

# בחינת הבגרות בפיסיקה, קיץ תשס"ז

## פרקי החובה ופתרונות מלאים

מאת: עדי רוזן

בחינות  
מבחנים  
ובעיות



### מכניקה

1. יעל ואורי חקרו את התנועה לאורך מגלשת מים בלונה פארק. למסלול המגלשה צורה עקומה לכל אורכו (אך צורתו אינה בהכרח קשת של מעגל). יעל גלשה, ואורי צילם אותה במהלך גלישתה באמצעות מצלמת וידאו. לאחר מכן הם ניתחו את סרטון הווידאו: המקום של יעל על המגלשה באחת התמונות הוגדר כ"ראשית התנועה" (בנקודה זו כבר הייתה יעל בתנועה), והרגע שבו צולמה תמונה זו הוגדר כ-  $t = 0$ . לאחר מכן, על סמך הסרטון, הם רשמו את הדרך שעברה יעל לאורך המגלשה מ"ראשית התנועה" במרווחי זמן של  $0.4 \text{ s}$ . הממצאים רשומים בטבלה שלפניך.

כמפורט בטבלה), ועמודה עבור הערכים של גודל המהירות של יעל ברגעים אלה. חשב את הגודל של המהירות **בכל אחד** מהרגעים המפורטים בטבלה שבמחברתך, והוסף את ערכי המהירויות לטבלה. **אינך** נדרש לפרט את חישוביך בסעיף זה. (7 נקודות)

ג. סרטט גרף של גודל המהירות של יעל כפונקציה של הזמן. (8 נקודות)

ד. האם במהלך תנועתה, הייתה ליעל תאוצה משיקית? נמק את תשובתך. (5 נקודות)

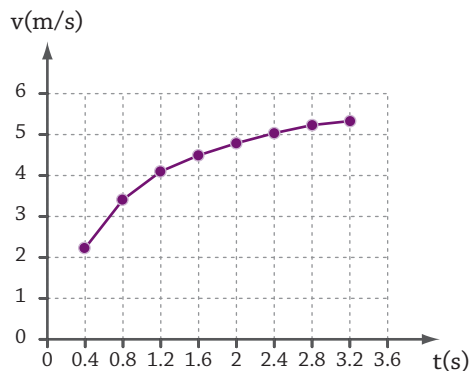
ה. האם במהלך תנועתה, הייתה ליעל תאוצה רדיאלית? נמק את תשובתך. (3.5 נקודות)

1. א. 
$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} \quad (1)$$

(2) 
$$v = \frac{7.22 - 3.62}{0.8} = \frac{3.6}{0.8} = 4.5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

ב. הסבה: יש לקחת פרקי זמן קטנים משני הצדדים של הנקודה.

ג.



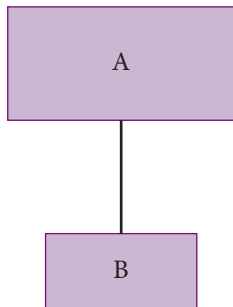
ד. כן.

הדרך s, שעברה יעל מראשית התנועה (m)	
0	0
0.90	0.4
1.76	0.8
3.62	1.2
5.04	1.6
7.22	2.0
8.88	2.4
11.26	2.8
13.08	3.2
15.54	3.6

א. חשב את גודל המהירות של יעל ברגע  $t = 1.6 \text{ s}$ . פרט את חישוביך. (8 נקודות)

ב. הכן במחברתך טבלה ובה שתי עמודות - עמודה עבור ערכי הזמן  $t$  (בין הרגע  $t = 0.4 \text{ s}$  ל-  $t = 3.2 \text{ s}$ )

ניתנת להזנחה ביחס למסות  $m_1$  ו- $m_2$ . התנגדות האוויר ניתנת להזנחה. התלמיד אוחז בגוף A כך שמערכת הגופים תלויה במנוחה כמתואר בתרשים (המשטח התחתון של גוף B אינו נוגע ברצפה).



מרגע  $t = 0$  עד רגע  $t = \frac{1}{2}$  s התלמיד מושך את גוף A אנכית כלפי מעלה בכוח קבוע שגודלו 70N.

א. חשב את מתיחות החוט בפרק הזמן שבין  $t = 0$  ל-  $t = \frac{1}{2}$  s. (8 נקודות)

ב. ברגע  $t = \frac{1}{2}$  s התלמיד מרפה מגוף A, ובדיוק ברגע זה גם נקרע החוט הקושר את שני הגופים זה לזה. באיזה גובה מרבי עולה גוף A במהלך כל תנועתו, ביחס למקומו ברגע  $t = 0$ ? (8 נקודות)

ג. מצא באיזה רגע גוף A חוזר לגובה שבו הוא היה ברגע  $t = 0$ . (8 נקודות)

ד. אילו היה הניסוי נערך בתוך מעלית העולה במהירות קבועה, האם משך הזמן שהיה נדרש לגוף A לחזור לגובה מעל רצפת המעלית שבו הוא היה ברגע  $t = 0$ , היה גדול ממשך הזמן שמצאת בסעיף ג, קטן ממנו או שווה לו? נמק את תשובתך. (הנח כי המעלית גבוהה, ולכן גוף A אינו מתנגש בתקרת המעלית). (6 נקודות)

ה. נסח את עקרון היחסות של גלילאו גליליי. (3.3 נקודות)

**נימוק:** כי **גודל** המהירות משתנה (לפי הטבלה).  
ה. כן.  
**נימוק:** כי במסלול עקום כיוון המהירות חייב להשתנות.

### מפתח הערכה

- א. 30% ל- (1)  
70% ל- (2)
  - אם חישוב לקטע אחד בלבד, אין לתת נקודות.
  - אם חישוב קטע אחד, ורשם נכון את נוסחה (1), לתת 30% לסעיף.
  - אם הנוסחה שרשם היא  $v = \frac{x}{t}$ , אין לתת נקודות לסעיף.
- ב. 12.5% לרישום נכון של כל נקודה בטבלה
  - אם חישוב בסעיף א לפי קטע אחד והמשיך כך, **לא** להוריד נקודות, לבדוק בעקביות את הפתרון בכל נקודה.
  - אם לא בנה טבלה כמבוקש, להוריד 10%.
  - לא להוריד נקודות על טעות נגררת מסעיף א.
- ג. 10% לשמות הצירים  
10% ליחידות בצירים  
10% לקנה מידה  
40% לסימון נכון של הנקודות על הגרף, לכל נקודה 5%  
25% לסרטוט הגרף  
5% לשימוש בסרגל לצירים
- אם המשיך עד  $t = 0$ , לתת 20% מתוך 25% לסרטוט הגרף.
- אם סרטט קו ישר או זיג זג, אין לתת נקודות לסרטוט הגרף.
- ד. 50% לתשובה (בתנאי שיש נימוק כלשהו)  
50% לנימוק, על פי הטבלה או הגרף
- ה. 50% לתשובה (בתנאי שיש נימוק כלשהו)  
50% לנימוק

2. א.

$$(1) \quad \Sigma \vec{F} = m\vec{a}$$

$$(2) \quad F - (m_1 + m_2)g = (m_1 + m_2)a$$

2. תלמיד עורך ניסוי: הוא קושר שני גופים, A ו-B, זה לזה באמצעות חוט. המסה של גוף A היא  $m_1 = 3 \text{ kg}$ , והמסה של גוף B היא  $m_2 = 2 \text{ kg}$ . המסה של החוט

$$v_1 = v_0 + a_1 t_1$$

$$v_1 = 4 \cdot 0.5 = 2 \text{ m/s}$$

$$y_2 = \frac{v_1^2}{2g} + y_1 = \frac{2^2}{2 \cdot 10} + 0.5$$

$$y_2 = 0.7 \text{ m}$$

ג. בתנועה בלי חוט:

זמן התנועה מרגע  $t = 0$ , עד לחזרה למקום ההתחלת:

$$(1) \quad y = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$(2) \quad -0.5 = 2t - \frac{1}{2} \cdot 10t^2$$

$$t = \frac{2 \pm \sqrt{4 + 10}}{10} = \frac{2 + 3.74}{10} = 0.574$$

$$\frac{2 - 3.74}{10} \rightarrow \text{שלילי}$$

סה"כ מרגע  $t = 0$ :

$$(3) \quad T = t_1 + t = 0.5 + 0.574 = 1.074 \text{ s}$$

או פתרון נוסף:

ניתן לחשב את  $t$  בשני קטעים:

עליה בזריקה עד שיא הגובה:

$$(1) \quad v = v_0 + at$$

$$(2) \quad t_1 = \frac{v_0}{g} = \frac{2}{10} = 0.2 \text{ s}$$

נפילה מ-  $H = 0.7 \text{ m}$ :

$$(3) \quad H = \frac{1}{2} g t^2$$

$$(4) \quad t_2 = \sqrt{\frac{2H}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0.7}{10}} = 0.37 \text{ s}$$

$$(5) \quad t = 0.2 + 0.37 + 0.5 = 1.074 \text{ s}$$

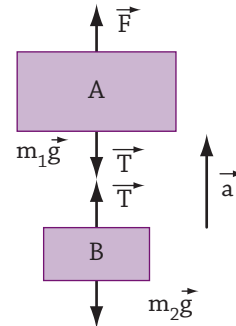
ד. הזמנים היו שווים.

**נימוק:** כי מעלית בתנועה קצובה היא מערכת אינרציאלית.

ה. חוקי הפיסיקה זהים בכל המערכות האינרציאליות. אין אף ניסוי המאפשר לדעת אם המערכת נעה במהירות קבועה או נחה.

$$(3) \quad a = \frac{F - (m_1 + m_2)g}{(m_1 + m_2)}$$

$$a = \frac{70 - 5 \cdot 10}{5} = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$



**לגוף B**

$$(4) \quad \Sigma \vec{F} = m \vec{a}$$

$$T - m_2 g = m_2 a$$

$$(5) \quad T = 2(4 + 10) = 28 \text{ N}$$

**או: לגוף A**

$$(4) \quad \Sigma \vec{F} = m \vec{a}$$

$$F - T - m_1 g = m_1 a$$

$$(5) \quad T = 70 - 3(4 + 10) = 28 \text{ N}$$

$$(6) \quad \Sigma \vec{F} = m \vec{a} \quad \text{פתרון נוסף:}$$

$$(7) \quad F - T - m_1 g = m_1 a$$

$$(8) \quad T - m_2 g = m_2 a$$

חישב את  $a$ , ואחר כך את  $T$ .

$$v_0 = 0 \quad ; \quad y_0 = 0 \quad ; \quad t = 0 \quad \text{ב-1}$$

$$v = v_1 \quad ; \quad y = y_1 \quad ; \quad t = 0.5 \text{ s} \quad \text{ב-2}$$

$$v = v_2 \quad ; \quad y = y_2 \quad \text{בשיא הגובה:}$$

(1) חישוב  $y_1$ :

$$\Delta y = y_1 - y_0 = v_0 t + \frac{1}{2} a_1 t^2$$

$$y_1 = \frac{1}{2} \cdot 4 \left( \frac{1}{2} \right)^2 = 0.5 \text{ m}$$

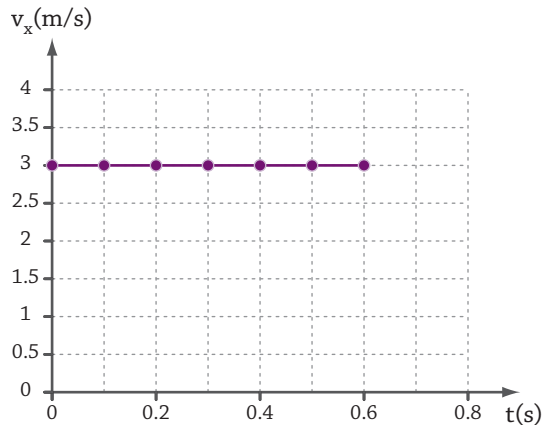
(2) חישוב  $y_2$ :

$$v_2^2 = v_1^2 + 2a_2(y_2 - y_1); \quad \text{בשיא הגובה:}$$

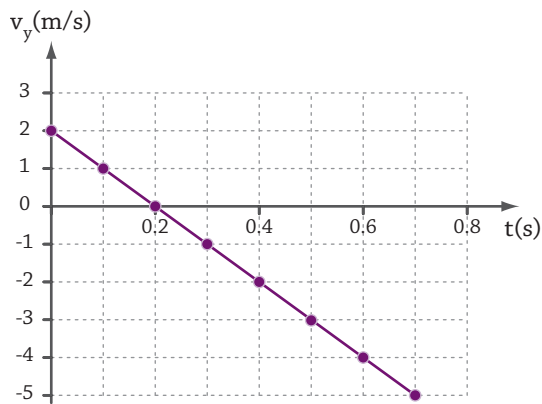
(3) חישוב  $v_1$ :

## מפתח הערכה

3. כדור שמסתו  $0.25 \text{ kg}$  נזרק מנקודה מסוימת מעל הקרקע בכיוון משופע. בתרשים א מוצגות תוצאות המדידות של הרכיב האופקי של מהירות הכדור,  $v_x$ , כפונקציה של הזמן. בתרשים ב מוצגות תוצאות המדידות של הרכיב האנכי של מהירות הכדור,  $v_y$ , כפונקציה של הזמן.



תרשים א



תרשים ב

א. האם כיוון המהירות ההתחלתית של הכדור הוא מעל האופק או מתחת לאופק? נמק תשובתך. (4 נקודות)  
 ב. מצא את המהירות ההתחלתית (גודל וכיוון) של הכדור. (7 נקודות)  
 ג. הכדור פגע בקרקע ברגע  $t = 0.6 \text{ s}$ . חשב מאיזה גובה מעל הקרקע נזרק הכדור. (9 נקודות)  
 ד. חשב את האנרגיה הקינטית של הכדור בשיא מסלולו. (7 נקודות)  
 זורקים את הכדור פעם נוספת מאותה נקודה ובאותה

2. א. 10% ל- (1)

30% ל- (2)

20% ל- (3)

30% ל- (4)

10% לתשובה סופית עם יחידות (5)

10% ל- (6)

25% ל- (7)

25% ל- (8)

15% לחישוב a

15% לחישוב T

10% לתשובה סופית עם יחידות

ב. 30% לחישוב  $y_1$

30% לחישוב  $v_1$

30% לחישוב  $y_2$

10% לתשובה סופית עם יחידות  $y_2$

ג. 10% ל- (1)

60% ל- (2) (15% לכל פרמטר)

10% לחישוב t

20% ל- (3)

### פתרון נוסף:

10% ל- (1)

20% לחישוב  $t_1$  עם יחידות (2)

10% ל- H (3)

30% לחישוב  $t_2$  (4)

30% לחישוב זמן כולל עם יחידות (5)

(10% לכל חלק)

- אם חישב רק זמן עלייה והכפיל ב-2, לתת 50% לסעיף.

ד. 60% לתשובה

40% לנימוק

ה. - אם הזכיר מערכת אינרציאלית, לתת 50%.

- אם ניסח את החוק הראשון של ניוטון, לתת 50% לסעיף.

- אם רשם את נוסחת המהירות היחסית והסביר אותה, לתת 80% לסעיף.

$$(7) \quad 0 - H = v_0 t + \frac{1}{2}gt^2 \quad \text{או:}$$

$$H = 0.6\text{m}$$

$$(1) \quad v_x = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{ד. שיא המסלול:}$$

$$(2) \quad v_y = 0$$

$$(3) \quad E_k = \frac{mv^2}{2}$$

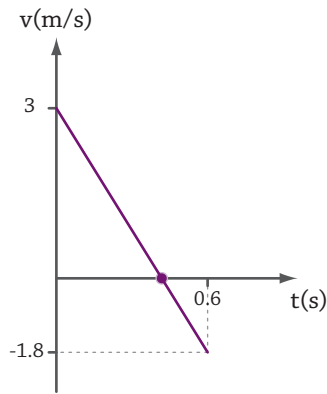
$$(4) \quad E_k = 1.125\text{J}$$

$$\Sigma \vec{F} = m\vec{a} \quad \text{ה.}$$

$$-2 = 0.25a, \quad a = -8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$t = 0.6\text{s}, \quad v_f = v_0 + at$$

$$v_f = 3 - 8 \cdot 0.6 = -1.8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$



### מפתח הערכה

3. א. על תשובה נכונה בלי הסבר, אין לתת נקודות.

אם יש הסבר כלשהו:

50% לתשובה נכונה,

50% להסבר נכון.

אין לקבל התייחסות לכיוון הציר בלבד.

ב. 10% ל- (1)

40% ל- (2)

10% לגודל המהירות עם יחידות (3)

30% ל- (4)

- אם לא הגדיר את הזווית, להוריד 5%.

10% לכיוון המהירות עם יחידות

- אם הגדיר  $\alpha$  ביחס לאורך וקיבל  $\alpha = 56.3^\circ$ , לתת

את מלוא הנקודות.

מהירות (גודל וכיוון), אולם הפעם במהלך תנועת הכדור פועל עליו כוח אופקי קבוע, בגודל 2 N, ובכיוון מנוגד לכיוון הרכיב האופקי של המהירות ההתחלתית. ה. סרטט גרף של הרכיב האופקי של מהירות הכדור,  $v_x$ , במהלך תנועתו, כפונקציה של הזמן, מרגע הזריקה עד רגע פגיעתו בקרקע. (6.3 נקודות)

3. א. ברגע  $t = 0.2\text{s}$ ,  $v_y = 0$ .

**הסבר:** הדבר אפשרי רק אם הכדור נזרק כלפי מעלה (מעל האופק).

**או הסבר נוסף:**

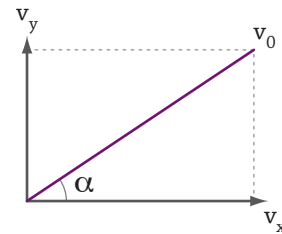
בזמן  $0 < t < 0.2$  ו-  $v_y = 0$  והתאוצה שלילית מכאן שבזמן זה הכדור נע כלפי מעלה.

**או**

כיוון המהירות השתנה במהלך התנועה.

$$(1) \quad v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \quad \text{ב.}$$

$$(2) \quad v_0 = \sqrt{3^2 + 2^2} = 3.6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$



$$(4) \quad \tan \alpha = \frac{2}{3} \rightarrow \alpha = 33.7^\circ$$

$$(1) \quad v^2 = v_0^2 + 2a(y - y_0) \quad \text{ג.}$$

$$(2) \quad (-4)^2 = 2^2 - 2 \cdot 10y \quad \text{בציר y:}$$

$$y = -0.6\text{m}$$

$$(3) \quad h = 0.6\text{m}$$

**או:** לפי שטח:

הקטע מעל הציר (עלייה)

$$(4) \quad H_1 = \frac{2 \cdot 0.2}{2} = 0.2\text{m}$$

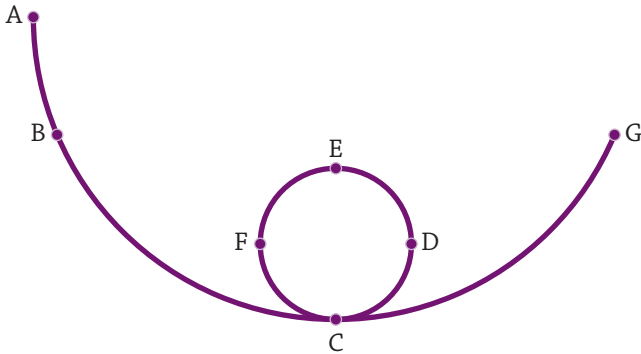
הקטע מתחת לציר (ירידה)

$$(5) \quad H_2 = \frac{0.4 \cdot 4}{2} = 0.8\text{m}$$

הגובה מעל הקרקע

$$(6) \quad h = 0.8 - 0.2 = 0.6\text{m}$$

4. בתרשים שלפניך מוצגת מסילה חסרת חיכוך ABCDEFG. קטע המסילה CDEF הוא מעגל שרדיוסו  $r = 0.4 \text{ m}$ . הנקודות C ו-E הן קצות הקוטר האנכי, והנקודות D ו-F הן קצות הקוטר האופקי. הנקודה A נמצאת בגובה  $1.2 \text{ m}$  מעל הנקודה C. גוף, שמסתו  $0.2 \text{ kg}$  וממדיו קטנים בהרבה מרדיוס המעגל CDEF, משוחרר ממנוחה מהנקודה A, ונע לאורך המסילה.



א. חשב את הכוח (גודל וכיוון) שהמסילה מפעילה על הגוף בנקודה E. (7 נקודות)  
 ב. הסבר מדוע האנרגיה המכנית הכוללת של הגוף נשמרת במהלך תנועתו. בתשובתך התייחס גם לפעולה של הכוח הנורמלי! (7 נקודות)  
 ג. הסבר מדוע מהירות הגוף הולכת וקטנה במהלך תנועתו מהנקודה C לנקודה E. (6 נקודות)  
 ד. חשב את הכוח שהגוף מפעיל על המסילה בנקודה F. (7 נקודות)  
 ה. במקרה אחר, שוחרר הגוף ממנוחה מהנקודה B, הנמצאת בגובה  $0.9 \text{ m}$  מעל הנקודה C. האם במקרה זה הגוף מגיע לנקודה E? אם כן - חשב את מהירות הגוף בנקודה E. אם לא - נמק את תשובתך. (6.3 נקודות)

4. א. חישוב  $v_E$  משיקולי אנרגיה:

(1)  $mgh_A = mgh_E + \frac{1}{2}mv_E^2$

(2)  $v_E^2 = 2g(h_A - h_E)$

$v_E^2 = 2 \cdot 10(1.2 - 0.8)$

- ג. 20% ל- (1)  
 60% ל- (2)  
 - אם לא שם לב לכיוון הציר והשאר  $y = -0.6 \text{ m}$ , לתת רק 30%.  
 20% ל- (3)

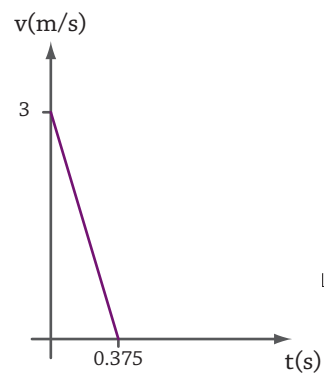
**או:**

- 30% ל- (4) 30% ל- (5) 40% ל- (6)  
 - אם לא כתב במפורש שחישב שטחים, להוריד 5%.

**או:**

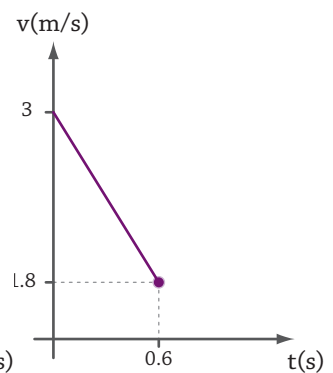
- 10% ל- (7)  
 50% להצבה  
 40% לתשובה עם יחידות  
 ד. - אם רשם  $E_k = 0$ , אין לתת נקודות.  
 10% ל- (1) 10% ל- (2) 10% ל- (3)  
 70% לתשובה עם יחידות (4)  
 - אם הציב מהירות שגויה (אך לא אפס), לתת 70% לסעיף.  
 ה. - אם הציב בטעות  $v_0 = 2 \text{ m/s}$  במקום  $v_0 = 3 \text{ m/s}$ , להוריד 10%.  
 10% לשמות הצירים  
 10% ליחידות בצירים  
 10% לקנה מידה  
 5% לשימוש בסרגל  
 25% לחישוב  $v_f$  סופי (יכול למצוא מהגרף)  
 20% לחישוב התאוצה  
 10% לסרטוט הגרף  
 10% להתייחסות לזמן התנועה

לגרף כגון:



לתת 85% לסעיף

לגרף כגון:



לתת 50% לסעיף

$$v_F^2 = 2 \cdot 10 \cdot (1.2 - 0.4)$$

$$v_F^2 = 16 \left( \frac{m}{s} \right)^2$$

$$N_F = \frac{Mv_F^2}{R}$$

$$N = \frac{0.2 \cdot 6}{0.4} = 8 \text{ newton}$$

(הגוף מפעיל על המסילה כוח, שגודלו 8N וכיוונו אופקי שמאלה.)

ה. כדי שהכדור יגיע לנקודה E, צריך להתקיים:

$$(1) \quad N_E \geq 0$$

$$N_E = 0 \text{ :מקרה א'}$$

במקרה זה נקבל את המהירות המינימלית- הקריטית  $v$  קריטית שבה יוכל הכדור להגיע לנקודה E.

$$\frac{m}{r} v_{\text{קריטית}}^2 = mg \text{ :בתנאי זה יתקיים}$$

$$v_{\text{קריטית}} = \sqrt{rg}$$

$$(2) \quad v_{\text{קריטית}} = \sqrt{10 \cdot 0.4} = 2 \frac{m}{s}$$

כאשר הכדור משוחרר ממנוחה מנקודה B יתקיים:

$$(3) \quad mgh_B = \frac{mv_E^2}{2} + mgh_E$$

$$\frac{mv_E^2}{2} + 8 = 9 \Rightarrow v_E = \sqrt{2} < v_{\text{קריטית}}$$

$$v_E = 1.41 \frac{m}{s} < 2 \frac{m}{s}$$

(4) **מסקנה:** הכדור אינו מגיע לנקודה E.

### מפתח הערכה

4. א. 10% ל- (1)

(2) ל- 20%

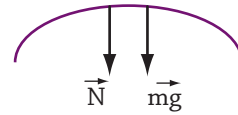
(3) ל- 10%

- אם לא התחשב נכון בקוטר (לקח גובה שגוי), לתת רק 20% במקום 40%.

(4) ל- 20%

(5) 25% לחישוב N עם יחידות

$$(3) \quad v_E^2 = 8 \left( \frac{m}{s} \right)^2$$



בנקודה E:

$$(4) \quad N + mg = \frac{mv^2}{R}$$

$$(5) \quad N = \frac{0.2 \cdot 8}{0.4} - 0.2 \cdot 10 = 2 \text{ newton}$$

(6) הכיוון: אנכי מטה

**או:** לכיוון מרכז המעגל.

ב. הכוח הלא משמר היחיד הוא הכוח הנורמלי: כוח זה מאונך למסלול בכל נקודה ונקודה, ולכן אינו מבצע עבודה לפי

$$(1) \quad \Delta E_m = W_{\text{משמרים}}$$

ג. (1)  $\Delta E_m = 0$ , האנרגיה המכנית נשמרת.

(2) כאשר הכדור עולה,  $E_p$  הולכת וגדלה.

(3) מאחר ש  $E_m$  כוללת נשמרת,  $E_k$  חייבת לקטון, מסת הכדור קבועה.

(4) לכן עד הנקודה E, גודל המהירות הולך וקטן.

### או הסבר נוסף:

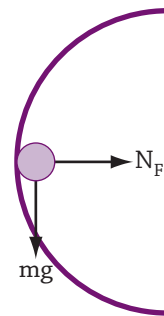
במהלך תנועת הכדור רכיב כוח הכובד פועל בכיוון מנוגד לכיוון המהירות, לכן יש לו תאוצה מנוגדת למהירותו, וגודל המהירות הולך וקטן.

ד. משוואת האנרגיה בנקודות D ו-F:

$$(1) \quad \frac{mv_A^2}{2} + mgh_A = \frac{mv_F^2}{2} + mgh_F$$

חישוב  $v_F$ :

$$(2) \quad v_F^2 = 2g\Delta h$$



5. קפיץ אנכי קשור בקצהו העליון לנקודה קבועה, ובקצהו התחתון קשורה משקולת, המשקולת מתנדדת. הגרף שלפניך מציג את מהירות המשקולת כפונקציה של הזמן. הכיוון החיובי של ציר המהירות מייצג תנועה של המשקולת כלפי מעלה.

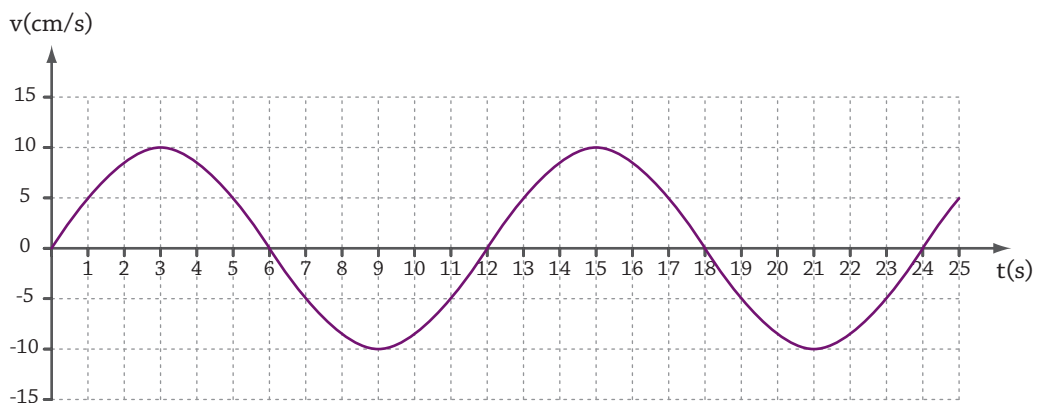
א. שלושה תלמידים מתבוננים בגרף. תלמיד א טוען כי ברגע  $t = 0$  אורך הקפיץ הוא מרבי. תלמיד ב טוען כי ברגע  $t = 0$  אורך הקפיץ הוא מזערי. תלמיד ג טוען כי ברגע  $t = 0$  אורך הקפיץ הוא ממוצע של אורכו המרבי ואורכו המזערי. מי משלושת התלמידים צודק? נמק את תשובתך. (6 נקודות)

ב. חשב את תדירות התנודות של המשקולת. (7 נקודות)

ג. חשב את המשרעת (האמפליטודה) של התנודות. (7 נקודות)

ד. סרטט גרף של מקום המשקולת כפונקציה של הזמן, עבור פרק הזמן מ-  $t = 0$  עד לרגע שבו מסתיימות שתי תנודות של המשקולת. ראשיתו של ציר המקום תהיה בנקודת שיווי-המשקל של המשקולת, וכיוונו החיובי יהיה כלפי מעלה. (8 נקודות)

ה. תלמיד מדד בנקודה מסוימת את המהירות  $v_0$  ואת התאוצה  $a$  של גוף המתנדד בתנועה הרמונית פשוטה. כדי לחשב מה היתה המהירות  $v_1$  של הגוף בנקודה אחרת שההעתק שלה מהנקודה הקודמת הוא  $\Delta x$ , התלמיד השתמש בנוסחה  $v_1^2 = v_0^2 + 2s\Delta x$ . הסבר מדוע דרך החישוב של התלמיד שגויה. (5.3 נקודות)



15% לכיוון N (6)

- מותר לציין את הכיוון בסרטוט (ולא במילים).

ב. 20% לציון שכוח N אינו מבצע עבודה

30% להסבר מדוע אינו מבצע עבודה

50% למשוואה (1) או להסבר מילולי נכון על שימור אנרגיה.

- לתשובה: האנרגיה המכנית נשמרת כי לא פועלים כוחות חיצוניים, לא לתת נקודות.

- לתשובה: האנרגיה המכנית נשמרת כי פועלים רק כוחות משמרים, לתת 50% לסעיף.

ג. 10% ל- (1)

30% ל- (2)

40% ל- (3)

20% ל- (4)

ד. 10% למשוואת האנרגיה (1)

20% להצבה (2)

25% לחישוב  $v_F^2$

45% לחישוב N

ה. 20% ל- (1) או הסבר מילולי

30% לחישוב מהירות קריטית (2)

40% לחישוב  $v_E$  (3)

10% למסקנה (4)

- אם השתמש ב-  $v = \sqrt{rg}$  קריטית, ולא ציין בשום צורה  $N = 0$ , להוריד 20%.

או דרך אחרת:

40% לחישוב  $v_E$  לפי שיקולי אנרגיה

50% לחישוב N, שיוצא שלילי

10% למסקנה, בהתאם לסימן של N



- 40% ל- (3)
- אם לא כתב במפורש ערך נכון של זמן מחזור, אין לתת 40% לזמן מחזור.
- ג. 10% למשוואה (1)
- 20% ל- (2) **או** לקביעה  $x = 0$
- 20% לקריאה מהגרף
- 20% ל- (3)
- 10% לתשובה עם יחידות (5)
- למציאת משרעת מקורבת על ידי חישוב שטח מהגרף, לתת 80%.
- ד. 10% לשמות הצירים
- 10% ליחידות בצירים
- 10% לקנה מידה
- 5% לשימוש בסרגל לצירים
- 65% לסרטוט הגרף
- אם ב-  $t = 0$  לקח  $x = 0$ , לתת 50% לסרטוט הגרף.
- אם ב-  $t = 0$  לקח  $x = A$ , לתת 50% לסרטוט הגרף.
- אם סרטוט גרף נכון למחזור אחד בלבד, לתת 60% לסרטוט הגרף.
- אם סרטוט גרף "שיני מסור", לתת 30% לסרטוט הגרף.
- ה. - אם כתב שהדרך שגויה מפני שלא יודעים את התאוצה, לתת 30%.

## חשמל

1. נתונה קליפה כדורית מוליכה שרדיוסה  $R_1 = 8\text{ cm}$ . הקליפה טעונה במטען חשמלי חיובי  $q = 2 \cdot 10^{-6}\text{ C}$ . נקודה A נמצאת במרחק  $r_1 = 6\text{ cm}$  ממרכז הקליפה, ונקודה B נמצאת במרחק  $r_2 = 12\text{ cm}$  ממרכז הקליפה. ערך הפוטנציאל החשמלי באין סוף נבחר כאפס.
- א. מצא את גודל השדה החשמלי בנקודה A. (4 נקודות)
- ב. מצא את הפוטנציאל החשמלי בנקודה A. (4 נקודות)
- ג. מצא את גודל השדה החשמלי בנקודה B. (4 נקודות)

5. א. (1)  $v_0 = 0$  המשקולת באחת מנקודות הקיצון של המסלול.

(2) הסבר מדוע דווקא הנקודה **התחתונה**:

אחרי  $t = 0$  גודל המהירות חיובי

זאת אומרת שהכדור עולה.

או: תאוצתו חיובית, כלומר הכדור מתחת

לנקודת שיווי-המשקל.

(3) **מסקנה**: לכן תלמיד א צודק.

ב. לפי הגרף:

$$(1) T = 12\text{ s}$$

$$(2) f = \frac{1}{12}\text{ Hz}$$

$$(1) v = \pm \omega \sqrt{A^2 - x^2} \quad \text{ג.}$$

$$(2) v_{\max} = \pm \omega A$$

לפי הגרף:

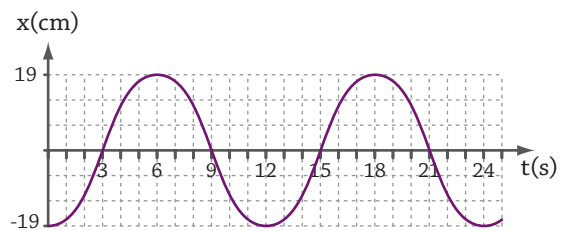
$$v_{\max} = 10\text{ m/s}$$

$$(3) \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{12} = \frac{\pi}{6}$$

$$(4) 10 = \frac{\pi}{6} A \rightarrow A = \frac{60}{\pi}$$

$$(5) A = 19.1\text{ cm} = 0.191\text{ m}$$

ד.



ה. הנוסחה מתאימה רק כאשר התאוצה קבועה.

בתנועה הרמונית, התאוצה משתנה כפונקציה

של הזמן, ולכן השימוש בנוסחה שגוי.

## מפתח הערכה

5. א. 50% ל- (1)

40% ל- (2)

10% למסקנה (3)

ב. 40% ל- (1)

20% ל- (2)

ד. מצא את הפוטנציאל החשמלי בנקודה B.

(4 נקודות)

מחברים את הקליפה הנתונה עם קליפה כדורית אחרת, באמצעות תיל מוליך ארוך מאוד ודק כד ששתי הקליפות רחוקות מאוד זו מזו (מרחק "אין-סופי").

**לכל אחד** משני המצבים המתוארים בסעיפים ה-ו, קבע אם בעקבות חיבור זה גודל השדה החשמלי בנקודה B יהיה גדול יותר מזה שמצאת בסעיף ג, קטן ממנו או שווה לו. נמק **כל אחת** מקביעותיך.

ה. הקליפה האחרת אינה טעונה, ורדיוסה שווה לרדיוס של הקליפה הנתונה. (8.3 נקודות)

ו. הקליפה האחרת טעונה במטען חיובי  $q = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ , ורדיוסה  $R_2 = 16 \text{ cm}$ . (9 נקודות)

### נימוק נוסף:

(1) מכיוון שהקליפה הכדורית השנייה רחוקה מאוד מן הקליפה הנתונה, השדה החשמלי בנקודה B תלוי רק במטען של הקליפה הנתונה, לאחר החיבור שלה עם הקליפה השנייה.

$$(2) \text{ א. חוק שימור המטען: } q_2 = 0$$

$$q'_1 + q'_2 = q_1 + q_2 \Rightarrow q'_1 + q'_2 = q$$

ב. מעבר מטענים עד לשוויון פוטנציאליים.

$$\frac{kq'_1}{R} = \frac{kq_2}{R}$$

$$\Rightarrow q'_1 = q'_2 \Rightarrow 2q'_1 = q$$

$$\Rightarrow q'_1 = \frac{q}{2}$$

המטען בקליפה הראשונה קטן פי 2, ולכן:

השדה החשמלי בנקודה B קטן פי 2.

### נימוק:

(1) מכיוון שהקליפה הכדורית השנייה רחוקה מאוד מן הקליפה הנתונה, השדה החשמלי בנקודה B תלוי רק במטען של הקליפה הנתונה, לאחר החיבור שלה עם הקליפה השנייה.

(2) הקליפה השנייה אמנם טעונה באותו מטען כמו הקליפה הנתונה, אבל רדיוס הקליפה גדול פי 2 מרדיוס הקליפה הנתונה, ולכן הפוטנציאל של הקליפה השנייה קטן פי 2 מן הפוטנציאל של הקליפה הנתונה.

(3) לכן כאשר מחברים את שתי הקליפות יעבור מטען חיובי מן הקליפה הראשונה, שהפוטנציאל שלה גבוה יותר, אל הקליפה השנייה.

המטען של הקליפה הראשונה יקטן, לכן השדה החשמלי בנקודה B יקטן.

### נימוק נוסף:

(1) מכיוון שהקליפה הכדורית השנייה רחוקה מאוד מן הקליפה הנתונה, השדה החשמלי

1. א.  $E_A = 0$

ב.  $V_A = \frac{kq}{R_1} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{8 \cdot 10^{-2}} =$

$$= 2.25 \cdot 10^5 \text{ V}$$

ג.  $E_B = \frac{kq}{r_2^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{(12 \cdot 10^{-2})^2} =$

$$= 1.25 \cdot 10^6 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

ד.  $V_B = \frac{kq}{r_2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{12 \cdot 10^{-2}} =$

$$= 1.5 \cdot 10^5 \text{ V}$$

ה. תשובה: השדה החשמלי בנקודה B קטן.

### נימוק:

(1) מכיוון שהקליפה הכדורית השנייה רחוקה מאוד מן הקליפה הנתונה, השדה החשמלי, בנקודה B תלוי רק במטען של הקליפה הנתונה, לאחר החיבור שלה עם הקליפה השנייה.

(2) מכאן שלאחר החיבור, חלק מן המטען החיובי בקליפה הנתונה (שהפוטנציאל שלה גדול מאפס) עובר אל הקליפה השנייה עד לשיוויון פוטנציאליים והמטען בקליפה הנתונה קטן. לכן השדה בנקודה B קטן.

בנקודה B תלוי רק במטען של הקליפה הנתונה, לאחר החיבור שלה עם הקליפה השנייה.

(2) א. חוק שימור המטען:

$$q'_1 + q'_2 = q_1 + q_2$$

$$q_2 = q_1 \Rightarrow q'_1 + q'_2 = 2q$$

ב. מעבר מטענים עד לשוויון פוטנציאלים:

$$\frac{kq'_1}{R} = \frac{kq'_2}{2R}$$

$$2q'_1 = q'_2 \Rightarrow q'_1 + 2q'_1 = 3q'_1$$

$$3q'_1 = 2q \Rightarrow q'_1 = \frac{2q}{3}$$

מכאן שהמטען בקליפה הראשונה קטן, והשדה החשמלי בנקודה B קטן.

### מפתח הערכה

1. א. לא נדרש נימוק.

ב. 30% לביטוי

50% להצבות

20% לתשובה סופית עם יחידות.

- אם הציב  $r = 6\text{ cm}$ , יש לתת 30% עבור הביטוי בלבד.

- אם הציב  $r$  ללא המרה למטרים, לתת 80% לכל היותר לסעיף.

ג. 30% לביטוי

50% להצבות

20% לתשובה סופית.

- אם הציב  $r$  ללא המרה למטרים, לתת 80% לכל היותר לסעיף.

ד. 30% לביטוי

50% להצבות

20% לתשובה סופית.

- אם הציב  $r$  ללא המרה למטרים, לתת 80% לכל היותר לסעיף.

ה. 40% לתשובה

60% לנימוק;

10% ל- (1)

50% ל- (2)

60% לנימוק;

10% ל- (1)

25% ל- (2) א - לביטוי מילולי או למשוואה.

25% ל- (2) ב.

ו. 40% לתשובה

60% לנימוק;

10% ל- (1)

25% ל- (2)

25% ל- (3)

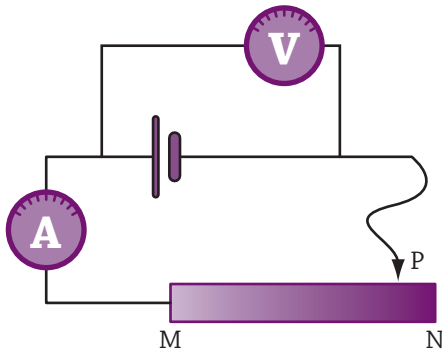
60% לנימוק;

10% ל- (1)

25% ל- (2) א - לביטוי מילולי או למשוואה.

25% ל- (2) ב.

2. תלמיד ערך ניסוי: הוא בנה מעגל חשמלי כמתואר בתרשים שלפניו, והזיז את המגע הנייד P לנקודות שונות לאורך הגג המשתנה שקצותיו מסומנים באותיות M ו-N. הנח כי מכשירי המדידה אידיאליים.



אחרי כל הזזה של הגרר, הוא מדד ורשם את הוראת הוולטמטר ואת הוראת האמפרמטר. לפניו תוצאות המדידות:

עוצמת הזרם (אמפר)	המתח (וולט)
0.12	1.4
0.45	1.2
0.58	1.0
0.95	0.8
1.12	0.6
1.30	0.4
1.70	0.2

נבחר שתי נקודות בגרף: (0, 1.5)

(1.4, 0.4)

$$\Rightarrow r = \frac{(0.4 - 1.5)}{1.4 - 0} \approx 0.786\Omega$$

ה. הזרם המרבי שיזרום במעגל יתקבל כאשר ההתנגדות החיצונית של המעגל היא אפס,

כאשר הגררה בנקודה M, ואז  $I_{\max} = \frac{\varepsilon}{r}$ .

$$I_{\max} = \frac{1.5}{0.786} \approx 1.92A$$

### פתרון נוסף:

הזרם המרבי הוא הזרם העובר כאשר מקור המתח מקוצר, ואז המתח על המקור הוא אפס.

מכאן שזו נקודת החיתוך עם הציר האופקי (I).

נקודת החיתוך של הגרף עם ציר הזרם  $\approx 1.92A$

ו. תשובה: הגררה הוזה שמאלה לעבר הקצה M.

### נימוק:

(1) לפי הקשר  $V = \varepsilon - Ir$  אם המתח קטן אז I גדל.

(2) מכאן שההתנגדות הכוללת של המעגל קטנה.

### מפתח הערכה

2. א. 10% לשימוש בסרגל.

10% לבחירה נכונה של צירים.

10% לשמות הצירים והיחידות.

10% לקנה מידה נכון וסביר

35% למיקום הנקודה.

25% להעברה סבירה של קו המגמה.

ב. 100% לטענה שהכא"מ של מקור מתח הוא הערך

של המתח כאשר הזרם מתאפס.

או לקביעה שהכא"מ הוא נקודת החיתוך של הגרף

עם ציר ה-V.

- לתת ניקוד מלא לקביעה שניתן להציב 2 נקודות

מהגרף.

ג. 100% לתשובה נכונה.

כל תשובה בתחום של 1.35V - 1.65V

מתקבלת.

א. סרטט גרף של המתח שהוולטמטר מורה כפונקציה

של הזרם שהאמפרמטר מורה. (7 נקודות)

ב. התלמיד טוען שהוא יכול לקרוא מתוך הגרף את הכא"מ של מקור המתח.

הסבר כיצד הוא מוצא את הכא"מ. (6 נקודות)

ג. מצא את הכא"מ של מקור המתח. (3 נקודות)

ד. חשב את ההתנגדות הפנימית של מקור המתח. (7 נקודות)

ה. מהו הזרם המרבי שיכול לזרום במעגל החשמלי? נמק. (5 נקודות)

ו. המתח שמדד התלמיד במדידה הראשונה

(1.4 וולט) היה הגבוה ביותר מבין הערכים שהוא

מדד, ובמידות שלאחריה ערכי המתח הלכו וקטנו.

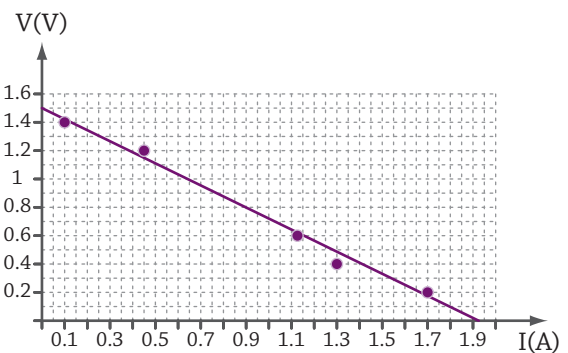
לאיזה כיוון הזיז התלמיד את המגע הנייד במהלך

הניסוי - לעבר הקצה N של הנגד המשתנה או

לעבר הקצה M? נמק את תשובתך.

(5.3 נקודות)

2. א.



ב. הכא"מ של מקור המתח הוא הערך של המתח

כאשר הזרם מתאפס, ולכן הכא"מ הוא נקודת

החיתוך של הגרף עם ציר ה-V.

ג. נקודת החיתוך של הגרף עם הציר האנכי שווה

ל- 1.5V ומכאן שהכא"מ של המקור הוא

1.5V

### פתרון נוסף:

מציאת הכא"מ על פי שתי נקודות בגרף.

ד. ההתנגדות הפנימית של מקור המתח שווה

לשיפוע (ערך מוחלט) של הגרף שהתקבל לפי

$$V = \varepsilon - Ir$$

### לפתרון הנוסף:

- 40% לבחירה נכונה של נקודות על קו המגמה.
- אם בחר בנקודות מהטבלה להוריד 15% לכל נקודה.
- 20% לכתיבת המשוואה  $V = \epsilon - Ir$ .
- 20% להצבה.
- 20% לתשובה סופית.
- ד. 30% לקביעה שההתנגדות הפנימית שווה לשיפוע הגרף (ערך מוחלט).
- 40% לבחירת הנקודות על קו המגמה.
- אם חישב את השיפוע באמצעות נקודות בטבלה שאין מופיעות על הגרף, להוריד 15% עבור כל נקודה.
- 30% לתשובה נכונה.
- לתשובות בין  $0.7\Omega$  ל- $0.8\Omega$ , לתת ניקוד מלא.
- ה. 40% לציון שהזרם המרבי יתקבל כאשר ההתנגדות החיצונית שווה לאפס. או לביטוי  $I_{\max} = \frac{\epsilon}{r}$ .
- 40% להצבה.
- 20% לתשובה נכונה.

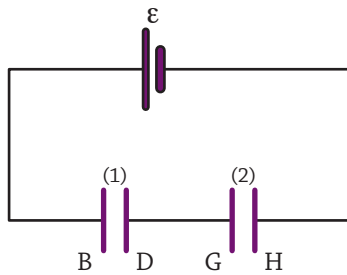
### לפתרון הנוסף:

- 60% לציון שהזרם המרבי הוא כאשר מקור המתח מקוצר.
- או לקביעה שהערך המקסימלי של הזרם נקבע לפי נקודת החיתוך של הגרף עם ציר ה-I.
- 40% למציאת נקודות החיתוך עם ציר ה-I עם יחידות.
- א. 40% לתשובה.
- 60% לנימוק;
- 30% ל- (1) 30% ל- (2)
- אם טעה בקביעה: יש לתת עד 30% לסעיף זה, אם התייחס לקשר (1).

- 3. בטבלה שלפניך מוצגים נתונים של שלושה קבלים, (1)-(3), ושל הלוחות המרכיבים אותם.

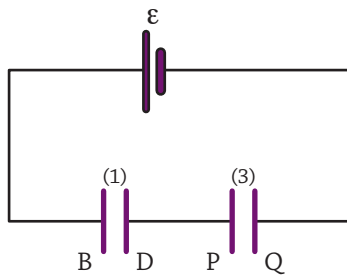
הקבל	שמות הלוחות	השטח של כל לוח	המרחק בין הלוחות
(1)	B D	A	d
(2)	G H	A	d
(3)	P Q	2A	d

מחברים את הקבלים (1) ו-(2) לסוללה שהכא"מ שלה הוא  $\epsilon$ , כמתואר בתרשים א, וממתינים עד שתנועת המטענים נפסקת.



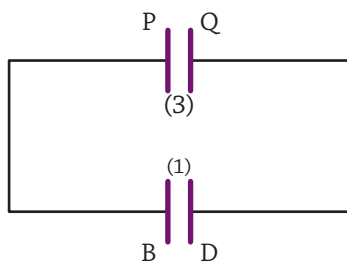
תרשים א

- א. הסבר מדוע המטען החשמלי על לוח D שווה בגודלו למטען על לוח G. (6 נקודות)
- ב. בטא את המטען החשמלי על לוח G, באמצעות נתוני השאלה (או חלקם):  $\epsilon$  (כא"מ המקור), d, A. (8 נקודות)
- מנתקים את הקבלים (1) ו-(2), ופורקים אותם. מחברים את הקבלים (1) ו-(3) לסוללה, כמתואר בתרשים ב, וממתינים עד שתנועת המטענים נפסקת.



תרשים ב

- ג. בטא באמצעות נתוני השאלה (או חלקם) -  $\epsilon$ , A, d את המתח החשמלי בין שני הלוחות B ו-D של קבל (1) במקרה זה. (8 נקודות)
- מנתקים מן הסוללה את שני הקבלים (1) ו-(3) כשהם עדיין טעונים, ומחברים אותם זה לזה, כמתואר בתרשים ג.



תרשים ג

3. א. (1) סכום המטענים של שני הלוחות לפני הטעינה שווה לאפס.

(2) בעת תהליך הטעינה עוברים מטענים בין הלוחות D ו-G.

(3) לכן על פי חוק שימור המטען, סכום המטענים על הלוחות D ו-G אחרי הטעינה הוא שווה אפס.

מכאן שהלוחות טעונים במטען שווה ומנוגד.

ב. (1) סכום מפלי המתח על שני הקבלים שווה למתח המקור  $\varepsilon$ .

על פי הנתונים, הקיבול של קבל (1) שווה לקיבול של קבל (2).

מכאן שמפל המתח על כל קבול הוא  $\frac{\varepsilon}{2}$

$$C = \frac{\varepsilon_0 A}{d}$$

(3) המטען על כל לוח נתון לפי הקשר

$$Q = CV$$

(4) מכאן:

$$Q = \frac{\varepsilon_0 A}{d} \cdot \frac{\varepsilon}{2}$$

$$Q = \frac{\varepsilon_0 A \varepsilon}{2d}$$

### פתרון נוסף:

הקיבול השקול  $C_T$  של שני הקבלים

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \quad (1)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{C_T} = \frac{2}{C_1} \Rightarrow C_T = \frac{C_1}{2}$$

$$Q_T = C_T \varepsilon \quad (2) \text{ לכן:}$$

על פי נתוני הקבלים

$$C_1 = C_2 = \frac{\varepsilon_0 A}{d} \quad (3)$$

$$Q_T = \frac{\varepsilon_0 A}{2d} \cdot \varepsilon \quad (4) \text{ לפי הקשר}$$

כיוון שהמטען על כל הלוחות שווה, המטען

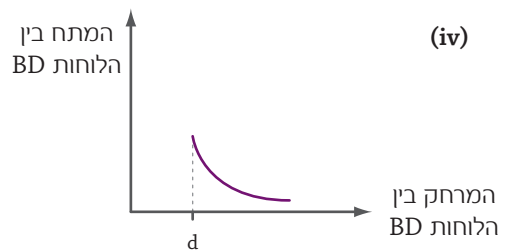
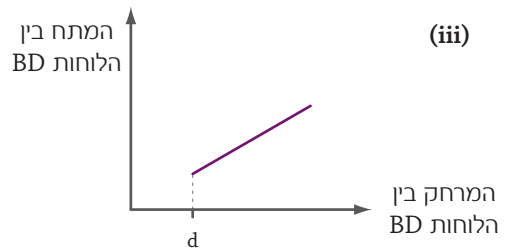
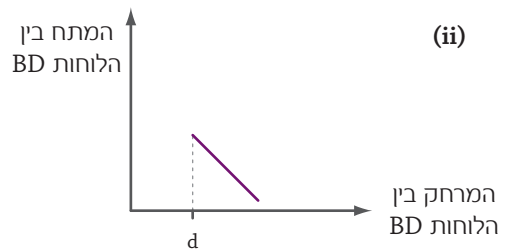
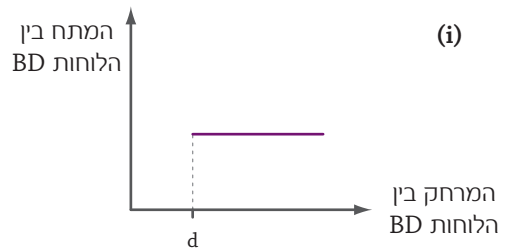
$$\frac{\varepsilon_0 A \varepsilon}{2d} \text{ על לוח G שווה ל-}$$

ד. האם בעקבות שינוי זה תהיה זרימה של מטענים בין הלוחות B ו-P? הסבר את תשובתך. (6 נקודות)

מנתקים זה מזה את הקבלים הטעונים, ומרחיקים את קבל (3) (למרחק "אין-סופי").

מגדילים בהדרגה ובאטיות את המרחק בין הלוחות D ו-B של קבל (1) הטעון.

ה. קבע איזה מהגרפים i-iv שלפניך מציג נכון את המתח בין הלוחות D ו-B כפונקציה של המרחק ביניהם.



## פתרון I

$$C_1 = \frac{\epsilon_0 A}{d} \quad (1) \quad \text{ג.}$$

$$C_3 = \frac{\epsilon_0 2A}{d} = 2C_1 \quad (2)$$

(3) על שני הקבלים אותו מטען ולכן יחס המתחים הפוך ליחס הקיבולים.

$$V_1 = \frac{2\epsilon}{3} \quad (4)$$

## פתרון II

$$C_1 = \frac{\epsilon_0 A}{d} \quad (1)$$

$$C_3 = \frac{\epsilon_0 2A}{d} = 2C_1$$

$$V_1 + V_3 = \epsilon \quad (2)$$

$$V_1 = \frac{Q_1}{C_1} \quad (3)$$

$$V_3 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{Q_3}{2C_1}$$

$$Q_1 = Q_3 \quad (4) \quad \text{אבל כמו בסעיף א'}$$

$$V_3 = \frac{Q_1}{2C_1} = \frac{V_1}{2} \quad (5) \quad \text{לכן}$$

$$V_1 + \frac{V_1}{2} = \epsilon \quad (6) \quad \text{הצבה}$$

$$V_1 = \frac{2\epsilon}{3} \quad \text{מכאן ש:}$$

## פתרון III

$$C_1 = \frac{\epsilon_0 A}{d} \quad (1)$$

$$C_3 = \frac{\epsilon_0 2A}{d} = 2C_1$$

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{2C_1} = \frac{3}{2C_1} \quad (2)$$

$$C_T = \frac{2C_1}{3}$$

$$Q_T = C_1 \cdot \epsilon = \frac{2C_1}{3} \cdot \epsilon \quad (3)$$

$$Q_T = Q_1 = Q_3 \quad (4)$$

$$V_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{2C_1 \epsilon}{3C_1} = \frac{2\epsilon}{3} \quad (5) \quad \text{לכן}$$

ד. **תשובה:** תהיה זרימה של מטענים בין הלוחות.

### נימוק:

(1) מן הסעיף הקודם נובע שהמתחים על הקבלים לא שווים.

(2) מכאן שכאשר מחברים את הקבלים כמתואר בתרשים יש הפרש פוטנציאלים בין לוח P ללוח B ובין לוח Q ללוח D.

יהיה מעבר מטענים בין לוח Q ללוח D ובין לוח P ללוח B, עד לשוויון הפוטנציאלים בין הלוחות.

ה. הגרף המתאים הוא iii.

### נימוק ראשון:

$$V = \frac{Q}{C} \quad (1)$$

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d} \quad (2)$$

$$V = \frac{Q}{\epsilon_0 A} d \quad (3) \quad \text{לכן:}$$

(4) Q קבוע לפי חוק שימור המטען.

(5) שטח הלוחות אינו משתנה.

(6) מכאן שהקשר בין V ל-d הוא קווי עולה,

ולכן הגרף המתאים הוא iii.

### נימוק שני:

$$V = Ed \quad (1)$$

(2) E קבוע כיוון שהשדה תלוי רק בצפיפות המטען על הלוחות, והוא נשאר קבוע.

(3) מכאן שהקשר בין V ל-d הוא קווי עולה.

ולכן הגרף המתאים הוא iii.

### מפתח הערכה

3. א. 50% ל- (1) או ל- (2).

50% ל- (3).

- אם נימק על ידי תהליך הטעינה והשראה (א)

התפלגות מטענים), לתת את מלוא הנקודות.

- אם כתב שבחיבור טורי המטען על הקבלים

זהה, לתת 50% לכל הסעיף.

- 10% ל- (1)
- 10% ל- (2)
- 10% ל- (3)
- 10% ל- (4)
- 10% ל- (5)
- 10% ל- (6)

**הערה:** לתת את מלוא הנקודות אם ציין רק את

(3), (4) ו- (6)

**לנימוק שני:**

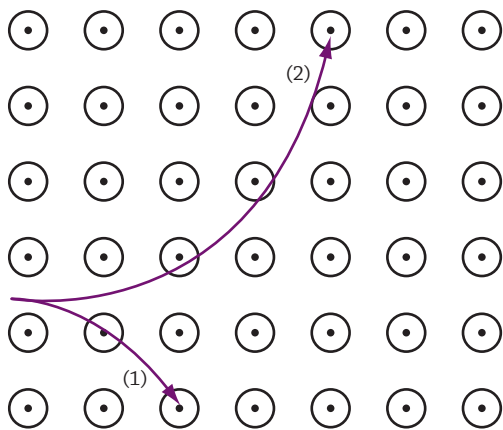
- 20% ל- (1)
- 20% לקביעה כי השדה קבוע והנימוק
- 20% ל- (3).

4. נתונים חלקיקים הטעונים במטען חשמלי. הנח כי כוח

הכובד הפועל על החלקיקים זניח. **לכל אחד** משני המצבים המתוארים בסעיפים א-ב, קבע אם הוא אפשרי או אינו אפשרי, ונמק **כל אחת** מקביעותיך. א. החלקיקים נעים באזור שבו שורר שדה מגנטי בלי שיפעל עליהם כוח מגנטי. (6 נקודות)

ב. החלקיקים נמצאים במנוחה באזור שבו שוררים גם שדה חשמלי וגם שדה מגנטי (כל אחד מן השדות קבוע), והכוח השקול הפועל עליהם שווה לאפס. (6 נקודות)

שני חלקיקים (1) ו-(2) נכנסים במאונך לשדה מגנטי אחיד. השדה המגנטי מאונך למישור הדרך וכיוונו "אל הקורא". בתרשים א מוצגים חלקים מהמסלולים של החלקיקים בשדה המגנטי.



**תרשים א**

- 25% ל- (1) ג.
- 25% ל- (2)
- 25% ל- (3)
- 25% ל- (4)

**לפתרון נוסף:**

- 25% ל- (1)
- 25% ל- (2)
- 25% ל- (3)
- 25% לביטוי סופי (4)

**ג. לפתרון I**

- 10% ל- (1)
- 10% ל- (2)
- לתת 20% לטענה ישירה  $C_3 = 2C_1$
- 40% ל- (3)
- 40% ל- (4)

**II לפתרון**

- 10% לביטוי עבור  $C_1$
- 10% לקשר בין  $C_3$  ל-  $C_1$
- לתת 20% לטענה ישירה  $C_3 = 2C_1$
- 20% ל- (2)
- 15% ל- (3)
- 15% ל- (4)
- 15% ל- (5)
- 15% ל- (6)

- לא להוריד נקודות אם לא ציין במפורש את הסעיפים (4) או (5).

**III לפתרון**

- 10% לביטוי עבור  $C_1$
- 10% לקשר בין  $C_3$  ל-  $C_1$
- לתת 20% לטענה ישירה  $C_3 = 2C_1$
- 20% ל- (2)
- 20% ל- (3)
- 20% ל- (4)
- 20% ל- (5)
- 40% לתשובה ד.

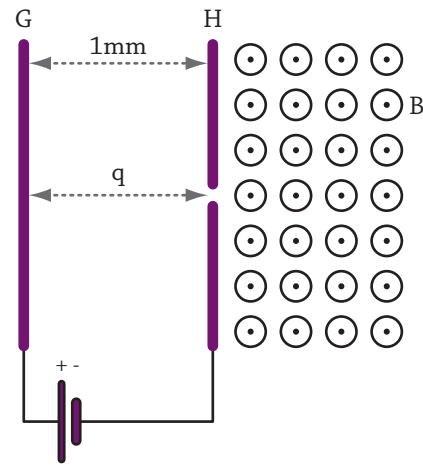
60% לנימוק:

- 20% ל- (1)
- 40% ל- (2)

ה. 40% לתשובה נכונה



- ג. קבע איזה סוג מטען יש לכל אחד מהחלקיקים (1) ו- (2) - חיובי או שלילי. נמק את קביעותיך. (6 נקודות)
- ד. לשני החלקיקים יש מסה שווה, והמהירויות הזוויתיות שלהם בתוך השדה שוות. הראה שהמטענים של שני החלקיקים שווים בגודלם. (8 נקודות)
- ה. חלקיק, הטעון במטען חיובי  $q = 3.2 \cdot 10^{-19} \text{C}$ , משוחרר ממנוחה קרוב מאוד ללוח מוליך G, המחובר להדק החיובי של מקור מתח. החלקיק עובר דרך נקב בלוח מוליך H, המחובר להדק השלילי של מקור המתח ונכנס לאזור שבו שורר שדה מגנטי אחיד, B. השדה המגנטי מאונך למישור הדרך, וכיוונו "א" הקורא" (ראה תרשים ב).



תרשים ב

המרחק בין הלוחות G ו-H הוא  $d = 1 \text{mm}$ , והפרש הפוטנציאליים בין הלוחות הוא  $V = 1000 \text{V}$ . סרטט גרף של האנרגיה הקינטית של החלקיק במהלך תנועתו כפונקציה של מרחקו האופקי מן הלוח G, עבור המרחקים שבין 0 ל- $2 \text{mm}$ . (הנח שבמהלך תנועתו החלקיק מגיע למרחק אופקי מהלוח G שגדול מ- $2 \text{mm}$ .) מצא את ערכי האנרגיה הקינטית של החלקיק במרחקים 1mm ו-2mm מהלוח G, ורשום אותם על הציר האנכי של הגרף שסרטטת. (7.3 נקודות)

4. א. יכול להיות מצב שבו החלקיקים נעים באזור שבו שורר שדה מגנטי בלי שיפעל עליהם כוח מגנטי. זה קורה כאשר החלקיקים נעים לאורך קו השדה.

ב. לא יכול להיות מצב כזה כי:

- (1) על החלקיק הטעון פועל כוח חשמלי.
- (2) כדי ששקול הכוחות הפועלים על החלקיק יהיו שווה לאפס, צריך לפעול עליו כוח מגנטי השווה בגודלו ומנוגד בכיוונו לכוח החשמלי.
- (3) אבל על החלקיק לא פועל כוח מגנטי כי מהירות החלקיק שווה לאפס.

ג. המטען של חלקיק 1 - חיובי.

המטען של חלקיק 2 - שלילי.

לפי כלל היד הימנית.

- ד. (1) בשאלה נתון שהחלקיקים נכנסים במאונך לשדה המגנטי, ומכאן שכל אחד מן החלקיקים מבצע תנועה מעגלית כאשר הכוח המגנטי הוא הכוח השקול על כל חלקיק.

$$qvB = \frac{mv^2}{R} \quad \text{מכאן שמתקיים}$$

כאשר R - רדיוס המסלול של החלקיק

v - המהירות המשיקית של החלקיק.

$$q = \frac{mv}{BR} \quad (2)$$

$$v = \omega R$$

$$q = \frac{m\omega}{B}$$

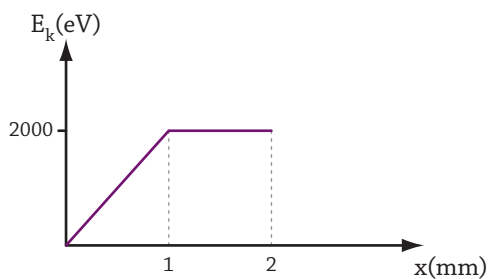
ולכן

$$\omega_1 = \omega_2 \quad (3) \text{ נתון:}$$

$$m_1 = m_2 \quad \text{וגם}$$

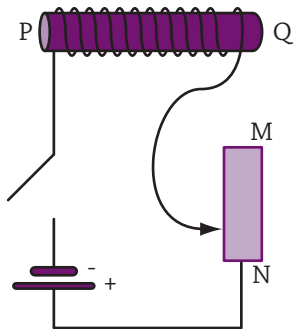
$$q_1 = q_2 \quad \text{ולכן}$$

ה. (1)

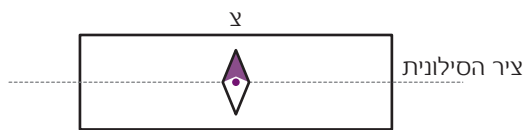


5. על מנת לחקור את השדה המגנטי של סילונית, משתמשים במעגל המתואר בתרשים א, ובו סילונית PQ, מקור מתח ונגד משתנה. צפיפות הליפופים בסילונית היא 2000 ליפופים למטר. ציר הסילונית מאונך לרכיב האופקי של השדה המגנטי הארצי. במרכז הסילונית נמצא מצפן קטן, חופשי להסתובב סביב צירו.

בתרשים ב מתואר חתך רוחב של הסילונית, ובו מסומנת מחט המצפן כאשר המעגל החשמלי פתוח. עוצמת הרכיב האופקי של השדה המגנטי הארצי היא  $B_{\text{אופקי}} = 2 \cdot 10^{-5} \text{T}$ .



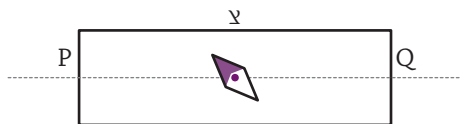
תרשים א



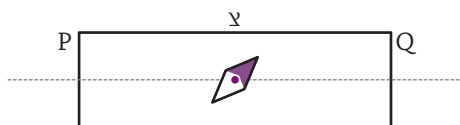
תרשים ב

בניסוי מזרימים דרך הסילונית זרם שעוצמתו  $I = 5 \text{mA}$ . מחט המצפן סוטה ממצבה ההתחלתי בזווית  $\alpha$ .

א. בתרשימים ג-ד מסורטטים חתכי רוחב של הסילונית ומחט המצפן בשני מצבי סטייה. רק אחד מהמצבים מתאים לתנאי הניסוי.



תרשים ג



תרשים ד

(2) חישוב האנרגיה הקינטית בנקודה 1mm:

החלקיק התחיל ממנוחה לכן

$$Vq = E_k$$

$$1000V \cdot 3.2 \cdot 10^{-19}C = E_k$$

$$E_k = 3.2 \cdot 10^{-16}J = 1000eV$$

(3) האנרגיה הקינטית במרחק 2mm מלוח G

שווה לאנרגיה הקינטית בנקודה  $x = 1\text{mm}$

שכן השדה המגנטי אינו מבצע עבודה על החלקיק.

### מפתח הערכה

4. א. 40% לתשובה  
60% לנימוק  
- אין לתת ניקוד על נימוק בסעיף זה, אם הקביעה לא נכונה.  
ב. 40% לתשובה  
20% לטענה (1)  
20% לטענה (2)  
20% לטענה (3)  
- לא להוריד נקודות אם לא ציין את (2) במפורש.  
- אין לתת ניקוד על נימוק בסעיף זה, אם הקביעה לא נכונה.  
ג. 80% לתשובה נכונה  
20% לנימוק  
- על תשובה נכונה ללא נימוק, לתת 50%.  
- לא לתת נקודות כלל לכל קביעה אחרת.  
ד. 50% ל- (1)  
25% ל- (2)  
25% ל- (3)  
- אם התייחס  $v_1 = v_2$ , לתת 50% לסעיף, לכל היותר.  
ה. 5% לבחירה נכונה של צירים  
5% ליחידות בכל ציר  
20% לסרטוט הגרף בתוך הלוחות GH  
20% לסרטוט הגרף בשדה המגנטי  
- להוריד 5% אם לא השתמש בסרגל  
25% ל- (2)  
25% ל- (3)

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\mu_0 IN}{B_{\text{אופקי}} L} \quad (4)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1.26 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 2000}{2 \cdot 10^{-5}} \quad (5)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = 0.63$$

$$\alpha = 32^\circ$$

ג. כאשר הגררה של הנגד תועבר לכיוון הקצה N,

זווית  $\alpha$  **תגדל**

הסבר: ההתנגדות השקולה במעגל קטנה.

הזרם **יגדל** ולכן  $B_i$  יגדל.

ד. (1) כדי לאפס את השדה המגנטי (השקול)

בסילוניות, יש ליצור תנאים כאלה שהשדה

המגנטי  $B_i \downarrow$  שמגמתו כלפי מטה ושווה

לגודל הרכיב האופקי של השדה הארצי

$B_{\text{אופקי}} \uparrow$  שכיוונו כלפי מעלה.

(2) לכן לפי כלל היד הימנית, ציר הסילוניות צריך

להיות מקביל לכיוון הרכיב האופקי של

השדה המגנטי הארצי.

$$\frac{\mu_0 IN}{L} = B_{\text{אופקי}} \quad (3) \text{ נדרש:}$$

$$\Rightarrow I = \frac{BL}{\mu_0 IN}$$

$$I = \frac{2 \cdot 10^{-5}}{1.26 \cdot 10^{-6} \cdot 2000} \quad (4)$$

$$I = 7.95 \text{mA} \quad (5)$$

### מפתח הערכה

5. א. 50% לתשובה נכונה.

10% ל- (1)

40% ל- (2)

- אם לא ציין את (1), לתת את מלוא הנקודות.

ב. 20% לתרשים או לתיאור מפורט במילים (1).

20% ל- (2)

- אם רשם את ביטוי (2) נכון ולא סרטט (1), לתת

40% ל- (2).

20% ל- (3)

20% ל- (4)

איזה משני התרשימים, תרשים ג או תרשים ד, מציג

נכון את מצב הסטייה של המחט המתאים לתנאי

הניסוי? נמק את תשובתך. (6 נקודות)

ב. חשב את גודל הזווית  $\alpha$ . (10 נקודות)

ג. האם זווית  $\alpha$  תגדל, תקטן או לא תשתנה, כאשר

הגררה של הנגד המשתנה תועבר לכיוון הקצה N?

הסבר את תשובתך. (7 נקודות)

ד. הוצים שהשדה המגנטי הכולל במישור האופקי

העובר במרכז הסילוניות יהיה שווה לאפס.

(1) מה צריך להיות הכיוון של ציר הסילוניות ביחס

לרכיב האופקי של השדה המגנטי הארצי, על

מנת לקזז את הרכיב האופקי של השדה

המגנטי במרכז הסילוניות? נמק את תשובתך.

(2) מהו הגודל של עוצמת הזרם שמאפשר לאפס

את הרכיב האופקי של השדה המגנטי במרכז

הסילוניות, לאחר שהסילוניות סובבה על פי

הדרישה בסעיף ד(1)? (10.3 נקודות)

5. א. מחט המצפן סוטה כבתרשים ג.

### נימוק:

(1) מחט המצפן מתייצבת בכיוון השדה המגנטי השקול.

(2) כאשר זרם זרם חשמלי דרך הסילוניות,

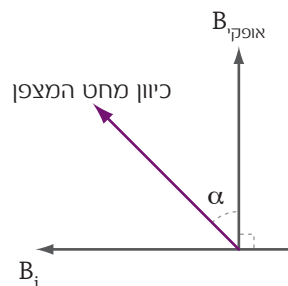
שורר בסילוניות שדה מגנטי המקביל לציר

הסילוניות, ומגמתו שמאלה.

לכן כיוון השדה המגנטי השקול הוא כמתואר

בתרשים ג.

ב. (1)



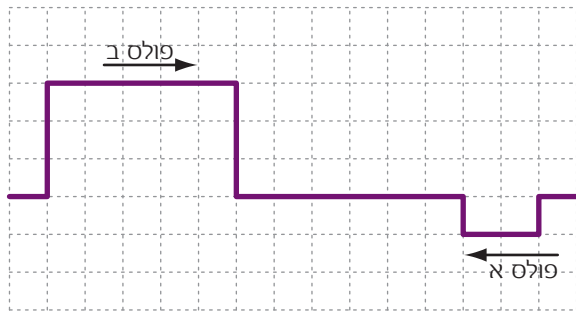
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{B_i}{B_{\text{אופקי}}} \quad (2)$$

$$B_i = \frac{\mu_0 IN}{L} \quad (3)$$

א. מצא את משרעת הגל. (5.3 נקודות)  
 ב. חשב את המהירות של התפשטות 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 שהגל הגיע לקצה החבל A). (9 נקודות)

ד. בתרשים ג מוצגים שני פולסים שני פולסים המתפשטים זה לקראת זה לאורך חבל אלסטי ברגע  $t = 0$ . כל אחד מהפולסים נע במהירות של משבצת בשנייה.



תרשים ג

סרטט במחברתך שני תרשימים (יצג כל משבצת מתרשים ג על ידי משבצת במחברתך):  
 בתרשים אחד הצג את מצב החבל ברגע  $t = 5s$ , ובתרשים שני הצג את מצב החבל ברגע  $t = 8s$ . הסבר את שיקוליך בקביעת מצבי החבל. (9 נקודות)

1. א. משרעת הגל היא  $A = y_{\max} = 0.2m$

ב.  $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$  או  $v = \lambda f$

(1)  $v = \lambda f$

(2)  $f = \frac{1}{T}$

על פי גרף ב':  $T = 0.4s$

$f = \frac{1}{0.4} = 2.5Hz$

על פי גרף א':  $\lambda = 1.6m$

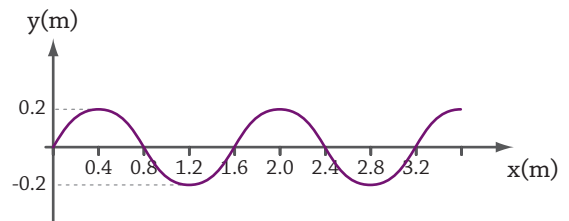
- 20% ל- (5)
- אם הציב יחידות לא נכונות לזרם, להוריד 15%.
- ג. 40% לתשובה
- 60% לנימוק;
- 20% להתנגדות קטנה.
- 20% לזרם גדל.
- 20% ל-  $B_i$  גדל.
- ד. 20% ל- (1)
- 20% ל- (2)
- 20% ל- (3)
- 20% ל- (4)
- 20% ל- (5)

### קרינה וחומר

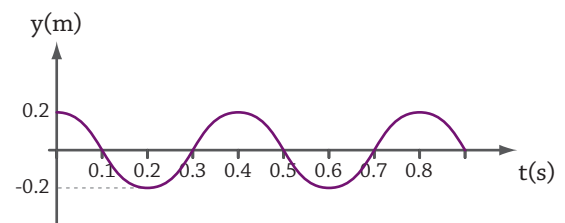
1. בניסוי במעבדה, תלמיד קושר את הקצה הימני A של חבל אלסטי לנקודה קבועה, ומותח את החבל כך שהוא אופקי.

לאחר מכן הוא מנדנד את קצהו השמאלי, B, של החבל מעלה ומטה בתנועה מחזורית. תרשים א מציג את ההעתקים של הנקודות השונות על קטע מהחבל, כפונקציה של המקום, ברגע מסוים (לפני שהגל הגיע לקצה החבל A). ציר המקום, x, מצביע ימינה. תרשים ב מציג את ההעתק של קצה החבל B, כפונקציה של

הזמן.



תרשים א



תרשים ב

### מפתח הערכה

1. א. משרעת הגל היא  $A = y_{\max} = 0.2 \text{ m}$

ב. 25% לזיהוי T לפי הגרף.

25% לזיהוי  $\lambda$  לפי הגרף.

20% לחישוב f או ל- (2).

10% ל- (1)

10% להצבה (3)

#### או

30% ל- (4), במקום (2) ו- (1)

10% לתשובה סופית עם יחידות.

- אם הערכים  $\Delta x$  ו-  $\Delta t$  תואמים, אין להוריד ניקוד.

ג. 10% ל- (1).

20% לקביעה **או** השתמש בעובדה שהמהירות אינה משתנה.

20% למציאת שימוש באורך הגל החדש.

10% לשמות הצירים

10% ליחידות

10% לקנה המידה

20% לסרטוט נכון על פי חישובים של לפחות זמן

מחזור אחד.

- אין להוריד נקודות אם  $y = 0, t = 0$

- אין צורך בנימוק או הסבר. אם הגרף נכון, לתת את מלוא הנקודות.

ד. 40% סרטוט ברגע  $t = 5 \text{ s}$

20% למיקום יחסי של הפולס.

20% לסופרפוזיציה.

40% לסרטוט ברגע  $t = 8 \text{ s}$

20% למיקום שמאל ימין או מעלה מטה.

20% ל-3 משבצות בין הפולסים.

20% להסבר (10% לכל נימוק חלקי).

2. על ספסל אופטי המונח על שולחן, מציבים מקור אור

שצורתו מלבן (מלבן מלא), עדשה מרכזת שרוחק

המוקד שלה הוא  $f = 30 \text{ cm}$ , ומסך. מקור האור

העדשה והמסך מקבילים זה לזה.

שתיים מהצלעות של מקור האור המלבני מאונכות

לשולחן. הדמות של מקור האור מתקבלת על המסך

וגובה גדול פי 2 מהגובה של מקור האור.

$$(3) \quad v = \lambda f = 1.6 \cdot 2.5 = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

או פתרון נוסף:

$$(4) \quad v = \frac{\lambda}{T} = \frac{1.6}{0.4} = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$(1) \quad A = 0.1 \text{ m} \quad \text{ג.}$$

$$f = 5 \text{ Hz}$$

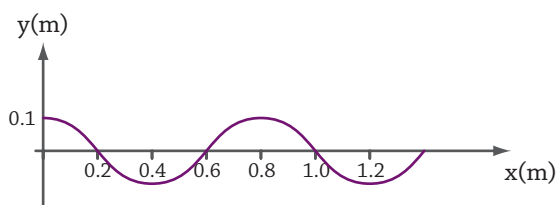
v קבוע

$$v = \lambda f$$

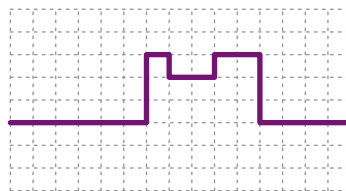
$$4 = \lambda \cdot 5$$

$$\lambda = 0.8 \text{ m}$$

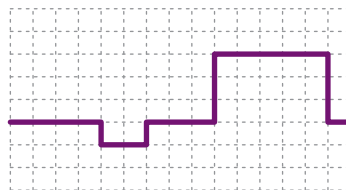
ניתן למצוא את אורך הגל משיקולים איכותיים.



ד. ברגע  $t = 5 \text{ s}$



ברגע  $t = 8 \text{ s}$



עקרון הסופרפוזיציה:

בכל רגע ורגע מצב החבל הוא סופרפוזיציה

של שני הפולסים

**או** חיבור העתקים.

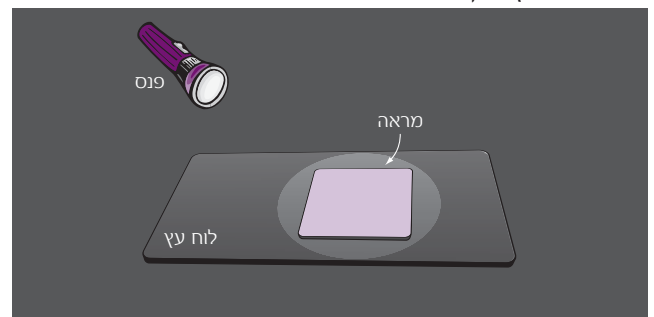
א. חשב את המרחק של מקור האור מן העדשה.

(8 נקודות)

ב. פי כמה גדול שטח הדמות מהשטח של מקור האור? נמק. (5.3 נקודות)

ג. מציבים את מקור האור במרחק 160 cm מן המסך. באיזה מרחק ממקור האור יש להציב את העדשה, כדי שתתקבל על המסך דמות חדה שלו? אם יש יותר מאפשרות אחת, כתוב את כולן. (12 נקודות)

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



ד. מדוע המראה שבתצלום נראית חשוכה, ואילו החלק של לוח העץ שבו פוגעת אלומת האור נראה מואר? (4 נקודות)

ה. כידוע, אור מוחזר ממראה כך שזווית ההחזרה שווה לזווית הפגיעה. אפשר להסביר חוק זה באמצעות המודל החלקיקי שפיתח ניוטון.

תאר באופן איכותי את הסבר החוק באמצעות המודל החלקיקי של ניוטון, וציין על איזו הנחה (או הנחות) הוא נסמך. בתשובתך אינך נדרש להציג פיתוח מתמטי. (4 נקודות)

ב. השטח גדל פי 4.

גודל הדמות גדול פי 2 מגודל העצם בשני הממדים, ציר ה-x וציר ה-y

ג. (1)  $u + v = 160$

(2)  $\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$

(3)  $\frac{1}{u} + \frac{1}{160 - u} = \frac{1}{30}$

(4)  $u^2 - 160u + 4800 = 0$

$u_1 = 120 \text{ cm} = 1.2 \text{ m}$

$u_2 = 40 \text{ cm} = 0.4 \text{ m}$

ד. החזרת האור מלוח העץ היא החזרה לא מסודרת (מפוזרת) ולכן האור החוזר מלוח העץ מגיע גם למצלמה או לעין, והמשטח נראה מואר.

החזרה מהמראה היא החזרה מסודרת ולכן במצב המתואר באיור הקרניים המוחזרות מן המראה אינן פוגעות במצלמה או בעין. המראה נראית חשוכה.

ה. החזרת האור מתוארת כהתנגשות בין חלקיקי האור למשטח המחזיר. ההנחות הן:

1. שההתנגשות היא אלסטית.

2. מסת המשטח המחזיר גדולה מאוד (כמו התנגשות אלסטית של כדור בקיר).

או שימור אנרגיה בהתנגשות.

### מפתח הערכה

2. א. 40% ל- (1) (גם ללא ערך מוחלט)

40% ל- (2)

10% ל- (1) + (2)

10% לתשובה סופית עם יחידות.

**הערה:** ניתן לפתור את השאלה ביחידות של מטר.

ב. 40% על הגדלה בציר ה-x.

40% על הגדלה בציר ה-y.

20% לתשובה (מסקנה סופית).

- אם התשובה "פי 2" עם נימוק, לתת 40% מהנימוק.

2. א. (1)  $\left| \frac{v}{u} \right| = 2$

הדמות ממשית ולכן v ו-u חיוביים.

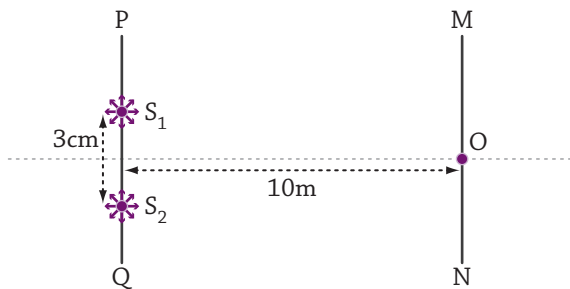
$v = 2u$

(2)  $\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$

(1+2)  $\frac{1}{2u} + \frac{1}{u} = \frac{1}{30}$

$u = 45 \text{ cm}$

$S_1$  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 3cm זה מזה. גלאי יכול לנוע לאורך מסילה MN, שמקבילה לישר PQ (ראה תרשים). המרחק בין המסילה MN לישר PQ הוא 10m. נקודה O, שעל המסילה MN, נמצאת במרחקים שווים משני המקורות.



- ג. כשהגלאי נמצא בנקודה O הוא קולט עוצמת גל מקסימלית. הסבר מדוע. (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. (5.3 נקודות)
- ו. ציין שני שימושים טכנולוגיים בגלי מיקרו. (4 נקודות)

3. א.  $\lambda = \frac{v}{f}$  (1)

$$\lambda_{\max} = \frac{v}{f_{\min}}$$

$$\lambda_{\max} = \frac{3 \cdot 10^8}{1 \cdot 10^9} = 0.3 \text{ m} = 30 \text{ cm}$$

$$\lambda_{\min} = \frac{v}{f_{\max}} = \frac{3 \cdot 10^8}{300 \cdot 10^9} = 0.001 \text{ m} = 1 \text{ mm}$$

- ב. (1) לא נכון.  
 (2) לא נכון.  
 (3) נכון.  
 (4) לא נכון.

- אם התשובה "פי 2" בלי נימוק, אין לתת נקודות.
- על תשובה נכונה ללא נימוק, לתת 50% מהניקוד.
- ג. 20% ל- (1)  
 20% ל- (2)  
 20% ל- (3)  
 20% ל- (4)
- 20% לתשובה סופית עם יחידות.  
 (10% לכל תשובה סופית עם יחידות).
- הערה:** ניתן לפתור את השאלה ביחידות של מטר.
- ד. 40% להסבר: כדי לראות או לצלם, קרן האור צריכה להגיע למצלמה או לעין.  
 30% להחזרה לא מסודרת מלוח העץ.  
 30% להחזרה מסודרת מהמראה.
- ה. אין צורך בפירוט משוואות של תנע ואנרגיה.
- אם הזכיר התנגשות אלסטית בלי הסברים נוספים, לתת 60% עבור הסעיף.  
 - אם כתב שהכדור פוגע בקיר, לתת 60%.  
 - אם כתב שהכדור מתנגש בקיר התנגשות אלסטית, לתת 100%.

3. גלי מיקרו נכללים בספקטרום הגלים האלקטרומגנטיים, והתדירות שלהם היא בין  $1 \cdot 10^9 \text{ Hz}$  ל-  $300 \cdot 10^9 \text{ Hz}$ .
- א. מהו אורך הגל המינימלי של גלי מיקרו בריק, ומהו אורך הגל המקסימלי של גלים אלה בריק? (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 מחזוריים באמבט גלים נכללים בספקטרום הגלים האלקטרומגנטיים.
- בניסוי בגלי מיקרו משתמשים בשני מקורות נקודתיים,

### מפתח הערכה

3. א. 10% לנוסחה (1).

30% לקביעה  $v = c$ .

30% לחישוב  $\lambda_{\max}$  ויחידות.

30% לחישוב  $\lambda_{\min}$  ויחידות.

- אם הציב מהירות אחרת, לתת לכל היותר 50% לסעיף.

ב. 25% ל- (1)

25% ל- (2)

25% ל- (3)

25% ל- (4)

אין צורך בנימוק.

ג. 70% על שהפרש הדרכים שווה לאפס.

30% להתאבכות בונה, או לציון העובדה שהמקורות

שווי-מופע ולכן על האנך האמצעי יש מקסימום.

### פתרון I

(1) ל- 20%

(2) ל- 20%

50% להצבה נכונה.

10% לתשובה סופית עם יחידות.

### פתרון II

(1) ל- 20%

60% להצבה נכונה

20% לתשובה סופית עם יחידות.

ה. 20% עבור  $\sin\theta_{\max} = 1$  או  $\theta_{\max} = 90^\circ$

20% עבור מציאת מספר קווי המקסימום בצד

אחד וקבלת  $n = 2.5$

10% לקביעה שמספר קווי המקסימום בצד אחד

$n = 2$

20% עבור מספר קווי המקסימום משני צדי

הנקודה O.

30% עבור הוספת הקו המרכזי.

- עבור תשובה ללא נימוק או חישוב, אין לתת

ניקוד.

- על הצבה לא נכונה של  $\lambda$  או  $d$  או על טעות

חישוב, להוריד 10%.

1. 50% עבור כל יישום טכנולוגי (2 x 50%)

ג. הפרש הדרכים בין הגלים מן המקורות  $S_1$

ו- $S_2$  בנקודה O הוא אפס ולכן נוצרת בנקודה

O התאבכות בונה.

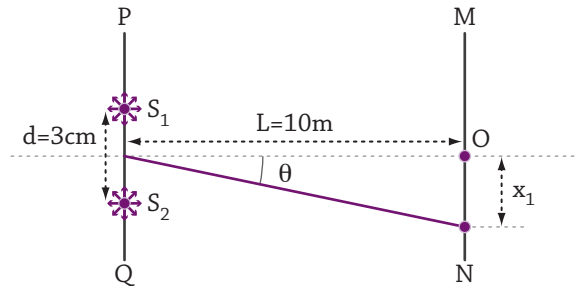
### פתרון I:

$$(1) \tan\theta_1 = \frac{x_1}{L}$$

$$(2) \sin\theta_1 = \frac{1 \cdot \lambda}{d}$$

$$x_1 = 4.36\text{m}$$

$$\theta = 23.58^\circ$$



### פתרון II:

$$(1) \sin\theta_n = \frac{x_n}{L_n} = \frac{n\lambda}{d}$$

$$x_1 = \frac{\lambda L}{d}$$

$$x_1 = \frac{1.2 \cdot 10^{-2} \cdot 10}{3 \cdot 10^{-2}} = 4\text{m}$$

$$(1) \sin\theta_{\max} = 1, \theta_{\max} = 90^\circ$$

$$I \geq \frac{n_{\max}\lambda}{d}$$

$$n_{\max} \leq \frac{d}{\lambda} = \frac{3}{1.2} = 2.5$$

מכאן שמספר הקווים המקסימלי בכל צד

הוא 2.

לכן המספר המקסימלי של הקווים

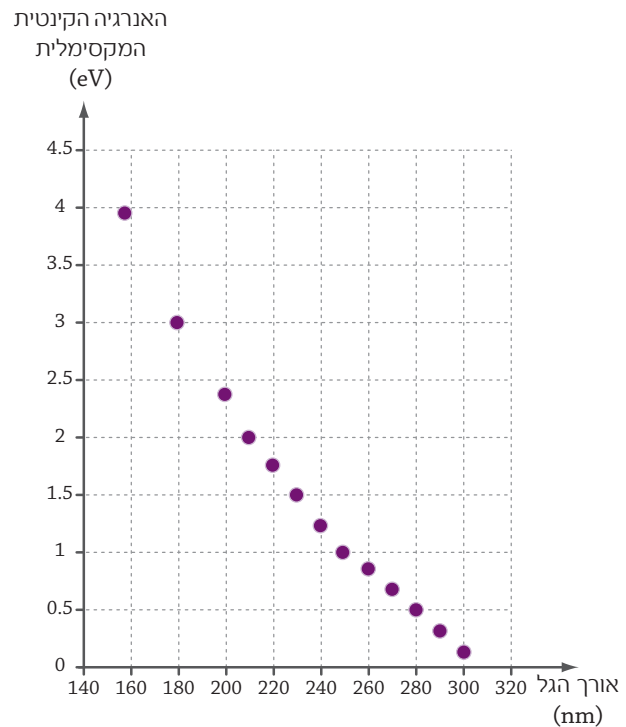
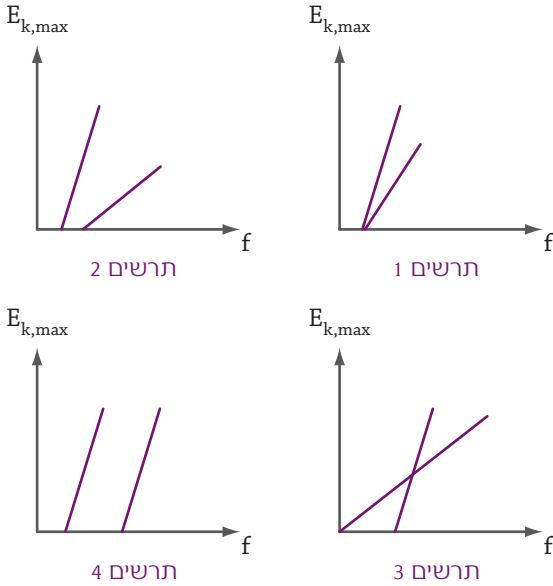
$$n(\text{כולל}) = 2 \cdot 2 + 1 = 5$$

1. מיקרוגל, רדאר, טלפון נייד, מכשירי קשר

תקשורת בין לווינים, GPS



4. עורכים ניסוי בתא פוטואלקטרי ומאירים את הפולט (הקתודה) באלומות מונוכרומטיות של קרינה על-סגולה, בזו אחר זו. האלומות שונות זו מזו באורכי הגל שלהן. לכל אלומה מודדים את האנרגיה הקינטית המקסימלית של האלקטרונים שנעקרים. א. מסרטטים גרף של האנרגיה הקינטית המקסימלית של האלקטרונים שנעקרים. כפונקציה של אורך הגל של האלומה הפוגעות. קבע על סמך התאוריה, אם גרף זה צפוי להיות ליניארי. נמק את קביעתך. (6 נקודות)



ב. הגרף שלפניך מציג את האנרגיה הקינטית המקסימלית של האלקטרונים הנעקרים, כפונקציה של אורך הגל של האלומה הפוגעת, **כפי שהתקבלה בניסוי**.

בחר בשתי נקודות מהגרף, וחשב בעזרתן את פונקציית העבודה של המתכת המוארת ואת קבוע פלאנק. (10 נקודות)

ג. הגדר את המושג "מתח עצירה", וחשב את גודלו של מתח העצירה הדרוש כאשר מאירים את הפולט של התא בקרינה בעלת תדירות

4. א. על פי התאוריה, הגרף אינו ליניארי:

$$(1) E_{k,max} = hf - B$$

$$(2) E_{k,max} = \frac{hc}{\lambda} - B$$

נוסחה (2) אינה מתארת קשר ליניארי בין האנרגיה הקינטית המקסימלית לאורך גל.

$$(180 \text{ nm}, 3\text{eV}) \quad \text{ב.}$$

$$(280 \text{ nm}, 0.5 \text{ eV})$$

$$(1) E_{k,max} = \frac{hc}{\lambda} - B$$

$$0.5 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} = \frac{h \cdot 3 \cdot 10^8}{280 \cdot 10^{-9}} - B$$

$$0.8 \cdot 10^{-19} = 1.07 \cdot 10^{15} h - B$$

$$(2) 3 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} = \frac{h \cdot 3 \cdot 10^8}{180 \cdot 10^{-9}} - B$$

60% להצבה נכונה בשתי משוואות  
 10% לתשובה מספרית של B ויחידות.  
 10% לתשובה סופית של h כולל יחידות. התוצאות  
 יכולות להיות קצת שונות בהתאם לנוסחאות  
 וליחידות שמתשמשים בהן.

- אם פתר גם ביחידות eV על פי הנוסחה

$$E_{k_{\max}} \text{ (eV)} = \frac{1240}{\lambda \text{ (nm)}} - B \text{ (eV)}$$

$$B = 6.22 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 3.88 \text{ eV}$$

יקבל 70% לכל היותר, לכל הסעיף.

ג. 45% להגדרת מתח עצירה:

10% לקביעה שהמתח הוא מינימלי.

25% למתח גורם לעצירת האלקטרונים

10% לציון שהאלקטרונים הם המהירים ביותר **א**  
 כל האלקטרונים.

**א:** אם הגדיר את מתח העצירה תוך התייחסות  
 לאיפוס הזרם:

10% למתח מינימלי

35% לאיפוס הזרם:

55% לחישוב מתח העצירה:

30% ל- (1)

15% להצבה לחישוב  $V_{\text{עצירה}}$

10% לתשובה סופית עם יחידות.

**א:**

20% ל- (1)

20% לקריאת  $E_{k_{\max}}$  מתוך הגרף

15% לתשובה סופית עם יחידות.

ד. 30% עבור תשובה

70% עבור הנימוק.

5. 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)

$$4.8 \cdot 10^{-19} = 1.66 \cdot 10^{15} h - B$$

$$h = 6.78 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} = 4.24 \cdot 10^{15} \text{ eV} \cdot \text{s}$$

$$B = 6.45 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 4.03 \text{ eV}$$

ג. מתח עצירה הוא המתח המינימלי בין הפולט  
 והקולט הנדרש לעצור את האלקטרונים  
 המהירים ביותר הנפלטים בתהליך  
 הפוטואלקטרי.

### פתרון I

$$(1) E_{k_{\max}} = eV_{\text{עצירה}} = hf - B$$

$$E_{k_{\max}} = 6.78 \cdot 10^{-34} \cdot 1.25 \cdot 10^{15} - 6.45 \cdot 10^{-19}$$

$$E_{k_{\max}} = 2.025 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 1.27 \text{ eV}$$

$$V_{\text{עצירה}} = 1.27 \text{ eV} = \text{לכן מתח העצירה הוא:}$$

### פתרון II

$$(1) \lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{1.25 \cdot 10^{15}} = 240 \text{ nm}$$

על פי הגרף רואים שלאורך הגל  
 $\lambda = 240 \text{ nm}$ , מתאימה  $E_{k_{\max}}$ :

$$E_{k_{\max}} = 1.25 \text{ eV}$$

$$E_{k_{\max}} = eV_{\text{עצירה}} \quad \text{ולכן}$$

$$V_{\text{עצירה}} = 1.25 \text{ V}$$

ד. תרשים 4

הגרף של  $E_{k_{\max}}$  כתלות ב- f הוא קו ישר  
 ששיפועו  $E_k = hf - B$ , ללא תלות בתא. לכן  
 שני הגרפים חייבים להיות מקבילים (השיפוע  
 של שני הגרפים זהה).

### מפתח הערכה

4. א. 30% לתשובה שהגרף אינו ליניארי.

50% ל- (2)

20% לקביעה שהנוסחה אינה מתארת פונקציה  
 ליניארית.

- אם אין נימוק, אין לתת ניקוד.

ב. 10% לבחירת הנקודות מהגרף

10% לנוסחת האפקט הפוטואלקטרי

ה.אנרגיה זו גבוהה מאנרגיית היינון של אטום המימן, ולכן האלקטרונים ישתחררו מאטומי המימן. **או** יתרחש יינון.

### מפתח הערכה

5. א. - אם הזכיר לפחות אחת מן הקביעות הבאות ללא הוספת קביעות שגויות, יקבל את **כל** הנקודות.
- אם הוסיף קביעות שגויות, יש לתת 50% מהניקוד לסעיף.
  - שספקטרום הפליטה של מימן קווי (בדיד).
  - מסלולים מוגדרים במודל בוהר.
  - לתדירויות מוגדרות במודל בוהר.
  - למסלולים בלי מגבלה של רדיוס רתרפורד.
  - ספקטרום רציף או לרצף תדירויות.
- ב. 20% עבור (1)  
20% עבור חישוב הרמה (n)  
20% עבור (2)  
40% לתשובה סופית עם יחידות.
- ג. 40% לרעיון שהאנרגיה של הפוטון היא הפרש האנרגיות בין שתי הרמות **או** (1)  
60% לתשובה סופית עם יחידות.
- אם  $\Delta E$  שלילי, לתת 80% לכל הסעיף.  
ד. 10% עבור התשובה.  
90% לסרטוט נכון.
- אם חישב את מספר הקווים ללא סרטוט, לתת 60%
  - אם יש בין הקווים גם קווים לא נוכנים או חצים כלפי מעלה, לתת 70% לכל הסעיף.
- ה. אין צורך בנימוק.

תהודה

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? (5.3 נקודות)

5.א. ספקטרום הפליטה של מימן הוא קווי (בדיד) ומעיד על כך שאטומים פולטים פוטונים בתדירויות מסוימות במעבר של אלקטרון מרמה לרמה. על פי המודל של בוהר, אלקטרון יכול להימצא במסלולים מסוימים סטציונאריים (ברמות אנרגיה מסוימות). האטום פולט פוטונים רק במעבר האלקטרון בין רמות אלה. על פי המודל של רתרפורד, רדיוס המסלול שבו האלקטרון נמצא יכול לקבל כל ערך, ולכן ספקטרום הפליטה לפי מודל זה צריך להיות רציף.

$$(1) \quad r_n = r_1 n^2 \quad \text{ב.}$$

$$\frac{r_n}{r_1} = n^2$$

$$25 = n^2$$

$$n = 5$$

$$(2) \quad E_n = -\frac{13.6 \text{ eV}}{n^2}$$

$$E_5 = -\frac{13.6}{5^2} = -0.544 \text{ eV}$$

$$(1) \quad \Delta E = E_5 - E_1 = -0.54 - (-13.6)$$

$$E_f = \Delta E = +13.06 \text{ eV}$$

ד. תשובה: 10 קווים ספקטראליים.

נימוק:

