

# בחינת הבגרות בפיסיקה, קיץ תשס"ח

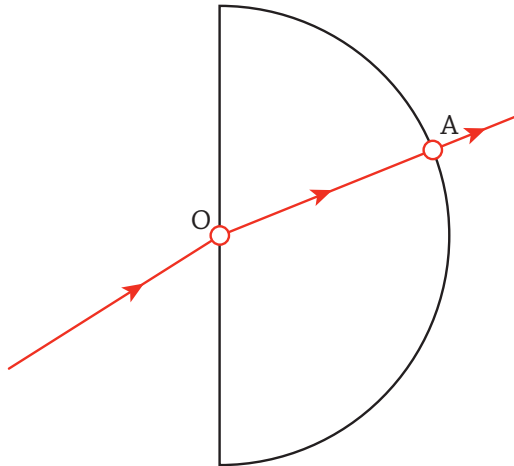
פרק קרינה וחומר עם פתרונות מלאים ומפתח הערכה

עדי רוזן

בחינות  
מבחנים  
ובעיות

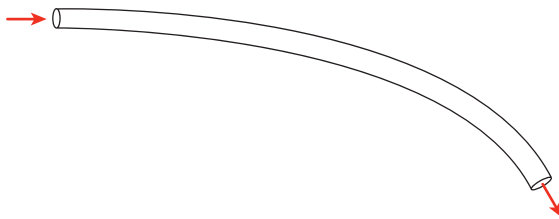


(האלומה המוחזרת אינה מוצגת בתרשים). מדוע לא מתרחשת שבירה בנקודה A? (7 נקודות)



תרשים ב

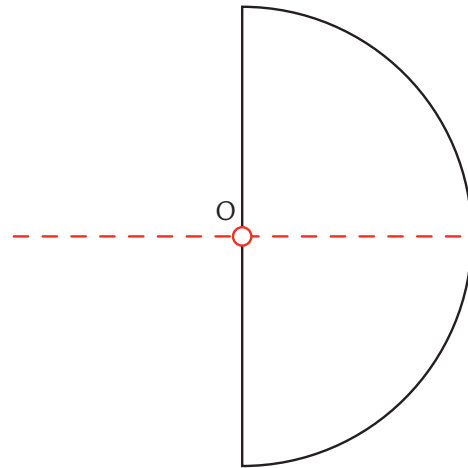
ד. בתרשים ג מוצג מוט עקום עשוי מזכוכית. כאשר אלומת אור מקבילה פוגעת באחד מהקצוות של המוט, היא מתפשטת לאורכו, ויוצאת מהקצה האחר של המוט, אף על פי שהמוט אינו ישר. הסבר את התופעה. העתק למחברתך את תרשים ג בקירוב, וסרטט את המהלך של קרן אור אחת החל מכניסתה למוט עד צאתה ממנו. (7  $\frac{1}{3}$  נקודות)



תרשים ג

## ענה על שלוש שאלות מהשאלות 1-5.

1. בתרשים א מוצג חתך של חצי דסקית העשויה מחומר שקוף שמקדם השבירה שלו אינו ידוע.



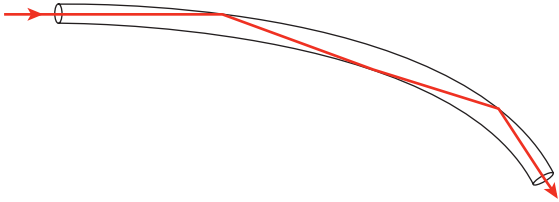
תרשים א

תלמיד הטיל בזו אחר זו אלומות אור צרות ומקבילות, והן התפשטו תחילה באוויר, ולאחר מכן פגעו במרכז הדסקית בנקודה O. בכל פעם מדד התלמיד את זווית הפגיעה באוויר ואת זווית השבירה בחומר השקוף. תוצאות המדידות רשומות בטבלה שלפניך.

75	60	45	30	15	0	(°)
32.5	28.5	23	16	8	0	(°)

- א. סרטט גרף מתאים, שעל פיו תוכל לחשב את מקדם השבירה של החומר שממנו עשויה חצי הדסקית. (10 נקודות)
- ב. על פי הגרף שסרטטת, חשב את מקדם השבירה של החומר שממנו עשויה חצי הדסקית. (9 נקודות)
- ג. בתרשים ב מוצגים: אלומת אור הפוגעת בחצי הדסקית, האלומה הנשברת, והמשכה באוויר

**ד.** במעבר קרן אור מאזור בעל מקדם שבירה גבוה לאזור בעל מקדם שבירה נמוך יותר, יכולה להתרחש החזרה גמורה, בתנאי שזווית הפגיעה גדולה או שווה לזווית הקריטית. במקרה זה קרן אור פוגעת בזכוכית בזווית גדולה מהזווית הקריטית ולכן יש החזרה גמורה ולא שבירה לאוויר.

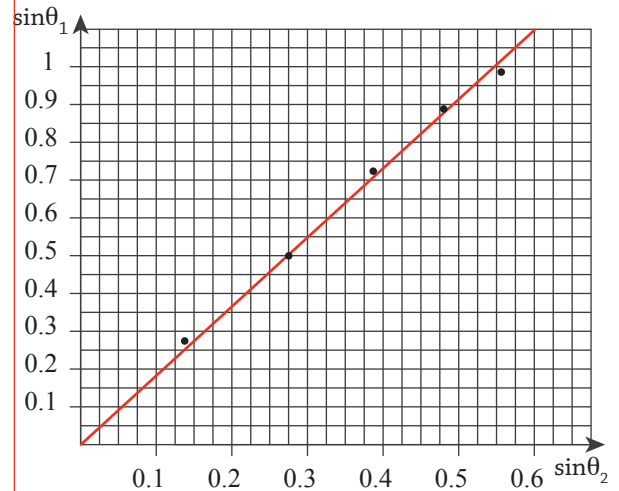


### מפתח הערכה

1. א. 30% לחישוב  $\sin$  זוויות הפגיעה והשבירה
  - 10% לבחירת שני צירים
  - 10% לקנה מידה
  - 30% למיקום הנקודות (5% לכל נקודה) על הגרף
  - 20% להעברת הקירוב הליניארי
- אין להוריד נקודות אם לא כתב את טבלת ה- $\sin$ .
- אם סרטט גרף  $\theta_1 = f(\theta_2)$  (ולא  $\sin\theta_1 = f(\sin\theta_2)$ ) יקבל לכל היותר 30%.
- אין להוריד נקודות על החלפת הצירים.
- ב. 20% ל- (1)
- 70% ל- (2)
- 10% לתשובה סופית
- התוצאה יכולה לנוע בין 1.7-1.95. במקרה שלקח נקודות מהטבלה יש לתת ל- (2) רק 40%.
- ג. 20% ל"מהלך הקרן הפוגעת לאורך הרדיוס" או "עוברת דרך מרכז המעגל".
- 30% ל"הקרן הפוגעת מאונכת למשטח (המשיק)"
- 50% ל"זווית הפגיעה אפס, וכתוצאה מכך אין שבירה".
- ד. 50% להסבר:
  - 30% לזווית פגיעה גדולה מהזווית הקריטית.
  - 20% למעבר ממקדם שבירה גבוה לנמוך יותר.
  - אם הזכיר רק שיש כאן החזרה גמורה לתת 30% על ההסבר.

### 1. א.

זווית הפגיעה $\theta_1^\circ$	$\sin \theta_1$	זווית השבירה $\theta_2^\circ$	$\sin \theta_2$
0	0	0	0
15	0.259	8	0.139
30	0.5	16	0.276
45	0.707	23	0.391
60	0.866	28.5	0.477
75	0.966	32.5	0.537



### ב. על פי חוק סנל

$$(1) \quad n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$n_2 = \frac{n_1 \sin \theta_1}{\sin \theta_2}$$

$n_1 = 1$  באוויר ולכן  $n_2$ , המקדם של החומר, הוא שיפוע הגרף.

$$(2) \quad n_2 = \frac{\Delta(\sin \theta_1)}{\Delta(\sin \theta_2)} = \frac{1 - 0.4}{0.55 - 0.225}$$

$$n_2 = 1.85$$

ג. המשיק למעגל בנקודה מסוימת תמיד מאונך לרדיוס.

