

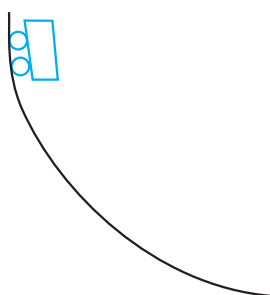


בחינת הבגרות בפיזיקה קיץ תשנ"ט פרקי חובה ופתרונות מלאים*

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

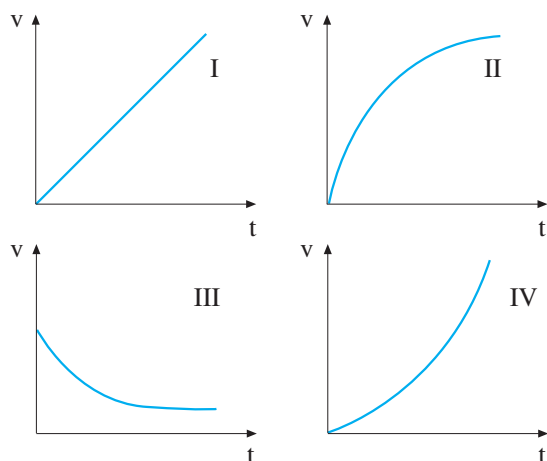
מכניקה

ה. הפעם הקרונית יורדת במסלול עקום לאחר ששוחררה ממנוחה, כמתואר בתרשים שלפניך. הנח שאין חיכוך בין הקרונית למסלול.



אחד מבין הגרפים IV-I שלפניך מתאר את גודל מהירות הקרונית כפונקציה של הזמן. מהו הגרף הנכון? **הסבר**.

($\frac{1}{3}$ נקודות)



1. תלמיד שחרר קרונית מהקצה העליון של משטח משופע חסר חיכוך. מרגע מסוים, המוגדר כ- $t = 0$, הוא מדד את מקומה של הקרונית במרווחי זמן של 0.02 s. ברגע $t = 0$ מהירות הקרונית אינה שווה בהכרח לאפס. ציר המקום, x , נבחר כך שראשיתו בנקודה שבה נמצאת הקרונית ברגע $t = 0$, וכיוונו החיובי הוא בכיוון תנועת הקרונית. תוצאות המדידות רשומות בטבלה שלפניך.

מקום x (m)	זמן t (s)
0	0
0.009	0.02
0.020	0.04
0.033	0.06
0.048	0.08
0.065	0.10
0.084	0.12

א. חשב, על-פי הטבלה בלבד, את מהירות הקרונית ברגע $t = 0.06$ s.

פרט את חישוביך (אל תסתמך בחישוביך על תאוצה קבועה לקרונית). (8 נקודות)

ב. חשב את מהירות הקרונית ברגעים $t = 0.02$ s, 0.08 s, 0.10 s.

אינך נדרש בסעיף זה לפרט את החישובים. (4 נקודות)

ג. הצג בטבלה את תוצאות החישובים של חמש המהירויות שחישבת בסעיפים א ו-ב, וסרטט גרף של מהירות הקרונית כפונקציה של הזמן. (9 נקודות)

ד. האם תאוצת הקרונית קבועה? אם כן - חשב אותה. אם לא - הסבר כיצד קבעת זאת. (7 נקודות)

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

הערות:

- כל הנקודות עבור חישוב $\bar{v}_{0.04 \rightarrow 0.06}$ ו- $\bar{v}_{0.06 \rightarrow 0.08}$, וחישוב הממוצע של שתי מהירויות אלה.
- 30% עבור חישוב $\bar{v}_{0.04 \rightarrow 0.06}$ או $\bar{v}_{0.06 \rightarrow 0.08}$ (ועוד 25% להצבה ולחישוב).
- אם חישב על-פי $v = \frac{x}{t}$, לא לתת נקודות לסעיף זה.

- ב. $4 \times 22\%$ לארבע מהירויות.
- $4 \times 3\%$ ליחידות.
- אין לנכות נקודות עבור דרך חישוב שגויה, אם הדרך היא כמו בסעיף א.
- ג. 5% ל- v כפונקציה של t .
- 25% לקנה-מידה מתאים.
- 40% למיקום חמש הנקודות.
- 20% לסרטוט גרף מתאים לנקודות (אין לנכות נקודות אם הגרף בנוי נכון על-פי הנקודות שהתלמיד מצא בסעיפים הקודמים).
- 10% לשמות צירים עם יחידות.
- ד. 20% עבור הקביעה.
- 70% עבור חישוב התאוצה.
- 10% ליחידות.
- אם בסעיף ג קיבל קו עקום, וענה בהתאם לכך בסעיף ד, לא להוריד נקודות בסעיף ד.
- ה. 60% לתשובה.
- 40% להסבר.
- מלוא הנקודות להסבר, אם רק כתב שהתאוצה הולכת וקטנה.
- אם בחר ב-IV ונימק: המהירות גדלה והתאוצה משתנה, או התאוצה $g \cos \alpha$ גדלה כי $\cos \alpha$ גדל, לתת 20% לסעיף.

