חשב את אורך הגל הקצר ביותר בתחום $400nm < \lambda < 700nm$ בסדרה זו.

(8 נקודות)

אלומת אלקטרונים שהואצו ממנוחה במותח $12.5V$ חודרת לאזור שבו נמצאים אטומי מימן במצב היסוד שלהם.

ד. במצב זה, חשב את אורכי הגל שיופיעו בספקטרום הקרינה שתיפלט מאטומי המימן. (6 נקודות)

באטמוספרה של השמש יש אטומי מימן. בגלל הטמפרטורה הגבוהה של השמש קיימים בה אטומי מימן מעוררים.

ה. קבע את אנרגיית היינון של אטום מימן לאלקטרון הנמצא ברמה $n = 2$. הסבר את תשובתך. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

4) בגרות 2019 – שאלה 4

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 מיוננת את אטום הנתרן, ונפלט אלקטרון שהאנרגייה הקינטית שלו היא 1.06eV .

א. הגדר את המושג אנרגיית יינון. (5 נקודות)

ב. חשב את אנרגיית היינון של הנתרן. (6 נקודות)

במקרה אחר, העבירו דרך השפופרת קרינה אלקטרומגנטית בתחום $250nm < \lambda < 700nm$ וקיבלו את ספקטרום הבליעה של גז נתרן בתחום זה (ראה תרשים).

ג. סרטט דיאגרמה של רמות האנרגייה של נתרן (כולל רמת היינון) על פי הנתונים בשאלה. פרט את חישוביך.
(8 נקודות)

ד. קבע אם הקו 589nm שנראה בספקטרום הבליעה הוא שחור (בקירוב טוב) או בצבע. נמק את קביעתך.
(5 נקודות)

ה. הוסף לדיאגרמה שסרטטת בסעיף ג חיצים המייצגים את הקווים הספקטרליים של ספקטרום הפליטה.
(4 נקודות)

ו. על פי הנתונים בשאלה, חשב את אורכי הגל של הקרינה הנפלטת מן השפופרת בתחום האור הנראה $(400nm < \lambda < 700nm)$.
(5 $\frac{1}{3}$ נקודות)

5) בגרות 2018 – שאלה 4

חוקרים ערכו ניסוי למדידת רמות אנרגייה 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 300nm-100nm .

באמצעות ספקטרומטר קיבלו החוקרים את ספקטרום הבליעה של אטומי הכספית המוצג בתרשים שלפניך.

ספקטרום הבליעה כולל רצף כהה בתחום 119.2nm-100nm וכן שלושה קווים ספקטרליים כהים בדידים, המתאימים לאורכי הגל 140.3nm , 185.9nm , 255.15nm .

א. הסבר מדוע בספקטרום הבליעה תמיד מתקבלים קווים כהים. (6 נקודות)

ב. חשב את אנרגיית היינון של אטומי הכספית. (6 נקודות)

ג. סרטט במחברתך דיאגרמה של ארבע רמות האנרגייה של אטום הכספית שהתקבלו בניסוי, וחשב את האנרגייה של כל אחת מן הרמות. פרט את חישוביך. (8 נקודות)

ד. חשב את המהירות המרבית של האלקטרונים שהשתחררו מאטומי הכספית בניסוי זה. (6 נקודות)

החוקרים חישבו גם את ספקטרום הפליטה של אטומי הכספית עבור רמות האנרגייה שהתקבלו בניסוי.

ה. (1) הוסף לדיאגרמה שסרטטת בסעיף ג חיצים שמייצגים את כל הקווים הספקטרליים של ספקטרום הפליטה.

(2) חשב את האנרגייה של הפוטונים שנפלטו, שאורכי הגל שלהם בתחום האור הנראה (700nm-400nm).

6) בגרות 2017 – שאלה 4

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 קוונטיים.

א. הסבר את המושג "רמת אנרגייה" לפי המודל של בוהר. (5 נקודות)

ב. סרטט את דיאגרמת רמות האנרגייה של אטום מימן, ובה 4 הרמות הראשונות וכמות היינון.
(10 נקודות)

אלקטרון באטום המימן ירד מרמת אנרגייה $n=4$ לרמה $n=2$. בתוך כדי ירידתו של האלקטרון נפלט פוטון אחד.

ג. חשב את תדירות הפוטון שנפלט. (7 נקודות)

ד. חשב את מהירות האלקטרון ברמת האנרגייה $n=2$. (8 נקודות)

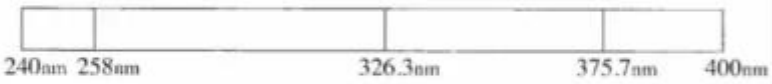
ה. על פי מודל רתרפורד אי אפשר להסביר את ספקטרום הבליעה של המימן. הסבר מדוע.
($3\frac{1}{3}$ נקודות)

7) בגרות 2016 – שאלה 4

תלמידי פיזיקה רצו לבדוק את רמות האנרגיה של אטומים מיסוד מסוים. לשם כך הכניסו דגימה מהיסוד לתוך מְכל, וערכו שני ניסויים זה אחר זה. הנח שכל האטומים נמצאים ברמת היסוד.

בניסוי הראשון העבירו דרך המְכל קרינה אלקטרומגנטית על־סגולה (UV) בתחום $240nm \le \lambda \le 400nm$. התלמידים בדקו באמצעות ספקטרומטור את הקרינה אחרי שעברה דרך המְכל.

בספקטרום שהתקבל לא הופיעו: כל אורכי הגל בתחום $240nm \le \lambda \le 258nm$, וכן שני אורכי הגל: 326.3nm ו־ 375.7nm (ראה תרשים).



א. (1) מהו סוג הספקטרום שנבדק (בליעה או פליטה)? נמק את תשובתך.

(2) הסבר מדוע החלק הרציף של הקרינה העל־סגולה בתחום $240nm \le \lambda \le 258nm$ לא הופיע בספקטרום שהתקבל.

(8 נקודות)

ב. (1) חשב את אנרגיית היינון של אטום מהדגימה.

(2) חשב את האנרגיה של שתיים מן הרמות המעוררות של אטום זה.

(7 נקודות)

בניסוי השני העבירו דרך המְכל אלומת אלקטרונים שהואצו (מחוץ למְכל) במתח 3.1V. באלומה שיצאה מן המְכל התגלו אלקטרונים באנרגיות 0.1eV, 1eV ו־ 3.1eV.

ג. חשב את האנרגיה של שתי הרמות המעוררות שהתגלו בניסוי השני. (6 נקודות)

ד. על פי התוצאות של שני הניסויים, סרטט את דיאגרמת רמות האנרגיה של האטום הנבדק, ובה חמש רמות האנרגיה שמצאת. (9 נקודות)

במקביל בדקו התלמידים באמצעות ספקטרומטור את הקרינה האלקטרומגנטית שנפלטה מהמְכל בניסוי השני. הם גילו שהתקבלו שני אורכי גל בתחום הנראה ($400nm \le \lambda \le 700nm$).

ה. חשב את שני אורכי הגל שהתקבלו בניסוי. (3 $\frac{1}{3}$ נקודות)

8) בגרות 2015 – שאלה 4

א. ספקטרום הפליטה של אטום המימן הוא בדיד. כיצד אפשר להסביר עובדה זו באמצעות "מודל האטום של בוהר"? (5 נקודות)

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. (5 נקודות)

ג. קבע איזו מן האפשרויות (1)-(3) היא האפשרות הנכונה להשלמת המשפט שלפניך.
על פי מודל בוהר, כאשר אלקטרון עובר מרמה מעוררת לרמת היסוד:
(1) האנרגיה של האטום גדלה.
(2) כוח המשיכה החשמלי הפועל על האלקטרון גדל.
(3) אין שינוי באנרגיית האטום.
<u>נמק את קביעתך.</u> (8 נקודות)

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:
(1) תדירות הפוטון $f = 4 \cdot 10^{15}\,Hz$
(2) תדירות הפוטון $f = 2 \cdot 10^{15}\,Hz$
(8 נקודות)

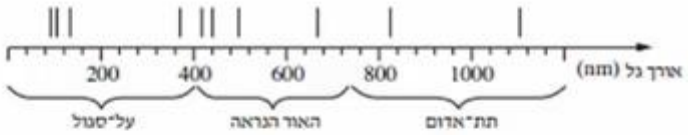
ה. שני פוטונים A ו־B נפלטים בעקבות מעבר אלקטרונים בין שתי רמות אנרגיה באטום מימן. פוטון A נפלט במעבר בין הרמות 2 ו־1, ופוטון B נפלט במעבר בין הרמות 3 ו־2.
(1) האם האנרגיה של פוטון A גדולה מן האנרגיה של פוטון B, קטנה ממנה או שווה לה? הסבר מדוע.
(2) על פי תשובתך על תת־סעיף ה(1), קבע אם אורך הגל של פוטון A גדול מאורך הגל של פוטון B, קטן ממנו או שווה לו.
($7\frac{1}{2}$ נקודות)

9) בגרות 2014 – שאלה 4

א. חַשֵׁב את האנרגיה של ארבע רמות האנרגיה הראשונות של אטום המימן, ואת אנרגיית היינון שלו. פרט את חישוביך, והצג את תוצאות החישוב בדיאגרמת רמות אנרגיה. (9 נקודות).

כוכב הוא גרם שמים לוהט, המפיק בליבה שלו קרינה אלקטרומגנטית בתחום רחב ורציף של אורכי גל, ופולט אותה. כאשר הקרינה עוברת דרך אטמוספרת הכוכב נבלעים בה כמה אורכי גל. ניתוח של ספקטרה (לשון רבים של ספקטרום) הקרינות המגיעות מכוכבים לארץ מספק מידע על ההרכב הכימי של אטמוספרות הכוכבים. מתברר שיש אטומי מימן באטמוספרה של רוב הכוכבים.

בתרשים שלפניך מוצג ציר אורכי הגל, ועליו חלק מספקטרום הבליעה של הגז מימן חד־אטומי.



ב. הסבר מדוע בספקטרה של קרינת הכוכבים יש קווי בליעה באורכי גל מסוימים, כפי שמוצג בתרשים. ($5\frac{1}{3}$ נקודות).

ג. **(1)** חשב את אורך הגל שיכול להעביר אטום מימן מרמת היסוד לרמה המעוררת הראשונה.

(2) היעזר בתרשים וקבע לאיזה תחום של הספקטרום שייך אורך גל זה — אור נראה, קרינה על־סגולה או קרינה תת־אדומה.

(6 נקודות)

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

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

ד. קו הבליעה הספקטרלי בעל אורך הגל הגדול ביותר בתחום האור הנראה, מתקבל כאשר האלקטרונים יוצאים מהרמה $n = 2$.

לאיזו רמה עברו האלקטרונים כשהתקבל קו בליעה זה? נמק. (7 נקודות)

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.

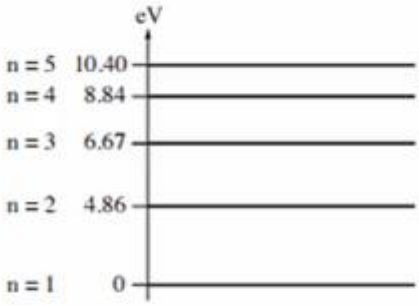
האם הכוכבים האלה חמים יותר או קרים יותר מכוכבים אחרים, שבספקטרום שלהם מופיעים קווי בליעה בתחום האור הנראה והעל־סגול? נמק את תשובתך. (6 נקודות)

10) בגרות 2013 – שאלה 4

אדי כספית בלחץ נמוך נתונים בתוך שפופרת. הגז שאטומי הכספית נמצאים ברמות היסוד.

דרך השפופרת עוברת אלומה של קרינה אלקטרומגנטית, שאורכי הגל שלה, λ, נמצאים בתחום הרציף $170\ \text{nm} \leqslant \lambda \leqslant 260\ \text{nm}$.

לפניך דיאגרמה של רמות האנרגיה הראשונות של אטום כספית.



א. חשב את אורכי הגל מהאלומה שנבלעים על ידי אטומי הכספית.

ציין לאיזו רמת אנרגיה עוררה הקרינה את אטומי הכספית, עבור כל אחד מאורכי הגל שמצאת. הזנח את הסיכוי שאטום כספית מעורר יבלע פוטון.

(10 נקודות)

ב. חשב את אורכי הגל של ספקטרום הפליטה המתקבל מאטומי הכספית שבשפופרת, ועבור כל אורך גל ציין בין אילו רמות אנרגיה עבר האטום. (8 נקודות)

ג. במעבר הקרינה דרך השפופרת, אטומי הכספית פולטים תוך זמן קצר את אורכי הגל שנבלעו. הקרינה שנבלעת נפלטת לכל הכיוונים.

על סמך תיאור זה, הסבר מדוע מופיעים בספקטרום הבליעה קווים כהים. (10 נקודות)

ד. בדיאגרמה של רמות האנרגיה, כל רמות אנרגיה מאופיינת על ידי ערך מספרי מסוים. (לדוגמה, הרמה המעוררת הראשונה מאופיינת על ידי הערך $4.86\ \text{eV}$.)

ציין מה הם סוגי האנרגיה שהערך המספרי מתקבל מהם. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

11) בגרות 2012 – שאלה 4

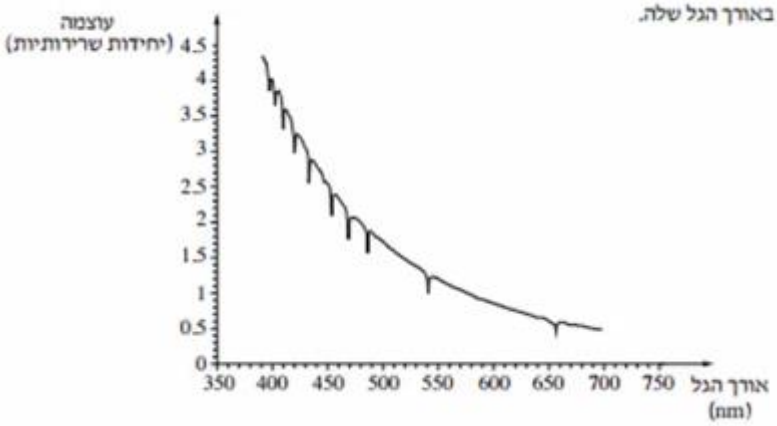
בספקטרום הפליטה של מימן יש בקֶ ארבעה קווים, H_α , H_β , H_γ ו־ H_δ , בתחום האור הנראה $(400nm < \lambda < 700nm)$. קווים אלה מתקבלים כשאטומי המימן המעוררים חוזרים לרמת האנרגיה $n = 2$ של האטום.

