

פיזיקה

קרינה וחומר

הוראות לנבחן

א. משך הבחינה: שעתיים וחצי.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה:

בשאלון זה חמש שאלות, ומהן עליך לענות על שלוש שאלות בלבד.
לכל שאלה — $33\frac{1}{3}$ נקודות; $33\frac{1}{3} \times 3 = 100$ נקודות.

ג. חומר עזר לשימוש: (1) מחשבון לא גרפי. אין להשתמש באפשרות התכנות במחשבון שיש בו אפשרות תכנות.
(2) דפי נוסחאות ונתונים (מצורפים).

ד. הוראות מיוחדות:

(1) ענה על שלוש שאלות בלבד. אם תענה על יותר משלוש שאלות, ייבדקו רק שלוש התשובות

הראשונות שבמחבתך. ציין באופן ברור את מספר השאלה והסעיף שבחרת.

(2) בפתרון שאלות שנדרש בהן חישוב, הצג את השלבים האלה:

רישום הביטוי המתמטי כפי שהוא כתוב בדפי הנוסחאות והנתונים המצורפים, פיתוח מתמטי ושינוי

נושא נוסחה בהתאם לבעיה, הצגה מפורשת של הנתונים בביטוי שהתקבל, הצגת תוצאות החישוב

באמצעות שבר עשרוני ובו מספר סביר של ספרות משמעותיות ויחידות המדידה המתאימות.

(3) בשאלות שהתשובה עליהן מילולית, עליך לענות בקצרה אך ורק בנוגע למה שנשאלת.

(4) בגרפים, יש לשרטט קווים ישרים באמצעות סרגל.

(5) כאשר אתה נדרש להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, רשום ביטוי מתמטי הכולל את נתוני השאלה

או את חלקם; במידת הצורך אפשר להשתמש גם בקבועים בסיסיים מתוך הטבלה שבדפי הנוסחאות

והנתונים או בגודל תאוצת הנפילה החופשית g.

(6) בחישוביך השתמש בערך 10m/s^2 לגודל תאוצת הנפילה החופשית (בסמוך לפני כדור הארץ).

(7) כתוב את תשובותיך בעט. אם תכתבו בעיפרון או תמחק בטיפקס לא תוכל לערער. מותר להשתמש

בעיפרון לסרטוטים וגרפים בלבד.

כתוב במחברת הבחינה בלבד. רשום "טייטה" בראש כל עמוד המשמש טייטה.
כתיבת טייטה בדפים שאינם במחברת הבחינה עלולה לגרום לפסילת הבחינה.

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

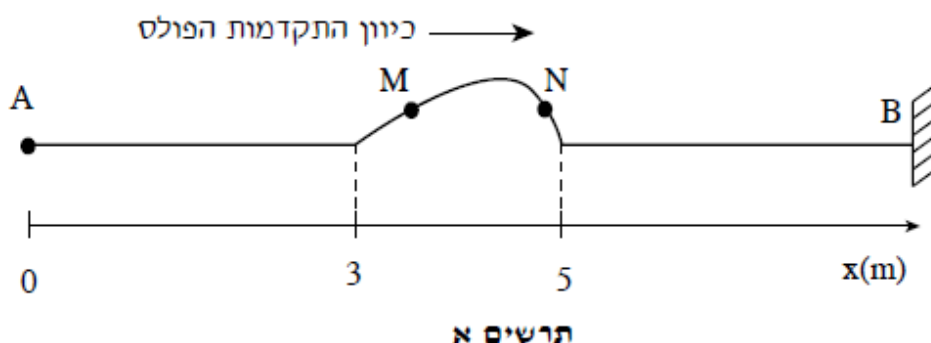
ב ה צ ל ח ה !

השאלות

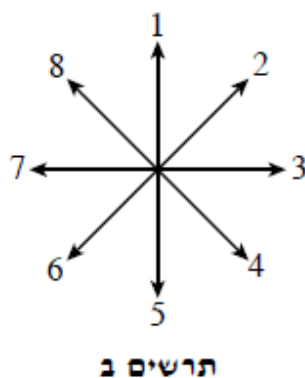
ענה על שלוש מן השאלות 1-5.

(לכל שאלה - $33\frac{1}{3}$ נקודות ; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.)