מהלכה של הקרן הפוגעת הוא לאורך רדיוס המעגל ולכן הקרן מאונכת למשטח (המשיק), מכאן שזווית הפגיעה היא אפס.

על פי חוק סנל במצב זה גם זווית השבירה היא אפס, הקרן בצאתה מהעיגול לא נשברת.

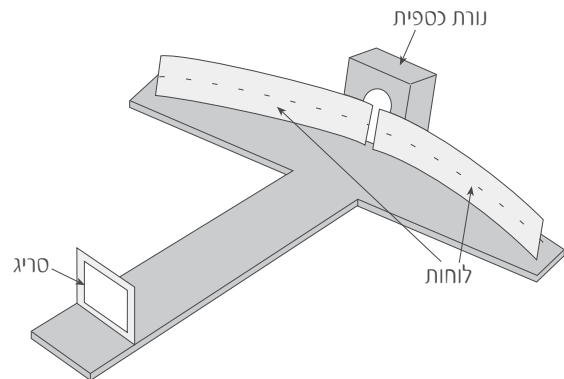
50% עבור הסרטוט.

- אין צורך לסמן זווית חצים, או מספר החזרות.
- אם סרטוט גם קרן יוצאת מנקודה שבה הקרן מוחזרת יש להוריד 20%.

(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)

2. בתרשים שלפניך מוצג ספקטרומטר סריג, המורכב משני לוחות קשתיים שביניהם רווח צר, וסריג עקיפה שחריציו אנכיים והקבוע שלו 5000 חריצים לס"מ. כל חלקי הספקטרומטר צבועים בשחור. תלמיד מפעיל נורת כספית ורואה (ישירות, ולא דרך הספקטרומטר) שצבע הנורה סגול. התלמיד מציב את נורת הכספית מאחורי הרווח שבין שני הלוחות הקשתיים (ראה תרשים), ומתבונן דרך הסריג בתבנית העקיפה שהסריג יוצר. בסדר הראשון הוא מבחין בארבעה קווים ספקטרליים. זוויות הסטייה של קווים אלה מהקו המחבר את אמצע הסריג עם אמצע הרווח שבין הלוחות הן:  $12.3^\circ, 13.2^\circ, 16.9^\circ, 17.9^\circ$ .



- חשב את אורכי הגל של ארבעת הקווים הספקטרליים. (10 נקודות)
- מהו צבע האור בסדר אפס (פס המקסימום המרכזי) שהתלמיד רואה דרך הסריג? נמק. (6 נקודות)
- 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.א. מקסימום התאבכות בסריג עקיפה

$$(1) \sin \theta_n = nN^* \cdot \lambda$$

$$N^* = 5000 \frac{1}{\text{cm}} = 5 \cdot 10^5 \frac{1}{\text{m}}$$

$$n_1 = 1 \text{ עבור}$$

$$\lambda = \frac{\sin \theta}{N^*}$$

$$\theta = 12.3^\circ \quad \lambda = 4.26 \cdot 10^{-7} \text{m} = 4260 \text{\AA}$$

$$\theta = 13.2^\circ \quad \lambda = 4.57 \cdot 10^{-7} \text{m} = 4570 \text{\AA}$$

$$\theta = 16.9^\circ \quad \lambda = 5.81 \cdot 10^{-7} \text{m} = 5810 \text{\AA}$$

$$\theta = 17.9^\circ \quad \lambda = 6.15 \cdot 10^{-7} \text{m} = 6150 \text{\AA}$$

ב. צבע האור בסדר אפס הוא סגול. בסדר אפס זווית הסטייה של כל אורכי הגל היא אפס ולכן כל אורכי הגל יוצרים יחד באותה נקודה את הצבע הסגול שרואים גם באופן ישיר.

ג. 1. השינוי שיחול בסדר אפס הוא שצבע האור הפעם יהיה לבן כאור הנפלט מנורת הלהט. גם רוחב הפס ישתנה.

2. הספקטרום של הסדר הראשון יהיה ספקטרום רציף, רצף של אורכי גל, רצף של צבעי הקשת, לעומת ספקטרום הכספית שהוא בדיד, מופיעים בו 4 אורכי גל בלבד.

ד. קרינה אולטרא סגולה משמשת:

לקטילת החיידקים בתעשיית המזון.

- לטיהור מים.

- לשיזוף.

- זהוי ספרות עם חומר פלורסנטי בשטרות

כסף.

## מפתח הערכה

2. א. 10% ל-1

20% להצבת  $n = 1$

30% להצבת  $N^*$  נכון

10% לכל קו ספקטרוני נכון

אם לא השתמש ביחידות התואמות את  $N^*$ , לא

יקבל 30% על הצבת  $N^*$ .

ב. 60% לצבע סגול

40% לנימוק

20% לסטיית אפס של כל אורכי הגל/התאבכות

בונה במרכז.

20% ליצירת הצבע הסגול.

ג. 50% ל-1

אין להוריד נקודות אם לא ציין שינוי ברוחב הפס.

50% ל-2

40% לספקטרום רציף או רצף של אורכי גל, או

צבעי הקשת.

10% להתייחסות לספקטרום בדיד של

הכספית.

ד. נדרש רק שימוש אחד.

3. אלומה מונוכרומטית ומקבילה של אור שאורך הגל

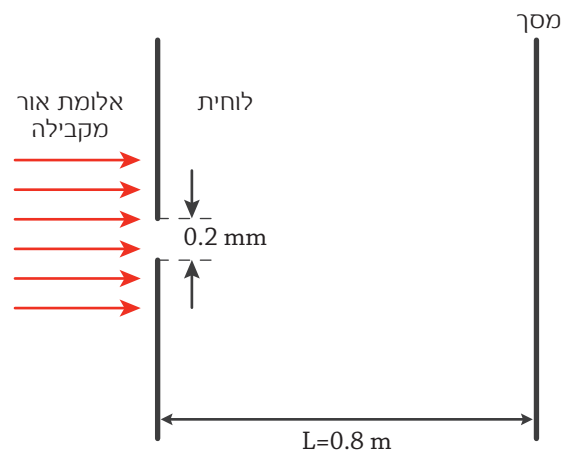
שלו  $\lambda = 500 \text{ nm}$  ( $5000 \text{ \AA}$ ) מוקרנת לעבר לוחית

שבה חריץ מלבני שרוחבו  $w = 0.2 \text{ mm}$ . האלומה

עוברת דרך החריץ ופוגעת במסך במקביל למישור

החריץ ונמצא במרחק  $L = 0.8 \text{ m}$  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 ההבדל בין תבנית עקיפה זו ובין תבנית

העקיפה שהייתה מתקבלת, אילו היו מחליפים את

אלומת האור באלומה מקבילה של קרינה שאורך

הגל שלה  $0.2 \text{ mm}$  (0.2 מילימטר)? הסבר.

(9 נקודות)

ד. הסבר מדוע גלי רדיו - בניגוד לגלי אור - עוקפים

בניינים. ( $4\frac{1}{3}$  נקודות)

3. א. קווי צומת בעקיפה בסדר יחיד.

$$(1) \quad \sin \theta_n = n \frac{\lambda}{w}$$

אם  $n = 1$

$$\sin \theta_1 = 1 \frac{\lambda}{w} = \frac{500 \cdot 10^{-9}}{0.2 \cdot 10^{-3}}$$

$$\sin \theta_1 = 2.5 \cdot 10^{-3}$$

הזווית קטנה לכן

$$(2) \quad \sin \theta_1 \approx \tan \theta_1$$

$$(3) \quad x_1 = \frac{\lambda}{w} \cdot L = 2.5 \cdot 10^{-3} \cdot 0.8$$

$$x_1 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 2 \text{ mm}$$

הפס המרכזי הוא בין 2 קווי צומת לכן רוחבו

$$(4) \quad \Delta x = 2x_1 = 4 \text{ mm}$$

ב. קו הצומת השני:

$$(1) \quad \sin \theta_2 = 2 \frac{\lambda}{w}$$

$$x_2 = 2 \frac{\lambda}{w} \cdot L$$

$$(2) \quad x_2 = 2 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-7}}{0.2 \cdot 10^{-3}} \cdot 0.8$$

$$x_2 = 4 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 4 \text{ mm}$$

(זיהוי המרחק מהמרכז לצומת השני)

$$(3) \quad \Delta x = x_2 - x_1$$

$$\Delta x = 4 \text{ mm} - 2 \text{ mm} = 2 \text{ mm}$$

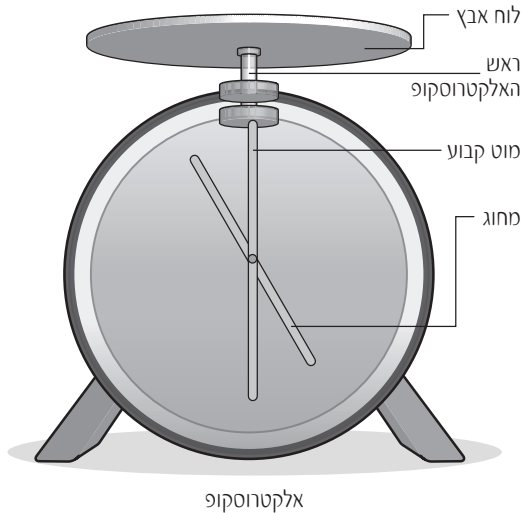
**פתרון נוסף:** רוחב הפס המשני הוא מחצית

מרוחב הפס המרכזי

ג. במקרה זה אורך הגל  $\lambda$  שווה לרוחב החריץ.

נטען, ומחוג האלקטרוסקופ סוטה ממצבו האנכי, ונוצרת זווית גדולה מאפס בין המחוג ובין המוט הקבוע. תלמיד ערך חמישה ניסויים, כמפורט להלן.

**א.** בניסוי הראשון הרכיב התלמיד על "ראש" האלקטרוסקופ לוח אבץ, וטען את האלקטרוסקופ במטען חשמלי שלילי (ראה תרשים), ומחוג האלקטרוסקופ סטה.



לאחר מכן כיוון התלמיד פנס שפלט קרינה על-סגולה על לוח האבץ. בדיוק ברגע שהקרינה פגעה בלוח האבץ, החלה פריקת האלקטרוסקופ והסטייה של מחוג האלקטרוסקופ הלכה וקטנה. הסבר את התופעה. (6 נקודות)

**ב.** בניסוי השני הגדיל התלמיד את המרחק בין הפנס לבין לוח האבץ, וערך שוב את הניסוי הראשון. האם גם הפעם, כמו בניסוי הראשון, החלה פריקת האלקטרוסקופ בדיוק ברגע שבו פגעה הקרינה בלוח האבץ? נמק. (5 נקודות)

**ג.** בניסוי השלישי טען התלמיד את האלקטרוסקופ במטען חשמלי חיובי, ורק לאחר מכן הקרין באותו פנס שהשתמש בו קודם (בניסוי הראשון והשני). לאחר ההקרנה הסטייה של מחוג האלקטרוסקופ לא השתנתה (והאלקטרוסקופ לא נפרק) הסבר מדוע. (6 נקודות)

**ד.** בניסוי הרביעי טען התלמיד את האלקטרוסקופ במטען חשמלי שלילי וכיוון אל לוח האבץ פנס הפולט אור נראה. הסטייה של מחוג האלקטרוסקופ לא השתנתה. ציין סיבה אפשרית לכך. (6 נקודות)

הפס המרכזי ממלא את כל רוחב המסך.

$$\text{הסבר: } \sin \theta = \frac{\lambda}{w} = 1, \quad \theta = 90^\circ$$

**א:** הסדק הופך למקור אור נקודתי.

**ד.** אורך גל של גלי רדיו נע ממטרים ועד ק"מ, והוא בסדר גודל של מימדי הבניינים.

### מפתח הערכה

3. א. 10% ל- (1)

30% להצבה

10% ל- (2)

20% ל- (3)

20% ל- (4)

10% לתשובה נכונה עם יחידות.

יש לתת 80% לכל היותר אם מצא שרוחב הפס הוא 2mm.

אם השתמש בנוסחה  $\frac{\Delta x}{L} = \frac{\lambda}{d}$ , יש להוריד 20% - אם כתב:  $\frac{x}{L} = \frac{\lambda}{w}$ , יש להוריד 10% מ- (2).

ב. 10% ל- (1)

40% ל- (2)

40% ל- (3)

10% לתשובה נכונה עם יחידות.

- אם כתב תשובה סופית בלי חישוב או נימוק, יש לתת 20% לכל הסעיף.

ג. 70% עבור ההבדל.

50% בלבד עבור תשובה חלקית "פס רחב יותר".

30% להסבר.

ד. 80% להבדל באורך גל של אור ושל גלי רדיו.

**א:** "גלי רדיו הם בעלי אורך גל גדול"

20% להשוואת אורכי הגל עם מימדי הבניין.

4. אלקטרוסקופ הוא מתקן לבדיקת מטען של גופים שונים. לאלקטרוסקופ שני חלקים עיקריים. חלק אחד הוא מוט מתכת הקבוע במקומו, כך שהקצה העליון של המוט - "ראש" האלקטרוסקופ - בולט מעל גוף האלקטרוסקופ. החלק האחר הוא מחוג עשוי ממתכת המחובר במרכזו למוט הקבוע, והוא צמוד אליו כאשר האלקטרוסקופ אינו טעון. כאשר מביאים גוף טעון במגע עם "ראש" האלקטרוסקופ - האלקטרוסקופ

- ה. בניסוי החמישי הסיר התלמיד את לוח האבץ והרכיב במקומו לוח ברזל, טען את האלקטרוסקופ במטען שלילי, וכיוון אל לוח הברזל את הפנס שהשתמש בו בניסוי הראשון הפולט קרינה על-סגולה. הסטייה של מחוג האלקטרוסקופ לא השתנתה. ציין סיבה אפשרית לכך. (6 נקודות)
- ו. ציין יישום אחד בחיי היום-יום של תופעת האפקט הפוטואלקטרי ( $4\frac{1}{3}$  נקודות)

#### 4.א. סטיית האלקטרוסקופ קטנה

משמעות הדבר שהאלקטרוסקופ מתפרק ממטענו (האלקטרונים עוזבים את המתכת) כ:

- אנרגיית הפוטון גדולה או שווה לאנרגיית הקשר של המתכת.
- באינטראקציה בין פוטון לאלקטרון הפוטון מוסר את האנרגיה שלו לאלקטרון ומשחרר אותו מהמתכת.
- התופעה נקראת אפקט פוטואלקטרי.

ב. כן. הפריקה מתחילה מיידית כיוון שתהליך שחרור האלקטרונים תלוי אך ורק באנרגיית הפוטונים שלא משתנה. המרחק של הלוח ממקור האור יקבע את כמות הפוטונים המגיעים ללוח ואת כמות האלקטרונים המשתחררים, אך התהליך יתחיל מייד עם הקרנת אור על הלוח.

א: הפריקה אינה תלויה בעוצמת האור או במרחק.

ג. הארת הלוח באור אולטרה-סגול משחררת אלקטרונים מהלוח כך שהלוח שהיה טעון חיובית יישאר עדיין טעון חיובית והסטייה של האלקטרוסקופ לא משתנה. (לא תגדל כי האלקטרונים המשתחררים נמשכים חזרה ללוח הטעון במטען חיובי).

ד. הסיבה לכך היא שהתדירות של האור הנראה קטנה מתדירות הסף של הקרינה הדרושה לשחרור האלקטרונים מאבץ.

א: אנרגיית הפוטונים באור הנראה קטנה

מאנרגיית הקשר של האלקטרונים באבץ. ה. סיבה לכך יכולה להיות שאנרגיית הקשר של לוח הברזל גדולה מזו של האבץ. לכן אנרגיית הפוטונים אינה מספיקה לשחרור האלקטרונים מלוח הברזל אך מספיקה לשחרור אלקטרונים מלוח האבץ.

ו. חיישנים של:

- דלתות מעלית אוטומטית
- שער אור
- קורא אופטי
- מצלמת וידאו
- מצלמה דיגיטלית

#### מפתח הערכה

4. א. להוריד 20% למי שלא התייחס לקשר בין אנרגיית הפוטון לאנרגיית קשר.  
10% לאזכור האפקט הפוטואלקטרי
- ב. 40% עבור התשובה  
60% עבור הנימוק
- ג. 50% על זה שעדיין משתחררים אלקטרונים.  
50% על הסבר מדוע הלוח נשאר חיובי.
- אם כתב רק שלא נעקרים אלקטרונים, יקבל 50%.
- ד. - אם כתב רק שתדירות האור קטנה יותר - יקבל 50%
- ו. נדרש רק שימוש אחד
5. א. תוצאות ניסוי רתרפורד (פיזור חלקיקי  $\alpha$  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 ( ${}_{84}^{214}\text{Po}$ ) מתפרק לגרעין עופרת-214 ( ${}_{82}^{214}\text{Pb}$ ). גרעין העופרת מתפרק התפרקות  $\beta^-$  לגרעין ביסמוט  ${}_{83}^{214}\text{Bi}$ . 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

$$\lambda = 4.275 \cdot 10^{-4} \frac{1}{s} \quad \text{או:}$$

$$(2) \quad T_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

$$T_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{1.539} = 0.45 \text{ שעות}$$

או 1620 s

$$(1) \quad R_0 = \lambda N \quad .2$$

$$N = \frac{R_0}{\lambda}$$

$$N = \frac{30000}{4.275 \cdot 10^{-4}} = 7.03 \cdot 10^7$$

### מפתח הערכה

5. א. 50% עבור תיאור הפיזור לפי תומסון

50% עבור תיאור הפיזור לפי רתרפורד

אין חובת תיאור המודלים.

יש **חובת** תיאור הפיזור או הסטייה.

ב. - אם לא ציין את  $\bar{e}$  או הוסיף  $\gamma$ , אין להוריד נקודות

ד. 1. 55% עבור תת-סעיף 1.

6% עבור (1)

22% להצבה ב- (1)

6% למציאת  $\lambda$  כולל יחידות

5% עבור (2)

11% להצבה ב- (2)

5% לתשובה סופית עם יחידות.

אם העריך שזמן מחצית החיים הוא 0.5 שעה והסביר מדוע, יקבל 40% בסעיף (1) במקום 55%.

2. 45% עבור תת-סעיף 2.

5% עבור (1).

30% להצבה.

10% לתשובה סופית.

אם הציב  $\lambda$  לא ביחידות של  $\frac{1}{s}$  יש לתת 70% לכל היותר לכל סעיף ד.

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 במעבה 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.

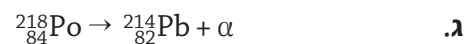
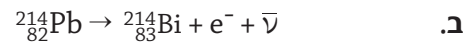
(1) חשב את זמן מחצית החיים של עופרת-214. (9 נקודות)

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

5. א. לפי מודל תומסון המטען החיובי מפוזר באופן

אחיד בתוך האטום כך שחלקיקי ה- $\alpha$  מושפע מכוחות משיכה / דחייה אחידים וחלשים וכך הפיזור של חלקיקי ה- $\alpha$  הוא קטן מאד.

על פי ניסוי רתרפורד פיזור חלקיקי ה- $\alpha$  היה מאוד גדול וחלק מחלקיקי ה- $\alpha$  חזרו על עקבותיהם בניגוד להנחות של מודל תומסון.



התפרקות  $\alpha$

$$(1) \quad R = R_0 e^{-\lambda t} \quad \text{ד. 1.}$$

$$\frac{R}{R_0} = e^{-\lambda t}$$

$$\ln\left(\frac{R}{R_0}\right) = -\lambda t$$

$$\ln\frac{13900}{30000} = -\lambda \cdot 0.5$$

$$\lambda = 1.539 \frac{1}{\text{שעה}}$$