אורך הגל של הקווים H_β , H_γ ו־ H_δ הוא $\lambda_\beta = 487nm$, $\lambda_\gamma = 435nm$ ו־ $\lambda_\delta = 411nm$.

א. הקו H_α מתקבל במעבר של האלקטרון מרמת האנרגיה השלישית לרמת האנרגיה השנייה.
מבין ארבעת הקווים בתחום האור הנראה, קו זה הוא הקו שאורך הגל שלו מרבי.
הסבר עובדה זו בלי לחשב. (6 נקודות)

ב. חשב את אורך הגל של הקו H_α . (8 נקודות)

באטמוספרה של רוב הכוכבים, שהטמפרטורה שלהם גבוהה מאוד, נמצאים אטומי מימן רבים במצב מעורר.
מודדים את עוצמת הקרינה האלקטרומגנטית הנפלטת מכוכב מסוים לאחר שעברה דרך האטמוספרה שלו.
בגרף שלפניך מתוארת עוצמת הקרינה בתחום האור הנראה (ביחידות שרירותיות), כתלות באורך הגל שלה.



ג. הסבר מדוע מופיעות בגרף ירידות חדות בעוצמת האור באורכי גל מסוימים.
$(6\frac{1}{3}$ נקודות)

משערים שבאטמוספרה של הכוכב יש מימן.

ד. היעזר בגרף והסבר אם יש הצדקה להשערה זו. (7 נקודות)

ה. האם ייתכן שבאטמוספרה של הכוכב יש גזים נוספים? הסבר את תשובתך.

12) בגרות 2011 – שאלה 4

כדי ללמוד על תהליכי העירור ועל ספקטרום הפליטה של אטום המימן 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:

(1) לפוטון באלומת הקרינה האלקטרומגנטית? נמק.

(2) לחלקיק שהתנגש באטום מימן? נמק.

(10 נקודות)

ב. האטומים שעוררו לרמה $n=3$ חוזרים למצב היסוד, והסימולציה מציגה ספקטרום פליטה.

(1) 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.

(2) סמן בדיאגרמה חצים המייצגים את המעברים בין הרמות, שיתאימו לאורכי הגל בספקטרום הפליטה המתקבל.

(6 נקודות)

ג. חשב את אורכי הגל בספקטרום פליטה זה. (6 נקודות)

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 $\lambda = 91.18\,nm$.

תלמיד B: ליינון אטומי המימן שבמיכל יגרום כל פוטון שאורך הגל שלו $\lambda \le 91.18\,nm$.

תלמיד C: ליינון אטומי המימן שבמיכל יגרום כל פוטון שאורך הגל שלו $\lambda \ge 91.18\,nm$.

קבע איזו מההשערות של התלמידים היא הנכונה, ונמק את קביעתך.

(5$\frac{1}{3}$ נקודות)

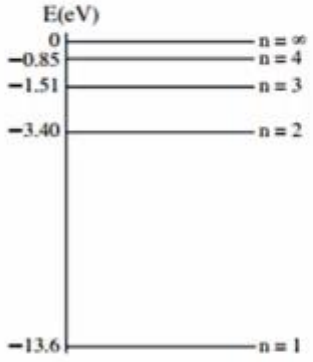
ה. חשב את האנרגיה הקינטית של האלקטרון באטום המימן כאשר הוא נמצא ברמה $n=3$. (6 נקודות)

13) בגרות 2010 – שאלה 4

מבצעים שני ניסויים עם גז מימן חד־אטומי.

בניסוי הראשון אלומת קרינה אלקטרומגנטית שאורכי הגל שלה בתחום 200 nm-100 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 מיינת אטומי מימן הנמצאים ברמת היסוד. הסבר מדוע. (5 נקודות)

בתשובותיך לסעיפים ב-ה יש להזניח את בליעת האנרגיה על ידי אטום מימן מעורר.

ב. **(1)** חשב את אורכי הגל של הקרינה שנבלעה.

(2) 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.

(1) חשב את המתח המינימלי הדרוש להאצת האלקטרונים ממנוחה, כדי שיוכלו לגרום ליינון של אטומי המימן.

(2) האם ייתכן שאלקטרון שהואץ במתח שחישבת בתת־סעיף ג (1), יגרום לעירור האטום (ולא ליינון)? נמק .

(9 נקודות)

ד. כאשר אטום מימן בולע קרינה אלקטרומגנטית, האם רדיוס המסלול של האלקטרון גדל, קטן או אינו משתנה? נמק. (6 נקודות)

ה. אחת ההנחות שעליהן מבוסס מודל בוהר לאטום מימן היא הקשר $m_e vr = n\frac{h}{2\pi}$. הראה כי הנחה זו של בוהר שקולה להנחה שהיקף המסלול המעגלי של האלקטרון באטום מימן הוא כפולה שלמה של אורך גל דה־ברויי של האלקטרון. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

14) בגרות 2009– שאלה 4

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".

(5 נקודות)

ב. הסבר בעזרת מודל בוהר את העובדה שספקטרום הפליטה של מימן הוא בדיד (קווי).

(5 נקודות)

ג. סדרת בלמר כוללת קווים ספקטרליים שמתקבלים עבור אטומי מימן כשאלקטרון עובר מרמה m $(m>2)$ לרמה $n=2$.

מהו אורך הגל המרבי של קו ספקטרלי מסדרה זו? <u>פרט את חישוביך</u>. (8 נקודות)

ד. אנרגיית היינון של אטום מימן שווה ל- $13.6\ eV$.

(1) הסבר את המשמעות של קביעה זו.

(2) חשב את האנרגיה הדרושה ליינון אטום מימן מרמה $n=2$.

(9 נקודות)

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. ($6\frac{1}{3}$ נקודות)

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

15) בגרות 2007– שאלה 4

א. הסבר כיצד ספקטרום הפליטה של מימן תומך במודל האטום של בוהר ואינו תומך במודל האטום של רתרפורד. (5 נקודות)

ב. חשב את האנרגיה הכוללת של אטום המימן כאשר האלקטרון נמצא במסלול שרדיוסו גדול פי 25 מרדיוס המסלול המתאים לרמת היסוד. (6 נקודות)

ג. בעקבות בליעת פוטון, עבר אלקטרון של אטום מימן מרמת היסוד לרמה שחישבת בסעיף ב.

חשב מהי האנרגיה שהייתה לפוטון. (7 נקודות)

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.

(10 נקודות)

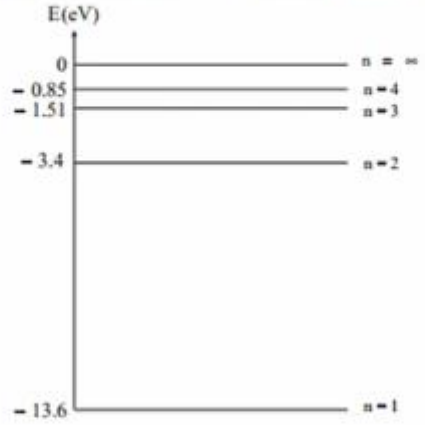
ה. בשפופרת נמצאים אטומי מימן ברמת היסוד.

מה עשוי לקרות לאטומי המימן, אם דרך השפופרת תעבור אלומת פוטונים, שלכל פוטון בה יש אנרגיה כפולה מהאנרגיה שחישבת בסעיף ג? ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

16) בגרות 2006– שאלה 4

גז של אטומי מימן ברמת היסוד (n = 1) נתון בתוך כלי.

ארבע רמות האנרגיה הראשונות של אטומי המימן מתוארות בדיאגרמה שלפניך.



תלמיד מעביר בזו אחר זו אלומות שונות של אלקטרונים דרך הגז, כמתואר בסעיפים א-ג.

א. לכל אלקטרון באלומה אנרגיה של 11 eV.

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. (6 נקודות)

ב. ערכי האנרגיה של האלקטרונים באלומה נמצאים בין 10 eV ל־12.5 eV.

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. (8 נקודות)

ג. לכל אלקטרון באלומה אנרגיה של 15 eV.

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.

(6 נקודות)

תלמיד אחר מעביר בזו אחר זו אלומות שונות של פוטונים דרך הגז, כמתואר בסעיפים ד-ה.

ד. לכל פוטון באלומה אנרגיה של 11 eV.

האם פוטונים אלה יכולים לעורר את אטומי המימן שבכלי? הסבר.

(5 נקודות)

ה. ערכי האנרגיה של הפוטונים באלומה נמצאים בין 10 eV ל־12.5 eV.

כמה קווים ספקטרליים מופיעים בספקטרום הנפלטים?

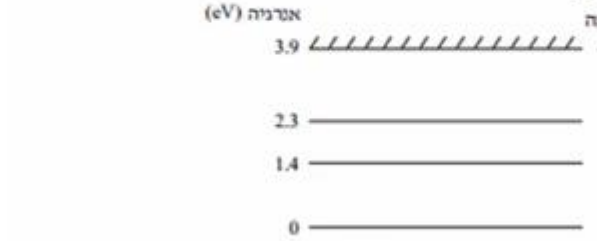
הסבר את תשובתך בעזרת דיאגרמת רמות האנרגיה. העתק למחברתך את הדיאגרמה, וסמן בה חצים להצגת המעברים.

(8 ½ נקודות)

17) בגרות 2005– שאלה 4

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. (7 נקודות)

אלומה של אלקטרונים שהאנרגיה שלהם היא $2.4\cdot10^{-19}$ J עוברת דרך השפופרת, וחלק מהאלקטרונים מתנגשים באטומי הצזיום.

ב. חשב את אורכי הגל של כל קווי הספקטרום הפליטה היכולים להתקבל מאטומי הצזיום שבשפופרת. (13 נקודות)

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? (13 נקודות)

שאלות מבגרויות – גרעין אנרגיית קשר גרעינית ורדיואקטיבית:

שאלות

1) בגרות 2022 – שאלה 5

א. ידוע שבגרעין האטום פועל "הכוח החזק".

כתבו בקצרה מהי פעילותו של הכוח החזק, והסבירו מדוע הוא נדרש. (5 נקודות)

האיזוטופ הרדיואקטיבי של יוד $^{131}_{53}I$ משמש לצורכי אבחון וטיפול רפואי בבלוטת התריס.

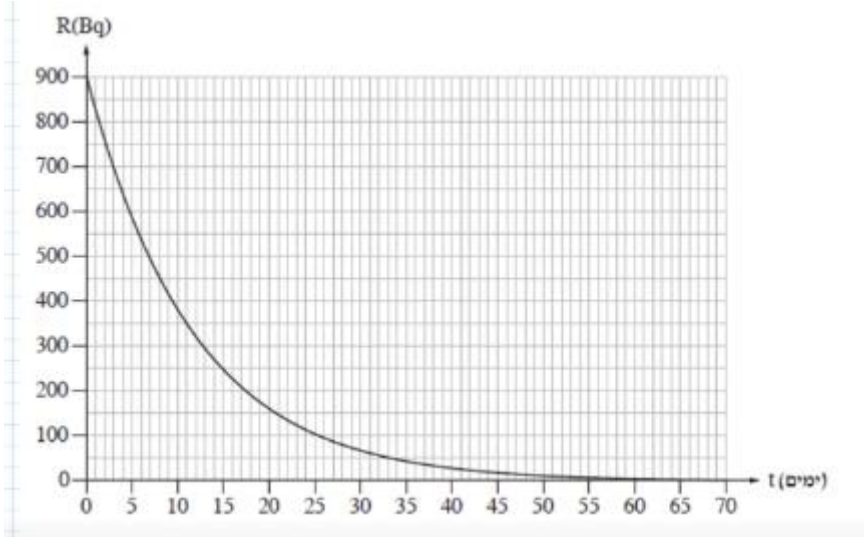
האיזוטופ $^{131}_{53}I$ עובר התפרקות β^- שהתוצר שלה הוא איזוטופ של קְסֶנון (Xe), ומייד לאחר מכן מתרחשת התפרקות γ. תבנית המשוואות שבסעיף ב מתארת את שתי ההתפרקויות האלה.

ב. העתיקו למחברת את התבנית והשלימו אותה. (5 נקודות)

$$^{131}_{53}I \rightarrow _____ \rightarrow _____$$

בטיפול רפואי בבלוטת התריס המטופל בולע כמוסת איזוטופ $^{131}_{53}I$ בתחילת הטיפול. רגע זה מוגדר $t=0$.

הגרף שלפניכם מתאר את הפעילות הרדיואקטיבית R של האיזוטופ $^{131}_{53}I$ כתלות בזמן t שחלף מרגע תחילת הטיפול הרפואי. הזמן t נמדד בימים והפעילות R נמדדת ביחידות Bq.



ג. על פי הגרף, מצאו את זמן מחצית החיים של האיזוטופ $^{131}_{53}I$. (5 נקודות)

ד. חשבו את מספר גרעיני $^{131}_{53}I$ שיש בכמוסה שהמטופל בולע, ברגע תחילת הטיפול. (7 נקודות)

ה. חשבו את משך הזמן מרגע $t=0$ ועד שרמת הפעילות תהיה $R=5Bq$. (7 נקודות)

ו. לפניכם חמישה היגדים. קבעו בנוגע לכל אחד מהם אם הוא נכון או שגוי. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

(1) חלקיק β^- נפלט מן האלקטרונים שסביב הגרעין.

(2) התפרקות רדיואקטיבית היא תופעה ספונטנית.

(3) אפשר לקבוע את הרגע המדויק שבו גרעין מסוים יתפרק התפרקות רדיואקטיבית.

(4) קרינת גמא משנה כיוון בהשפעת שדה מגנטי.

(5) ככל שמספר הנוקלאונים (פרוטונים ונויטרונים) בגרעין קטן יותר – היציבות שלו גדולה יותר.

2) בגרות 2021– שאלה 5

בתהליכים גרעיניים שונים יכולים להיפלט מן הגרעינים הרדיואקטיביים חלקיקי α, β^-, β^+ ו־γ.

א. כידוע, חלקיקי β^- ו־β^+ אינם ממרכיבי הגרעין. כתוב משוואה המתארת את היווצרות חלקיק β^- ומשוואה המתארת את היווצרות חלקיק β^+. (6 נקודות)

גרעין של ביסמוט, ${}^{y}_{83}Bi$, מתפרק לגרעין של תליום, ${}^{206}_{x}Tl$. גרעין התליום מתפרק לגרעין עופרת, ${}^{206}_{82}Pb$.
בכל התפרקות נפלט חלקיק α או חלקיק β.