1. תלמיד מחזיק בקצה A של חבל אלסטי אופקי מתוח, הקשור בקצהו האחר, B, לקיר. התלמיד מניע את ידו בכיוון מאונך לחבל ברגע $t_0 = 0$, תחילה כלפי מעלה ומיד לאחר מכן כלפי מטה, עד שהיד מגיעה לנקודת המוצא ברגע $t_1 = 0.5$ s. לאורך החבל נוצר פולס המתקדם ימינה. תרשים א' שלפניך מציג את מצב החבל ברגע מסוים t_2 , וכן ציר מקום x.



- א. חשב את מהירות ההתפשטות של הפולס בחבל. (5 נקודות)
- ב. חשב את t_2 . ($6\frac{1}{3}$ נקודות)
- ג. על החבל מסומנות שתי נקודות M ו-N. ציין את כיוון התנועה של כל אחת משתי נקודות אלה ברגע t_2 , באמצעות הכיוונים המסומנים בתרשים ב. (8 נקודות)



- בניסוי אחר, באותו חבל, התלמיד מחבר את הקצה A למחולל תנודות, שיוצר גל רוחב מחזורי סינוסואידלי (כלומר גל שצורתו דומה לגרף הפונקציה סינוס). מתיחת החבל נשארה כמו שהייתה בניסוי הקודם, משרעת הגל $A = 1.4$ cm והתדירות $f = 4$ Hz.
- ד. חשב את אורך הגל של הגל המחזורי הנוצר. (6 נקודות)

/המשך בעמוד 3/

(שים לב המשך השאלה בעמוד הבא.)

ה. נתון שברגע $t = 0$ המחולל מתחיל את תנועתו כלפי מעלה.

(1) סרטט את צורת הגל (הֶעֱתָק, y , של הנקודות כפונקציה של מיקומן, x)

ברגע $t = \frac{T}{2}$ (T – זמן המחזור).

(2) סרטט את צורת הגל (הֶעֱתָק, y , של הנקודות כפונקציה של מיקומן, x)

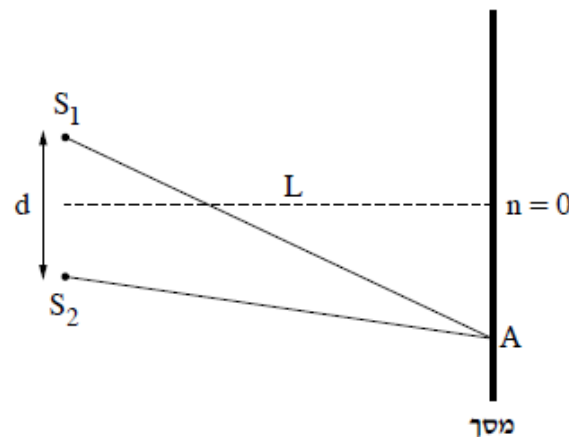
ברגע $t = T$.

(8 נקודות)

/המשך בעמוד 4/

2. תלמידים עורכים שלושה ניסויים.

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



תרשים 1

הנח כי מתקיים קירוב של זוויות קטנות.

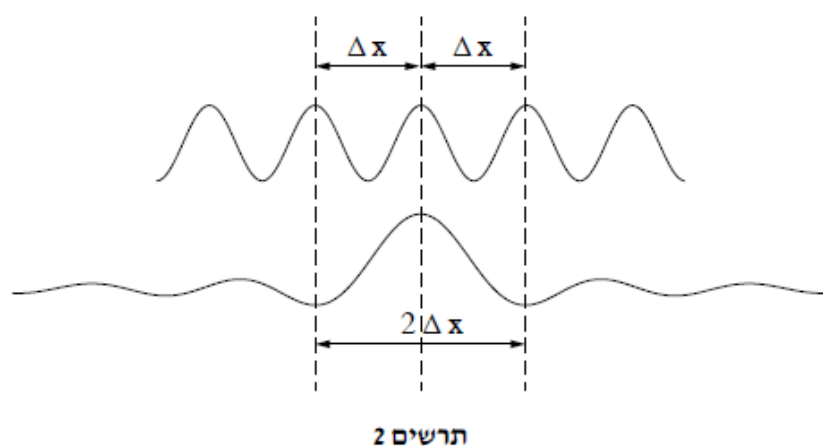
א. קבע אם בנקודה שבה הפרש הדרכים משני החריצים שווה 18 חצאי אורך גל מתקיימת התאבכות בונה, התאבכות הורסת או נקודת ביניים. נמק את קביעתך. (7 נקודות)

נתון שהמרחק בין מרכז המקסימום מסדר $n = 0$ לבין מרכז המקסימום מסדר $n = 8$ שווה 12cm. ב. חשב את הרוחב של פס האור, Δx . (7 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. (5 נקודות)

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



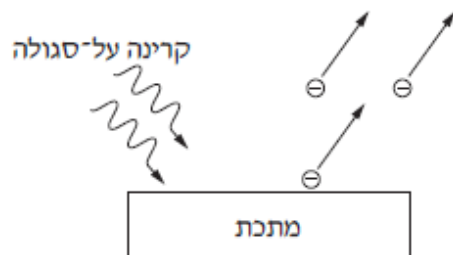
ה. הוכח שבניסוי זה, רוחב החריץ w שווה למרחק d בין S_1 ו- S_2 . (4 נקודות)

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

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

/המשך בעמוד 6/

3. בשנת 1887 גילה היינריך הרץ כי אם מטילים קרינה על-סגולה על מתכת שהאוויר סביבה הוא ניטרלי מבחינה חשמלית, האוויר שבקרבת המתכת נטען במטען חשמלי שלילי (ראה תרשים). לאחר כמה שנים כונתה תופעה זו "האפקט הפוטו-אלקטרי".



קבוצה I וקבוצה II של תלמידי פיזיקה החליטו לשחזר את הניסוי של הרץ. לשם כך הם ערכו ניסויים שבהם הטילו על לוח מתכת בלתי טעון אלומות קרינה מונוכרומטיות שהתדירויות שלהן ידועות. האלומות הוטלו זו אחר זו, ועבור כל תדירות של אלומה מדדו התלמידים את הפוטנציאל של לוח המתכת אחרי התייצבותו לעומת מצבו ההתחלתי (הבלתי טעון). פוטנציאל הלוח נמדד באמצעות מכשיר מדידה מיוחד ללא צורך בחיבור המתכת למעגל חשמלי. תוצאות המדידות של קבוצה I מוצגות בטבלה 1.

טבלה 1: תוצאות המדידות (קבוצה I)

תדירות הקרינה (10^{14} Hz)	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0
פוטנציאל הלוח (V)	0	0	0.03	0.3	0.5	0.67	0.86

- על פי ערכי טבלה 1, סרטט גרף של הפוטנציאל של לוח המתכת כפונקציה של תדירות הקרינה הפוגעת בו. (8 נקודות)
- בגרף שסרטטת, מהי המשמעות הפיזיקלית של נקודת החיתוך של החלק הנטוי של העקומה עם הציר האופקי? (4 נקודות)
- באמצעות הגרף שסרטטת מצא את פונקציית העבודה של המתכת. הסבר את שיקוליך. ($8\frac{1}{3}$ נקודות)
- באחד השלבים של הניסוי, פוטנציאל הלוח היה $0.3V$. התלמידים הקרינו על הלוח אלומת קרינה בתדירות של $11.0 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ (ראה טבלה 1).
 - הסבר מדוע השתחררו אלקטרונים מלוח המתכת.
 - מה קרה לפוטנציאל הלוח בעקבות השתחררות האלקטרונים? (9 נקודות)

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

טבלה 2: תוצאות המדידות (קבוצה II)

12.0	11.5	11.0	10.5	10.0	9.5	9.0	תדירות הקרינה (10^{14} Hz)
0.67	0.5	0.3	0.03	0	0	0	פוטנציאל הלוח (V)

ה. כפי שעולה מטבלה 1 ומטבלה 2, יש הבדלים בין תוצאות המדידות של שתי הקבוצות.

התלמידים הציעו כמה הסברים להבדלים אלה.

קבע איזה מן המשפטים (1)-(4) שלפניך יכול לספק הסבר נכון להבדלים האלה, ונמק

את קביעתך. (4 נקודות)

(1) בקבוצה I השתמשו בקרינה שעוצמתה גבוהה מזו שהשתמשו בה בקבוצה II.

(2) בקבוצה I השתמשו בקרינה שעוצמתה נמוכה מזו שהשתמשו בה בקבוצה II.

(3) בקבוצה I השתמשו בלוח העשוי מתכת אחרת מזו שהשתמשו בה בקבוצה II.

