



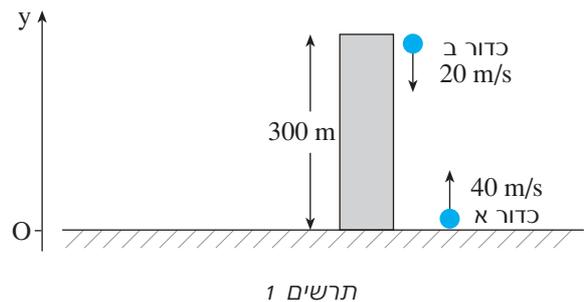
בחנים מבחנים ובעיות

בחנית הבגרות בפיזיקה קיץ תש"ס פרקי חובה ופתרונות מלאים*

עדי רוזן, המחלקה להוראת המדעים, רחובות ומשרד החינוך, ירושלים

מכניקה

1. הגובה של בניין הוא 300m. כדור א נזרק מרגלי הבניין כלפי מעלה במהירות שגודלה $40 \frac{m}{s}$. ברגע הזריקה של כדור א, נזרק כדור ב מגובה גג הבניין כלפי מטה במהירות שגודלה $20 \frac{m}{s}$. (ראה תרשים). הזנח את ההשפעה של התנגדות האוויר על תנועות הכדורים. הנח שהכדורים אינם מתנגשים, אלא חולפים זה ליד זה.



נגדיר ציר y שראשיתו O בגובה הקרקע וכיוונו החיובי כלפי מעלה (ראה תרשים). פתור את הסעיפים שלפניך רק ביחס לציר זה.

א. מהו הגובה המרבי מעל הקרקע שאליו יגיע כדור א? (5 נקודות)

ב. כעבור כמה זמן מרגע הזריקה של כדור א הוא יפגע בקרקע? (8 נקודות)

ג. כעבור כמה זמן מרגע זריקת שני הכדורים הם "יפגשו" (כלומר יימצאו באותו גובה)? (12 נקודות)

ד. סרטט גרף המתאר את המרחק בין שני הכדורים, כפונקציה של הזמן מרגע זריקתם עד לרגע "פגישתם".

הסבר. ($8\frac{1}{3}$ נקודות)

* זכות היוצרים על השאלונים היא של המדינה באמצעות משרד החינוך והתרבות. התשובות לשאלות אינן מטעם משרד החינוך והתרבות אלא באחריות החתום על המאמר.

1. א. $v^2 = v_0^2 + 2a\Delta y$

מהזריקה עד שיא הגובה:

$$0^2 = 40^2 + 2(-10) \cdot y_{\max}$$

$$y_{\max} = 80 \text{ m}$$

ב. $y = y_0 + v_0t + \frac{at^2}{2}$

מהזריקה עד חזרה לרגלי הבניין:

$$0 = 0 + 40t + \frac{(-10)t^2}{2}$$

t = 0 מתאים לרגע הזריקה, לכן:

$$t = 8 \text{ s}$$

ג. $y_{\text{א}} = y_0 + v_0t + \frac{at^2}{2}$

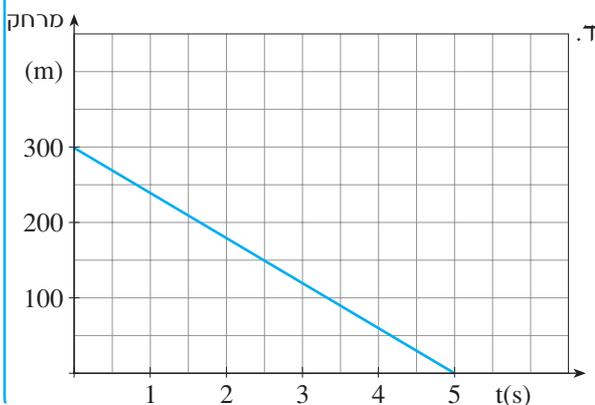
$$y_{\text{א}} = 0 + 40t + \frac{(-10)t^2}{2}$$

$$y_{\text{ב}} = 300 + (-20)t + \frac{(-10)t^2}{2}$$

ברגע הפגישה: $y_{\text{א}} = y_{\text{ב}}$

$$40t - 5t^2 = 300 - 20t - 5t^2$$

$$t = 5 \text{ s}$$



הסבר בדרך א:

התאוצה היחסית בין הכדורים היא אפס, לכן התנועה היחסית היא שוות-מהירות, והגרף הוא לניארי.

הסבר בדרך ב:

$$y_A = 40t - 5t^2$$

$$y_B = 300 - 20t - 5t^2$$

המרחק הוא $y_B - y_A$, לכן:

$$\text{המרחק} = 300 - 20t - 5t^2 - (40t - 5t^2)$$

$$\boxed{\text{המרחק} = -60t + 300}$$

לכן הגרף המתאים הוא לינארי, וחותך את הציר האנכי ב-300 מטר ואת הציר האופקי ב-5 שניות.

מפתח הערכה:

1. א. 40% לנוסחה.

40% להצבה.

15% לתשובה נומרית נכונה.

5% ליחידה (ללא תלות בתשובה נומרית נכונה).

- אם הציב ישירות בלי לכתוב את המשוואה הכללית, להוריד 5%.

- לא לנכות אם רשם נוסחה עבור y_{\max} , בלי לפתח.

ב. 40% לנוסחה (לא נדרש לכתוב בנוסחה y_0).

40% להצבה.

15% לתשובה נומרית נכונה.

5% ליחידה (ללא תלות בתשובה נומרית נכונה).

- התלמיד אינו נדרש למצוא $t = 0$ ברגע הזריקה.

- אם הציב ישירות בלי לכתוב את המשוואה הכללית, להוריד 5%.

פתרונות אחרים:

I. עבור חלוקת הפתרון לשני חלקי תנועה (כלפי מעלה ואחור-כך כלפי מטה) לתת את מלוא הנקודות.

II. עבור חישוב זמן העליה והכפלתו ב-2, לתת את מלוא הנקודות.

ג. 15% לנוסחה.

30% להצבה לכדור א.

(לנכות 15% אם רשם $g = +10$)

30% להצבה לכדור ב.

(לנכות 15% אם רשם $g = +10$)

10% לרעיון $y_A = y_B$

10% לתשובה נומרית נכונה.

5% ליחידה.

- אם הציב ישירות בלי לכתוב את המשוואה הכללית, להוריד 5%.

- אם פתר כך שסכום הדרכים שעברו הכדורים שווה ל-300 ואז חייב להחליף ציר, לתת 70% עבור פתרון זה.

ד. 80% עבור הגרף:

10% לשמות צירים ויחידותיהם,

10% לנקודת חיתוך עם הציר האנכי,

10% לנקודת חיתוך עם הציר האופקי,

50% לגרף קווי.

20% עבור ההסבר.

- לא לנכות אם בנה את הגרף על-פי נקודות שחישב.

- לא להתייחס לקטע גרף עבור $t > 5$.

- לתת 40% עבור שתי פרבולות נכונות המתארות

מקום-זמן לכל גוף (יכול לקבל 10% לצירים

ויחידות).

2. א. מכונית נוסעת על כביש (לא נטוי) במישור אופקי

במסלול מעגלי שרדיוסו R. גודל המהירות של המכונית

קבוע. מקדם החיכוך הסטטי בין צמיגי המכונית

לכביש הוא μ_s . בטא באמצעות נתוני השאלה את

המהירות המירבית שבה המכונית יכולה לנסוע על

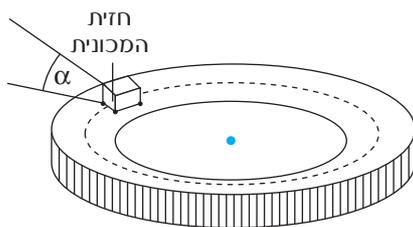
הכביש בלי החלקה. (11 נקודות)

תרשים א מתאר כביש שצידו האחד מוגבה והוא נטוי

בזווית α . מכונית נוסעת בכביש זה במסלול מעגלי אופקי

שרדיוסו R. הנח כי החיכוך שהכביש מפעיל על המכונית

ניתן להזנחה.



תרשים א2

ב. תלמיד סרטט תרשים, המתאר את הכוחות הפועלים

על המכונית במישור של חתך אנכי של הכביש: כוח

הכובד mg והכוח הנורמלי N שהכביש מפעיל על

המכונית (ראה תרשים ב). התלמיד רשם משוואה עבור

רכיבי הכוחות בכיוון ציר ה-y, המתואר בתרשים ב

שלפניך:

10% לביטוי הסופי.

ב. - 60% לתשובה: בכיוון הציר y המכונית אינה בשיווי-משקל.

- 100% לתשובה: אם $\Sigma F_y = 0$ אז יש למכונית רק תאוצה לאורך המדרון ואין לה תאוצה רדיאלית (לבסוף תחליק ולא תסתובב).

- לא יקבל נקודות עבור "התלמיד שכח את הכוח הצנטריפוגלי".

ג. 38% למשוואה (1).

38% למשוואה (2).

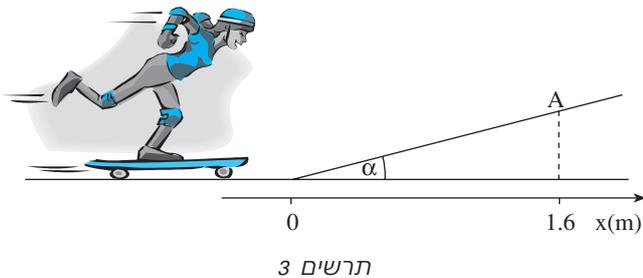
24% לביטוי סופי.

- לקבל כל ביטוי שקול.

- אם רשם בצורה נכונה את המשוואות (1) ו-(2), אך טעה בביטוי הטריגונומטרי (החליף ב-sin ב-cos), לתת לכל משוואה 30% (במקום 38%), ולתת גם את ה-24% לביטוי הסופי (אם הוא מתאים למשוואות שרשם).

- אם רשם ישירות את הנוסחה (3) (ללא פיתוח), לתת לכל הסעיף 40%.

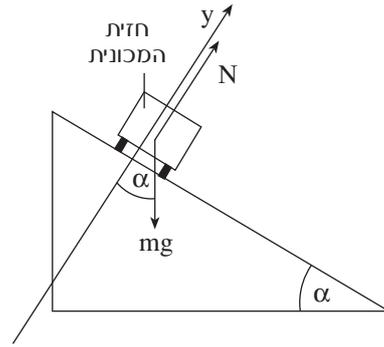
3. בתרשים שלפניך מתואר נער הנע באמצעות גלגליות - תחילה על משטח אופקי, ולאחר מכן על משטח ישר ומשופע (בלי להשקיע מאמץ שרירים). בתרשים מתואר גם ציר x אופקי, שראשיתו בנקודת ההתחלה של המשטח המשופע. הזנח את החיכוך הפועל על הנער ועל הגלגליות.



תרשים 3

בשלוש נקודות שונות לאורך המשטח המשופע נמדדה האנרגיה הקינטית, E_k , של הנער. בטבלה שלפניך נרשם המקום האופקי x של הנקודות, ונרשמה האנרגיה הקינטית של הנער בנקודות אלה.

140	200	260	E_k (J) - אנרגיה קינטית
1.2	0.8	0.4	x(m) - מקום אופקי



תרשים ב'2

$$\Sigma F_y = 0 \Rightarrow N - mg \cdot \cos \alpha = 0$$

הסבר מדוע משוואת התלמיד אינה נכונה. (אל תרשום בסעיף זה נוסחה נכונה, אלא הסבר מדוע נוסחת

התלמיד אינה נכונה.) ($7 \frac{1}{3}$ נקודות)

ג. בטא, באמצעות R ו- α , את מהירות המכונית הנוסעת בכביש הנטוי. (15 נקודות).

2. א. על-פי החוק השני של ניוטון:

$$\mu_s mg = \frac{mv_{\max}^2}{R}$$

$$v_{\max} = \sqrt{\mu_s Rg}$$

ב. המשוואה אינה נכונה,

כי רכיב התאוצה בכיוון y שונה מאפס.

ג. בכיוון אנכי רכיב התאוצה שווה לאפס, לכן:

$$(1) N \cos \alpha = mg$$

$$(2) N \sin \alpha = \frac{mv^2}{R} \quad \text{בכיוון האופקי:}$$

מחילוק משוואה (2) במשוואה (1) מקבלים:

$$(3) \tan \alpha = \frac{v^2}{Rg}$$

$$v = \sqrt{Rg \tan \alpha}$$

מפתח הערכה:

2. א. 30% לרעיון שכוח החיכוך שווה למכפלת מסת המכונית בתאוצתה.

30% לביטוי $\mu_s mg$

30% לביטוי $\frac{mv^2}{R}$

ג. על-פי הגרף, בנקודת ההתחלה של המשטח המשוּפֵע:

$$E_k = 320 \text{ J}$$

ד. כן. על-פי הגרף בנקודה זו $E_k > 0$.

ה. על-פי הגרף, הנער ייעצר בנקודה שבה:

$$x \approx 2.1 \text{ m}$$

כי בנקודה זו $E_k = 0$.

מפתח הערכה:

3. א. 30% לקביעה שסכום האנרגיה הקינטית ואנרגיית

הכובד קבוע.

20% לקשר בין h ל- x .

50% לקשר (2).

- לתת 20% להסבר מילולי חלקי, למשל: כאשר x

גדל האנרגיה הקינטית קטנה. להוסיף לו 30% אם

התייחס לשימור אנרגיה.

ב. 12% לצירים (סימונים גדלים, יחידות, E_k על ציר

אנכי).

9% לבחירת קנה-מידה ראוי (לא קטן מדי).

15% למיקום שיעורי הנקודות על הצירים.

18% x 3 למיקום הנקודות של דיאגרמת הפיזור.

10% לסרטוט הקו הישר.

ג. 80% לקביעה.

20% לנימוק.

- לקבל ערכים בין 300J – 340J.

אם חרג מתחום זה, לתת רק 60% לקביעה.

ד. 30% לקביעה.

70% לנימוק.

ה. 80% לקביעה.

20% להסבר.

- לקבל ערכים בין 2 ל- $2\sqrt{2}$ מטר.

אם חרג מתחום זה, לתת 60% לקביעה.

א. בלי להתבסס על נתוני הטבלה הוכח כי הקשר בין האנרגיה הקינטית, E_k , של הנער על המשטח המשוּפֵע

לבין המקום x הוא לינארי (קווי). ($\frac{1}{9}$ נקודות)

ב. על-פי נתוני הטבלה סרטט במערכת צירים גרף של האנרגיה הקינטית, E_k , כפונקציה של המקום x .

(5 נקודות)

ג. קבע בעזרת הגרף שסרטטת בסעיף ב, מהי האנרגיה הקינטית של הנער בנקודת ההתחלה של המשטח

המשופֵע. (6 נקודות)

ד. האם הנער הגיע לנקודה A שעל המשטח המשוּפֵע (שבה $x = 1.6 \text{ m}$)? **נמק.** (7 נקודות)

ה. קבע בעזרת הגרף שסרטטת בסעיף ב, מהו הערך של x המתאים לנקודה על המשטח המשוּפֵע שבה נעצר

הנער. **הסבר כיצד קבעת זאת.** (6 נקודות).

3. א. על-פי חוק שימור האנרגיה:

$$(1) \quad E_k + U = E$$

כאשר E הוא גודל קבוע.

נסמן ב- h את גובה המשטח המשוּפֵע בנקודה x כלשהי:

$$\frac{h}{x} = \tan \alpha$$

$$h = x \tan \alpha$$

נציב ב-(1):

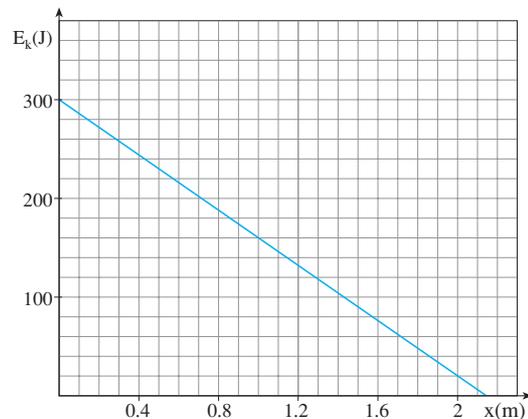
$$E_k + mgh = E$$

$$E_k + mg x \tan \alpha = E$$

$$(2) \quad \boxed{E_k = E - (mg \tan \alpha) \cdot x}$$

מכאן שהקשר בין E_k ל- x הוא קווי.

ב.



- ב. בטא באמצעות משקל התלמיד, mg , את הוריית המאזניים ברגע שבו הקרונית חולפת בנקודה D. (15 נקודות)
- ג. ברגע שהקרונית חולפת בנקודה D, האם הדם שבגוף התלמיד נוטה להצטבר בפלג גופי העליון (בראשו), בפלג גופו התחתון (ברגליו) או שהוא נמצא במצבו הרגיל (כמו לפני התנועה)? **נמק.** ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

4. א.

ΣF	a	v	
4	4	4	בין B ל-C
1	1	3	D
6	6	2	בין E ל-F

ב. חישוב המהירות ב-D בעזרת שימור אנרגיה:

$$E_A = E_D \Rightarrow mgh = \frac{mv_D^2}{2}$$

$$g \cdot 20 = \frac{v_D^2}{2} \Rightarrow v_D = \sqrt{40g} = 20 \text{ m/s}$$

נסמן: N - הכוח שהמאזניים מפעילים על התלמיד. על-פי החוק השני של ניוטון:

$$(1) \quad N - mg = \frac{mv^2}{R}$$

$$N = m\left(g + \frac{v^2}{R}\right)$$

$$N = m\left(g + \frac{40g}{5}\right)$$

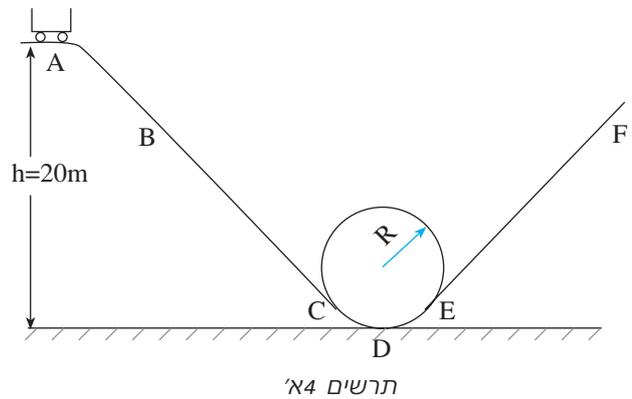
$$N = 9mg$$

ג. הדם נוטה להצטבר בפלג גופו התחתון.

נימוקים אפשריים:

- על-פי חוק ההתמדה.
- על הדם צריך לפעול כוח שקול גדול כלפי מעלה כדי להקנות לו תאוצה $9g$ כלפי מעלה.
- משקל התלמיד גדל, כלומר משקל הדם גדל.
- מבחינת התלמיד (במערכת הייחוס שלו) פועל עליו כוח צנטריפוגלי.

4. המסילה ABCDEF שבתרשים מתארת חלק מ"רכבת הרים" בלונה פארק. גובה הנקודה A מעל הקרקע הוא $h = 20\text{m}$. קטעי המסילה BC ו-EF הם ישרים, וקטע המסילה CDE הוא קשת של מעגל שרדיוסו $R = 5\text{m}$. תלמיד נכנס לקרונית בנקודה A. הוא הציב מאזני קפיץ על הכיסא שבקרונית, והתיישב על המאזניים כך שכפות רגליו אינן נוגעות ברצפת הקרונית. המאזניים הראו על משקל mg . לאחר מכן יצא התלמיד לדרכו מ-A במהירות התחלתית השווה לאפס. לקרונית אין מנוע, והיא נעה על המסילה ללא חיכוך ובלי להינתק ממנה.

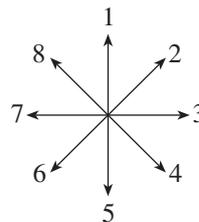


תרשים א'4

א. העתק למחברתך את הטבלה שלפניך.

כיוון מהירות הקרונית	כיוון תאוצת הקרונית	כיוון הכוח השקול הפועל על הקרונית	
			נקודה בין B ל-C
			נקודה D
			נקודה בין E ל-F

ציין בטבלה את הכיוונים של מהירות הקרונית, של תאוצת הקרונית ושל הכוח השקול הפועל על הקרונית בנקודה הנמצאת בין B ל-C, בנקודה D ובנקודה הנמצאת בין E ל-F. רשום את הכיוונים על-פי שמונת החצים הממוספרים 1-8 (אם לדוגמה כיוון מסוים הוא שמאלה, רשום 7 בטבלה). (14 נקודות)



תרשים ב'4

מפתח הערכה:

4. א. לנכות 11% לכל שגיאה.

- אם כיוון התאוצה שגוי וכיוון הכוח הוא כמו כיוון התאוצה, להוריד רק על התאוצה ולא על הכוח.

ב. 30% לחישוב המהירות ב-D.

10% לרעיון להשתמש בחוק שני של ניוטון

בנקודה D.

20% לאגף שמאל של משוואה (1).

20% לאגף ימין של משוואה (1).

15% לתשובה נומרית נכונה. (לנכות אם כתב 8mg).

5% ליחידות.

ג. 50% לקביעה.

50% לנימוק.

ב. בתרשים ב. (תנועת דסקית I לאחר ההתנגשות אינה מתוארת בתרשים ב.)

א. מהו התנע הכולל של מערכת שתי הדסקיות לאחר ההתנגשות (ציין גודל וכיוון)? (7 נקודות)

ב. הסבר במילים מדוע לא ייתכן ששתי הדסקיות ינועו אחרי ההתנגשות ברביע הרביעי של מערכת הצירים

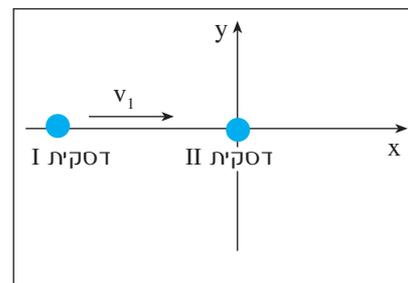
(ראה תרשים ב.) $(8 \frac{1}{3})$ (נקודות)

ג. חשב את המהירות (גודל וכיוון) של דסקית I לאחר ההתנגשות. (18 נקודות)

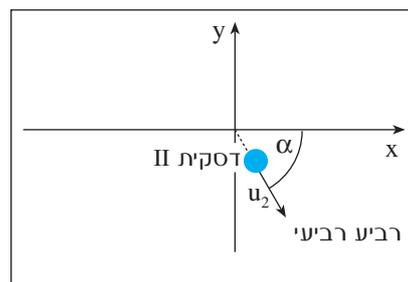
5. בתרשים א מתואר מבט מלמעלה משטח של שולחן חלק ועליו שתי דסקיות: דסקית I שמסתה $m_1 = 1 \text{ kg}$ נעה

בכיוון החיובי של הציר x במהירות שגודלה $v_1 = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$,

ודסקית II שמסתה $m_2 = 1 \text{ kg}$ נחה בראשית של מערכת צירים הנמצאת במישור השולחן.



תרשים א



תרשים ב

תרשים 5

לאחר ההתנגשות הדסקיות זו בזו, נעה דסקית II בזווית

$\alpha = 60^\circ$ עם הציר x, במהירות שגודלה $u_2 = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, כמתואר

5. א. על-פי חוק שימור התנע, התנע לאחר ההתנגשות

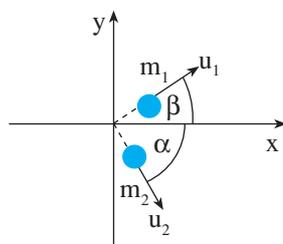
שווה לזה שלפני ההתנגשות. התנע של דסקית II לפני ההתנגשות שווה לאפס, לפיכך התנע הכולל שווה לתנע של דסקית I לפני ההתנגשות. כיוונו:

ימינה.

$$\text{גודלו: } p = m_1 v_1 = 1 \cdot 10 = 10 \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

ב. לפני ההתנגשות רכיב התנע הכולל בכיוון y שווה

לאפס, לכן לאחר ההתנגשות רכיב התנע הכולל בכיוון y צריך להיות שווה לאפס, וזה לא יתרחש אם שתי הדסקיות ינועו לאחר ההתנגשות ברביע הרביעי.



ג.

שימור רכיבי התנע בכיוון ציר x:

$$(1) \quad m_1 v_1 = m_1 u_1 \cos \beta + m_2 u_2 \cos \alpha$$

$$1 \cdot 10 = 1 \cdot u_1 \cos \beta + 1 \cdot 4 \cos 60^\circ$$

$$(2) \quad u_1 \cos \beta = 8$$

שימור רכיבי התנע בכיוון ציר y:

$$(3) \quad 0 = m_1 u_1 \sin \beta - m_2 u_2 \sin \alpha$$

$$(4) \quad u_1 \sin \beta = 4 \sin 60^\circ$$

ממשוואות (2) ו-(4):

$$\beta \approx 23.4^\circ$$

$$u_1 \approx 8.72 \text{ m/s}$$

מפתח הערכה:

5. א. 40% לכיוון התנע.
 55% לגודל התנע.
 5% ליחידות.

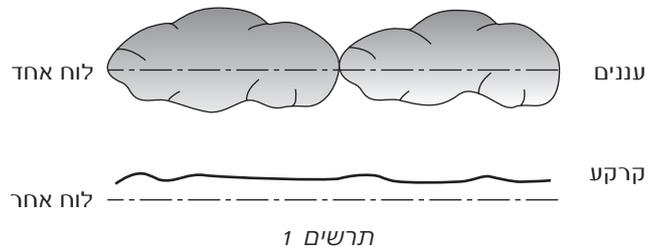
ב. אין לתת נקודות עבור התשובה: ההתנגשות איננה פלסטית.

- ג. 10% לרעיון שימור התנע.
 10% למשוואה (1).
 20% להצבה ב-(1).
 20% למשוואה ב-(3).
 20% להצבה ב-(3).
 10% לתשובה נומרית לכיוון.

10% לתשובה נומרית למהירות (כולל יחידה).
 _ לתת 10% אם רשם $\beta = 30^\circ$, כי ההתנגשות אלסטית.

חשמל

1. בעת סופת רעמים נמצא כי בין שכבת העננים לקרקע נוצר שדה חשמלי אנכי שעוצמתו $\frac{N}{C}$ 3000. אפשר לתאר את השדה על-פי מודל פשוט של קבל לוחות מקבילים, כמתואר בתרשים שלפניך:



- א. חשב את המתח הנוצר בין העננים לקרקע, אם הם נמצאים בגובה של 400 m מעל פני הקרקע. (4 נקודות)
 ב. כאשר נוצר ברק, עובר בין שכבת העננים לקרקע זרם ממוצע של 20,000 A במשך 10^{-3} s. חשב את כמות המטען העוברת בין העננים לקרקע. (5 נקודות)
 ג. חשב את האנרגיה החשמלית המשתחררת על-ידי ברק זה בין העננים לקרקע. הנח כי כל מטען "הקבלי" נפרק על-ידי הברק. (8 נקודות)
 ד. חשב את ההספק הנוצר במעבר הברק. (7 נקודות)
 ה. אפשר לתאר את הברק כהתפרקות חשמלית,

המתרחשת בקירוב לאורך מסלול ישר אנכי.
 (1) חשב בעזרת תיאור זה את עוצמת השדה המגנטי, שנוצר על-ידי הברק המתואר בסעיפים הקודמים, במרחק 10 m ממנו (באזור אמצע המסלול של הברק כלומר, רחוק מקצותיו).
 (2) מהו כיוון השדה המגנטי הנוצר על-ידי ברק זה -

אופקי או אנכי? **נמק.** $(\frac{1}{9}$ נקודות)

א. 1. $E = \frac{V}{d} \Rightarrow V = 3000 \cdot 400$

$$V = 1,200,000 \text{ V}$$

ב. $\bar{I} = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow Q = 20000 \cdot 10^{-3}$

$$Q = 20 \text{ C}$$

ג. $U = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} \cdot 20 \cdot 1,200,000$

$$U = 12,000,000 \text{ J}$$

ד. $C = \frac{Q}{V}$ **דרך אחרת:**

$$U = \frac{1}{2} CV^2$$

א. $P = \frac{U}{\Delta t} = \frac{12,000,000}{10^{-3}}$

$$P = 1.2 \cdot 10^{10} \text{ W}$$

א. $P = \frac{1}{2} VI$

ה. (1) השדה המגנטי הנוצר על-ידי זרם בתיל ישר וארוך:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 20,000}{2\pi \cdot 10}$$

$$B = 4 \cdot 10^{-4} \text{ T}$$

(2) אופקי, לפי כלל יד ימין.

א: שדה מגנטי הוא במישור ניצב לזרם.

מפתח הערכה:

- 1. א. 35% לנוסחה.
- ב. 35% להצבה.
- 20% לתשובה נומרית.
- 10% ליחידה.
- ב. 35% לנוסחה.
- 35% להצבה.
- 20% לתשובה נומרית.
- 10% ליחידה.
- 35% לנוסחה.
- 35% להצבה.
- 20% לתשובה נומרית.
- 10% ליחידה.

ניקוד לדרך אחרת:

- 35% לחישוב C.
- 35% לנוסחה של .

20% לתשובה נומרית $U = \frac{1}{2} CV^2$.

- 10% ליחידה.

- אם חישוב לפי $U = QV$, לתת לכל היותר 50% לסעיף.

- ד. 35% לנוסחה.

- 35% להצבה.

- 20% לתשובה נומרית.

- 10% ליחידה.

- אם חישוב לפי $P = VI$, לתת לכל היותר 50% לסעיף.

- אם חישוב $U = QV$ ו- $P = VI$, להוריד רק פעם אחת.

ה. (1) 60% ל-(1):

- 25% לנוסחה,

- 20% להצבה,

- 10% לתשובה נומרית,

- 5% ליחידה.

(2) 40% ל-(2):

- 30% לקביעה,

- 10% לנימוק.

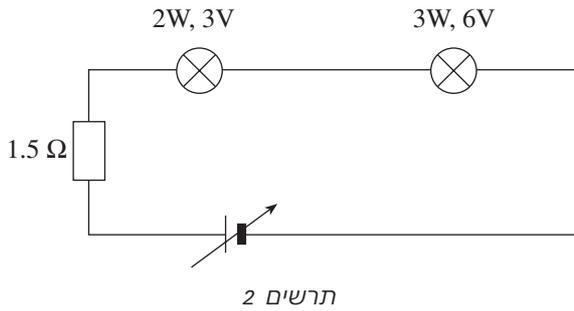
2. תלמיד קיבל שתי נורות חשמליות שעל האחת כתוב: 2W

3V, ועל האחרת כתובת: 3W, 6V.

א. חשב את הזרם המקסימלי שיכול לעבור דרך כל אחת מהנורות. (6 נקודות)

ב. התלמיד חיבר את הנורות בטור לספק, שהמתח שלו

ניתן לשינוי, ולנגד של 1.5Ω (ראה תרשים).



התנגדות התילים במעגל זניחה. המתח של הספק נקבע כך שהנורות מפיקות את עוצמת האור המקסימלית האפשרית בחיבור זה בלי לחרוג מהגבלת המתח (וההספק) על כל אחת מהן. רק באחת הנורות מתפתח ההספק שרשום עליה. באיזו נורה מתפתח הספק קטן מן הרשום עליה? **הסבר**. (9 נקודות)

ג. חשב את המתח בין ההדקים של הספק במצב המתואר בסעיף ב. (10 נקודות)

ד. התלמיד הגיע למסקנה כי אם יחבר נגד במקביל לאחת הנורות, יוכל להגדיל את מתח הספק, וכך תגדל גם עוצמת האור עד שבכל נורה יתפתח ההספק הרשום עליה. היכן יש לחבר את הנגד? **הסבר**. (8 נקודות)

2. א. $P = VI \Rightarrow I = \frac{P}{V}$

הזרם המקסימלי דרך הנורה 3V, 2W:

$$I = \frac{2}{3} \approx 0.67 \text{ A}$$

הזרם המקסימלי דרך הנורה 6V, 3W:

$$I = \frac{3}{6} \approx 0.5 \text{ A}$$

ב. אם אין חריגה מההספק הרשום, סימן שהזרם במעגל היה 0.5 A. מכאן שבנורה שרשום עליה 2W 3V, התפתח הספק שקטן מהרשום עליה.

ג. $P = \frac{V^2}{R}$

לכן התנגדות הנורה של 2W היא:

$$R_1 = \frac{V^2}{P} = \frac{3^2}{2} = 4.5\Omega$$

$$V = I(R_1 + R_2 + R)$$

לתת 40%, ו-30% להצבה, לחישוב וליחידות.

ד. 50% לתשובה שיש לחבר את הנגד לנוורה של 3W. 50% להסבר.

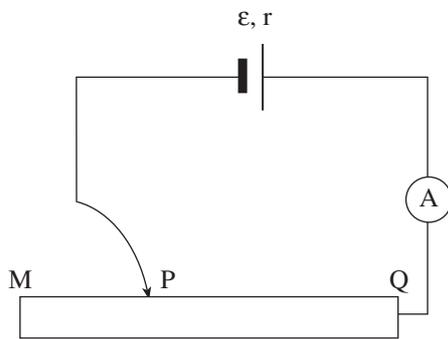
3. תלמיד בנה מעגל חשמלי כמתואר בתרשים שלפניך. המעגל

כולל:

סוללה שהכא"מ שלה ϵ וההתנגדות הפנימית שלה r אינם ידועים, אמפרמטר שהתנגדותו זניחה.

תיל מוליך אחיד QM, שהתנגדותו ליחידת אורך היא

$$\lambda = 22.7 \frac{\Omega}{m}$$



תרשים 3

התלמיד שינה כמה פעמים את מקום המגע הנייד P לאורך התיל המוליך QM. בכל פעם הוא מדד את האורך l של התיל המוליך מהנקודה Q עד המגע P, ורשם אותו ואת הזרם I שמדד האמפרמטר. תוצאות המדידות רשומות בטבלה שלפניך.

אורך התיל: l (m)	1	0.8	0.6	0.4
הוריית האמפרמטר: I (A)	0.061	0.073	0.092	0.12

א. (1) בלי להסתמך על תוצאות המדידות שרשומות בטבלה, בטא בעזרת הקבועים ϵ , r ו- λ את הערך

ההופכי של הזרם, $\frac{1}{I}$, כפונקציה של האורך l של

קטע התיל המוליך QP.

(2) הסבר מדוע הקשר בין $\frac{1}{I}$ ל- l הוא קווי (ליניארי).

(10 נקודות)

ב. (1) ערוך טבלה של שתי שורות: לשורה אחת העתק את הערכים של אורכי התיל l , ובשנייה רשום

התנגדות הנוורה של 3W היא:

$$R_2 = \frac{V^2}{P} = \frac{6^2}{3} = 12\Omega$$

המתח בקצות הנוורה של 2W במעגל החשמלי המתואר:

$$V_1 = IR_1 = 0.5 \cdot 4.5 = 2.25V$$

המתח בקצות הנוורה של 3W במעגל החשמלי המתואר:

$$V_2 = IR_2 = 0.5 \cdot 12 = 6V$$

(למעשה החישוב של V_2 אינו נדרש).

המתח בקצות הנגד:

$$V_3 = IR = 0.5 \cdot 1.5 = 0.75V$$

מתח ההדקים:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = 2.25 + 6 + 0.75$$

$$V = 9V$$

ד. יש לחבר את הנגד במקביל לנוורה שרשום עליה 3W, 6V כי אז ניתן להזרים במעגל זרם של 0.67 A.

זרם זה יגרום לנוורה שרשום עליה 3V, 2W להאיר באורה המלא.

מאחר שנוורה, שרשום עליה 6V, 3W, מחוברת במקביל לנגד, הזרם יכול להתחלק בין הנגד לנוורה כך שדרך הנוורה יעבור 0.5 A, וגם היא תאיר באורה המלא.

מפתח הערכה:

2. א. 30% לנוסחה.

35% לתשובה נומרית עם יחידה לנוורה אחת (10%+25%)

35% לתשובה נומרית עם יחידה לנוורה האחרת (10%+25%)

ב. 60% למסקנה שהזרם במעגל היה 0.5A.

40% לקביעה שהנוורה היא של 2W.

ג. 2x15% לחישוב R_1 ו- R_2 .

2x10% לחישוב V_1 ו- V_2 .

20% למציאת המתח בקצות הנגד.

20% למציאת המתח ההדקים.

10% ליחידות.

- כתב ישר מהמשוואה:

$$14.3 = \frac{22.7}{\varepsilon} \Rightarrow \varepsilon \approx 1.59V$$

(2) על-פי קשר (3):

$$(5) \frac{r}{\varepsilon} = \text{חיתוך הגרף עם הציר האנכי}$$

$$2.4 = \frac{r}{1.59}$$

$$r \approx 3.8 \Omega$$

מפתח הערכה:

3. א. (1) 80% לסעיף (1):

, (1) לקשר 25%

, (2) לקשר 25%

, (3) לקשר 30%

, (2) 20% לסעיף (2).

ב. (1) 20% לסעיף (1):

4x5% לארבעת החישובים.

(2) 80% לסעיף (2):

10% ל-1/I כפונקציה של l,

5% ליחידות של הצירים,

15% לבחירת קנה מידה מתאים,

40% למיקום הנקודות,

10% לסרטוט קו ישר מתאים.

ג. (1) 60% לסעיף (1):

, (4) לקשר 30%

20% להצבה

10% לתשובה נומרית עם יחידות.

- אם הציב במשוואה ז' (3) של הגרף שתי

נקודות מתוך הגרף ופתר מערכת משוואות,

לתת את מלוא הנקודות.

- אם פתר באמצעות נקודות מהטבלה, לתת

לכל היותר 60% לסעיף ג.

(2) 40% לסעיף (2):

, (5) לקשר 20%

10% להצבה,

10% לתשובה נומרית ויחידות.

- יש לשים לב כי הערכים של ε ו- r יכולים

להשתנות מתלמיד לתלמיד בהתאם

לסרטוט הקו של התלמיד.

את ערכי $\frac{1}{I}$ המתאימים.

(2) על-פי הטבלה שערכה בתת-סעיף ב(1), סרטוט גרף

של $\frac{1}{I}$ כפונקציה של l. (12 נקודות)

ג. מצא בעזרת הגרף:

(1) את הכא"מ של הסוללה.

(2) את ההתנגדות הפנימית של הסוללה.

(11 $\frac{1}{3}$ נקודות)

3. א. (1) $\varepsilon = I(R + r)$

(2) $R = \lambda l$

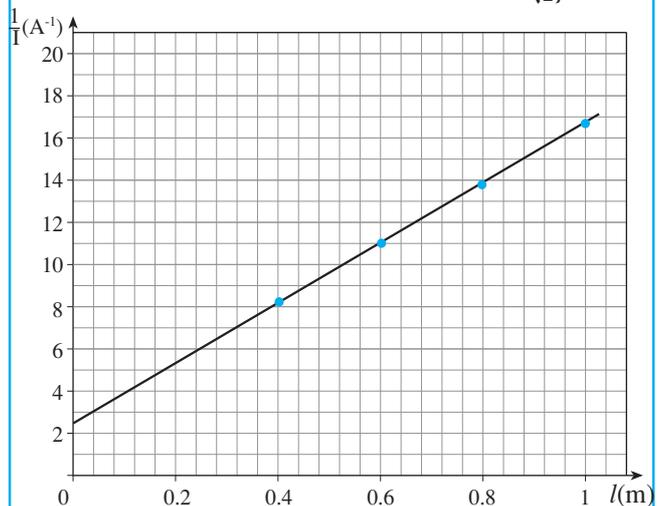
מ-(1) ו-(2):

(3) $\frac{1}{I} = \frac{\lambda}{\varepsilon} l + \frac{r}{\varepsilon}$

(2) קשר (3) הוא קשר ליניארי כמו $y = ax + b$, כאשר

$$b = r/\varepsilon - 1 \quad a = \lambda/\varepsilon, \quad x = l, \quad y = \frac{1}{I}$$

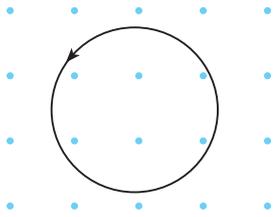
0.4	0.6	0.8	1	l (m)	(1) ב.
8.3	10.9	13.7	16.4	1/I (A ⁻¹)	(2)



ג. (1) על-פי קשר (3):

(4) שיפוע הגרף $\frac{\lambda}{\varepsilon}$

$$\text{שיפוע הגרף} = \frac{\Delta(1/I)}{\Delta l} = \frac{15 - 3}{0.88 - 0.44} \approx 14.3 \text{ A}^{-1}\text{m}^{-1}$$



הסבר: כיוון השדה המגנטי הוא "מתוך הדף". על-פי כלל יד שמאל, כדי שיפעל כוח כלפי מרכז המעגל, כיוון התנועה של מטען שלילי צריך להיות מנוגד לשעון.
(2) החוק השני של ניוטון לגבי האלקטרון:

$$(1) \text{Bev} = \frac{mv^2}{R}$$

$$(2) v = 2\pi R \cdot f \quad \text{בתנועה מעגלית קצובה}$$

מ-(1) ו-(2):

$$(3) f = \frac{\text{Be}}{2\pi m}$$

$$f = \frac{1.26 \cdot 10^{-4} \cdot 1.6 \cdot 10^{-19}}{2\pi \cdot 9.1 \cdot 10^{-31}}$$

$$f \approx 3.5 \cdot 10^6 \text{ Hz}$$

- ג. (1) מגמת סיבוב הפרוטון שונה ממגמת סיבוב האלקטרון, כי לפרוטון מטען שסימנו שונה.
(2) על-פי קשר (3) לעיל, תדירות הסיבוב של הפרוטון קטנה מתדירות הסיבוב של האלקטרון, כי לפרוטון מסה יותר גדולה.

מפתח הערכה:

4. א. (1) 60% ל-(1):

20% לנוסחה,

30% להצבה,

5% לתשובה נומרית,

5% ליחידה.

(2) 40% לסעיף ל-(2):

30% לקביעה,

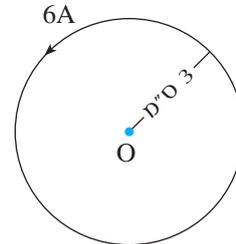
10% לנימוק.

ב. 30% ל-(1):

20% לקביעה,

10% לנימוק הכולל את כיוון הכוח.

4. טבעת מוליכה, שרדיוסה 3 ס"מ, נושאת זרם של 6A שכיוונו נגד כיוון מחוגי השעון. התרשים שלפניך מתאר את הטבעת במבט מלמעלה.



תרשים 4

- א. (1) חשב את הגודל של השדה המגנטי הנוצר במרכז הטבעת O. (8 נקודות)
(2) מצא את הכיוון של השדה המגנטי הנוצר במרכז הטבעת O. (6 נקודות)
ב. אלקטרון נע במעגל קטן במישור הטבעת סביב מרכז O (רדיוס המעגל קטן בהרבה מרדיוס הטבעת). באזור תנועת האלקטרון שורר שדה מגנטי אחיד (בקירוב רב), וגודל השדה הוא כמו במרכז הטבעת.
(1) מהי מגמת הסיבוב של האלקטרון (עם/נגד כיוון השעון)? **הסבר.**
(2) חשב את תדירות הסיבוב של האלקטרון.

(10 $\frac{1}{3}$ נקודות)

- ג. במקום האלקטרון שבסעיף ב. פרוטון נע עכשיו במעגל קטן במישור הטבעת סביב מרכז O.
(1) האם מגמת הסיבוב של הפרוטון שונה ממגמת הסיבוב של האלקטרון או שווה לה? **הסבר.**
(2) האם תדירות הסיבוב של הפרוטון גדולה מתדירות הסיבוב של האלקטרון, קטנה ממנה או שווה לה? **הסבר.** (9 נקודות)

$$B = \mu_0 \frac{NI}{2R} \quad \text{א. (1)}$$

$$B = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{1 \cdot 6}{2 \cdot 0.03}$$

$$B = 1.26 \cdot 10^{-4} \text{ T}$$

- (2) כיוון השדה הוא **מתוך הדף**, על-פי כלל יד ימין.
ב. (1) מגמת סיבוב האלקטרון היא נגד כיוון תנועת מחוגי השעון:

ג. (2) 70% ל-2)

20% לנוסחה (1),

15% לקשר (2),

10% לקשר (3),

15% לתשובה נומרית.

10% ליחידה.

ג. (1) 50% ל-1):

25% למגמה שונה,

25% להסבר.

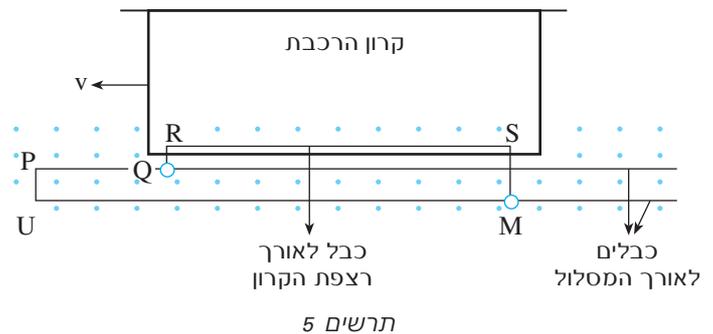
(2) 50% ל-2):

25% לקביעה,

25% להסבר.

- ב. ברגע מסוים ההתנגדות של הלולאה PQRSMU היא 5Ω . חשב את גודל הזרם העובר בקטע RS, וקבע את כיוונו (שמאלה או ימינה). (8 נקודות)
- ג. חשב את הכוח המגנטי (גודל וכיוון) שמפעיל השדה המגנטי B על הכבל RS ברגע המתואר בסעיף ב. נתון כי אורך הכבל RS הוא 10m. (8 נקודות)
- ד. לאורך הקרון מתוחים 40 כבלים כדוגמת הכבל RS, שכל אחד מהם הוא חלק מלולאה נפרדת כדוגמת הלולאה PQRSMU. על כל אחד מהכבלים פועל אותו כוח מגנטי שחישבת בסעיף ג. (הזנח את השדה המגנטי של כדור הארץ).
- מהי המסה של הקרון אם ידוע כי הוא מרחף בגובה קבוע מעל הקרקע? ($8\frac{1}{3}$ נקודות).

5. רכבת מהירה נעה כשהיא מרחפת מעל המסלול שלה. הרכבת מרחפת בגלל תנועתה בשדה מגנטי אופקי אחיד B, כמתואר בתרשים (חתך אנכי לאורך הקרון). השדה המגנטי נוצר על-ידי מגנטים חזקים המוצבים לאורך שני צדי המסלול, כך שכיוון השדה "יוצא מהדף" ועוצמתו 2T.



בעת תנועת הרכבת נוצר זרם מושרה בכבל RS המתוח לאורך רצפת הקרון. כבל זה הוא חלק מלולאה חשמלית PQRSMU המאונכת לשדה, וכוללת גם כבלים שמתוחים לאורך מסלול הרכבת. בנקודות Q ו-M יש מגעים חשמליים ניידים הנעים עם הרכבת (הקטע PU הסוגר את הלולאה נמצא בקצה המסלול, והתרשים אינו בקנה-מידה אחיד).

אורך הקטע SM הוא 50 cm, ומהירות הרכבת הנעה שמאלה היא 450 ק"מ לשעה. הזנח את המתח המושרה בקטע QR.

- א. חשב את המתח המושרה בין קצות הקטע SM. (9 נקודות)

5. א. מהירות הרכבת ביחידות SI:

$$v = \frac{450 \cdot 1000}{3600} = 125 \text{ m/s}$$

הכא"מ המושרה ב-SM:

$$\varepsilon = Blv = 2 \cdot 0.5 \cdot 125$$

$$\varepsilon = 125 \text{ V}$$

ב. גודל הזרם:

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{125}{5} = 25 \text{ A}$$

כיוונו מ-S ל-R, על-פי כלל לנץ או על-פי כוח לורנץ.

$$F = BI l = 2 \cdot 25 \cdot 10$$

$$F = 500 \text{ N}$$

כיוון הכוח כלפי מעלה.

ד. בכיוון אנכי הכוח השקול שווה לאפס, לכן:

$$mg = F \cdot 40$$

$$m \cdot 10 = 500 \cdot 40$$

$$m = 2000 \text{ kg}$$

מפתח הערכה:

5. א. 40% לנוסחה $\varepsilon = B l v$.

40% להצבה.

10% לתשובה נומרית נכונה.

10% ליחידה.

- אם לא הפך קמ"ש ל-מטר לשנייה, להוריד 15%.

ב. 30% לגודל הזרם.

- 30% לכיוון הזרם.
- 20% לנימוק לקביעת כיוון הזרם.
- ג. 30% ל לנסחה $\epsilon = BI$.
- 30% להצבה.
- 20% לכיוון הכוח.
- 10% לתשובה נומרית נכונה.
- 10% ליחידה.
- אם טעה בהצבת I , להוריד 20%.
- ד. 50% לרעיון של השוואת כוח הכובד לכוח מגנטי.
- 40% להגעה לתשובה נומרית.
- 10% ליחידות.

היה מנוי על "תהודה"!

מורה יקר, מורה יקרה,

עיתון "תהודה" הוא עיתון מורי הפיזיקה בישראל. רצוי שהוא יימצא בביתו של כל מורה לפיזיקה, ובספרייתו של כל בית-ספר תיכון. בעיתון זה מתפרסמים מאמרים וכתבות קצרות על נושאים המעניינים את מורי הפיזיקה ועשויים לשמש מורים ותלמידים במהלך לימודיהם בבית הספר התיכון. העיתון כולל נושאים שונים ומגוונים כגון: מאמרי העשרה, תיאור ניסויים חדשים, תיאור פעילויות שונות עם תלמידים הכוללות יישומי מחשב מגוונים, בעיות ומבחנים מסוגים שונים. כמו כן מובאות בעיתון מדי שנה בחינות הבגרות בפיזיקה עם פתרונות מלאים. כרך 21 מכיל שתי חוברות.

מחיר מנוי לכרך 21 הוא ש"ח 60 כולל משלוח, ולחברת בודדת 35 ש"ח כולל משלוח. חוברת (1) 21 נשלחה למנויים, חוברת (2) 21 מתוכננת לצאת לקראת סוף שנת 2000.

כל המעוניין לחדש את המנוי או להצטרף לקהל מנויי "תהודה" מתבקש למלא את הספח המצורף ולשלוח אותו בצירוף צ'ק או המחאת דואר לחברת "גסטליט". מומלץ להזמין עיתון זה גם עבור ספריית בית הספר והמעבדה לפיזיקה.

מנויים חדשים הרוצים להזמין גם כרכים קודמים ו/או חוברות קודמות בודדות מתבקשים לעשות זאת על ידי התקשרות ישירה לחברת "גסטליט" לפי מספרי הטלפון המופיעים בספח.

בברכת חופשה נעימה ושנה טובה

מערכת "תהודה"
 המחלקה להוראת המדעים
 מכון ויצמן למדע



לכבוד חברת "גסטליט", חברה לשיווק והפצה בע"מ, רח' קצנשטיין 7, ת.ד. 73, קרית-חיים 26103
 טל. 04-8419353, 04-8410083

ברצוני להיות מנוי על "תהודה" (כרך 21) לשנת תש"ס (2 חוברות)

השם: _____ הכתובת: עיר _____ רח' _____ מס' _____
 מיקוד _____ מספר טלפון בעבודה: _____ מספר טלפון בבית: _____
 אני מצרף המחאת דאר/צ'ק על סך: _____ עבור כרך 21 (2 חוברות) (כולל דמי משלוח).