ב. רשום את המשוואות של שתי ההתפרקויות: $(Bi \rightarrow Tl)$ ו־$(Tl \rightarrow Pb)$ וחשב את x, המספר האטומי (Z) של Tl, ואת y, מספר המסה (A) של Bi. (8 נקודות)

ברגע $t_0 = 0$ יש לחומר רדיואקטיבי נתון N_0 גרעינים. ברגע מסוים, t_1, מספר הגרעינים שעדיין לא התפרקו שווה ל־$\frac{N_0}{16}$.

ג. בטא את הזמן t_1 באמצעות זמן מחצית חיים, $T_{1/2}$. פרט את שיקולייך. (8 נקודות)

התפרקויות רדיואקטיביות מתרחשות בסדרות הנקראות "משפחות רדיואקטיביות". אחת המשפחות היא משפחת ${}^{238}_{92}U$. "ראש המשפחה" הוא אורניום 238, ובסדרה זו נוצר גם גרעין אורניום ${}^{234}_{92}U$.

זמן מחצית החיים של אורניום 234 הוא $2.48 \cdot 10^5$ שנים, וזמן מחצית החיים של אורניום 238 שווה לגיל כדור הארץ: $4.5 \cdot 10^9$ שנים.

ד. הוכח כי אורניום 234 שנוצר בזמן ההיווצרות של כדור הארץ כבר לא קיים היום. (6 נקודות)

ה. קבע אם היום קיים בטבע אורניום 234. נמק את קביעתך. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

3) בגרות 2020– שאלה 5

בבקעת תמנע ליד אילת, סמוך למכרות נחושת עתיקים, נמצאו לאחרונה ערמות פסולת מימי הפקתה של הנחושת. מדידות הפעילות של פחמן רדיואקטיבי, ^{14}C, בפיסת עץ שנמצאה בערמות הפסולת אפשרו לקבוע באיזו תקופה היסטורית המכרות היו פעילים. כך הוכח, מעל לכל ספק, שמכרות הנחושת האלה פעלו בימיו של שלמה המלך.

שאלה זו עוסקת בקביעת גיל של פיסת עץ בעזרת האיזוטופ הרדיואקטיבי של פחמן ^{14}C.

האיזוטופ ^{14}C נוצר באטמוספרה. משוואת ההיווצרות היא:

$$^{14}_{7}N + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{14}C + ^{1}_{1}p$$

א. הסתמך על משוואת היווצרותו של ^{14}C באטמוספרה, וקבע מהו מספר הפרוטונים ומהו מספר הנייטרונים בגרעין של ^{14}C. הסבר את קביעותיך. (5 נקודות)

^{14}C מתפרק התפרקות רדיואקטיבית ל־ ^{14}N.

ב. (1) רשום את משוואת ההתפרקות הרדיואקטיבית של ^{14}C, וציין את סוג הקרינה הנפלטת.

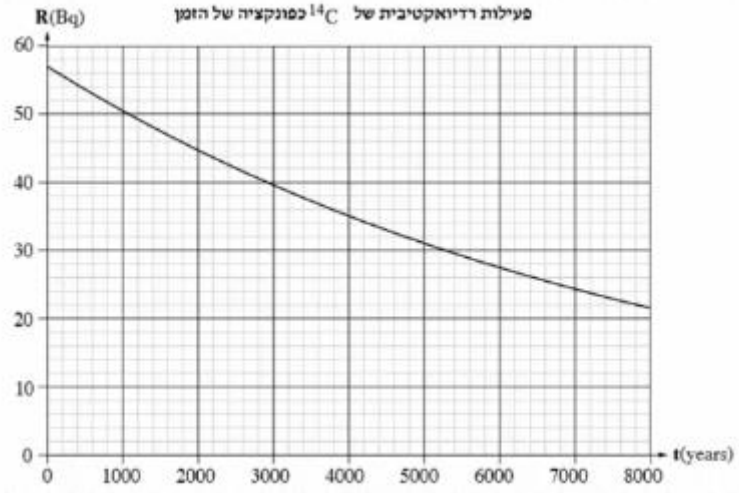
(2) מהו חוק השימור שהסתמכת עליו כדי לקבוע את סוג הקרינה הנפלטת בהתפרקות רדיואקטיבית זו?

(8 נקודות)

ארזו 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 בערמות הפסולת, ומצאו כי $R(0) = 57Bq$.

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

לפניך גרף הפעילות הרדיואקטיבית, R, של ^{14}C כפונקציה של הזמן, t.



המדענים מדדו את הגיל של פיסת העץ שנמצאה בערמות הפסולת בבקעת תמנע בשתי שיטות שרמות הדיוק שלהן שונה.

בשיטה הראשונה הם מדדו בזמן t_1 את הפעילות של פיסת עץ שנמצאה בערמות הפסולת בבקעת תמנע ומצאו כי $R(t_1) = 40Bq$.

ג. קבע באמצעות הגרף את הגיל של פיסת העץ על פי השיטה הראשונה. נמק את קביעתך. (5 נקודות)

בשיטה השנייה, המדויקת יותר, הם מדדו את $N(t_1)$ — מספר גרעיני ^{14}C שנשארו בזמן t_1 בפיסת העץ שנמצאה בערמות הפסולת, וחישבו את ΔN — מספר הגרעינים שהתפרקו מתחילת ההתפרקות עד הזמן t_1.

המדענים מצאו כי $\Delta N_{^{14}C} = N(0) - N(t_1) = 4.63 \cdot 10^{12}$.

ד. חשב את קבוע הדעיכה λ ביחידות של $\frac{1}{s}$. (7 נקודות)

ה. (1) חשב את הפעילות $R(t_1)$ המתקבלת על פי השיטה השנייה.

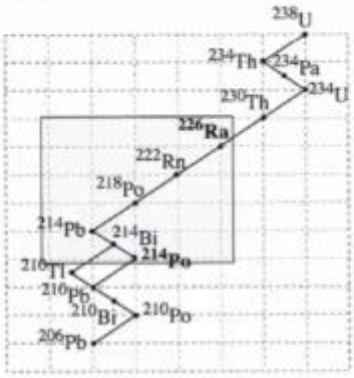
(2) קבע את הגיל של פיסת העץ באמצעות הנתון ובאמצעות $R(t_1)$ שחישבת בנות־סעיף (1).

4) בגרות 2019– שאלה 5

היום ידועות ארבע סדרות רדיואקטיביות. שאלה זו עוסקת בסדרת אורניום 238.

רדיום 226 $\left(^{226}_{88}\mathrm{Ra}\right)$ ופולוניום 214 $\left(^{214}_{84}\mathrm{Po}\right)$ הם איזוטופים רדיואקטיביים טבעיים השייכים לסדרה זו.

פולוניום 214 הוא תוצר בשרשרת ההתפרקויות של רדיום 226 (ראה תרשים).



א. קבע את מספר התפרקויות α ואת מספר התפרקויות β^- שמתרחשות בשרשרת ההתפרקויות מרדיום 226 לפולוניום 214. הסבר את קביעותיך. (8 נקודות)

באחד השלבים של השרשרת המתוארת נוצר האיזוטופ הרדיואקטיבי רדון 222 $\left(^{222}_{86}\mathrm{Rn}\right)$. בשל הנזק שגז הרדון גורם לבריאות כשהוא מצטבר במקומות סגורים (כגון מרתפים ומקלטים), הוא מעורר עניין מדעי וטכנולוגי רב.

ב. קבע את המספר האטומי ואת מספר המסה של גרעין הבת Y הנוצר מהתפרקותו של רדון 222. (7 נקודות)

מדידות של מדגם רדון 222 הראו כי הפעילות הרדיואקטיבית שלו פוחתת פי 8 במשך 11.475 ימים.

ג. (1) חשב את זמן מחצית החיים, $T_{1/2}$, של איזוטופ זה.

(2) חשב את קבוע הדעיכה λ של איזוטופ זה.

(11 נקודות)

אנרגיות הקשר הנרעיניות של האיזוטופים רדיום 226 ופולוניום 214 הן: $E_{B(Ra)} = 1732.62\ \mathrm{MeV}$,

$E_{B(Po)} = 1666.02\ \mathrm{MeV}$.

ד. קבע איזה משני האיזוטופים יציב יותר. נמק את קביעתך. (7$\frac{1}{3}$ נקודות)

5) בגרות 2018– שאלה 5

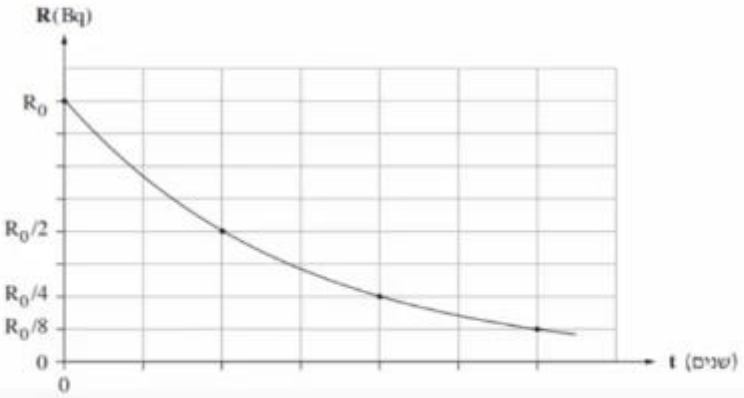
סטרונציום טבעי הוא יסוד מתכתי יציב שהתגלה בשנת 1790. האיזוטופ הרדיואקטיבי $^{90}_{38}Sr$ התגלה במהלך ניסויים גרעיניים שנערכו בשנות הארבעים של המאה ה־20.

א. ציין את המשמעות של המספרים 38 ו־ 90 המופיעים בסימון $^{90}_{38}Sr$. (6 נקודות)

נערכו שני ניסויים, ניסוי I וניסוי II.

ניסוי I נערך על מדגם של $^{90}_{38}Sr$ 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. (6 נקודות)

ג. חשב (בקירוב) את מספר הגרעינים במדגם ברגע $t=0$ עבור מדגם זה שמסתו 2gr. (6 נקודות)

ד. (1) חשב את קבוע הדעיכה ביחידה $\frac{1}{s}$.

(2) חשב את הפעילות R_0 (הפעילות ברגע $t=0$).

(8 $\frac{1}{3}$ נקודות)

ניסוי II נערך על מדגם של האיזוטופ $^{90}_{38}Sr$ שמסתו 1gr.

ה. העתק את הגרף למחברתך, וסמן את העקומה בספרה I.

הוסף למערכת הצירים שבמחברתך את העקומה עבור ניסוי II, וסמן אותה בספרה II. (7 נקודות)

6) 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? (8 נקודות)

ב. כתוב דוגמה לגרעין שהוא איזוטופ נוסף של הליום (גם אם איזוטופ זה לא באמת קיים במציאות). (5 נקודות)

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 האנרגייה של מערכת החלקיקים במצב 1 גדולה מזו שבמצב 2, קטנה ממנה או שווה לה?

העתק למחברתך את התשובה הנכונה מבין התשובות 1-4 שלפניך, ונמק את תשובתך.

1. האנרגייה של מערכת החלקיקים במצב 1 גדולה מזו שבמצב 2.
2. האנרגייה של מערכת החלקיקים במצב 1 שווה לזו שבמצב 2.
3. האנרגייה של מערכת החלקיקים במצב 1 קטנה מזו שבמצב 2.
4. אי אפשר לדעת, כי התשובה תלויה במצב שבו בוחרים את רמת האפס של האנרגייה.

(5 נקודות)

נתון כי המסה האטומית של ^4_2He היא $M(^4_2He) = 4.002602u$, מסת אלקטרון היא $m_e = 0.000549u$, מסת פרוטון היא $m_p = 1.007276u$ ומסת ניוטרון היא $m_n = 1.008665u$.

ד. חשב את אנרגיית הקשר הגרעינית של גרעין איזוטופ ההליום ^4_2He. (11 נקודות)

ה. נתונים שני גרעינים שונים. כיצד אפשר לקבוע איזה מן הגרעינים יציב יותר?

העתק למחברתך את התשובה הנכונה מבין התשובות 1-4 שלפניך. אין צורך לנמק.

1. על פי אנרגיית הקשר הגרעינית.
2. על פי אנרגיית הקשר הגרעינית חלקי מספר הנוקלאונים.
3. על פי אנרגיית הקשר הגרעינית חלקי מספר הפרוטונים.
4. על פי מספר הנוקלאונים.

(4$\frac{1}{3}$ נקודות)

7) בגרות 2017– שאלה 5

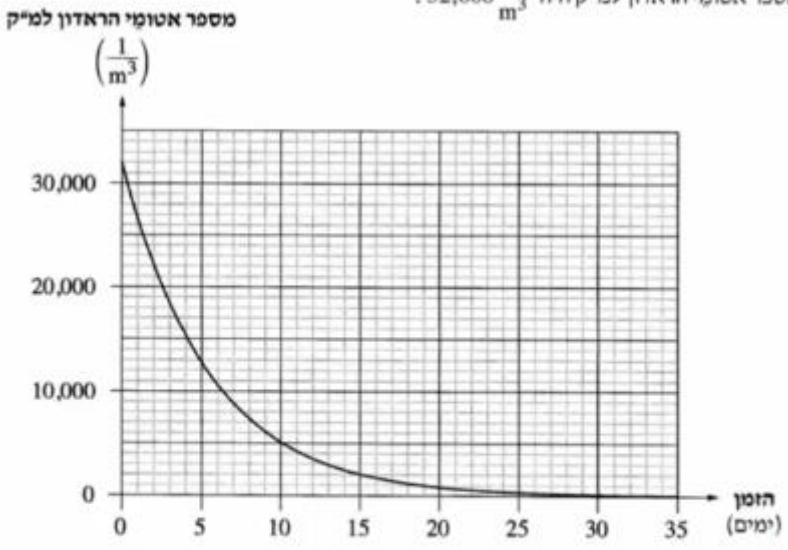
ראדון, $^{222}_{86}Rn$, הוא יסוד רדיואקטיבי טבעי שמקורו בקרקע והוא נמצא בכמויות קטנות גם במים. הראדון מתפרק לפולוניום, Po, שגם הוא יסוד רדיואקטיבי, ונפלטת קרינת אלפא. האנרגייה של קרינת אלפא גבוהה מספיק כדי לגרום לפגיעה במולקולות בגוף האדם, וכך קרינה זו עלולה לגרום נזק לבריאות.

המשרד להגנת הסביבה קבע תקן לרמת האקטיביות (פעילות) המרבית המותרת של ראדון למ"ק (מטר מעוקב) במבני מגורים בישראל: $200\frac{Bq}{m^3}$, $(Bq=\frac{1}{s})$.

א. הסבר את המשמעות הפיזיקלית של המשפט: "רמת האקטיביות המרבית המותרת של הראדון למ"ק במבני מגורים בישראל היא $200\frac{Bq}{m^3}$ ". (4 נקודות)

ב. בהתפרקות של גרעין ראדון לפולוניום נפלט חלקיק אלפא יחיד.
כתוב את המשוואה של התפרקות זו, וציין את מספר המסה ואת המספר האטומי של גרעין הפולוניום. (8 נקודות)

לפניך גרף של מספר אטומי הראדון למ"ק של דגימת ראדון כפונקציה של הזמן. בתחילת המדידה מספר אטומי הראדון למ"ק היה $32{,}000\frac{1}{m^3}$.



ג. על פי הגרף, קבע בקירוב את זמן מחצית החיים של הראדון. פרט את שיקוליך.
($6\frac{1}{3}$ נקודות)

ד. **(1)** רשום נוסחה המתארת אקטיביות כפונקציה של זמן.

(2) חשב כעבור כמה זמן מתחילת המדידה תגיע רמת האקטיביות למ"ק של דגימת הראדון אל התקן שקבע המשרד להגנת הסביבה.

באמצעות חישובים יודעים שבמשך 10 ימים מתחילת המדידה נוצרו מעל 25,000 אטומי פולוניום למ"ק.

במדידה שנערכה בפועל 10 ימים לאחר תחילת המדידה, כמעט שלא נמצאו אטומי פולוניום.

נתון: כל הראדון המתפרק נהפך לפולוניום.

האזור הנבדק היה סגור, ולכן אטומי הפולוניום לא יכלו לצאת ממנו.

ה. הסבר את הסתירה בין תוצאות החישובים לבין תוצאות המדידה שנערכה בפועל.
(5 נקודות)

8) בגרות 2016– שאלה 5

כיום ידועים כ־ 30 איזוטופים של היסוד אורניום, רק מעטים מהם נמצאים בטבע.

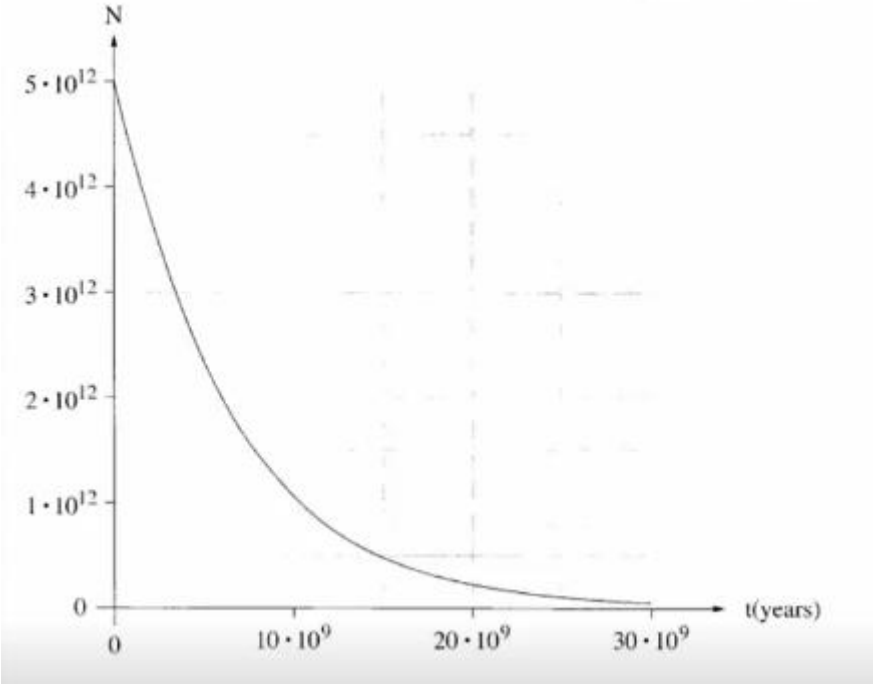
האיזוטופ ^{238}U , שהוא השכיח ביותר, נמצא בטבע בשכיחות של כ־ 99.28% .

בגרעיני ^{238}U חלה סדרה של התפרקויות עד שמתקבל גרעין עופרת יציב. במהלך ההתפרקות נוצרים X חלקיקי α ו־ Y חלקיקי β^- . משוואת התהליך היא:

$$^{238}_{92}U \longrightarrow {}^{206}_{82}Pb + X \cdot {}^{4}_{2}\alpha + Y \cdot {}^{0}_{-1}\beta^-$$

א. חשב את מספר X של חלקיקי α ואת מספר Y של חלקיקי β^- שנפלטים בסדרת ההתפרקויות. (8 נקודות)

בגרף שלפניך מוצג מספר (N) גרעיני האורניום ^{238}U כתלות בזמן (t) במהלך התפרקות רדיואקטיבית.



ב. **(1)** הגדר את המושג "זמן מחצית החיים"

(2) מצא על פי הגרף את זמן מחצית החיים של ^{238}U .

(10 נקודות)

זמן מחצית החיים הארוך של האורניום ^{238}U מאפשר לקבוע את הגיל של כדור הארץ.

ג. הסבר מדוע צריך להשתמש ביסוד שזמן מחצית חיים שלו ארוך כדי לקבוע את הגיל של כדור הארץ. (5$\frac{1}{3}$ נקודות)

בדגימה של אבן מזמן היווצרותו של כדור הארץ ($t = 0$), היו $5 \cdot 10^{12}$ אטומי אורניום ^{238}U .

כיום יש באותה דגימה גם אטומי אורניום ^{238}U (N_U) וגם אטומי עופרת (N_{Pb}) .

נתון: $N_{Pb} = 2.53 \cdot 10^{12}$.

הנח שכל אטומי העופרת שבדגימה הם תוצר התפרקות של ^{238}U , וכן הנח שזמן מחצית החיים של תוצרי הביניים של הסדרה הרדיואקטיבית זניח לעומת זמן מחצית החיים של האורניום.

ד. הסתמך על נתוני השאלה וחשב את הגיל של כדור הארץ. (10 נקודות)

9) בגרות 2015– שאלה 5

$^{235}_{92}U$ הוא איזוטופ רדיואקטיבי של אורניום. בתהליך שבו נויטרון אִטי פוגע בגרעין $^{235}_{92}U$ הגרעין עשוי להתבקע. אחת האפשרויות לתוצרי ביקוע: איזוטופ של קסנון, $^{140}_{54}Xe$, איזוטופ של סטרונציום $^{93}_{38}Sr$ ונויטרונים אחדים.

א. **(1)** רשום את משוואת התהליך, ומצא את מספר הנויטרונים המשתחררים במהלך הביקוע.

(2) נמק בעזרת אחד מחוקי השימור מדוע לא ייתכן שאחד החלקיקים המשתחררים במהלך ביקוע זה הוא פרוטון.

(10 נקודות)

ב. הגדר מהי "אנרגית קשר ממוצעת לנוקלאון בגרעין". (5$\frac{1}{3}$ נקודות)

אנרגיית הקשר הממוצעת לנוקלאון בגרעין של סטרונציום, $^{93}_{38}Sr$, היא 8.61 MeV, ובגרעין של אורניום, $^{235}_{92}U$, היא 7.59 MeV.

ג. האם אתה מצפה שאנרגיית הקשר לנוקלאון בגרעין של קסנון, $^{140}_{54}Xe$, תהיה גדולה מזו שבאורניום, $^{235}_{92}U$, קטנה ממנה או שווה לה? נמק. (6 נקודות)

ד. האנרגיה הקינטית הכוללת של התוצרים בתהליך המתואר בפתיח גדולה ב־ 178 MeV מסך כל האנרגיה הקינטית של המגיבים.

חשב את אנרגיית הקשר הממוצעת לנוקלאון באיזוטופ $^{140}_{54}Xe$.

(12 נקודות)

10) בגרות 2015– שאלה 4

בלוטת התריס שבצוף האדם מנצלת יוד, I, ליצירת הורמון המשפיע על קצב חילוף החומרים בתאי הגוף. אם קיימים בבלוטה אזורים פגומים — היוד אינו מגיע אליהם.

לצורך אבחון של פגמים בבלוטה על הנבדקים לשתות תמיסה המכילה איזוטופ רדיואקטיבי של יוד, ועל פי הקרינה הנפלטת אפשר לזהות את האזורים הפעילים של הבלוטה.

א. בהכנת היוד הרדיואקטיבי משתמשים באיזוטופ לא יציב של טלור (tellurium), $^{131}_{52}Te$, שפולט קרינת β^- והופך לאיזוטופ רדיואקטיבי של יוד. זמן מחצית החיים של טלור הוא 25 דקות.

כמה פרוטונים וכמה נויטרונים נמצאים בגרעין של האיזוטופ הרדיואקטיבי של היוד שנוצר?

(5 נקודות)

ב. האיזוטופ הרדיואקטיבי של היוד שנוצר מטלור מתפרק ל- $^{131}_{54}Xe$. זמן מחצית החיים של איזוטופ היוד הוא 8 ימים.

רשום את המשוואה של התהליך הרדיואקטיבי הזה. (5 נקודות)

בתחילת התהליך, ברגע $t=0$, היו $2\cdot10^{18}$ גרעיני $^{131}_{52}Te$.

ברגע מסוים, t_1, הפרידו לשתי מבחנות את ה- $^{131}_{52}Te$ שנותר ואת היוד הרדיואקטיבי שנוצר.

ברגע ההפרדה מספר גרעיני הטלור היה שווה למספר גרעיני היוד (10^{18} גרעינים בכל מבחנה).

ג. **(1)** הגדר את המושג "פעילות רדיואקטיבית", $R(t)$, וציין יחידות מתאימות.

(2) לאיזה משני החומרים יש פעילות גדולה יותר ברגע ההפרדה? חשב פי כמה.

(12 נקודות)

ד. הסבר מדוע הזמן t_1 ארוך במקצת מזמן מחצית החיים של טלור. (6 נקודות)

ה. חשב מהו <u>אחוז</u> גרעיני יוד שיישארו במבחנת היוד ומהו <u>אחוז</u> גרעיני טלור שיישארו במבחנת הטלור כעבור יממה (24 שעות) מרגע ההפרדה. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

11) בגרות 2014– שאלה 5

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:

$$^{27}_{13}Al + ^{4}_{2}He \longrightarrow ^{30}_{15}P + ^{1}_{0}n$$

א. הראה כי במשוואה זו מתקיימים שימור של מספר הנוקלאונים ושימור של המטען החשמלי. (8 נקודות)

בשנת 1932 גילה הפיזיקאי האמריקני קארל אנדרסון את הפוזיטרון, שהוא ה"אנטי־חלקיק" של האלקטרון. מסת הפוזיטרון שווה למסת האלקטרון, אך המטען החשמלי של הפוזיטרון הוא חיובי, ושווה בגודלו לגודל של מטען האלקטרון.

ב. איזוטופ הזרחן שנזכר בפתיח לשאלה הוא רדיואקטיבי. הוא מתפרק על ידי פליטה של פוזיטרון ($^{0}_{+1}e$), ומתקבל איזוטופ יציב של צורן, Si.

(1) הסבר את המושג "רדיואקטיבי".

(2) רשום את המשוואה המייצגת את תגובת הפירוק של איזוטופ הזרחן.

($11\frac{1}{3}$ נקודות)

ג. זמן מחצית החיים של איזוטופ הזרחן הוא 150 s. חַשֵב איזה חלק מדגימה של איזוטופ הזרחן יישאר ממנה 450 s לאחר יצירתה. (8 נקודות)

ד. זמן החיים של פוזיטרון שנוצר בתגובה המתוארת בסעיף ב הוא קצר. בתגובה שלו עם אלקטרון, הפוזיטרון והאלקטרון מתאיינים (מתחסלים), ונוצרים שני פוטוני גמא בעלי אותה תדירות.

(1) הסבר כיצד תגובה זו מתיישבת עם עקרון שימור האנרגיה.

(2) חַשֵב את האנרגיה של כל אחד משני הפוטונים שנוצרים.

12) בגרות 2013– שאלה 5

רוב הכורים הגרעיניים מבוססים על תהליך הביקוע של גרעיני אורניום 235 . בעקבות ההתפרקות של גרעין האורניום נוצרים גרעינים של יסודות אחרים, וכמה ניוטרונים.
אחת האפשרויות של התפרקות גרעין האורניום היא היווצרות גרעיני סלניום (Se) וצריום (Ce) (ראה טבלה) ושחרור כמה ניוטרונים.

הגרעין	$^{235}_{92}U$	$^{146}_{58}Ce$	$^{85}_{34}Se$
המסה האטומית (u)	234.9935	145.8782	84.9033

א. כתוב את המשוואה של תהליך ההתפרקות. (6 נקודות)

ב. מצא כמה אנרגיה משתחררת בתהליך הביקוע של גרעין אורניום אחד. (7 נקודות)

ג. בתהליך הביקוע חלק מאנרגיית הקשר הגרעינית הופכת לאנרגיה אחרת.
הבא שתי דוגמאות לפחות לאנרגיות המתקבלות בתהליך הביקוע. (7 נקודות)

ד. הגדר מהי "אנרגיית קשר ממוצעת לנוקלאון". (7 נקודות)

ה. ביקוע גרעיני והיתוך (מיזוג) גרעיני הם שני תהליכים שאנרגיה משתחררת בהם.
הסבר את ההבדל בין שני התהליכים. בהסברך התייחס לאנרגיית הקשר הממוצעת לנוקלאון.
(6$\frac{1}{3}$ נקודות)

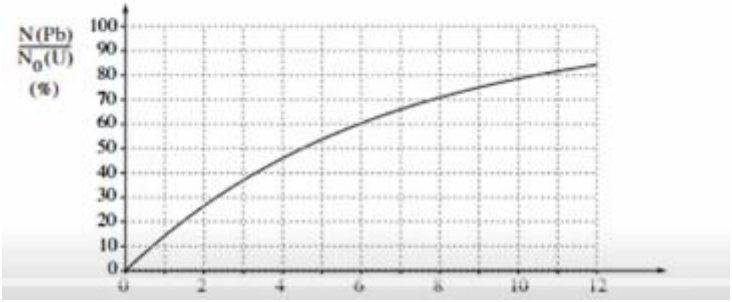
13) בגרות 2012– שאלה 5

סדרת האורניום היא סדרה של התפרקויות רדיואקטיביות המתחילה בגרעין $^{238}_{92}U$.

א. הגרעין $^{238}_{92}U$ מתפרק לגרעין תוריום, Th , תוך כדי פליטת חלקיק α .
כתוב את המשוואה של התפרקות זו. ציין בה את מספר המסה ואת המספר האטומי של גרעין התוריום ושל חלקיק α . (6 נקודות)

ב. סדרת האורניום מסתיימת כאשר מתקבל איזוטופ של עופרת $^{206}_{82}Pb$.
חשב את המספר של התפרקויות α ואת המספר של התפרקויות β^- בסדרה זו.
(9 נקודות)

בעקבות גילוי הרדיואקטיביות בתחילת המאה הקודמת, הציע רתרפורד לקבוע גיל של קרקע בעזרת ההתפרקות של אורניום 238 לעופרת 206 .
במעבדה נבדקה דגימת קרקע. אפשר להניח שבקרקע שנדגמה לא היו אטומי $^{206}_{82}Pb$ בזמן $t = 0$ (רגע היווצרות הקרקע), ושהמקור של אטומי $^{206}_{82}Pb$ המצויים בה הוא רק באטומי $^{238}_{92}U$ שהתפרקו.
נסמן: $N(Pb)$ הוא מספר אטומי העופרת ברגע מסוים; $N_0(U)$ הוא מספר אטומי האורניום שהיו בדגימה ברגע $t = 0$.
בתרשים שלפניך גרף תאורטי ובו מוצג היחס $N(Pb) / N_0(U)$ כתלות בזמן.



$t\ (\cdot 10^9$ שנים)

ג. מהו האחוז של אטומי האורניום שהתפרקו לאטומי עופרת במהלך $6\cdot10^9$ השנים שחלפו מהזמן $t=0$? הסבר את תשובתך. (6 נקודות)

ד. מהו זמן מחצית החיים של $^{238}_{92}U$? הסבר את תשובתך. (8 נקודות)

ה. בקרקע שנדגמה נמצא שמספר אטומי העופרת הוא $\frac{2}{3}$ ממספר אטומי האורניום. חשב את גיל הקרקע בדגימה על פי נתון זה. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

14) בגרות 2011– שאלה 5

הגרעין $^{107}_{47}Ag$ קולט נויטרון והופך לגרעין חדש, $^{108}_{47}Ag$, שהוא רדיואקטיבי.

הגרעין $^{108}_{47}Ag$ מתפרק ופולט חלקיק β^-. מתהליך ההתפרקות מתקבל גרעין X.

א. כמה פרוטונים וכמה נויטרונים יש בגרעין $^{107}_{47}Ag$? ($3\frac{1}{3}$ נקודות)

ב. האם הגרעין X הוא איזוטופ של היסוד Ag ? הסבר. (6 נקודות)

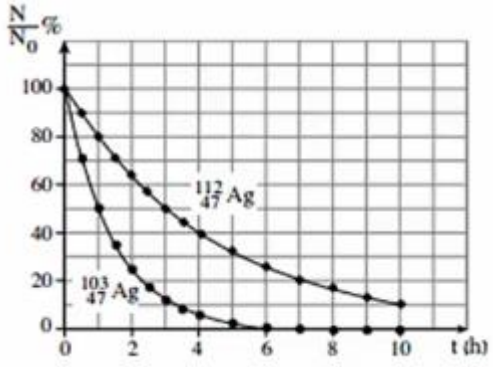
ג. (1) רשום את המשוואות של שני התהליכים הגרעיניים המתוארים (קליטת הנויטרון ופליטת החלקיק β^-).

(2) ציין שני חוקי שימור שהשתמשת בהם בכתיבת המשוואות.

(8 נקודות)

בתרשים שלפניך מוצגים שני גרפים: $\frac{N}{N_0}$ (באחוזים) כפונקציה של זמן, t, המתארים את תהליך התפרקות של האיזוטופים $^{103}_{47}Ag$ ו- $^{112}_{47}Ag$.

N_0 – מספר גרעיני האב ברגע $t=0$, N – מספר גרעיני האב ברגע t.



ד. נמצא שברגע $t=3h$, במדגם של איזוטופ $^{103}_{47}Ag$, נשארו $N=4\cdot10^{28}$ גרעיני אב. חשב את מספר גרעיני האב N_0 במדגם זה ברגע $t=0$.

(8 נקודות)

ה. במעבדה הכינו מדגמים של שני איזוטופים: $^{103}_{47}Ag$ ו- $^{112}_{47}Ag$.

פעילות (מספר ההתפרקויות בשנייה) של שני המדגמים ברגע $t=0$ שווה.

חשב את היחס בין מספר גרעיני האב בשני המדגמים ברגע $t=0$. (8 נקודות)

15) בגרות 2009– שאלה 5

בשנת 1934 ערכו בני הזוג אירן קירי ופרדריק ז'וליו ניסוי. הם הטילו אלומה של חלקיקי α על רדיד אלומיניום – $^{27}_{13}A\ell$, והתרחשה תגובה גרעינית שהתקבל בה איזוטופ הזרחן, $^{30}_{15}P$, וחלקיק נוסף.

א. **(1)** רשום את משוואת התהליך הגרעיני שהתרחש בעת הטלת חלקיקי ה־ α על רדיד האלומיניום.

(2) ציין מהו החלקיק הנוסף שהתקבל בתגובה הגרעינית.

(9 נקודות)

ב. ציין שני גדלים פיזיקליים שנשמרים בתגובה גרעינית. (7 נקודות)

ג. מסת **האטום** של האיזוטופ $^{27}_{13}A\ell$ היא $M(^{27}_{13}A\ell) = 26.981539\ u$.

נתון כי:

מסת אלקטרון: $m(^{0}_{-1}e) = 0.000549\ u$

מסת נויטרון: $m(^{1}_{0}n) = 1.008665\ u$

מסת פרוטון: $m(^{1}_{1}p) = 1.007276\ u$

חשב את אנרגיית הקשר של גרעין $^{27}_{13}A\ell$.

(9 נקודות)

ד. אנרגיית הקשר של גרעין $^{40}_{20}Ca$ היא $342.073\ MeV$,

ואנרגיית הקשר של גרעין $^{235}_{92}U$ היא $1,783.963\ MeV$.

איזה משני גרעינים אלה יציב יותר? נמק. ($8\frac{1}{3}$ נקודות)

16) בגרות 2008– שאלה 5

א. תוצאות ניסוי רתרפורד (פיזור חלקיקי α על ידי עלה זהב) שוללות את מודל מבנה האטום שהציע תומסון (מודל המכונה לעתים "מודל עוגת הצימוקים".)

הסבר מדוע הן שוללות מודל זה. (5 נקודות)

ב. בהתפרקות רדיואקטיבית גרעין פולוניום-($_{84}Po$) מתפרק לגרעין עופרת - 214 (^{214}Pb). גרעין העופרת מתפרק בהתפרקות 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. (6 נקודות)

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. (6 נקודות)

ד. הכינו במעבדה מדגם של איזוטופ עופרת - 214. בתום הכנתו מצאו כי פעילות המדגם היא 30,000 Bq (כלומר 30,000 התפרקויות בשנייה). כעבור מחצית השעה מצאו כי פעילות המדגם היא 13,900 Bq.

(1) חשב את זמן מחצית החיים של עופרת - 214. (9 נקודות)

(2) חשב את מספר גרעיני עופרת - 214 שהיו במדגם בתום הכנתו (כאשר פעילותו הייתה 30,000 Bq). ($7\frac{1}{3}$ נקודות)

17) בגרות 2004– שאלה 5

הדויטריום הוא איזוטופ של מימן שגרעינו מורכב מפרוטון ונויטרון. גרעין הדויטריום נקרא דויטרון.

א. הראה, בעזרת נתונים מהנספח, כי מסת הדויטרון שווה ל- $2.013552\ u$.

(הזנח את אנרגיית הקשר בין האלקטרון לגרעין.) (10 נקודות)

ב. חשב, בעזרת נתונים ונוסחאות מהנספח, את אנרגיית הקשר הגרעינית של הדויטרון.

הצג את תשובתך ביחידות של MeV . (15 נקודות)

ג. האם ייתכן שהדויטרון יהיה תוצר התפרקות β^- של גרעין אטום כלשהו? הסבר.

(8 נקודות)

הטריטיום הוא איזוטופ של מימן (H) שמספר המסה שלו הוא 3. המסה של גרעין הטריטיום היא $3.015500\ u$, והוא מתפרק בהתפרקות רדיואקטיבית לאיזוטופ של הליום (He), שמסת הגרעין שלו היא $3.014931\ u$.

ד. (1) רשום את הנוסחה של תהליך ההתפרקות. (7 נקודות)

(2) חשב את האנרגיה הקינטית הכוללת של תוצרי ההתפרקות. הצג את תשובתך ביחידות MeV . (10 נקודות)

18) בגרות 2002– שאלה 5

גרעין ביסמוט $^{211}_{83}Bi$ הוא גרעין רדיואקטיבי. לגרעין זה שני אופני התפרקות:

באחד נוצר גרעין הבת פולוניום $^{211}_{84}Po$

ובאחר נוצר גרעין הבת טליום $^{207}_{81}Tl$.

א. רשום את הנוסחה המתארת את התהליך הרדיואקטיבי המביא להיווצרות של כל אחד מגרעיני בת אלה. (16 נקודות)

ב. האם אפשר לקבוע מראש, לגבי גרעין ביסמוט $^{211}_{83}Bi$ מסוים, אם הוא עתיד להתפרק לגרעין $^{211}_{84}Po$ או לגרעין $^{207}_{81}Tl$? הסבר. (10 נקודות)

ג. חלק מגרעיני הבת שהתקבלו מהתפרקות הביסמוט ממשיכים להתפרק בתהליך α לאיזוטופ יציב של עופרת, $^{\ }_{82}Pb$.

חלק אחר מגרעיני הבת שהתקבלו מהתפרקות הביסמוט מתפרק בתהליך β, לאותו איזוטופ של עופרת.

כתוב את הנוסחאות המתארות את שני התהליכים. ציין את מספרי המסה ואת המספרים האטומיים של כל הגרעינים המעורבים בכל אחד מהתהליכים.

(14 נקודות)

ד. זמן מחצית החיים של גרעין $^{211}_{84}Po$ הוא 0.52 שניות.

זמן מחצית החיים של גרעין $^{207}_{81}Tl$ הוא 4.77 דקות.

ברגע מסוים נמצאים במדגם של גרעיני ביסמוט שבתהליך התפרקות 10^{18} גרעיני $^{211}_{84}Po$ ו- 10^{21} גרעיני $^{207}_{81}Tl$.

(1) חשב, עבור אותו רגע, את קצב ההצטברות של גרעיני האיזוטופ היציב של העופרת, שמקורם בגרעיני ה- $^{211}_{84}Po$ (ביחידות של גרעינים לשנייה).

(5 נקודות)

(2) חשב, עבור אותו רגע, את קצב ההצטברות של גרעיני האיזוטופ היציב של העופרת, שמקורם בגרעיני ה- $^{207}_{81}Tl$. (5 נקודות)

שאלות מבגרויות – אופטיקה גיאומטרית

שאלות

1) בגרות 2017 – שאלה 6

רמי ישב ליד בריכה ריקה. בתחתית הבריכה הונח מטבע,
אך ממקום מושבו של רמי לא ניתן היה לראות את המטבע כשהבריכה ריקה.
התחילו למלא את הבריכה במים, וברגע מסוים ראה רמי את המטבע
(רמי והמטבע לא זזו ממקומם).
מקדם השבירה של המים הוא $n=1.33$.

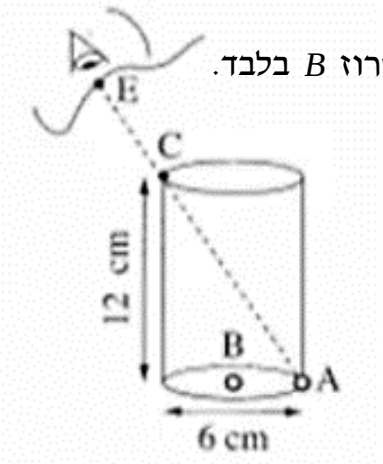
א. הגדר את תופעת השבירה של האור, וציין את סיבתה.

ב. הסבר מדוע ראה רמי את המטבע רק לאחר שהבריכה התמלאה חלקית.
לווה את תשובתך בסרטוט מהלך הקרניים.

ג. נתון: קרן היוצאת מן המטבע, ומגיעה לעין של רמי, עוברת בתוך המים
מרחק $d=0.61\text{m}$. זווית השבירה של קרן זו היא $\beta=13.6°$.
חשב את עומק המים.

2) בגרות 2016 – שאלה 7

בתרשים שלפניך מוצג כלי ריק בצורת גליל. גובה הכלי: 12cm, קוטרו: 6cm.
בתחתית הכלי מונחים שני חרוזים קטנים מאוד: חרוז A צמוד לדופן הכלי וחרוז B במרכז התחתית של הכלי.
תלמיד הביט אל תוך הכלי בכיוון EC (הנקודה C נמצאת על שפת הכלי).
כאשר הכלי היה ריק, התלמיד ראה את חרוז A בלבד.
מילאו את הכלי עד שפתו בנוזל שקוף.
התלמיד הסתכל באותו כיוון וראה את חרוז B בלבד.



א. העתק את תרשים הכלי והעין למחברתך – <u>בלי</u> הקו המקווקו.
הוסף לתרשים שבמחברתך קרן אור שמגיעה מחרוז B, עוברת בתוך הנוזל אל הנקודה C, ומגיעה לעין התלמיד.
סמן בתרשים שבמחברתך את זוויות הפגיעה (α) והשבירה (β), במעבר של קרן האור מהנוזל לאוויר.

ב. חשב את מקדם השבירה של הנוזל.

ג. קבע אם חרוז B נראה לתלמיד בעומק האמתי שהוא היה בו, גבוה יותר או נמוך יותר.

נמק קביעתך באמצעות שרטוט תרשים נוסף – של הכלי ומהלך הקרניים.

3) בגרות 2016 – שאלה 6

תלמידה רצתה לבדוק את סוג העדשות במשקפיים של דודתה.
לשם כך הניחה התלמידה שתי כפיות זהות עת השולחן, והניחה אחת מעדשות המשקפיים מעל אחת הכפיות.
בתרשים שלפניך נראה תצלום הכפיות והמשקפיים שצילמה התלמידה:

א. בכל אחת מן האפשרויות שלפניך, קבע מהו המאפיין הנכון של דמות הכפית הנראית מבעד לעדשה:
1. ישרה או הפוכה.
2. ממשית או מדומה.
3. מוגדלת או מוקטנת.

ב. האם העדשה מרכזת או מפזרת? נמק את תשובתך.

ג. מצא את דמות הכפית באמצעות שרטוט מדויק של מהלך שלוש קרניים.