(4) קבוצה I הציבה את לוח המתכת קרוב יותר למקור הקרינה

מאשר הציבה אותו קבוצה II.

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)

/המשך בעמוד 9/

(שים לב המשך השאלה בעמוד הבא.)

ד. לפני השימוש בסימולציה התבקשו התלמידים לשער מהו אורך הגל של

פוטון שיגרום ליינון של אטומי המימן שבמכל.

לפניך ההשערות שהעלו שלושה תלמידים.

תלמיד A : ליינון אטומי המימן שבמכל יגרום רק פוטון

שאורך הגל שלו $\lambda = 91.18 \text{ nm}$.

תלמיד B : ליינון אטומי המימן שבמיכל יגרום כל פוטון

שאורך הגל שלו $\lambda \leq 91.18 \text{ nm}$.

תלמיד C : ליינון אטומי המימן שבמיכל יגרום כל פוטון

שאורך הגל שלו $\lambda \geq 91.18 \text{ nm}$.

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

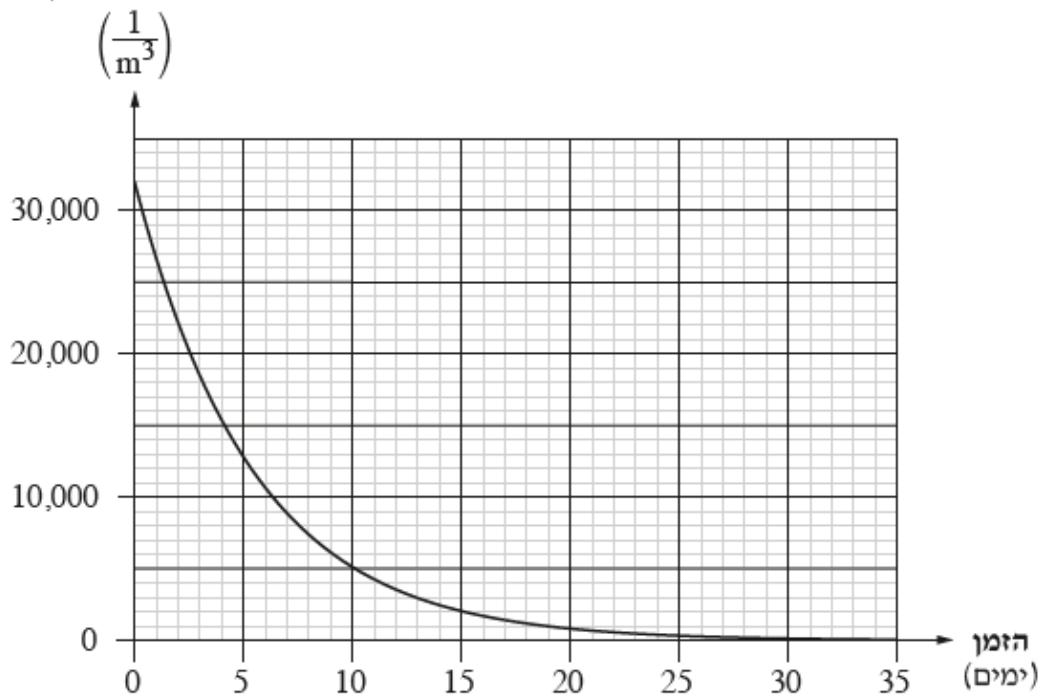
ברמה $n = 3$. (6 נקודות)

5. ראדון, $^{222}_{86}\text{Rn}$, הוא יסוד רדיואקטיבי טבעי שמקורו בקרקע והוא נמצא בכמויות קטנות גם במים. הראדון מתפרק לפולוניום, Po , שגם הוא יסוד רדיואקטיבי, ונפלטת קרינת אלפא. 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: $200 \frac{\text{Bq}}{\text{m}^3}$, $(\text{Bq} = \frac{1}{\text{s}})$.

- א. הסבר את המשמעות הפיזיקלית של המשפט: "רמת האקטיביות המרבית המותרת של הראדון למ"ק במבני מגורים בישראל היא $200 \frac{\text{Bq}}{\text{m}^3}$ ". (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 $32,000 \frac{1}{\text{m}^3}$.

מספר אטומי הראדון למ"ק



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.
(10 נקודות)

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)

בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך