בחינים מבחנים ובעיות

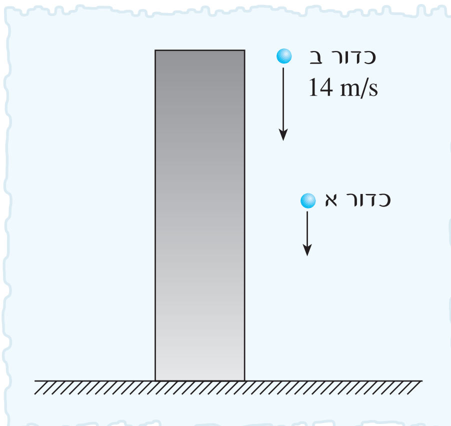
בחינת הבגרות בפיסיקה קיץ תשס"א

פרקי חובה ופתרונות מלאים*

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

מכניקה

1. תלמיד עומד על גג בניין ומחזיק בידיו שני כדורים, כדור א וכדור ב. ברגע $t = 0$ התלמיד משחרר את כדור א ממנוחה מגובה גג הבניין, והכדור נופל למטה. ברגע $t = 1s$ התלמיד זורק את כדור ב מגובה הגג במהירות של $14\frac{m}{s}$ כלפי מטה (ראה תרשים).
הזנח את ההשפעה של התנגדות האוויר על תנועת הכדורים.



א. (1) בטא את המקום של כדור א, ביחס לציר y אנכי שתבחר, כפונקציה של הזמן. (5 נקודות)
(2) בטא את המקום של כדור ב, ביחס לציר ה-y שבחרת, כפונקציה של הזמן. (5 נקודות)
(3) כעבור כמה זמן, מרגע שחרור כדור א, "נפגשים" שני הכדורים (כלומר, חולפים זה לצד זה)? (12 נקודות)

ב. **שים לב**: בסעיף זה חשוב שתשתמש בגודל $g = 10\frac{m}{s^2}$ עבור תאוצת הנפילה החופשית (ולא בגודל $g = 9.8\frac{m}{s^2}$).
(1) מהי המהירות של כדור א ברגע $t = 1s$? (2 נקודות)
(2) אילו זרק התלמיד את כדור ב במהירות של $10\frac{m}{s}$ כלפי מטה (ולא $14\frac{m}{s}$), האם היו הכדורים "נפגשים" (לפני הגיעם לקרקע)? הסבר במילים את תשובתך על-פי שיקולים פיזיקליים. ($9\frac{1}{3}$ נקודות)

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

1. א. (1) נבחר ציר y שכיוונו החיובי כלפי מטה וראשיתו בגג:

(1) $y_{א} = \frac{10t^2}{2}$

(2) $y_{ב} = 14(t-1) + \frac{10(t-1)^2}{2}$ (2)

(3) $y_{א} = y_{ב}$ (3)

$$\frac{10t^2}{2} = 14(t-1) + \frac{10(t-1)^2}{2}$$

$$\boxed{t = 2.25s}$$

ב. (1) $v = v_0 + at \Rightarrow v = 10 \cdot 1$

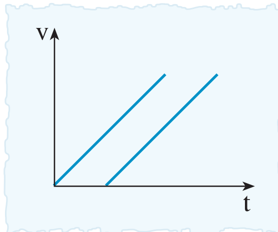
$$\boxed{v = 10\frac{m}{s}}$$

(2) הכדורים **לא** היו נפגשים.
הסבר: ברגע $t = 1s$ לשני הכדורים אותה מהירות,

אך כדור א נמצא מתחת לכדור ב. מאחר שהתאוצה היחסית שווה לאפס (או: יש לכדורים אותה תאוצה), המרחק ביניהם לא יקטן (המרחק נשאר קבוע).

או: בכל רגע ורגע לשני הכדורים יש אותה מהירות.

הסבר אחר:



מפתח הערכה:

1. א. - אם ענה על תת-סעיפים א (1) ו-א (2) באמצעות הצגה גרפית, לא להוריד נקודות.

(1) 23% ל-(1).

(2) 23% ל-(2).

- אם הציב t גם בקשר (1) וגם בקשר (2), לא להוריד נקודות אם תיקן את תת-סעיף (3).
אם לא תיקן, להוריד 24% בתת-סעיף (3).
- אם הציב $t + 1$ בקשר (1) ו-t בקשר (2), לא להוריד נקודות בתת-סעיפים (1) ו-(2) אם קיבל בתת-סעיף (3) 1.25s.
אם לא הוסיף 1s, להוריד 15% בתת-סעיף (3).
- אם הציב t בקשר (1) ו-$t+1$ בקשר (2), או $t–1$ בקשר (1) ו-t בקשר (2), להוריד 20% בתת-סעיף (2) ו-24% בתת-סעיף (3).

(3) **54% ל-(3)**:
30% לקשר (3) (או לרעיון), 24% לתשובה נכונה עם יחידות.

- אם טעה בפתיחת סוגריים, להוריד 24% בתת-סעיף (3) גם אם הטעות נעשתה כבר בתת-סעיף (2).

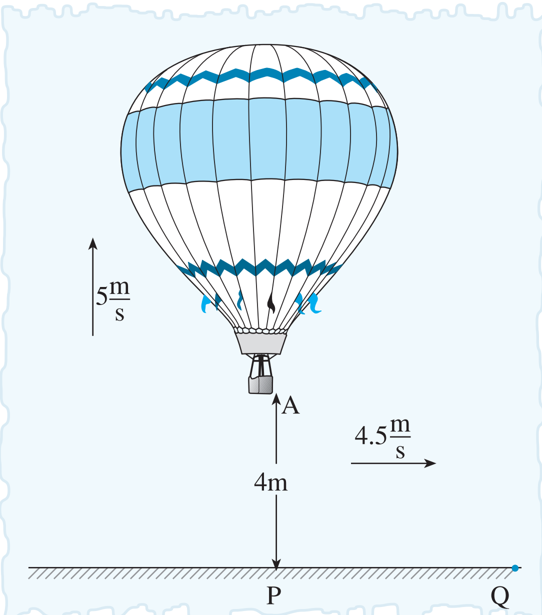
ב. (1) 18% ל-(1).

- אין לנכות נקודות עבור $+10\frac{m}{s}$.

(2) **82% ל-(2)**:
12% לתשובה,
70% לנימוק.

- לנימוק באמצעות חישוב **בלבד** לתת 50% במקום ה-70%.
- אם חישב $\Delta y = 5m$ הוסיף במילים שהמרחק בין הכדורים קבוע, לתת את מלוא הנקודות לנימוק.

2. כדור פורח עולה במהירות שגודלה $5\frac{m}{s}$, ונסחף בכיוון אופקי במהירות שגודלה $4.5\frac{m}{s}$ (ראה תרשים).



אבן משוחררת מתחתית הסל של הכדור הפורח בנקודה A, הנמצאת בגובה 4m מעל הנקודה P שעל הקרקע. האבן פוגעת בקרקע בנקודה Q. הזנח את התנגדות האוויר לתנועת האבן.

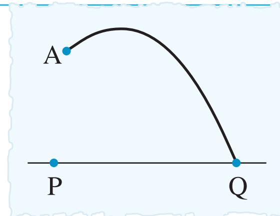
א. סרטט במחברתך תרשים מקורב של מסלול תנועת האבן. בתרשימך סמן את הנקודה A ואת הנקודות P ו-Q שעל הקרקע. (6 נקודות)

ב. חשב את גודל הרכיב האנכי של המהירות שבה מגיעה האבן לנקודה Q. (10 נקודות)

ג. חשב את זווית הפגיעה של האבן בקרקע יחסית לכיוון האופקי. (10 נקודות)

ד. היכן נמצא הכדור הפורח יחסית לנקודה Q, ברגע שבו פגעה האבן בקרקע (באיזה מרחק אופקי ובאיזה גובה)? הנח שתנועת הכדור הפורח לא הושפעה משחרור האבן. ($7\frac{1}{3}$ נקודות)

2. א.



ב. נבחר ציר y כלפי מעלה, שראשיתו בנקודה A:

$$v_y^2 = v_{0,y}^2 + 2a\Delta y$$

$$v_y^2 = 5^2 + 2(-10)(-y)$$

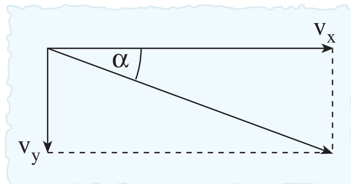
$$\boxed{v_y \approx 10.247\frac{m}{s}}$$

(הזמן - $t \approx 1.52$ s)

ג. ברגע הפגיעה בקרקע:

$$v_x = 4.5\frac{m}{s}$$

$$v_y = 10.247\frac{m}{s}$$



$$\tan\alpha = \frac{v_y}{v_x} = \frac{10.247}{4.5}$$

$$\boxed{\alpha \approx 66.3^\circ}$$

ד. המרחק האופקי יהיה 0 (הכדור הפורה ייפול **מעל** האבן).

חישוב משך התנועה של האבן (y כלפי מטה וראשיתו ב-A):

$$y = v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

$$4 = -5t + \frac{10t^2}{2}$$

$$\boxed{\mathbf{t \approx 1.52s}}$$

גובה הכדור הפורה מעל הקרקע (y כלפי מעלה וראשיתו בקרקע):

$$y = y_0 + vt$$

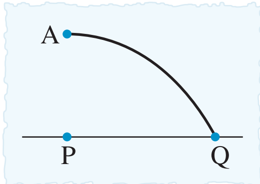
$$y = 4 + 5 \cdot 1.52$$

$$\boxed{y = 11.6 \text{ m}}$$

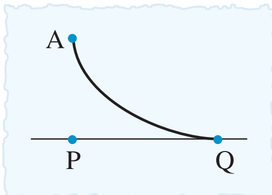
הכדור הפורה יהיה בגובה 11.6 מטר מעל Q.

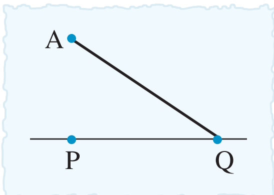
מפתח הערכה:

2. א. - לנכון 50% עבור התרשים:



- לנכון 100% עבור התרשימים:





ב. - אין להתייחס לסימון של התשובה הסופית (מבקשים **גודל** מהירות).
- לנכון 30% אם הציב $v_0 = 0$.
- לנכון 25% עבור אי-התאמה של הסימנים של a ושל Δy.

ג. - לנכון 10% עבור השגיאה: $\tan\alpha = \frac{v_x}{v_y}$

או עבור טעות בפונקציה טריגונומטרית.

- עבור $\tan\alpha = \frac{y}{x}$ לא לתת נקודות.

ד. 25% עבור המרחק האופקי.
- לנכון 5% אם מצא מרחק אופקי ביחס ל-A.

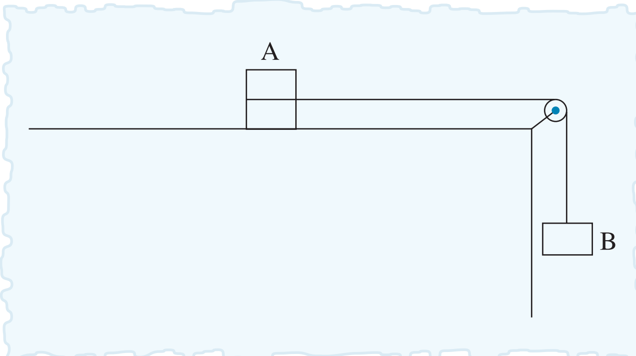
75% עבור חישוב הגובה:

25% למשך התנועה של האבן **או** לשימוש בנתון מסעיף ב.

50% לחישוב נכון של הגובה.

- לנכון 10% אם לא הוסיף 4 מטר לגובה.
- לנכון 30% מה-75% אם עבור תנועת הכדור הפורה השתמש בתאוצה g.

3. לרשותו של תלמיד שלוש תיבות זהות. הוא הדביק שתי תיבות זו לזו, ולגוף שהתקבל קרא בשם גוף A. התלמיד הניח את גוף A על שולחן, קשר אל הגוף קצה אחד של חוט ואת החוט כרך סביב גלגלת (חסרת חיכוך וחסרת מסה). לקצה האחר של החוט קשר התלמיד את התיבה השלישית וקרא לה בשם גוף B (ראה תרשים).



החיכוך בין גוף A לבין השולחן **אינו** ניתן להזנחה. התלמיד שחרר את המערכת ממנוחה, ומדד במרווחי זמן שווים את המהירות של גוף A. ממצאי המדידות רשומים בטבלה שלפניך:

זמן - t(s)	0	0.02	0.04	0.06	0.08	0.1
מהירות - v(m/s)	0	0.038	0.083	0.123	0.158	0.200

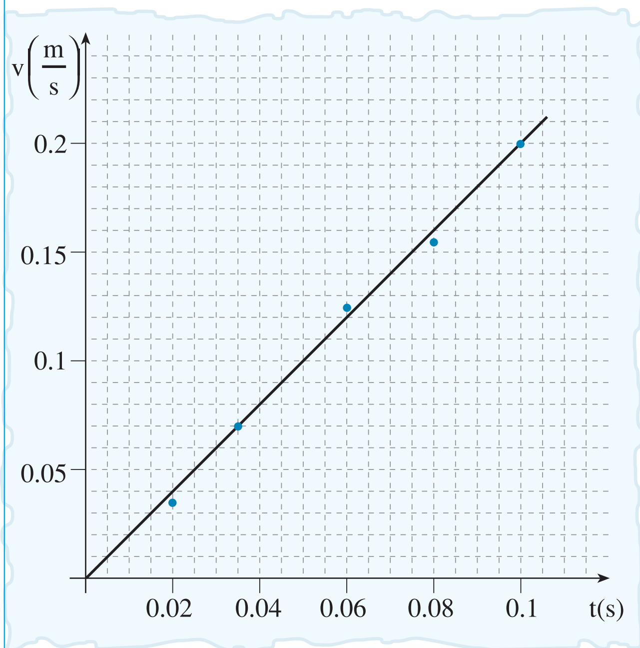
א. סרטט גרף המתאר את המהירות של גוף A כפונקציה של הזמן. (5 נקודות)

ב. חשב את גודל התאוצה של גוף A. (6 נקודות)

ג. חשב את מקדם החיכוך בין גוף A לבין השולחן. (14 נקודות)

ד. ברגע $t = 0.1$ s החוט נקרע. האם משך התנועה של גוף A, מרגע קריעת החוט עד לעצירת הגוף, גדול מ-0.1 s, קטן מ-0.1 s או שווה ל-0.1 s? **נמק**. (במהלך תנועתו גוף A אינו מתנגש בגלגלת.) ($8\frac{1}{3}$ נקודות)

3. א.



ב. $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0.2 - 0}{0.1 - 0}$

$$\boxed{a \approx 2\frac{m}{s^2}}$$

ג. m - מסת תיבה אחת

$\Sigma F = ma$

(1) $mg - \mu N = 3ma$

(2) $N = 2mg$

מ-(1) ומ-(2) מקבלים:

$$\mu = \frac{g - 3a}{2g} = \frac{10 - 3 \cdot 2}{2 \cdot 10}$$

$$\boxed{\mu = 0.2}$$

ד. נחשב את תאוצת גוף A לאחר קריעת החוט:

$\Sigma F = ma$

$-\mu(2m)g = (2m) \cdot a$

$a = -\mu g = -0.2 \cdot 10$

$a = -2\frac{m}{s^2}$

בתנועה לפני קריעת החוט:

$v_0 = 0$, $v = 0.2\frac{m}{s}$ ו- $a = -2\frac{m}{s^2}$

בתנועה לאחר קריעת החוט:

$v_0 = 0.2\frac{m}{s}$, $v = 0$ ו- $a = -2\frac{m}{s^2}$

לכן משך התנועות יהיה שווה.

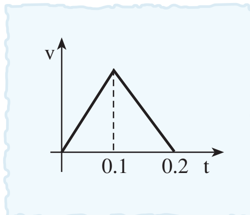
או: אפשר לחשב ולראות כי גם בלימה נמשכת 0.1 s.

או:

גודל התאוצה לפני קריעת החוט שווה לגודל התאוצה שלאחר קריעת החוט, לכן התנועה הפוכה לקודמת ומשך התנועות שווה.

או:

בצורה גרפית:



השיפועים של שני הישרים שווים.

מפתח הערכה:

3. א. 5% ל-v כפונקציה של t.
10% לשמות צירים ויחידות.
35% לקנה-מידה מתאים.
(עבור סימון שנתות לפי הטבלה - לנכות 20%.)
40% למיקום הנקודות.
10% להעברת ישר.
- לקבל טווח תאוצות:

$$1.8\frac{m}{s^2} \le a \le 2.2\frac{m}{s^2}$$

- אם חישב תאוצה על-פי:

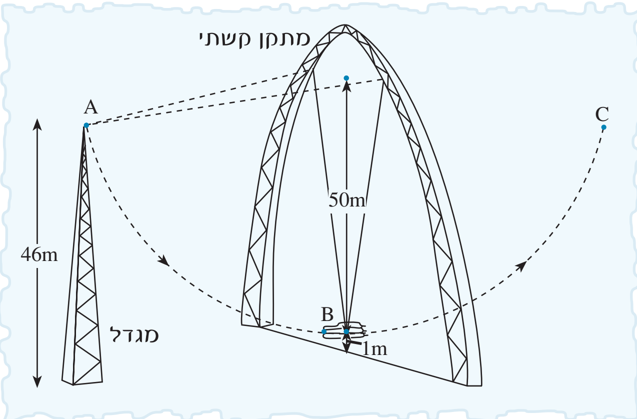
$a = \frac{0.038}{0.02}$, לא לנכות נקודות.

ג. 20% למסה של A: 2m, ולמסה של B: m.
30% למשוואה (1).
20% למשוואה (2).
30% להגעה לתשובה.
- לקבל טווח מקדמי חיכוך:

$$0.16 < \mu < 0.24$$

ד. 50% לחישוב התאוצה לאחר קריעת החוט.
50% להגעה תשובה.

4. התרשים שלפניך מתאר נדנדת ענק בלונה פארק. הנדנדה מורכבת מחוטי ברזל הקשורים למתקן קשתי ענקי.



שלושה נערים, שמסתם הכוללת 200 kg, נקשרים לנדנדה בנקודה B הנמצאת בגובה 1m מעל הקרקע. הם מובלים לנקודה A, הנמצאת בראש מגדל בגובה 46 m מעל הקרקע, משוחררים, ומתנדנדים לאורך קשת מעגלית ABC שרדיוסה 50 m.

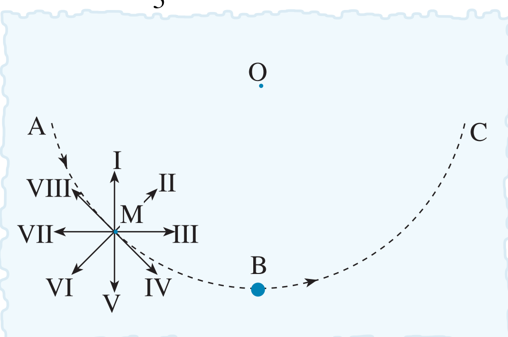
הנח כי במהלך התנועה החוטים אינם מתארכים, ומסתם ניתנת להזנחה. הזנח גם את החיכוך עם האוויר.

א. חשב את גודל המהירות של הנערים כאשר הם חולפים בנקודה B, לאחר ששוחררו מנקודה A. (8 נקודות)

ב. חשב את התאוצה הצנטריפטלית של הנערים ברגע שבו הם חולפים בנקודה B במהלך תנועתם. (8 נקודות)

ג. חשב את גודל שקול הכוחות ש**החוטים מפעילים** על שלושת הנערים, כאשר הם חולפים בנקודה B. (10 נקודות)

ד. התרשים שלפניך מתאר את מסלול התנועה ABC של הנערים המתנדנדים. על המסלול מסומנת נקודה M ושמונה כיוונים I - VIII.
איזה מבין כיוונים אלה יכול לתאר את כיוון התאוצה שיש לנערים בנקודה M? **נמק**. ($7\frac{1}{3}$ נקודות)



4. א.

$$E_A = E_B$$

$$mgh = \frac{1}{2} m v_B^2$$

$$10 \cdot 45 = \frac{1}{2} v_B^2$$

$$\boxed{v_B = 30 \frac{m}{s}}$$

ב.

$$a = \frac{v^2}{R} = \frac{30^2}{50}$$

$$\boxed{a = 18 \frac{m}{s^2}}$$

ג. נסמן את שקול הכוחות של החוטים ב-T.

על-פי החוק השני של ניוטון:

$$T - mg = ma$$

$$T = m(g + a) = 200(10 + 18)$$

$$\boxed{T = 5600N}$$

ד. כיוון III **נמוק**: לנערים יש תאוצה צנטריפטלית ותאוצה משיקית, וכיוון התאוצה הכוללת הוא בין שני כיוונים אלה.

מפתח הערכה:

4. א. - לנכות 20% עבור $mg\,\Delta h = mg46$.

ב. 70% לנוסחה.

20% להצבה.

10% לתשובה נומרית עם יחידות.

ג. - כתב $T = mg$, לא לתת נקודות לסעיף.

- חישוב רק $m\frac{v^2}{R}$, תתן 50% לסעיף.

- אם הציב ישירות בלי לכתוב נוסחה כללית, להוריד 5%.

- עבור $2T\cos\alpha = 5600N$, לא לנכות נקודות.

ד. 50% לתשובה

50% לנימוק.

לתשובות:

הכיוון הוא II כי התאוצה צנטריפטלית.

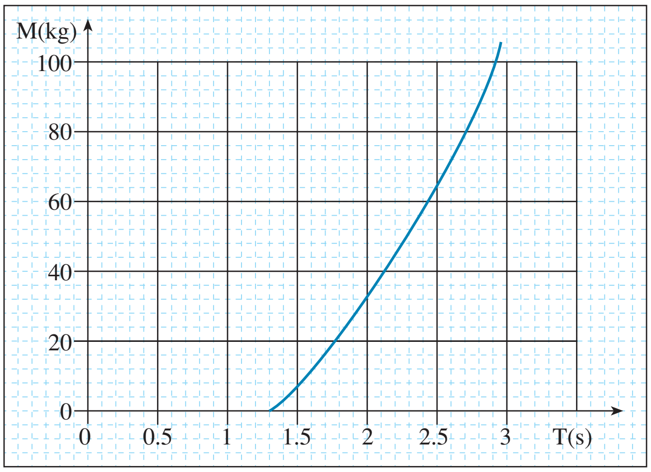
או הכיוון הוא IV כי התאוצה משיקית.

לתת 0 לתשובה ו-15% לנימוק.

- לא לקבל נימוק: "בגלל T ו-mg".

5. כאשר אסטרונאוטים שוהים בחלל תקופות ארוכות, יש חשיבות לעקוב אחר שינויים במסת גופם. האמצעי למדידת מסת האסטרונאוטים במעבורת החלל "סקיילב" הוא כיסא הקשור לקצה אחד של קפיץ. הקצה האחר של הקפיץ קשור לנקודה קבועה בחללית. אסטרונאוט, שאת מסתו רוצים למדוד, נקשר לכיסא. מסיטים את הכיסא ממצב של שיווי-משקל, והאסטרונאוט (עם הכיסא) מתנדנד בתנועה הרמונית.

בתרשים מתואר גרף כיול, שמאפשר לקבוע את **מסת האסטרונאוט** M, על-פי זמן המחזור T של תנודות האסטרונאוט הקשור לכיסא.



א. זמן מחזור התנודות של אסטרונאוט מסוים היה 2.6s. מה הייתה מסת האסטרונאוט? (4 נקודות)

ב. מהו זמן מחזור התנודות של האסטרונאוט שבסעיף א כאשר:

(1) מקטינים את משרעת התנודות פי שניים? (5 נקודות)

(2) מחליפים את הקפיץ בקפיץ אחר, שקבוע הכוח שלו גדול פי ארבעה? (הזנח את מסת הקפיצים.) (5 נקודות)

ג. אסטרונאוט שמסתו M קשור לכיסא שמסתו m ומתנדנד בתנועה הרמונית.

(1) הראה כי הקשר בין M לזמן המחזור T הוא: $M = \frac{kT^2}{4\pi^2} - m$. (7 נקודות)

(2) מצא, בעזרת הגרף, את מסת הכיסא m, אם קבוע הקפיץ הוא $k = 600\frac{N}{m}$. ($7\frac{1}{3}$ נקודות)

ד. כאשר המעבורת נעה כלווין סביב כדור הארץ, מודדים את המסה של האסטרונאוט בשיטה שתוארה לעיל, ולא מודדים את משקלו באמצעות מאזני קפיץ כיוון שהאסטרונאוט חסר משקל.
הסבר מדוע אסטרונאוט בלווין הוא חסר משקל. (5 נקודות)

5. א. על-פי הגרף, מסת האסטרונאוט הייתה 74 kg.
ב. (1) 2.6s, כי T לא תלוי במשרעת.
(2) זמן המחזור מקיים:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \qquad (1)$$

כאשר k גדל פי 4, זמן המחזור קטן פי 2, לכן הוא יהיה **1.3s**

ג. (1) על פי קשר (1) לעיל:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{M+m}{k}}$$

ומכאן:

$$M = \frac{kT^2}{4\pi^2} - m \qquad (2)$$

(2) עבור T = 2.6s מצאנו כי M = 74 kg.
נציב ב-(2) ונקבל:

$$74 = \frac{600\cdot(2.6)^2}{4\pi^2} - m$$

לכן:

$$\boxed{m \approx 28.8kg}$$

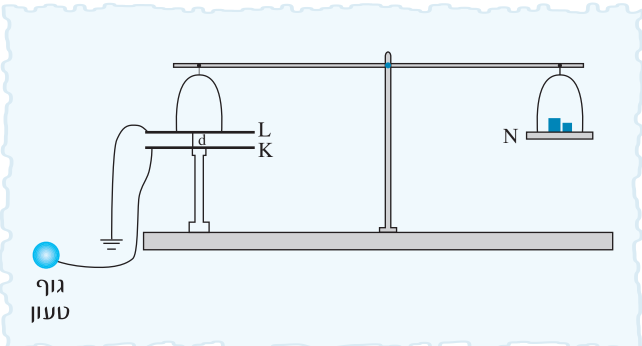
ד. **תשובה א:** כי תאוצת האסטרונאוט שווה לתאוצת הלווין.
תשובה ב (בעזרת מערכות ייחוס): על-פי עקרון השקילות, שדה הכבידה הקשור לתאוצה מבטל את שדה הכבידה שמקורו בארץ. **או:** בעזרת ד'אלמברט.
תשובה ג: כי הלווין והאסטרונאוט "נופלים" חופשית, ולכן N = 0.

מפתח הערכה:
5. א. - לקבל תחום בין 72 ק"ג ל-76 ק"ג.
- אם לא הסתמך על הגרף ופתר באמצעות משוואות לתנועה הרמונית וקיבל $M = 0.171k$, לנכות 40%.

ב. (1) 50% ל-(1).
(2) 50% ל-(2).
- אם מצא כי זמן המחזור גדל פי 2, לתת 20% לתת-סעיף זה.

ג. (1) 50% ל-(1).
(2) **50% ל-(2).**
30% עבור הצבת נקודה נכונה כלשהי שעל הגרף בנוסחה,
20% עבור הגעה לתשובה נומרית נכונה ויחידות.
- התלמידים יכולים לקבל ערכים מעט שונים עבור מסת הכיסא, כי התשובה תלויה בנקודה שנבחרה על הגרף.
- לקבל תחום מסות: $25kg < m < 31kg$

חשמל
1. תלמיד רוצה למדוד פוטנציאל של גוף מוליך טעון באמצעות אלקטרומטר תומסון הבנוי כמאזניים רגישים (ראה תרשים).



לזרוע אחת של המאזניים מחובר לוח מוליך אופקי L, המוארק לאדמה (הפוטנציאל שלו אפס). לזרוע השנייה של המאזניים מחוברת כף N. במצב זה המאזניים מאוזנים. כדי למדוד את פוטנציאל הגוף הטעון, התלמיד מחבר את הגוף ללוח מוליך אופקי K, באמצעות חוט מוליך ארוך ודק. כל חלקי המאזניים הם מבודדים, ורק הלוחות L ו-K הם מוליכים. במצב, שבו הגוף מחובר ללוח K, נוצר כוח משיכה בין הלוחות. כדי לשמור על איזון המאזניים התלמיד מוסיף משקולות לכף N (ראה תרשים).
א. הסבר מדוע לוח L נמשך ללוח K. (6 נקודות)
ב. לוחות L ו-K מהווים קבל לוחות. שטח כל לוח הוא A, ובמצב שבו המאזניים מאוזנים המרחק בין הלוחות הוא d (ראה תרשים). עם חיבור הגוף הטעון ללוח K הלוח נטען, והפוטנציאל שלו הוא V (כמו הפוטנציאל של הגוף הטעון). בטא באמצעות A, d, V ו-ε_0 (על-פי הצורך) את:
(1) המטען על לוח L. (6 נקודות)

(2) השדה בין לוחות הקבל. (3 נקודות)

(3) השדה שנוצר על-ידי לוח K. (4 נקודות)

ג. הראה כי הכוח החשמלי הפועל על לוח L הוא:

$\frac{\varepsilon_0 \cdot A}{2} \cdot \left(\frac{V}{d}\right)^2$. (7 נקודות)

ד. בטא, באמצעות הגדלים שהשתמשת בהם עד כה ובאמצעות משקל המשקולות, mg, את הפוטנציאל

V. ($7\frac{1}{3}$ נקודות)

1. א. על לוח L מצטבר מטען מושרה שסימנו הפוך לסימן של המטען על K. (על לוח K מצטבר מטען מסוג המטען של הגוף הטעון.)

לכן בין המטענים של שני הלוחות יש משיכה חשמלית.

ב. (1) קיבול הקבל: $C = \frac{\varepsilon_0 A}{d}$ (1)

$Q = VC$ (2)

מ-(1) ומ-(2) מקבלים:

$\boxed{Q = V\frac{\varepsilon_0 A}{d}}$ (3)

(2) $\boxed{E = \frac{V}{d}}$

(3) $\boxed{E_K = \frac{V}{2d}}$ (4)

ג. $F = E_K Q$ (5)

אחרי שמציבים את הקשרים (4) ו-(3) ב-(5) מקבלים:

$$F = \frac{\varepsilon_0 A}{2}\left(\frac{V}{d}\right)^2$$

ד. המאזניים מאוזנים, לכן:

$$\frac{\varepsilon_0 A}{2}\left(\frac{V}{d}\right)^2 = mg$$

ולכן: $\boxed{V = d\sqrt{\frac{2mg}{\varepsilon_0 A}}}$

מפתח הערכה:

1. ב. **45% לתת-סעיף (1):**

15% לקשר (1),

15% לקשר (2),

15% לקשר (3).

דרך אחרת:

$E = \frac{V}{d}$ - 15%

$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} = \frac{Q}{\varepsilon_0 A}$ - 15%

קשר (3) - 15%

25% לתת-סעיף (2).

30% לתת-סעיף (3).

- יכול לפתור גם על-ידי $E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$.

ג. 50% לקשר (5).

25% להצבת קשר (4).

25% להצבת קשר (3).

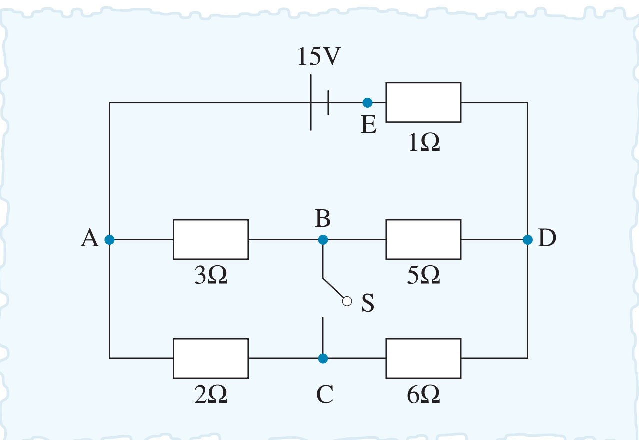
- יכול לפתור גם על-ידי שימור אנרגיה: $F \cdot d = \frac{CV^2}{2}$

ד. 50% לרעיון של השוואת הכוחות.

35% להצבת הביטויים.

15% לביטוי סופי.

2. בתרשים שלפניך מתואר מעגל חשמלי הכולל מקור מתח שהתנגדותו הפנימית זניחה, חמישה נגדים ומפסק S פתוח. התנגדויות הנגדים והכא״מ של המקור רשומים בתרשים.



א. (1) חשב את הזרם העובר דרך מקור המתח. (8 נקודות)

(2) חשב את המתח על המפסק S. (8 נקודות)

(3) איזו משתי הנקודות, B או C, נמצאת בפוטנציאל גבוה יותר? **הסבר**. (8 נקודות)

ב. מהו סכום המתחים לאורך המסלול $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E$, ומהו סכום המתחים לאורך המסלול $A \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow E$?

הסבר את הקשר בין שני הסכומים. ($9\frac{1}{3}$ נקודות)

2. א. (1) התנגדות המעגל:

$$R = \frac{8 \cdot 8}{8+8} + 1$$

$$\boxed{\mathbf{R = 5\Omega}}$$

$\varepsilon = I(r + R)$ **או** $V = IR$

$15 = I(0 + 5)$

$$\boxed{\mathbf{I = 3A}}$$

(2)

(1) $I_{AB} = I_{AC} = 1.5\ A$

(2) $V_{AB} = 1.5 \cdot 3 = 4.5\ A$

(3) $V_{AC} = 1.5 \cdot 2 = 3\ A$

מכאן: $V_{CB} = 4.5 - 3$

(4) $\boxed{\mathbf{V_{CB} = 1.5V}}$

(3) לפי קשרים (2) ו-(3) בתת-סעיף הקודם:

$$\boxed{V_C > V_B}$$

ב. סכום המתחים בכל אחד משני המסלולים הוא 15V, כי הוא שווה למתח ההדקים של מקור המתח.

או: כי המתח V_{AE} אינו תלוי במסלול.

מפתח הערכה:

2. א. (1) **33% לתת-סעיף (1):**

20% לחישוב R או למשוואות קירכהוף, 13% לחישוב I.

(2) **34% לתת סעיף (2):**

4% לקשר (1),

2x10% לקשרים (2) ו-(3),

10% לתשובה.

- לקבל גם $\mathbf{V_{BC} = 1.5V}$, **או**: המתח על המפסק הוא 1.5V **או** −1.5V.

(3) **33% לתת סעיף (3):**

10% לקביעה,

23% לנימוק.

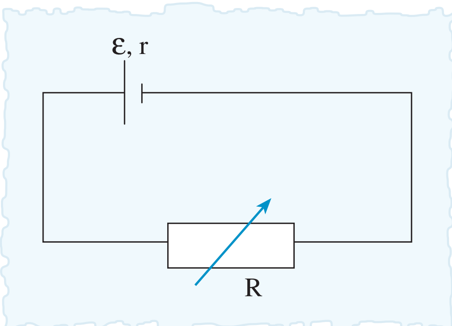
- אם נימק כי $V_{AC} > V_{AB}$, אך הגיע לקביעה לא נכונה, לתת 23% לנימוק בלבד.

ב. 40% למסלול ABCDE.

40% למסלול ACBDE.

20% לקשר בין שני המסלולים.

3. בתרשים שלפניך מתואר מעגל חשמלי הכולל מקור מתח, שהכא״מ שלו ε והתנגדותו הפנימית r, ונגד משתנה שהתנגדותו R יכולה להשתנות מאפס עד ערכים גדולים מאוד (אינסופיים).



א. הראה כי אפשר לבטא את ההספק P, המתפתח על הנגד המשתנה, כפונקצייה של הזרם I במעגל, כך שמתקיים הקשר: $P = - r{\cdot}I^2 + \varepsilon{\cdot}I$. ($8\frac{1}{3}$ נקודות)

ב. (1) סרטט גרף מקורב של ההספק P כפונקצייה של הזרם I. (5 נקודות)

(2) מהי צורת הגרף שסרטטת בתת-סעיף ב (1) (קו ישר, פרבולה, היפרבולה, חצי מעגל)? **נמק**. (3 נקודות)

בטא את תשובותיך לסעיפים ג, ד, ה באמצעות ε ו-r (על פי הצורך).

ג. (1) מה הם ערכי הזרם I בשני המצבים שבהם ההספק P מתאפס? (3 נקודות)

(2) מהו הזרם I במצב שבו ההספק P הוא מקסימלי? (3 נקודות)

ד. מהי ההתנגדות R של הנגד המשתנה, המתאימה למצב שבו ההספק P הוא מקסימלי? (7 נקודות)

ה. מהו ההספק המקסימלי שיכול להתפתח על הנגד המשתנה? (4 נקודות)

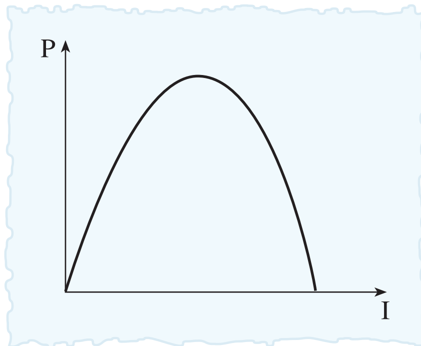
3. א. (1) $P = I^2R$

(2) $\varepsilon = I(r + R)$

מהצבת R מקשר (2) בקשר (1) מקבלים:

(3) $P = -rI^2 + \varepsilon \cdot I$

ב. (1)



(2) פרבולה, כי התבנית של קשר (3) היא של פרבולה ($y = ax^2 + bx + c$).

או: כי זו פונקציה ממעלה שנייה.

ג. (1) על-פי הקשר שבסעיף א:

$\boxed{I_1 = 0}$

$\boxed{I_2 = \frac{\varepsilon}{r}}$

(2) כאשר ההספק מקסימלי, הזרם I_3 מקיים (לפי הסימטריה של הפרבולה):

(3) $I_3 = \frac{I_1 + I_2}{2}$

(4) $I_3 = \frac{\varepsilon}{2r}$

ד. על-פי קשר (2) ועל-פי קשר (4):

(5) $\varepsilon = \frac{\varepsilon}{2r}(r + R)$

לכן: (6) $\boxed{R = r}$

ה. משתמשים בקשרים (6) ו-(4) ומקבלים:

$\boxed{P_{max} = \frac{\varepsilon^2}{4r}}$

מפתח הערכה:

3. א. 40% לקשר (1) או לקשר שקול לו.
40% לקשר (2) או לקשר שקול לו.
20% להגעה לתשובה.

ב. (1) **62% לתת-סעיף (1):**
10% לשמות צירים,
52% לפרבולה נכונה.
- לפרבולה "מחייכת" לתת 25% בלבד.
- לפרבולה "בוכה", שלא עוברת בראשית, לתת 50% בלבד.
- אם סרטט פרבולה חלקית, לתת 25% בלבד.

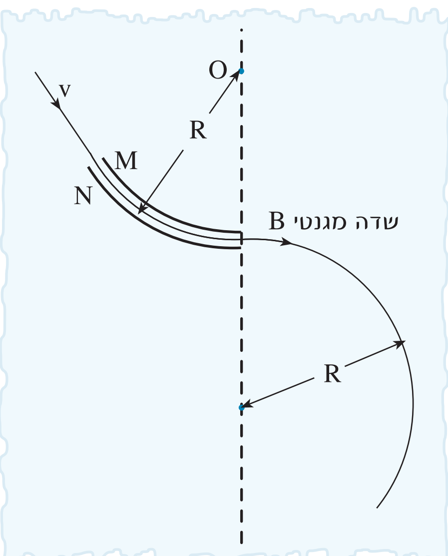
(2) **38% לתת-סעיף (2):**
28% לתשובה,
10% לנימוק.

ג. (1) **50% לתת-סעיף (1):**
20% ל-$I_1 = 0$,
30% ל-I_2.

(2) 50% לתת-סעיף (2).
- יכול למצוא את I_3 לפי קדקוד הפרבולה: $x_{\text{קדקוד}} = -\frac{b}{2a}$, או לפי נגזרת.
- אם הציב ישר $R = r$ בלי לנמק, לתת את מלוא הנקודות לתת-סעיף זה.

ד. 80% לתשובה.
20% לפיתוח.

4. התרשים שלפניך מתאר אלומה צרה של אלקטרונים הנעים במהירות v. האלקטרונים נכנסים אל בין שני לוחות גליליים, M ו-N, בעלי מרכז משותף O. הלוחות טעונים במטענים מנוגדים, כך שקווי השדה החשמלי שבין הלוחות מכוונים לאורך הרדיוס R. בגלל המרחק הקטן בין הלוחות (בהשוואה לרדיוס R) גודל השדה החשמלי E הוא קבוע בכל התחום שבין הלוחות, והאלקטרונים נעים בו בקשת מעגלית שרדיוסה R.



ביציאה מבין הלוחות הם מגיעים לאזור שבו שורר שדה מגנטי אחיד B.
בהשפעת שדה זה נעים האלקטרונים שוב בקשת מעגלית שרדיוסה R. נתון: $R = 0.1\ m$, $v = 1.5x10^7 \frac{m}{s}$.

א. (1) קבע איזה מבין שני הלוחות (M או N) טעון במטען חיובי, ואיזה מביניהם טעון במטען שלילי. **נמק**. (5 נקודות)

(2) חשב את גודל השדה החשמלי E שבין הלוחות M ו-N. (8 נקודות)

ב. (1) מהו כיוון השדה המגנטי B? **נמק**. (5 נקודות)

(2) חשב את עוצמת השדה המגנטי B. (8 נקודות)

ג. (1) האם השדה החשמלי מבצע עבודה על האלקטרונים? **נמק**. ($3\frac{1}{3}$ נקודות)

(2) האם השדה המגנטי מבצע עבודה על האלקטרונים? **נמק**. (4 נקודות)

4. א. (1) הכוח החשמלי הפועל על האלקטרונים הוא כלפי המרכז O. מכאן שהשדה החשמלי מכוון מ-M ל-N, **לכן לוח M טעון במטען חיובי. או:** מכאן שהאלקטרון נמשך ללוח M (ונדחה מלוח N), ולכן M חיובי.

(2) על-פי החוק השני של ניוטון:

$$F = \frac{mv^2}{R} \qquad (1)$$

$$F = eE \qquad (2)$$

מ-(1) ומ-(2) מקבלים:

$$E = \frac{mv^2}{eR} \qquad (3)$$

נציב ערכים ב-(3):

$$E = \frac{9.1\cdot10^{-31}\cdot(1.5\cdot10^7)^2}{1.6\cdot10^{-19}\cdot0.1}$$

$$\boxed{E = 1.28\cdot10^4\ \frac{N}{C}}$$

ב. (1) כיוון השדה המגנטי הוא **לתוך הדף**, על-פי כלל יד שמאל.

(2)

$$Bev = \frac{mv^2}{R} \qquad (5)$$

$$B = \frac{mv}{eR}$$

$$B = \frac{9.1\cdot10^{-31}\cdot1.5\cdot10^7}{1.6\cdot10^{-19}\cdot0.1}$$

$$\boxed{\mathbf{B = 8.53\cdot10^{-4}T}}$$

ג. (1) לא, כי הכוח ניצב לכיוון התנועה.

(2) לא, כי הכוח ניצב לכיוון התנועה.

מפתח הערכה:

4. א. (1) **40% לתת-סעיף (1):**
20% לקביעה,
20% לנימוק.

(2) **60% לתת-סעיף (2):**
15% לקשר (1),
15% לקשר (2),
10% לקשר (3),
10% להצבה,
10% לתשובה סופית עם יחידות.

- אם לא הגיע לקשר (3) כי הציב ישר ב-(1) וב-(2), לא להוריד נקודות.

ב. (1) **40% לתת-סעיף (1):**
35% לתשובה,
5% לנימוק.

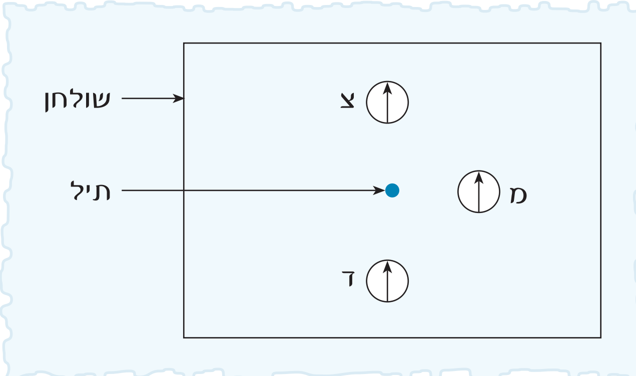
(2) **60% לתת-סעיף (2):**
40% לקשר (5),
10% להצבה.
10% לתשובה סופית עם יחידות.

- רשם ישר $B = \frac{mv}{R}$ בלי קשר (5), לתת 40% לכל היותר לתת-סעיף זה.

ג. (1) **45% לתת-סעיף (1):**
25% לתשובה,
20% לנימוק.

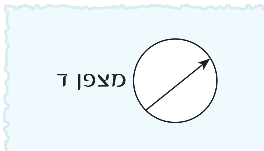
(2) **55% לתת-סעיף (2):**
35% לתשובה,
20% לנימוק.

5. תלמיד רוצה למדוד את הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור הארץ. לשם כך הוא העביר תיל ישר וארוך דרך חור בשולחן אופקי, בניצב לשולחן, והציב סביב התיל שלושה מצפנים, כל מצפן במרחק 10 ס"מ מן התיל.



תרשים א

תרשים א שלפניך מתאר במבט מלמעלה את השולחן כאשר בתיל לא זורם זרם, כך ששלושת המצפנים מצביעים אל הצפון המגנטי. המצפנים מסומנים באותיות: צ, ד, מ. התלמיד חיבר בטור אל התיל נגד משתנה, אמפרמטר ומקור מתח, והחל להזרים בתיל זרם בכיוון אנכי מעלה (החוצה מן הדף). הזנח את ההשפעה המגנטית ההדדית של המצפנים.



תרשים ב

א. בזרם מסוים מחט מצפן ד סטתה מכיוון הצפון, כמתואר בתרשים ב. סרטט את מצב המחט של מצפן צ ואת מצב המחט של מצפן מ באותו זרם שהביא לסטייה שבתרשים ב. **נמק.** (6 נקודות)

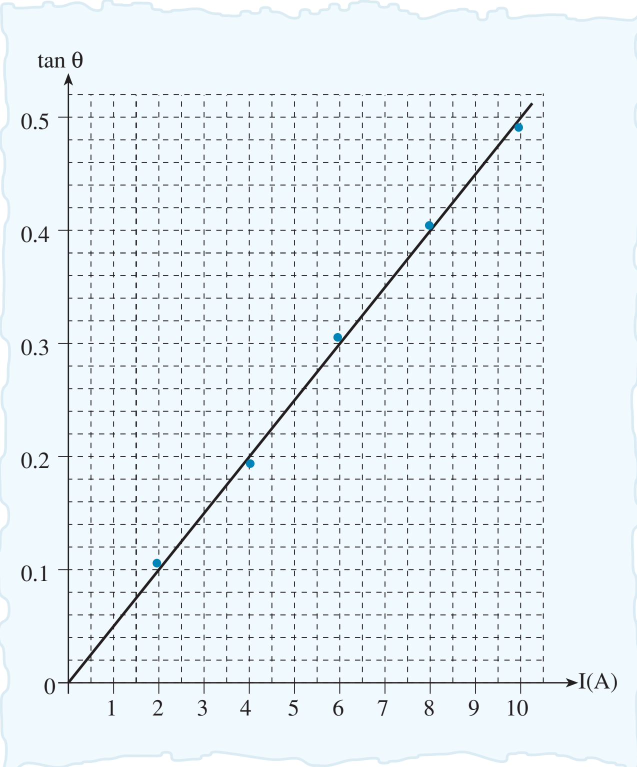
ב. סמן ב-B_E את הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור הארץ, ופַתח ביטוי של $\tan\theta$ כפונקציה של הזרם I הזורם בתיל. θ היא זווית הסטייה של מצפן ד מכיוון הצפון. (12 נקודות)

ג. תלמיד מדד את זווית הסטייה θ עבור חמישה ערכים של זרם I, וסרטט את הגרף הנתון בתרשים ג שלפניך.

(1) הסבר מדוע עדיף לסמן על הציר האנכי את ערכי $\tan\theta$ ולא את ערכי θ. (4 נקודות)

(2) הסבר מדוע התלמיד ידע בוודאות כי הגרף חייב לעבור דרך ראשית הצירים. (3 נקודות)

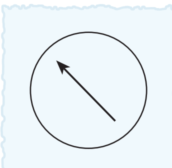
(3) חשב בעזרת הגרף את B_E. ($8\frac{1}{3}$ נקודות)



תרשים ג

5. א. על-פי הסטייה של מצפן ד, מגמת השדה המגנטי מנוגדת לכיוון תנועת מחוגי השעון. לכן:

מצפן צ יסטה כמתואר בתרשים:



מצפן מ לא יסטה, כי השדה המגנטי מכוון לאורך מחט המצפן.

ב. השדה של תיל ישר וארוך:

$$B_I = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I}{r} \qquad (1)$$

$$\tan\theta = \frac{B_I}{B_E} \qquad (2)$$

מקשרים (1) ו-(2) מקבלים:

$$\tan\theta = \frac{\mu_0}{2\pi B_E}\cdot\frac{I}{r} \qquad (3)$$

או: $\tan\theta = \frac{2\cdot 10^{-6}}{B_E}\cdot I$

ג. (1) כי θ כפונקציה של I אינו לינארי.

(2) כי עבור $I = 0$ מחט המצפן אינה סוטה מכיוון צפון-דרום ($\tan\theta = 0$).

(3) על-פי הגרף: $\text{שיפוע} = \frac{0.5-0}{10-0} = 0.05A^{-1}$

על-פי קשר (3):

$$\text{שיפוע} = \frac{\mu_0}{2\pi B_E}\cdot\frac{I}{r}$$

נציב: $0.05 = \frac{4\pi\cdot 10^{-7}}{2\pi B_E}\cdot\frac{1}{0.1}$

$$\boxed{B_E = 4\cdot 10^{-5}\ T}$$

מפתח הערכה:

5. א. 40% לכיוון השדה המגנטי שיוצר הזרם בתיל.
30% לכיוון הסטייה של מצפן צ.
30% לכיוון הסטייה של מצפן מ.

ב. 30% לקשר (1) או ל- $B_I = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I}{0.1}$.
50% לקשר (2).
20% לקשר (3).
- אם רשם $\tan\theta = \frac{B_E}{B_I}$, להוריד 25%.

ג. (1) 25% לתת-סעיף (1).
(2) 20% לתת-סעיף (2).
(3) **55% לתת-סעיף (3):**
15% לחישוב שיפוע הישר,
20% לקשר (4),
10% להצבה,
10% לתשובה נומרית עם יחידות.
- אם הציב בנוסחה (3) נקודה שנמצאת על הקו הישר, לתת את מלוא הנקודות.
- אם הציב בנוסחה (3) נקודה שלא על הקו הישר, לתת לכל היותר 30% לתת-סעיף זה.

תהודה

האם התלמיד טעה?

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

בשאלה מספר 2 בבחינת הבגרות במכניקה שהתקיימה בקיץ תשס"א (ראה עמוד 51 בגיליון "תהודה" זה), מדובר בגוף הנעזב מכדור פורח. באחד השלבים של פתרון סעיף ב היה צריך לחשב את הרכיב האנכי של המהירות שבו הגוף פוגע בקרקע. להלן פתרון שראיתי באחת ממחברות הנבחנים:

$$mgh + \frac{1}{2}mv_{0,y}^2 = \frac{1}{2}mv_y^2$$

לכן: $m\cdot 10\cdot 4 + \frac{1}{2}m\cdot 5^2 = \frac{1}{2}mv_y^2$

מכאן: $v_y \approx 10.247 m/s$

התוצאה המספרית של החישוב נכונה.
האם ניתן להצדיק מבחינת הפיסיקה, את הפתרון?
אנא כיתבו דעותיכם למערכת תהודה.

תהודה