ד. נתון: רוחק מוקד העדשה $|f|=12\text{cm}$, מרחק העצם מהעדשה 6cm, גובה העצם 3cm.
בשרטוט, השתמש בקנה מידה של משבצת = 1 ס"מ.
חשב, באמצעות נוסחאות, את גובה הדמות ואת מרחקה מהעדשה.
האם תוצאות החישוב מתאימות לאותם ערכים שהתקבלו בשרטוט?

4) בגרות 2015 – שאלה 7

ילד לובש חולצה, שעליה מודפסת האות F, ועומד מול מראה מישורית התלויה על קיר (ראה איור).

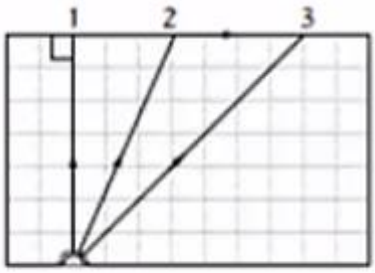
א. מהי התופעה הפיזיקלית שגורמת להשתקפות הילד רק במראה ולא בקיר?

ב. המרחק של הילד מן המראה היה 1 מטר,
והוא החל להתקרב אליה במהירות קבועה של $v=0.5\frac{\text{m}}{\text{s}}$.
חשב בתוך כמה זמן יהיה המרחק בין הילד ובין דמותו 0.5 מטר.

ג. לפניך ארבע צורות, I-IV, של האות F. העתק למחברתך את הופעת האות F, כפי שהילד שמסתכל במראה רואה אותה.

5) בגרות 2014 – שאלה 7

מקור אור נקודתי נמצא בתוך מנסרה מלבנית (תיבה), העשויה מחומר שקוף.
המנסרה נמצאת באוויר.
בתרשים 1 מוצג חתך של המנסה, המקביל לשתיים מדופנות המנסרה,
ולכן מוצג בו מהלכן של שלוש קרניים, 1, 2 ו-3, שמקורן במקור האור.
זווית השבירה של קרן 2 היא $90°$ בקירוב.

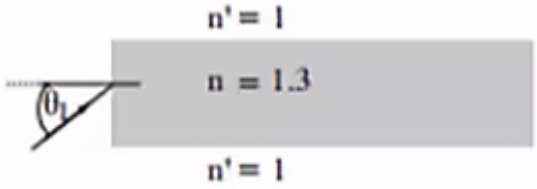


תרשים 1

א. העתק את תרשים 1 למחברתך, והשלם בו במדויק את המשך המהלך של קרן 1 ושל קרן 3. <u>הסבר את שיקוליך</u>.

ב. על פי התרשים, חשב את הזווית הגבולית (קריטית), למעבר אור, מן החומר השקוף לאוויר.

ג. אפשר להעביר מידע למרחקים גדולים באמצעות סיבים אופטיים, שאור מתפשט דרכם כמעט בלי הפסד אנרגיה.
בתרשים 2 מתואר חתך של סיב אופטי העשוי מחומר שקוף, שמקדם השבירה שלו $n=1.3$, וקרן אור נכנסת לתוכו מן האוויר בזווית פגיעה θ_1.



תרשים 2

כאשר האור נכנס לסיב מהצד (כמתואר בתרשים 2), זווית הפגיעה θ_1 צריכה להיות קטנה מ- $75°$, כדי למנוע דליפת (יציאת) אור מהסיב לאוויר.
<u>הסבר מדוע</u>. בתשובתך היעזר בתרשים.

6) בגרות 2014 – שאלה 6

יאיר ישב במוכנית ורצה לעיין במפה שבידיו (זה היה לפני עידן ה-G.P.S).
בחוץ שרר חושך, ולכן יאיר הדליק נורה בתוך המכונית.

א. כדי שיראה היטב את המפה, האם על יאיר לכוון את אלומת האור מן הנורה לעבר עיניו, או לעבר המפה? נמק.

ב. לאחר שיאיר הדליק את הנורה, הוא התבונן בשמשת החלון של מכוניתו. הוא לא ראה את הסביבה שבחוץ, אלא את דמותו המשתקפת בשמשת החלון. הסבר, באמצעות תרשים, כיצד נוצרת הדמות המשתקפת בשמשת החלון.

ג. יאיר מאס בפקקי התנועה שבכבישים, והחליט לנסוע ברכבת. כשבתוך קרון הרכבת דלק אור, ומחוץ לרכבת שרר חושך, יאיר הבחין בשתי דמויות שלו המשתקפות בחלון הרכבת. חלון הרכבת מורכב משני לוחות זכוכית מקבילים, וביניהם מרווח שבו שכבת אוויר. אפשר להזניח את העובי של לוחות הזכוכית. מדוע ברכבת הבחין יאיר בשתי דמויות, ולא בדמות אחת, כפי שראה במכוניתו? פרט את תשובתך.

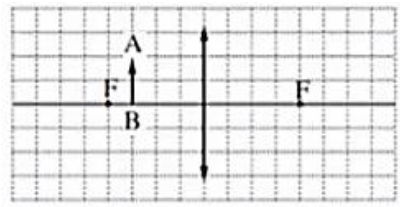
ד. באותם תנאי תאורה הכניסו נייר שחור למרווח שבין שני לוחות הזכוכית. הנייר אוטם את כל המרווח.
כמה דמויות השתקפו בחלון? נמק.

7) בגרות 2013 – שאלה 6

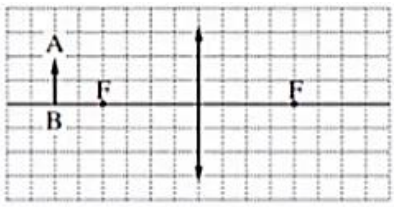
אדם המרכיב משקפיים, עם עדשות מרכזות זהות, רואה בעזרתם את הדמות המדומה של העצם.

א. הסבר את המושגים "דמות ממשית" ו"דמות מדומה".
בהסברך תוכל להיעזר בתרשימים.

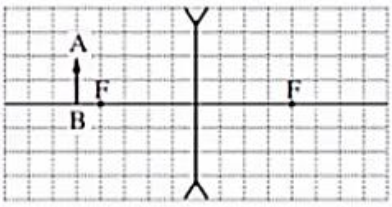
ב. בתרשימים א-ג החץ AB מייצג את העצם.
קבע איזה תרשים מתאים לתיאור שבפתיח. נמק את קביעתך.



תרשים ב



תרשים א



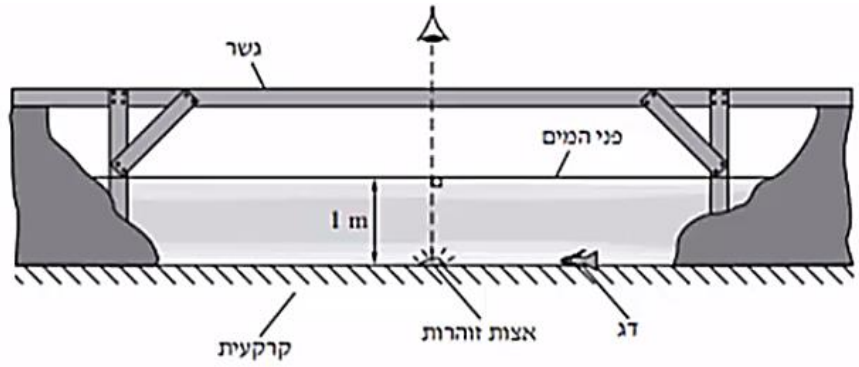
תרשים ג

ג. עוצמת העדשה היא 2 דיופטריות. מהו רוחק המוקד של העדשה?

ד. המרחק בין הדמות לעדשה הוא 60cm . חשב את המרחק בין העצם לעדשה.

8) בגרות 2013 – תרגיל 1

בגן חיות יש בריכה ובה דגים ויצורי מים מיוחדים.
מושבה של אצות זוהרות (פולטות אור) נחה על קרקעית הבריכה, בעומק של 2 מטר.
מקדם השבירה של מי הבריכה, ביחס לאוויר, הוא $n=1.33$.
מעל הבריכה נמתח גשר, שממנו המבקרים יכולים לצפות בה (ראה תרשים).
התייחס למושבת האצות כאל מקור אור נקודתי.



א. האור שנפלט ממושבת האצות לעבר פני המים עובר לאוויר דרך משטח מעגלי של פני המים.
הסבר מדוע. היעזר בתרשים מתאים.

ב. חשב את הרדיוס של המשטח המעגלי שהאור עובר דרכו לאוויר.

ג. אדם הניצב על הגשר, בדיוק מעל מושבת האצות, רואה אותה בעומק קטן יותר מהעומק האמיתי שהיא נמצאת בו.
הסבר מדוע.

ד. דג השוחה על קרקעית הברכה, בעומק 1 מטר, רואה את השתקפות האצות באמצעות קרני אור המוחזרות מפני המים.
חשב את המרחק (האופקי) המינימלי, בין הדג לבין מושבת האצות, שהוא יכול לראות בו את השתקפות האצות, באמצעות קרני אור המוחזרות בהחזרה מלאה.

ה. כאשר הדג נמצא בעומק של 1 מטר, והמרחק בינו לבין מושבת האצות קטן יותר מהמרחק שחישבת בסעיף ד, הוא עדיין רואה את השתקפות האצות בפני המים.
הסבר מדוע.

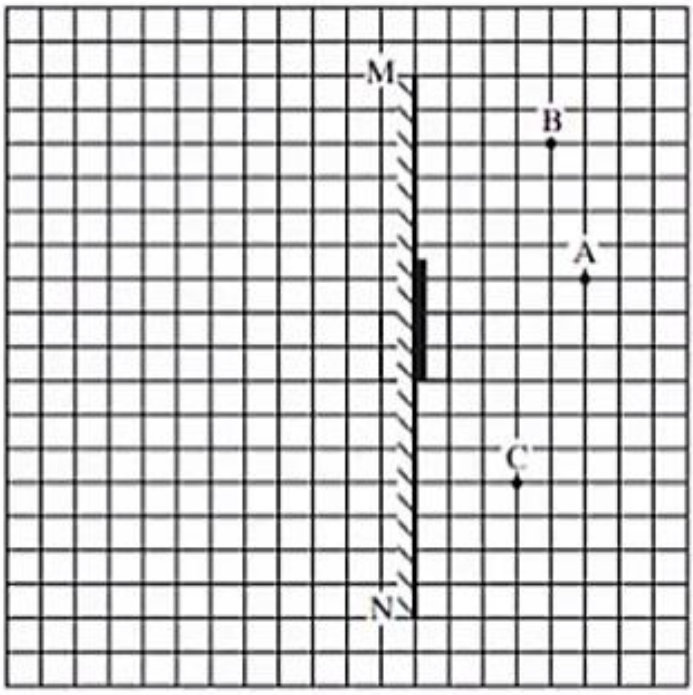
9) בגרות 2012 – שאלה 1

עצם ניצב לפני משטח מישורי.

א. מה צריך להתקיים כדי שתיווצר דמות של העצם על ידי המשטח?

ב. כאשר נוצרת דמות של העצם על ידי המשטח, איזה תנאי חייב להתקיים כדי שצופה המתבונן במשטח יראה את הדמות של העצם?

ג. באיור שלפניך מתואר חתך של מראה מישורית MN, המכוסה במרכזה בכיסוי בד אטום. בנקודה A נמצא עצם נקודתי.
בכל אחת מהנקודות B ו-C נמצא צופה (צופה B, צופה C).
הנקודות A, B ו-C, נמצאות על אותו מישור.



העתק אל מחברתך את התרשים, כך שכל משבצת בתרשים – תיוצג על די משבצת במחברתך.
האם צופה B וצופה C רואים את הדמות A באותו מקום?
הסבר.

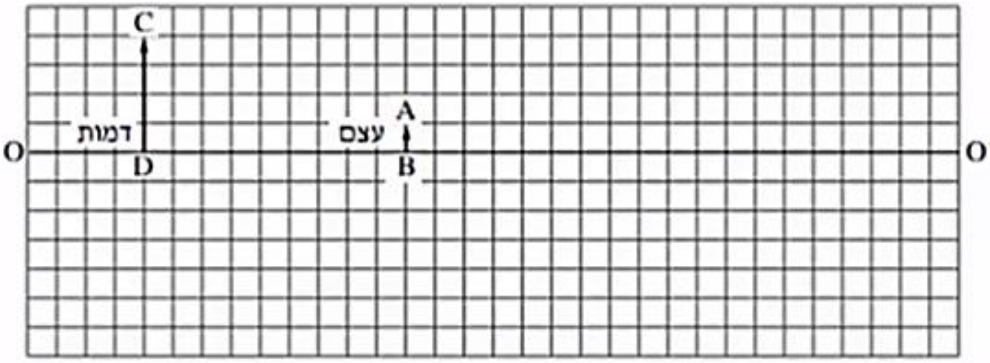
ד. צלע של משבצת אחת מייצגת מרחק של 20 ס״מ במציאות.
חשב את המרחק של הצופה הנמצא בנקודה C מהדמות של העצם A.

ה. צופה C מביט אל עבר המראה, אך אינו רואה בה את דמות העין של צופה B.
האם צופה B, המביט אל עבר המראה, רואה בה את דמות העין של צופה C?
הסבר.

10) בגרות 2011 – שאלה 1

בתרשים שלפניך OO מסמן ציר אופטי של עדשה דקה (העדשה אינה מוצגת בתרשים).

הקטע AB מסמן עצם, והקטע CD מסמן את הדמות של העצם – הנוצרת בעזרת העדשה. הצלע של כל משבצת בתרשים = 1 ס"מ.



א. מדוע הדמות המתוארת בתרשים יכולה להיווצר רק בעזרת עדשה מרכזת?

העתק למחברתך את התרשים, כך שכל משבצת בתרשים – תיוצג על ידי משבצת במחברתך.

השתמש בתרשים ששרטטת כדי לענות על סעיפים ב-ג:

ב. מצא, בעזרת שרטוט של מהלך קרני האור, את מיקום העדשה, והוסף אותה לתרשים.

ג. מצא את רוחק המוקד של העדשה בשתי דרכים:

1. שרטוט של מהלך קרני האור.
2. חישוב.

ד. כשהמרחק בין העצם לעדשה גדול מערך מסוים u_1, נוצרת דמות הפוכה ביחס לעצם.

קבע מהו u_1. נמק.

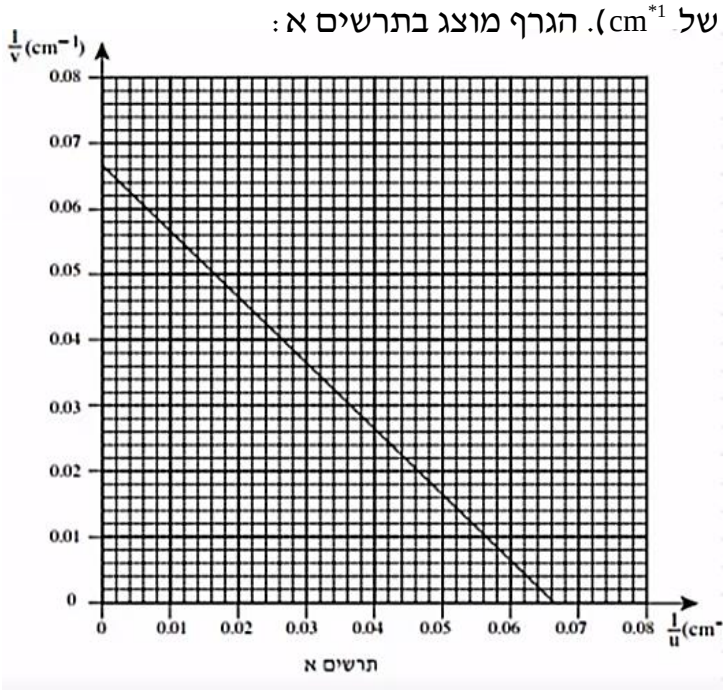
ה. כשהמרחק בין העצם לעדשה שווה לערך מסוים u_2, הגדול מ- u_1, נוצרת דמות באותו גובה של הדמות CD שבתרשים.

מצא את u_2.

11) בגרות 2009 – שאלה 1

ברק הציב מקור אור, במרחקים שונים מעדשה דו-קמורה דקה.
בכל פעם הוא מדד את המרחק של מקור האור מן העדשה (u), ואת המרחק של המסך שעליו התקבלה דמות חדה של מקור האור מן העדשה (v).

לאחר מכן הוא חישב את ערכי $\frac{1}{u}$ ו-$\frac{1}{v}$, ועל פי ערכים אלה שרטט גרף של $\frac{1}{v}$ (ביחידות של cm^{-1}). הגרף מוצג בתרשים א:



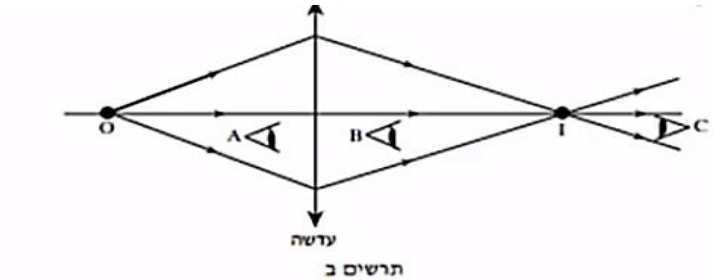
תרשים א

א. הסבר מדוע הגרף שהתקבל הוא קו ישר.

ב. מצא בעזרת הגרף את רוחק המוקד של העדשה. פרט את חישוביך.

ג. כאשר הציב ברק את מקור האור במרחק 10 ס"מ מן העדשה, הוא לא הצליח למקם את המסך כך שתתקבל עליו דמות חדה של מקור האור. הסבר מדוע.

ד. בתרשים ב שלפניך מתואר עצם נקודתי O ודמותו I, הנוצרת על ידי עדשה מרכזת דקה.



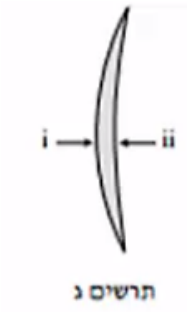
תרשים ב

האם אפשר לראות את הדמות I גם ללא מסך?
אם כן – באיזו מהנקודות, A, B או C, צריכה להימצא העין (על פי כיווני ההסתכלות שלה המתוארים בתרשים), כדי לראות את הדמות I?
אם לא – היעזר בתרשים ב, והסבר מדוע אי-אפשר לראות את הדמות ללא מסך.

ה. בתרשים ג שלפניך מתואר חתך של עדשת זכוכית קמורה-קעורה דקה. מטילים על העדשה פעמיים אלומת אור מקבילה ואופקית, המתפשטת באוויר:

i. אלומת האור פוגעת תחילה במשטח הקמור.

ii. אלומת האור פוגעת תחילה במשטח הקעור.



תרשים ג

העתק למחברתך את המספר של המשפט הנכון מבין המשפטים שלפניך:

1. העדשה מרכזת את האור בשני המקרים.
2. העדשה מרכזת את האור במקרה i ומפזרת אותו במקרה ii.
3. העדשה מפזרת את האור במקרה i ומרכזת אותו במקרה ii.
4. העדשה מפזרת את האור בשני המקרים.

12) בגרות 2007 – שאלה 2

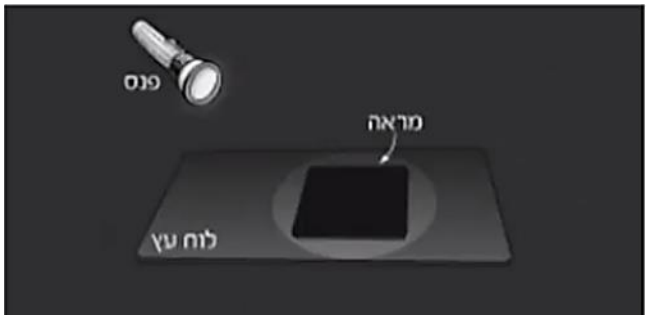
על ספסל אופטי המונח על שולחן, מציבים מקור אור שצורתו מלבן (מלבן מלא), עדשה מרכזת שרוחק המוקד שלה הוא $f = 30$ ומסך.
מקור האור, העדשה והמסך – מקבילים זה לזה.
שתיים מהצלעות של מקור האור המלבני מאונכות לשולחן. הדמות של מקור האור מתקבלת על המסך, וגובהה גדול פי 2 מהגובה של מקור האור.

א. חשב את המרחק של מקור האור מן העדשה.

ב. פי כמה גדול שטח הדמות מהשטח של מקור האור? נמק.

ג. מציבים את מקור האור במרחק 160cm מן המסך.
באיזה מרחק ממקור האור יש להציב את העדשה, כדי שתתקבל על המסך דמות? אם יש יותר מאפשרות אחת, כתוב את כולן.

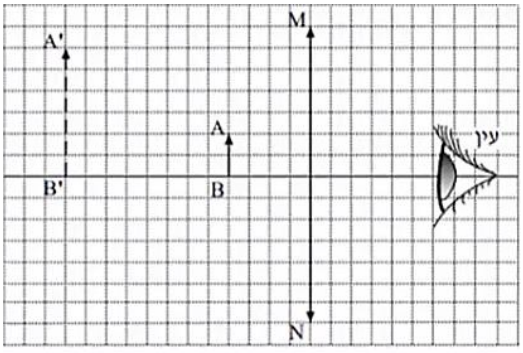
ד. האיור שלפניך הוא העתק של תצלום, שבו מראה מישורית מונחת על לוח-עץ ופנס. הפנס פולט אלומת אור הפוגעת בלוח העץ ובמראה שעליו. מלבד הפנס אין מקורות אור נוספים.



מדוע המראה שבתצלום נראית חשוכה, ואילו החלק של לוח העץ – שבו פוגעת אלומת האור – נראה מואר?

13) בגרות 2004 – שאלה 1

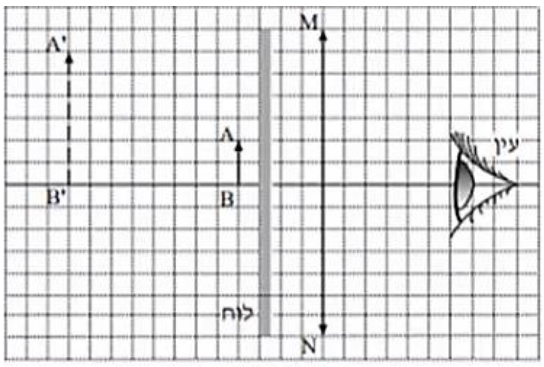
בתרשים א מוצגת מערכת, ובה עדשה מרכזת MN, הציר האופטי שלה, בול דואר, AB, הדמות של הבול, A'B', הנוצרת על ידי העדשה, ועין הצופה המתבונן בבול.
אורך הצלע של כל משבצת בתרשים מייצג מרחק של 5 ס״מ במציאות.



תרשים א

א. 1. מצא את אורך מוקד העדשה.
2.חשב את עוצמת העדשה. הצג את תשובתך בדיופטר.

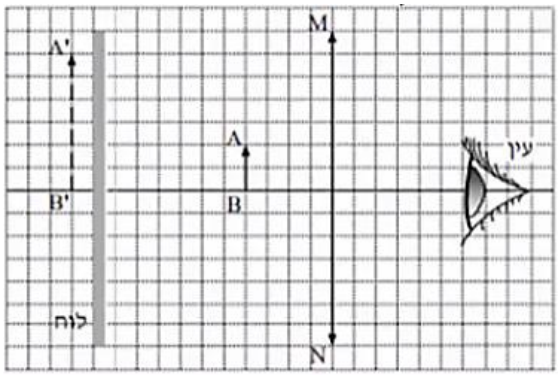
באותה מערכת מציבים לוח אטום לאור לפני הבול, בין הבול לעדשה (ראה תרשים ב).



תרשים ב

ב. האם במצב זה יוכל הצופה לראות את הבול? נמק.

ג. את הלוח האטום-לאור מעבירים אל מאחורי הבול, כמוצג בתרשים ג.



תרשים ג

האם במצב זה יוכל הצופה לראות את הבול? נמק.

ד. מסלקים את הלוח האטום.
הבול, העדשה והעין נשארים במקומם.
הצופה מתבונן בבול דרך העדשה (ראה תרשים א), ואחר כך הוא מסלק את העדשה ומתבונן בבול.
באיזה משני המצבים (עם העדשה או בלי העדשה),
הבול נראה לצופה גדול יותר?
הסבר את תשובתך במונחים של זוויות ראייה.

ה. העתק למחברתך את תרשים א (כל משבצת בתרשים תהיה משבצת במחברת).
שרטט קרן, היוצאת מראש הבול A, עוברת בעדשה, וחודרת למרכז האישון של עין הצופה.
תאר כיצד קבעת את מהלך הקרן ששרטטת.

תשובות סופיות

1) א+ב. ראו בווידאו. ג. 0.6m

2) א. ראו בווידאו. ב. 1.85 ג. ראו בווידאו.

3) א1. ישרה. 2. מדומה. 3. מוגדלת. ב. מרכזת. ג. בווידאו. ד. כן.

4) א. ראו בווידאו. ב. 1.5sec ג. IV

5) א. ראו בווידאו. ב. $23.2°$ ג. ראו בווידאו.

6) א. לעבר המפה. ב+ג. בווידאו. ד. 1

7) א. ראו בווידאו. ב. תרשים ב'. ג. 50cm ד. 27.3cm

8) א. ראו בווידאו. ב. $r=1.14$ ג. ראו בווידאו. ד. 2.28m ה. בווידאו.

9) א-ג. ראו בווידאו. ד. 2m ה. לא.

10) א+ב. ראו בווידאו. ג1. ראו בווידאו. 2. 4cm ד. $u>f$ ה. 8cm

11) א+ג. ראו בווידאו. ד. כן, צופה C. ה. 1

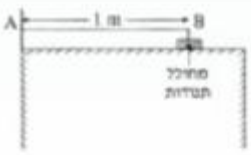
12) א. 45cm ב. פי 4. ג. $u_2=40\text{cm},\ u_1=120\text{cm}$ ד. ראו בווידאו.

13) א1. 30cm 2. 3.33D ב. לא. ג. כן. ד. עם העדשה. ה. בווידאו.

שאלות מבגרויות – גלים חד ממדיים:

שאלות

1) בגרות 1997



חוט AB , שאורכו 1 m , 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.

$\frac{1}{\lambda}$ (m^{-1})	λ (m)	צורת הגל העומד	f – תדירות התנודות (Hz)
			24
			45
			67
			88

התייחס לנקודה B כנקודת צומת.

א. העתק את הטבלה למחברתך, ורשום בעמודה המתאימה את אורך הגל λ לכל אחד מארבעת הגלים העומדים שנוצרו בחוט. (16 נקודות)

ב. רשום בעמודה המתאימה בטבלה את הערך $\frac{1}{\lambda}$ לכל אחד מארבעת הגלים, וסרטט גרף של התדירות f כפונקציה של $\frac{1}{\lambda}$. (14 נקודות)

ג. מצא בעזרת הגרף את מהירות התפשטותו של גל בחוט AB . (10 נקודות)

ד. התלמיד ממשיך להגדיל את תדירות מחולל התנודות. מהי התדירות הראשונה (הגבוהה מ־ 88 Hz) שייווצר בה גל עומד בחוט AB ? נמק. (10 נקודות)

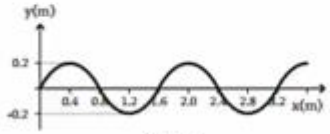
2) בגרות 2007

בניסוי במעבדה, תלמיד קושר את הקצה הימני A של חבל אלסטי לנקודה קבועה, ומותח את החבל כך שהוא אופקי.

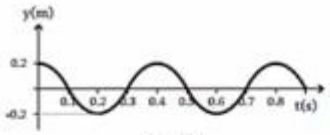
לאחר מכן הוא מנדנד את קצהו השמאלי, B , של החבל מעלה ומטה בתנועה מחזורית.

תרשים א מציג את ההעתקים של הנקודות השונות על קטע מהחבל, כפונקציה של המקום, ברגע מסוים (לפני שהגיע לקצה החבל A). ציר המקום, x , מצביע ימינה.

תרשים ב מציג את ההעתק של קצה החבל B , כפונקציה של הזמן.



תרשים א



תרשים ב

א. מצא את מהירות הגל. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

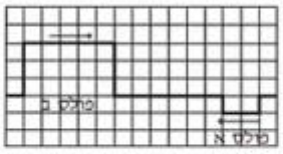
ב. חשב את המהירות של התנודות הגל בחבל. (10 נקודות)

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.

סרטט גרף של ההעתקים של הנקודות השונות על קטע החבל בניסוי זה, כפונקציה של המקום, עבור רגע מסוים (לפני שהגיע לקצה החבל A). (9 נקודות)

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 (צג כל משבצת מתרשים ג על ידי משבצת במחברתך):

בתרשים אחד הצג את מצב החבל ברגע $t = 5\,s$,

ובתרשים שני הצג את מצב החבל ברגע $t = 8\,s$.

הסבר את שיקולייך בקביעת מצבי החבל. (9 נקודות)

3) בגרות 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.

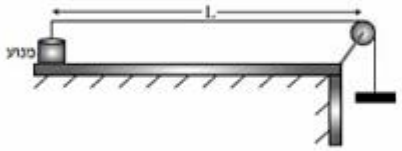
בניסוי השני היא נדנדה את הקצה החופשי של החבל (בכיוון מאונך לחבל) בתדירות כפולה מזו שבניסוי הראשון. גם הפעם התקדם גל לאורך החבל.

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. (4 נקודות)

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 $L = 80\ cm$.



עידו הפעיל את המנוע והגדיל בהדרגה את תדירותו. בתדירויות מסוימות נוצרו לאורך החבל גלים עומדים עם מספר שונה של נקודות קמר (טבור). בכל פעם שנוצר גל עומד, רשם עידו בטבלה את המספר של נקודות הקמר ואת תדירות המנוע.

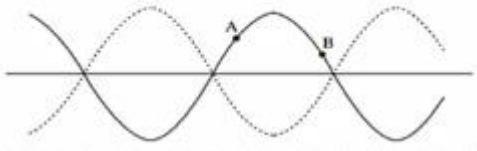
מספר נקודות קמר n	תדירות f (Hz)	אורך הגל λ בחבל (m)	ההופכי של אורך הגל $1/\lambda$ בחבל (1/m)
1	16		
2	35		
3	50		
4	65		
5	80		

ב. העתק את הטבלה למחברתך. חשב את הערכים המתאימים של אורך הגל λ, של ההופכי של אורך הגל $1/\lambda$, ורשום את התוצאות בעמודות המתאימות בטבלה.
עגל את תוצאות החישוב עד ספרה אחת אחרי הנקודה העשרונית. (10 נקודות)

ג. סרטט גרף של ההופכי של אורך הגל $1/\lambda$, כפונקציה של התדירות f.
(8 נקודות)

ד. חשב, על פי הגרף שקיבלת, את המהירות v של התקדמות הגל בחבל.
פרט את שיקולייך במציאת המהירות. (8 נקודות)

ה. לפניך תרשים של גל עומד בחבל. מהו הפרש המופע בין שתי הנקודות A ו- B המסומנות בתרשים? ($3\frac{1}{3}$ נקודות)



4) בגרות 2010

5) בגרות 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.

(3 נקודות)

ב. על מיתר מתוח יוצרים גלים בתדירות $f = 500\ Hz$. מהירות ההתקדמות של הגלים על המיתר היא $400\frac{m}{s}$.

חשב את אורך הגל של הגלים. ($3\frac{1}{2}$ נקודות)

כאשר שני הקצוות של המיתר המתוח (המתואר בסעיף ב) קבועים במקומם, מתרחשת סופרפוזיציה של הגלים הנעים על המיתר עם גלים המוחזרים מהקצוות. בעקבות זאת נוצר על המיתר גל עומד שבו שני הקצוות הם נקודות צומת (מינימום), ומרכז המיתר הוא נקודת קמר (מקסימום) יחידה.

ג. חשב את אורך המיתר. (2 נקודות)

ד. הגדילו את התדירות של הגל עד שנוצר שוב גל עומד.

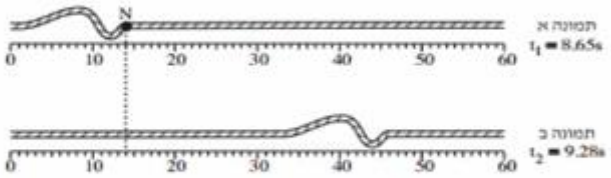
(1) חשב מהי תדירות זו.

(2) כמה נקודות צומת התקבלו על המיתר (כולל הקצוות)?

(4 נקודות)

6) בגרות 2014

בתרשים 1 מוצגות שתי תמונות של חבל, שלאורכו מתקדמת הפרעה (פולס).
בתמונה א מוצגת ההפרעה ברגע $t_1 = 8.65s$, ובתמונה ב מוצגת ההפרעה ברגע $t_2 = 9.28s$.
מותחת לכל התמונה מוצג סרגל המכויל בסנטימטרים.



תרשים 1

א. (1) מהו כיוון ההתקדמות של ההפרעה (ימינה, שמאלה, מעלה או מטה)?
(2) מהו סוג ההפרעה (אורכית, רוחבית או אחרת)? נמק.
(4 נקודות)

ב. היעזר בתרשים 1 וחשב את מהירות ההתקדמות של ההפרעה. ($2\frac{1}{2}$ נקודות)

ג. N היא נקודה על החבל. קבע איזה מבין הקצים המסומנים בתרשים 2 מתאר נכון את כיוון התנועה של הנקודה N, רגע לאחר t_1. (2 נקודות)

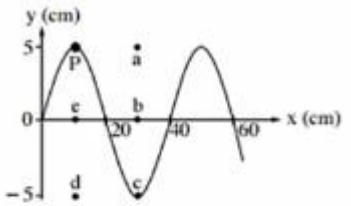
תרשים 2

ד. קצה החבל קשור בנקודה קבועה למוט אנכי שאינו נראה בתמונות.
ההפרעה מתקדמות לאורך החבל לעבר קצהו הקשור, והיא חוזרת לכיוון שהגיעה ממנו.
כאשר ההפרעה חוזרת היא מתהפכת בכיוון מעלה-מטה.
סרטט במחברתך תרשים מקורב של ההפרעה המוחזרת. (2 נקודות)

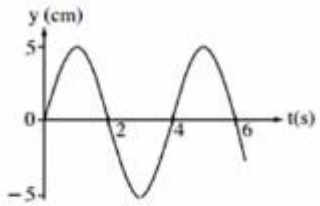
ה. במקרה אחר קצה החבל קשור לטבעת החופשייה לנוע מעלה-מטה לאורך המוט האנכי.
סרטט במחברתך תרשים מקורב של ההפרעה המוחזרת במקרה זה. (2 נקודות)

7) בגרות 2015

שני התרשימים שלפניך מתארים גל מחזורי שמתקדם לאורך חבל מתוח.



תרשים ב



תרשים א

א. היעזר בתרשימים ומצא את הגדלים האלה:
(1) משרעת (אמפליטודת) הגל.
(2) תדירות הגל.
(3) אורך הגל.
(6 נקודות).

ב. חשב את המהירות של התקדמות הגל לאורך החבל המתוח. (2 נקודות)

ג. על החבל מסומנת נקודה בצבע שחור (נקודה P שבתרשים ב).
קבע באיזו נקודה (מן הנקודות a, b, c, d, e המסומנות בתרשים ב) תהיה נקודה P,
כעבור 2 שניות מהרגע המתואר בתרשים. נמק. ($4\frac{1}{2}$ נקודות)

8) בגרות 2016

בתרשים שלפניך מוצג גל מחזורי שמתקדם לאורך חוט מתוח. הגל נוצר בקצה A ומתקדם במשך עשירית שנייה עד לקצה B הקשור לקיר. ממדי כל משבצת בתרשים $1.5\text{ cm} \times 2\text{ cm}$.

א. היעזר בתרשים ומצא את הגדלים האלה:

(1) משרעת (אמפליטודת) הגל

(2) תדירות הגל

(3) אורך הגל

(4) מהירות הגל

(4 נקודות)

ב. על החוט שבתרשים מסומנות שתי נקודות C ו־D. קבע את כיוון התנועה של כל אחת משתי הנקודות ברגע המתואר בתרשים (מעלה / מטה / ימינה / שמאלה).

(2 נקודות)

ג. מהו התנאי להיווצרות גל עומד? (2 נקודות)

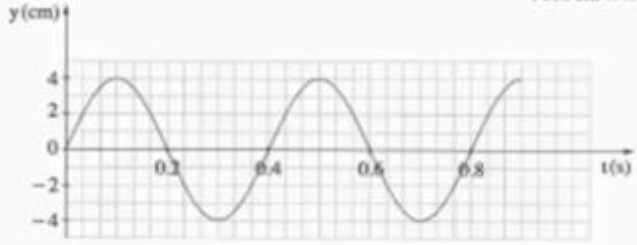
ד. מה צריך להיות זמן המחזור של הגל, כדי שעל אותו החוט ייווצר גל עומד שיש לו שתי נקודות טבור (קמר)? ($4\frac{1}{2}$ נקודות)

9) בגרות 2017

תלמיד קשר קצה אחד של חבל אנכי ארוך, אחיד ואלסטי לנקודה קבועה D (ראה תרשים 1).
לאחר מכן נדנד התלמיד את קצהו האחר, A, של החבל בתנועה מחזורית מועלה ומטה.

תרשים 1

בתרשים 1 מסומנות על החבל שתי הנקודות B ו־P.
תרשים 2 מתאר את סיקומה האנכי, y, של הנקודה B כפונקציה של הזמן, t, מרגע $t = 0$.
בפרק הזמן המתואר בתרשים, הגל עדיין לא הגיע לנקודה הקבועה D. אורך הגל שהתקבל היה 100 cm.



תרשים 2

א. חשב את התדירות שבה נדנד התלמיד את החבל. (2 נקודות)

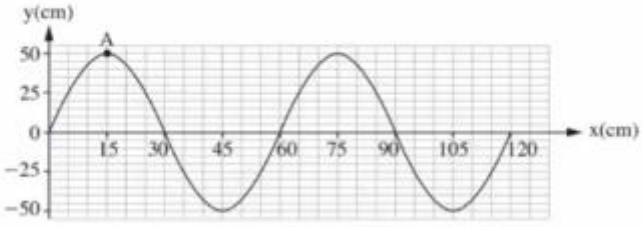
ב. חשב את מהירות ההתפשטות של הגל בחבל. (2 נקודות)

ג. הנקודה P נמצאת על החבל במרחק 50 cm משמאל לנקודה B.
קבע מה היה המיקום האנכי של הנקודה P ברגע $t = 0.5s$. הסבר את קביעתך.

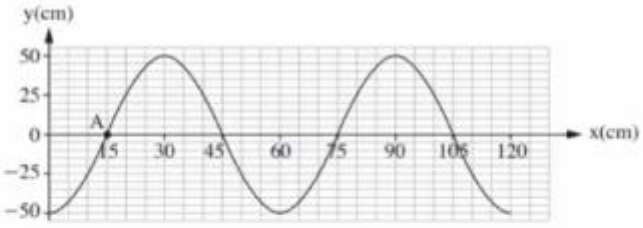
ד. התלמיד המשיך לנדנד את החבל, אך למרות זאת מרגע מסוים כבר לא התקבלו יותר תנודות בנקודה B, ומיקומה האנכי נשאר $y = 0$. הסבר כיצד הדבר ייתכן. (4 נקודות)

10) בגרות מכניקה 2018 נבחני משנה שאלה 8

בתרשים 1 שלפניך מוצג קטע חבל, ובו גל רוחב הנע ימינה. בתרשים 2 מוצג אותו קטע חבל, 0.3 שניות אחרי הרגע המתואר בתרשים 1. זמן המחזור של הגל גדול מ־ 0.3 שניות.



תרשים 1



תרשים 2

א. הסבר מהו ההבדל בין גל אורך לגל רוחב. (2 נקודות)

ב. קבע או חשב את:

(1) משרעת הגל (האמפליטודה).

(2) זמן המחזור של הגל.

(3) תדירות הגל.

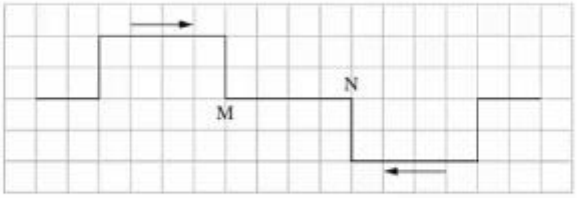
(4 נקודות)

ג. חשב את מהירות ההתקדמות של הגל. (3 נקודות)

ד. סרטט במחברתך גרף מקורב המתאר את גובה הנקודה A כפונקציה של הזמן, בפרק הזמן שבין שני המצבים המתוארים בתרשים 1 ובתרשים 2. ($3\frac{1}{2}$ נקודות)

11) בגרות קרינה וחומר 2021 שאלה 1

שני פולסים נעים זה לקראת זה בחבל אלסטי מתוח. גודל מהירות ההתקדמות של כל פולס הוא $v = 2\frac{cm}{s}$.
בתרשים 1 שלפניך מתואר בקירוב מצב החבל ברגע $t = 0$. הנח כי אורך הצלע של כל משבצת הוא $1cm$.



תרשים 1

א. לפניך שלושה זמנים (1)-(3).

(1) $t_1 = 1s$

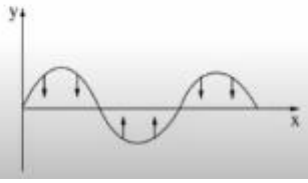
(2) $t_2 = 2s$

(3) $t_3 = 3s$

סרטט במחברתך את מצב החבל בכל אחד מן הזמנים — לכל זמן סרטט תרשים נפרד. הקפד על קנה מידה שבו כל משבצת בתרשים 1 תיוצג על ידי משבצת במחברתך. (6 נקודות)

ב. קבע אם בקטע החבל MN המתואר בתרשים 1, קיימת נקודה שלא עולה ולא יורדת במשך הזמן $0 \le t \le 3s$.
אם לא קיימת — הסבר מדוע, אם כן — ציין את המרחק של נקודה זו מן הנקודה M. (4 נקודות)

נתון חבל אלסטי מתוח שבו קיים גל. תרשים 2 שלפניך מתאר את ההעתק האנכי של כל נקודה בחבל כפונקציה של המקום x ברגע נתון.



תרשים 2

ג. הסבר מדוע הגל שמתואר בתרשים 2 הוא גל עומד. (5 נקודות)

במוקרה אחר, מיתר שאורכו $0.9\ m$ מתוח בין שתי נקודות, B ו־C. בנקודה B המיתר מחובר לקיר ואילו בנקודה C ממוקם מחולל גלים (מתנד). גם נקודה C היא "קצה קשור" (נקודת צומת).

מהירות ההתפשטות של גל רוחב במיתר הזה היא $v = 27\frac{m}{s}$.

שינו בהדרגה את התדירות f של המחולל מ־0 עד 70 הרץ.

ד. חשב את ערכי התדירויות f שיעבורן נוצר גל עומד במיתר. (7 נקודות)

ה. ענה על התת־סעיפים (1)-(2) עבור התדירות הנמוכה ביותר שחישבת בסעיף ד.

(1) סרטט באופן איכותי את המיתר BC.

(2) כמה נקודות צומת יש בגל העומד (כולל הקצוות B ו־C)?

(6 נקודות)

ו. עבור התדירות הנמוכה ביותר שחישבת בסעיף ד, חשב את פרק הזמן Δt הקצר ביותר שבמהלכו נקודה עברה משיא הנובה לשיא השפל. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)