1. א. $v_{0.06} \approx \bar{v}_{0.04 \rightarrow 0.08} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

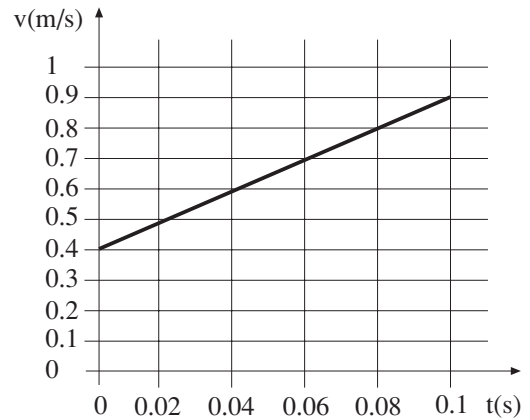
$v_{0.06} \approx \frac{0.048 - 0.02}{0.08 - 0.04}$

$v_{0.06} \approx 0.7 \text{ m/s}$

ב. $0.5 \frac{\text{m}}{\text{s}}, 0.6 \frac{\text{m}}{\text{s}}, 0.8 \frac{\text{m}}{\text{s}}, 0.9 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

ג.

מהירות $v \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$	זמן $t(\text{s})$
0.5	0.02
0.6	0.04
0.7	0.06
0.8	0.08
0.9	0.10

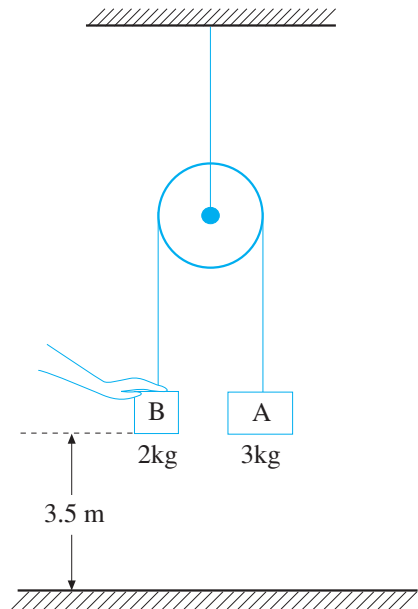


- ד. התאוצה קבועה. גודלה 5 m/s^2 על-פי הטבלה או על-פי הגרף.
- ה. הגרף הנכון הוא II.
- הסבר: שיפוע המסילה הולך וקטן, לכן התאוצה הולכת וקטנה, לכן המהירות הולכת וגדלה בקצב שהולך וקטן (שיפוע הגרף II הולך וקטן).

מפתח הערכה

- 1. א. 75% עבור הרעיון של חישוב המהירות הממוצעת מרגע $t = 0.04\text{s}$ עד $t = 0.08\text{s}$.
- 15% עבור הצבה.
- 10% עבור תשובה נומרית עם יחידות.

2. שני גופים A ו-B, שמסתם $m_1 = 3 \text{ kg}$ ו- $m_2 = 2 \text{ kg}$ בהתאמה, קשורים זה לזה באמצעות חוט הכרוך סביב גלגלת. ניתן להזניח את מסת החוט ואת כל כוחות החיכוך.



- א. החל מרגע $t = 0$ עד רגע $t = 2 \text{ s}$ אדם מחזיק בגוף B, כך ששני הגופים נמצאים במנוחה בגובה 3.5 מטר מעל הרצפה (ראה תרשים).
 חשב את מתיחות החוט במצב שבו הגופים מוחזקים במנוחה. (8 נקודות)
- ב. מרגע $t = 2 \text{ s}$ עד רגע $t = 4 \text{ s}$ האדם מפעיל על גוף B כוח שגודלו 15 N וכיוונו כלפי מטה.
 (1) חשב את גודל תאוצת הגופים מרגע $t = 2 \text{ s}$ עד רגע $t = 4 \text{ s}$.
 (2) חשב את מתיחות החוט מרגע $t = 2 \text{ s}$ עד רגע $t = 4 \text{ s}$. (13 נקודות)
- ג. ברגע $t = 4 \text{ s}$ האדם מרפה מגוף B.
 חשב את גודל תאוצת הגופים לאחר הרגע $t = 4 \text{ s}$. (6 נקודות)
- ד. חשב את המרחק המינימלי בין גוף B לרצפה. (6 $\frac{1}{3}$ נקודות)

2. א. החוק השני של ניוטון לגבי גוף A (ציר y כלפי מטה):

$$(1) \quad m_1 g - T = 0$$

$$3 \cdot 10 - T = 0$$

$$\boxed{T = 30 \text{ N}}$$

ב. (1)+(2) החוק השני של ניוטון לגבי גוף B (ציר y כלפי מטה):

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

$$(2') \quad 15 + 2 \cdot 10 - T = 2a$$

החוק השני של ניוטון לגבי גוף A (ציר y כלפי מעלה):

$$(3) \quad T - m_1 g = m_1 a$$

$$(3') \quad T - 3 \cdot 10 = 3a$$

פתרון משוואות (2') ו-(3'):

$$\boxed{a = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$\boxed{T = 33 \text{ N}}$$

ג. החוק השני של ניוטון לגבי גוף A (ציר y כלפי מטה):

$$(4) \quad m_1 g - T = m_1 a'$$

$$(4') \quad 3 \cdot 10 - T = 3a'$$

החוק השני של ניוטון לגבי גוף B (ציר y כלפי מעלה):

$$(5) \quad T - m_2 g = m_2 a'$$

$$(5') \quad T - 2 \cdot 10 = 2 \cdot a'$$

פתרון משוואות (4') ו-(5'):

$$\boxed{a' = 2 \text{ m/s}^2}$$

ד. העתק הגוף מרגע $t = 2 \text{ s}$ עד $t = 4 \text{ s}$

$$(6) \quad \Delta y_1 = \frac{at^2}{2}$$

$$\Delta y_1 = \frac{1 \cdot 2^2}{2} = 2 \text{ m}$$

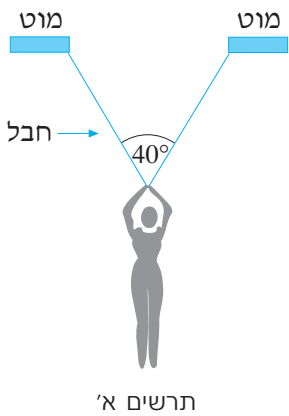
נחשב את המהירות v_1 ברגע $t = 4 \text{ s}$:

$$v_1^2 = v_0^2 + 2a\Delta y_1$$

$$v_1^2 = 0^2 + 2 \cdot 1 \cdot 2$$

$$\boxed{v_1 = 2 \text{ m/s}}$$

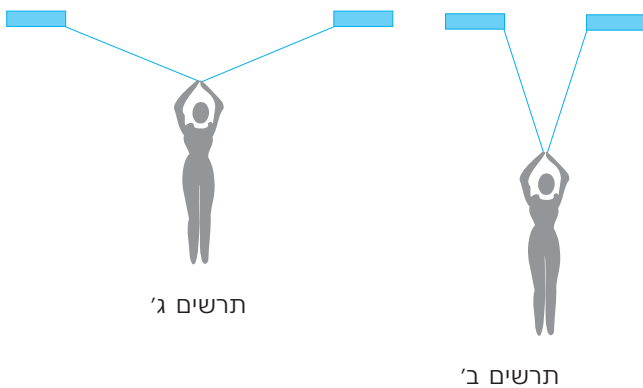
- 10% להצבה ב- (5).
- 15% לתשובה נומרית עם יחידות.
- ד. 25% לנוסחה (6).
- 25% להצבה.
- 5% לתשובה נומרית עם יחידות עבור Δy_1 .
- 10% למציאת v_1 .
- 25% למציאת Δy_2 .
- 10% למציאת המרחק המינימלי בין B לרצפה.



3. א. לוליינית בקרקס, שמסתה 50 kg, נתלתה על חבל הקשור בקצותיו לשני מוטות, כמתואר בתרשים א. המרחקים מנקודות האחיזה של הלוליינית בחבל עד למוטות שווים. הזווית שבין שני חלקי החבל שווה ל-40°. ניתן להזניח את מסת החבל.

חשב את מתיחות החבל. ($13\frac{1}{3}$ נקודות)

- ב. את המוטות שבתרשים א ניתן לקרב זה אל זה (בכיוון אופקי), כמתואר בתרשים ב, או להרחיקם זה מזה, כמתואר בתרשים ג.
- הלוליינית נתלית על החבל פעם כשהמוטות קרובים ופעם כשהמוטות רחוקים.
- באחד המצבים החבל נקרע, והלוליינית נפלה לרשת ביטחון.
- באיזה מצב (תרשים ב או תרשים ג) החבל נקרע? **הסבר.** (10 נקודות)



לגבי התנועה מרגע $t = 4s$ עד לעצירה:

$$v^2 = v_1^2 + 2a \Delta y_2$$

$$0 = 2^2 + 2(-2) \cdot \Delta y_2$$

(ביחס לציר שבחרנו התאוצה היא -2 m/s^2)

$$\Delta y_2 = 1 \text{ m}$$

שיעור הירידה:

$$\Delta y = \Delta y_1 + \Delta y_2 = 1 + 2 = 3 \text{ m}$$

לכן המרחק המינימלי בין גוף B לרצפה הוא 0.5 מטר.

מפתח הערכה:

- א. 45% למשוואה (1).
- לא להוריד נקודות אם הציב ישירות. 45% להצבה.
- 10% לתשובה נומרית עם יחידות.
- אם תלמיד חישב מתיחות שונה עבור גוף B ועבור גוף A, לא לתת נקודות לסעיף זה.
- ב. ניקוד לפתרון על-פי משוואה לכל גוף.
 - 30% למשוואה (2).
 - 15% להצבה ב- (2).
 - 30% למשוואה (3).
 - 10% להצבה ב- (3).
- 2 x 7.5% לתשובות נומריות עם יחידות.
- אם הציב ישירות במשוואות (2) ו-(3) בלי לכתוב את המשוואות, להוריד 5% לסעיף ב.
- אם שכח במשוואה (2) את $m_2 g$, יקבל 15% עבור משוואה (2) ואת כל 70% המפורטים לעיל, אך לא יקבל נקודות בסעיף ד.

ניקוד לפתרון על-פי משוואה אחת לשני הגופים:

- 40% למשוואה עבור המערכת הכוללת.
- 10% להצבה.
- 10% לתשובה נומרית ל-a עם יחידות.
- 20% למשוואה לאחד הגופים.
- 10% להצבה.
- 10% לתשובה נומרית ל-T עם יחידות.
- ג.
 - 30% למשוואה (4).
 - 15% להצבה ב- (4).
 - 30% למשוואה (5).



ג. במקרה אחר, נתלתה הלוליינית על חבל הקשור בקצהו העליון רק לאחד המוטות, כמתואר בתרשים ד. כאשר הורם המוט אנכית במהירות קבועה (ובאטיות), החבל לא נקרע. אולם כאשר הורם המוט בתאוצה כלפי מעלה, החבל נקרע. מדוע החבל נקרע כאשר המוט הורם בתאוצה? (10 נקודות)

תרשים ד'

- ג. 30% ל-T בתרשים ג גדול יותר.
- אם רשם $\sin\alpha$ במקום $\cos\alpha$, לתת 75% לסעיף אם ענה בהתאם ל- $\sin\alpha$.
- ג. 30% עבור $T_1 = mg$.
- 60% עבור $T_2 = ma + mg$.
- 10% עבור המסקנה.
- אפשר לנמק גם מילולית.
- עבור הנימוק: "כשיש תאוצה יש כוח נוסף", לתת 40%.

3. א. החוק השני של ניוטון לגבי הרכיבים האנכיים של הכוחות הפועלים על הלוליינית:

(1) $2 \cdot T \cos\alpha - mg = 0$
 α - הזווית בין חצי חבל והכיוון האנכי.

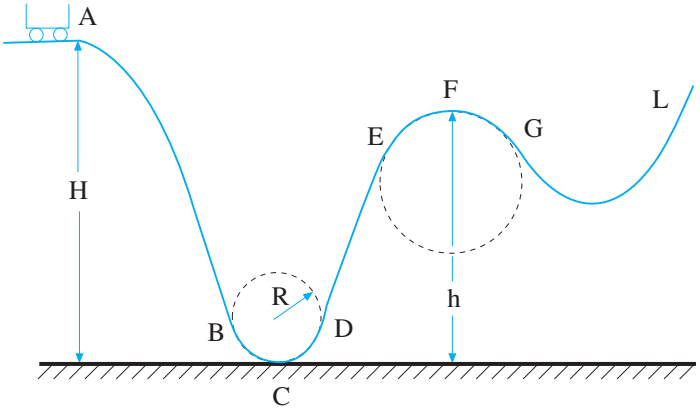
(2) $T = \frac{mg}{2 \cos\alpha} = \frac{50 \cdot 10}{2 \cdot \cos 20^\circ}$
 $T = 266 \text{ N}$

ב. החבל נקרע במצב המתואר בתרשים ג.

הסבר: בתרשים ג הזווית α שבין מחצית החבל לבין הכיוון האנכי גדולה מהזווית בתרשים ב, לכן $\cos\alpha$ קטן יותר, ולכן על-פי קשר (2) לעיל, המתחיות גדולה יותר.

ג. במהירות קבועה: $T_1 = mg$
 בתאוצה: $T_2 - mg = ma$
 לכן: $T_2 > T_1$

4. המסילה ACFL שבתרשים מתארת "רכבת הרים" בלונה פארק. תלמיד נכנס לקרונית בנקודה A. הוא הציב מאזניים על כיסא שבקרונית, והתיישב על המאזניים כך שכפות רגליו אינן נוגעות ברצפת הקרונית. לאחר מכן, בנקודה A, הוא שחרר מידו אבן בגובה H מעל הקרקע. האבן נפלה נפילה חופשית והגיעה לקרקע 3 שניות לאחר שחרורה. התלמיד יצא לדרכו מ-A במהירות התחלתית השווה לאפס. לקרונית אין מנוע, והיא נעה על המסילה ללא חיכוך, בלי להינתק ממנה. בנקודה A הראו המאזניים על משקל mg, ובנקודה C (פני הקרקע) הם הראו 10 mg.



- א. חשב את הגובה H של הנקודה A מעל הקרקע. (6 נקודות)
- ב. חשב את מהירות הקרונית בנקודה C. (8 נקודות)
- ג. קטע המסילה BCD הוא קשת של מעגל שרדיוסו R. חשב את R. (12 נקודות)
- ד. קטע המסילה EFG הוא קשת של מעגל. הנקודה F נמצאת בגובה h מעל הקרקע נתון כי $H > h$.

- מפתח הערכה
3. א. 50% לרעיון $\Sigma F_y = 0$. (ניתן להסתפק במשוואה (1)).
 40% עבור הצבה.
 10% עבור תשובה נומרית עם יחידות.
- אם הציב ישירות 20° ולא כתב α , לא להוריד נקודות.
 - אם הציב ישירות בלי לכתוב משוואה כללית, להוריד 5%.
 - אם רשם $\sin\alpha$ במקום $\cos\alpha$, יקבל לכל היותר 50% לסעיף.
- ב. 30% ל- α בתרשים ג גדולה יותר.
 40% ל- $\cos\alpha$ בתרשים ג קטן יותר.

האם בנקודה F הוריית המאזניים גדולה מ-mg, קטנה

מ-mg או שווה ל-mg? **נמק.** ($7\frac{1}{3}$ נקודות)

4. א. תנועת האבן ביחס לציר y שכיוונו החיובי כלפי מטה:

$$(1) \quad H = \frac{at^2}{2} = \frac{10 \cdot 3^2}{2}$$

$$H = 45 \text{ m}$$

ב. האנרגיה המכנית של הקרונית נשמרת:

$$E_A = E_C$$

לפי מישור ייחוס בגובה הקרקע:

$$(2) \quad mgH = \frac{1}{2}mv_C^2$$

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

$$v_C = 30 \text{ m/s}$$

ג. החוק השני של ניוטון לגבי התלמיד בחולפו בנקודה C:

$$(3) \quad N - mg = m \frac{v_C^2}{R}$$

$$10mg - mg = m \frac{v_C^2}{R}$$

$$10 \cdot 10 - 10 = \frac{30^2}{R}$$

$$R = 10 \text{ m}$$

ד. החוק השני של ניוטון לגבי התלמיד בחולפו בנקודה F:

$$(4) \quad mg - N = ma_R$$

$$N = mg - ma_R$$

לכן:

$$N < mg$$

מפתח הערכה:

4. א. 40% לנוסחה (1).

45% להצבה.

15% לתשובה נומרית עם יחידות.

ב. 20% לרעיון של שימור אנרגיה.

30% לנוסחה (2).

35% להצבה.

15% לתשובה נומרית עם יחידות.

ג. 20% לרעיון של שימוש בחוק השני של ניוטון.

30% לנוסחה (3).

40% להצבה.

10% לתשובה נומרית עם יחידות.

ד. 60% למשוואה (4).

40% למסקנה $N < mg$.

- אם רשם (בטעות): $N - mg = ma_R$ והסיק $N > mg$, לא יקבל 60% לנוסחה (4), אך כן יקבל 40% עבור המסקנה.

- אם רשם (בטעות): $N + mg = ma_R$, לא יקבל 60% של המשוואה, אלא רק 40% למסקנה בהתאם למשוואה שרשם.

5. א. בטבלה שלפניך רשומים נתונים על ארבעה ירחים של כוכב הלכת צדק.

הנח שהירחים נעים במסלולים מעגליים.

הראה כי ארבעה ירחים אלה מקיימים את החוק השלישי של קפלר.

(שים לב: לא נדרש לשנות יחידות.) (11 נקודות)

זמן מחזור (ימים)	רדיוס מסלול $\times 10^5 \text{ km}$	הירח
1.77	4.22	ירח מספר 1
3.55	6.71	ירח מספר 2
7.16	10.7	ירח מספר 3
16.69	18.83	ירח מספר 4

ב. רוצים להכניס לוויין למסלול מעגלי סביב כוכב הלכת צדק, שרדיוס מסלולו יהיה 10^5 km . חשב מה יהיה

זמן המחזור של תנועת לוויין זה. ($6\frac{1}{3}$ נקודות)

ג. בטא את המסה M של כוכב הלכת צדק באמצעות זמן מחזור T ורדיוס מסלול r של אחד מירחיו (אינך נדרש להציב מספרים). (8 נקודות)

ד. לוויין נע במסלול מעגלי שרדיוסו 10^5 km סביב כוכב לכת שונה מצדק. האם זמן המחזור שלו יהיה שווה לזמן המחזור שחישבת בסעיף ב? **הסבר.** (8 נקודות)

5. א. החוק השלישי של קפלר אומר:

$$(1) \quad \frac{T^2}{R^3} = \text{const}$$

ירח 1:

$$\frac{T_1^2}{R_1^3} = \frac{1.77^2}{4.22^3} \approx 0.042 \quad \frac{(\text{ימים})^2}{(10^5 \text{ ק"מ})^3}$$

ירח 2:

$$\frac{T_2^2}{R_2^3} = \frac{3.55^2}{6.71^3} \approx 0.042 \quad \frac{(\text{ימים})^2}{(10^5 \text{ ק"מ})^3}$$

ירח 3:

$$\frac{T_3^2}{R_3^3} = \frac{7.16^2}{10.7^3} \approx 0.042 \quad \frac{(\text{ימים})^2}{(10^5 \text{ ק"מ})^3}$$

ירח 4:

$$\frac{T_4^2}{R_4^3} = \frac{16.69^2}{18.83^3} \approx 0.042 \quad \frac{(\text{ימים})^2}{(10^5 \text{ ק"מ})^3}$$

ארבעת הירחים מקיימים את קשר (1) (החוק השלישי של קפלר).

ב. נשווה בעזרת החוק השלישי של קפלר בין הלוויין לבין ירח מס' 1:

$$(2) \quad \frac{T_1^2}{R_1^3} = \frac{T^2}{R^3}$$

כאשר T ו-R הם של הלוויין.

$$\frac{1.77^2}{(4.22 \cdot 10^5)^3} = \frac{T^2}{(10^5)^3}$$

$$T \approx 0.2 \text{ יום}$$

$$T \approx 17,650 \text{ s}$$

ג. על-פי חוק הכבידה של ניוטון:

$$(3) \quad G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$$

$$(4) \quad v = \frac{2\pi r}{T}$$

מ-(3) ומ-(4):

$$(5) \quad M = 4\pi^2 \frac{r^3}{T^2 G}$$

ד. לא בהכרח.

על-פי נוסחה (5), אם מסות כוכבי הלכת שונות, אזי זמני המחזור T יהיו שונים.

מפתח הערכה:

5. א. דרך אחרת:

הגרף של T^2 כפונקציה של R^3 הוא ישר העובר בראשית.

דרך נוספת:

$$\left(\frac{R_1}{R_2}\right)^3 = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2$$

חישוב את היחס:

לתת: 40% למקרה אחד.

70% לשני מקרים.

100% לשלושה מקרים.

- לא להוריד נקודות אם התלמיד לא רשם יחידות

$$\frac{T^2}{R^3} \text{ עבור היחס}$$

ב. 40% לנוסחה (2).

40% להצבה.

20% לתשובה נומרית עם יחידות.

- תלמיד יכול לחשב את T מתוך הנוסחה

$$M = 4\pi^2 \frac{\pi^3}{T^2 G}$$

אם מציב את המסה של צדק מדף

הנתונים ומראה כיצד הגיע לנוסחה.

ג. 50% לקשר (3).

30% לקשר (4).

20% לביטוי (5).

ד. 40% לתשובה.

60% לנימוק.

- מלוא הנקודות עבור הנימוק שהחוק השלישי של

קפלר מתייחס רק לתנועה סביב אותו גרם שמים

(אותו מרכז).

חשמל

1. ילד רוצה להפעיל צעצוע חשמלי באמצעות סוללות זהות העומדות לרשותו. לכל אחת מהסוללות כא"מ של 1.5V והתנגדות פנימית של 100Ω . ההתנגדות החשמלית של הצעצוע היא 20Ω .

א. הילד חיבר לצעצוע סוללה אחת. חשב את הזרם העובר

במעגל החשמלי של הצעצוע. ($\frac{1}{3}$ נקודות)

ב. נצילות המעגל החשמלי מוגדרת כיחס בין ההספק המופק בצעצוע לבין ההספק המושקע במעגל כולו. הראה כי נצילות המעגל, שבו סוללה אחת מחוברת

לצעצוע היא $\frac{1}{6}$. (8 נקודות)

ג. כדי שהצעצוע יפעל "חזק יותר", וכדי להגדיל את הניצילות, הילד מחבר לצעצוע שתי סוללות המחוברות בטור (במקום הסוללה האחת).

(1) חשב את הזרם בצעצוע במצב זה.

(2) הראה כי נצילות המעגל, שבו שתי סוללות מחוברות בטור, אף נמוכה מנצילות המעגל, שבו רק סוללה אחת היתה מחוברת לצעצוע.

(10 נקודות)

ד. אחותו של הילד מציעה לחבר לצעצוע שתי סוללות שיהיו מחוברות במקביל (במקום בטור).

(1) חשב את הזרם בצעצוע במצב החדש (חיבור במקביל).

(2) חשב את נצילות המעגל במצב החדש, והראה כי חיבור שתי הסוללות במקביל אכן שיפר את הנצילות בהשוואה לנצילות בסעיף ב. (10 נקודות)

$$I' = \frac{\varepsilon'}{R + r'} = \frac{2 \cdot 1.5}{20 + 2 \cdot 100} \quad \text{ג. (1)}$$

$$I' = 0.0136 \text{ A}$$

(2) על-פי נוסחה (2):

$$\eta' = \frac{R}{R + r'} = \frac{20}{20 + 2 \cdot 100} < \eta$$

$$I'' = \frac{\varepsilon''}{R + r''} = \frac{1.5}{20 + 100/2} \quad \text{ד. (1)}$$

$$I'' = 0.0214 \text{ A}$$

$$\eta'' = \frac{R}{R + r''} = \frac{20}{20 + \frac{100}{2}} = 0.286 \quad \text{(2)}$$

$$\eta'' > \eta' \quad \text{ואכן}$$

מפתח הערכה

1. א. 50% לנוסחה (1) או לביטוי נכון אחר.

40% להצבה.

10% לתשובה נומרית נכונה עם יחידה.

ב. דרך נוספת לפתרון:

$$\eta = \frac{RI^2}{\varepsilon \cdot I} = \frac{RI}{\varepsilon} = \frac{20 \cdot 0.0125}{1.5} = \frac{1}{6}$$

30% עבור ביטוי להספק המתפתח בצעצוע, $I^2 R$.

30% עבור ביטוי להספק המושקע, $\varepsilon \cdot I$.

או $I^2 R + I^2 r$.

30% להצבה.

10% ליחס

- אם כתב יחידות ליחס, להוריד 5%.

ג. (1) 60% ל-1):

$$I' = \frac{\varepsilon'}{R + r} \quad \text{5% עבור הנוסחה}$$

20% עבור $\varepsilon' = 3V$

20% עבור $r' = 200\Omega$

15% לתשובה נומרית עם יחידה.

(2) 40% ל-2):

- לא ציין בדרך כלשהי כי $\eta' < \eta$, להוריד 5%.

ד. (1) 60% ל-1):

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} \quad \text{א. 1. (1)}$$

$$I = \frac{1.5}{20 + 100}$$

$$I = 0.0125 \text{ A}$$

$$\eta = \frac{I^2 R}{I^2 R + I^2 r} = \frac{R}{R + r} = \frac{20}{20 + 100} \quad \text{ב. (2)}$$

$$\eta = \frac{1}{6}$$

$$U = 8.5 \cdot 10^6 \text{ J}$$

$$(1) \quad F = eE \quad \text{ג.}$$

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

מ-(1) ומ-(2):

$$F = e \frac{V}{d} = 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot \frac{2 \cdot 10^7}{500}$$

$$F = 6.4 \cdot 10^{-15} \text{ N}$$

ד. המטען על לוח אחד:

$$Q = VC = 2 \cdot 10^7 \cdot 0.0425 \cdot 10^{-6}$$

$$Q = 0.85 \text{ C}$$

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{0.85}{0.01}$$

$$I = 85 \text{ A}$$

מפתח הערכה

2. א. - אם ציין רק שני מוליכים, לתת 70% לסעיף.
 - אם הוסיף גם חומר מבודד, לתת 100%.
 - לכל תיאור חלקי אך הגיוני, כמו: שני לוחות, מתקן לאגירת מטענים וכדו', לתת 50%.
 ב. 70% לחישוב הקיבול.
 30% לחישוב האנרגיה.
 - אם לא הציב $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}$ או $\epsilon_r = 1.2$, לתת 20% לחישוב הקיבול במקום 70%.
 ג. 30% לנוסחה (1).
 30% לנוסחה (2).
 25% להצבה.
 15% לתשובה נומרית עם יחידות.
 ד. 50% לחישוב המטען.
 50% לחישוב הזרם.
 - אם חישב על-פי הנוסחה לפריקת קבל במעגל או לפי τ , לא לתת נקודות.

$$I'' = \frac{\epsilon''}{R + r''} \quad \text{5\% עבור הנוסחה}$$

$$20\% \text{ עבור } \epsilon'' = 1.5 \text{ V}$$

$$20\% \text{ עבור } r'' = 50 \Omega$$

15% לתשובה נומרית עם יחידה.

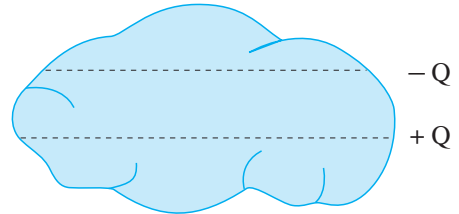
$$RI'' + \frac{1}{2} I'' r = \epsilon \quad \text{- יכול לחשב זרם לפי קירכהוף:}$$

(2) 40% ל-(2).

- לא ציין בדרך כלשהי כי $\eta > \eta$, להוריד 5%.

2. א. תאר מהו "קבל" (4 נקודות)

על-פי מודל פשוט, אפשר להסתכל על ענן סערה כעל זוג לוחות מקבילים של קבל (ראה תרשים), וביניהם חומר שהקבוע הדיאלקטרי היחסי שלו הוא 1.2.



נשתמש במודל זה עבור ענן סערה מסוים, שבו השטח של כל לוח הוא $2 \cdot 10^6 \text{ m}^2$, המרחק בין הלוחות הוא 500m, ובין הלוחות שורר מתח של $2 \cdot 10^7 \text{ V}$.

- ב. חשב את האנרגיה האגורה בקבל. (9 נקודות)
 ג. חשב את הכוח החשמלי הפועל על אלקטרון הנמצא בין לוחות הקבל. (9 נקודות)
 ד. ברק עובר מהלוח האחד של הקבל ללוח האחר, והקבל נפרק לחלוטין במשך 0.01 s.

חשב את הזרם הממוצע של הברק $\left(\frac{1}{3} \cdot 11\right)$ (נקודות)

2. א. קבל הוא מערכת של שני מוליכים (למשל שני לוחות) שביניהם חומר מבודד (או ריק).
 ב. חישוב הקיבול:

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{d} = \frac{8.85 \cdot 10^{-12} \cdot 1.2 \cdot 2 \cdot 10^6}{500}$$

$$C = 0.0425 \mu\text{F}$$

$$U = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \cdot 0.0425 \cdot 10^{-6} (2 \cdot 10^7)^2$$

איזה חלק מהוהו כמות הדלק שנצרכה בניסיעה זו מכמות הדלק שהייתה במקל. הנח שיש קשר ליניארי בין הזרם באמפרמטר לבין נפח הדלק

במקל. $(11\frac{1}{3})$ נקודות)

3. א. כאשר כמות הדלק במכל קטנה, התנגדות הנגד המשתנה גדלה, והוריית האמפרמטר קטנה.

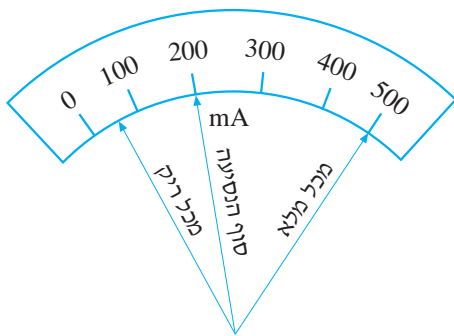
ב. $\epsilon = RI$
 $12 = (15 + R_1) 0.5$

התנגדות הנגד המשתנה כאשר מכל הדלק מלא:

$R_1 = 9\Omega$

ג. $\epsilon = RI$
 $12 = (15 + 200) I$

$I = 55.8 \text{ mA}$



ד. (1)

(2) ראה את סרטוט המחוג בתת-סעיף ד (1). החלק שמהוהו כמות הדלק שנצרכה:

$\frac{500 - 200}{500 - 55.8} \approx 0.68$ (68%)

מפתח הערכה

3. א. 50% עבור "התנגדות הנגד המשתנה גדלה".

ב. 50% עבור "הוריית האמפרמטר קטנה".

ג. 30% לנוסחה (1) או לכל ביטוי נכון אחר. 60% להצבה.

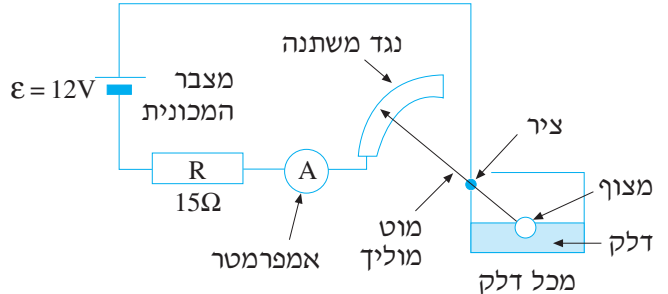
ד. 10% לתשובה נומרית עם יחידות.

- אם לא הציב את ה- 15Ω , לתת רק 30% להצבה.

ג. 30% לנוסחה (2) או לכל ביטוי נכון אחר. 60% להצבה.

ד. 10% לתשובה נומרית עם יחידות.

3. בתרשים א מתואר מעגל חשמלי של מד-דלק במכונית. הוריית האמפרמטר שבמעגל משמשת קנה-מידה לכמות הדלק במקל.



א. כיצד מתשנה הוריית האמפרמטר כאשר כמות הדלק במקל קטנה? הסבר במילים (בלי חישובים) את תשובתך. (8 נקודות)

הכא"מ ϵ של מצבר המכונית הוא 12V, התנגדות הנגד R היא 15Ω , וההתנגדות המרבית של הנגד המשתנה היא 200Ω .

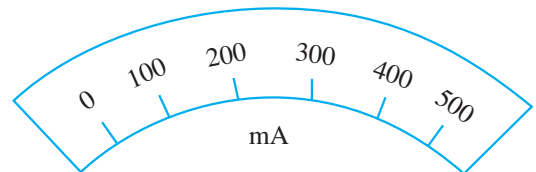
התנגדות האמפרמטר וההתנגדות הפנימית של המצבר ניתנות להזנחה.

כאשר מקל הדלק מלא, האמפרמטר מורה 500 mA.

ב. חשב את התנגדות הנגד המשתנה כאשר מקל הדלק מלא. (9 נקודות)

ג. חשב את הזרם שמורה האמפרמטר כאשר אין דלק במקל, בהנחה שהתנגדות הנגד המשתנה במצב זה היא מרבית (200Ω). (5 נקודות)

ד. בתרשים ב מתוארת הסקלה של האמפרמטר ב-mA.



(1) העתק את התרשים למחברתך, וסמן בו את הוריית המחוג בשני מצבים: במצב שבו המקל מלא (רשום "מקל מלא") ובמצב שבו המקל ריק (רשום "מקל ריק").

(2) משפחת ישראלי יצאה לטיול ברכב. בתחילת הנסיעה הייתה הוריית המחוג 500 mA, ובסוף הנסיעה היא היתה 200 mA. הוסף לתרשים שהעתקת את הוריית המחוג בסוף הנסיעה, וחשב

ד. (1) $\times 2$ 10% ל-1).

(2) 80% ל-2):

10% לסרטוט המחוג.

70% לחישוב.

- אם חישב $\frac{500-200}{500}$, לתת לחישוב 20%.

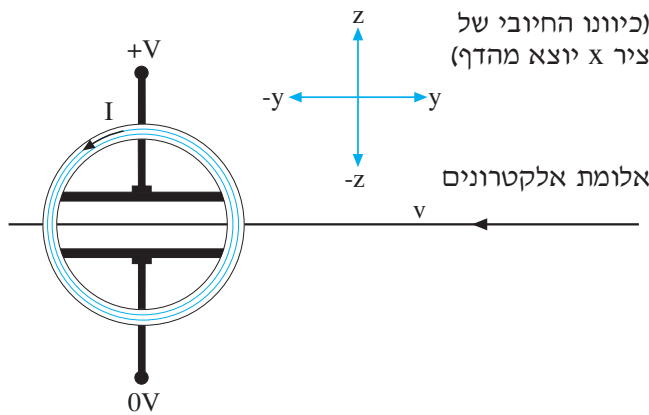
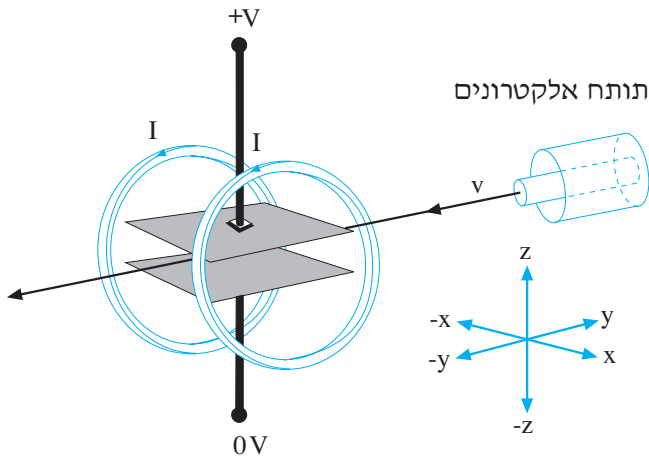
במקום 70%.

- אם חישב איזה חלק מהווה כמות הדלק שנשארה

במכל מכמות הדלק שהייתה במכל, להוריד 10%.

- אם חישב על-פי קשר ליניארי בין התנגדויות הנגד

המשתנה, לתת 20% לחישוב.



4. מתקן שעשוי משפופרת זכוכית המרוקנת מאוויר, כולל:

"תותח אלקטרוניים" הפולט אלומת מקבילה של אלקטרוניים שגודל מהירותם v , שני לוחות אופקיים של קבל שביניהם שורר שדה חשמלי שעוצמתו E , ושני סלילים זהים המאונכים ללוחות.

בכל אחד מהסלילים זורם זרם I , היוצר ביניהם שדה מגנטי אחיד שעוצמתו B .

בתרשימים א ו-ב מתוארים החלקים העיקריים של השפופרת, ומסומנים כיווני הזרמים בסלילים. הלוח העליון של הקבל מחובר לפוטנציאל חיובי, והלוח התחתון מחובר לפוטנציאל אפס.

הזנח את הכוח שמפעיל כדור הארץ על אלומת האלקטרוניים, וענה על הסעיפים א - ג.

א. היעזר במערכת הצירים x, y, z ו- z שמתוארת בכל אחד מהתרשימים א ו-ב, וקבע את כיווני השדות והכוחות שבתת-סעיפים (1) - (4) שלהלן. רשום את הכיוון על-ידי ציון הציר באמצעות האות x או y או z ולידה הסימן + (פלוס) או הסימן - (מינוס).

(1) כיוון השדה החשמלי \vec{E} .

(2) כיוון השדה המגנטי \vec{B} .

(3) כיוון הכוח, שמפעיל השדה החשמלי \vec{E} בלבד על אלומת האלקטרוניים בהיכנסה לשדה החשמלי.

(4) כיוון הכוח, שמפעיל השדה המגנטי \vec{B} בלבד על אלומת האלקטרוניים בהיכנסה לשדה המגנטי.

(12 נקודות)

ב. העוצמות של השדות \vec{E} ו- \vec{B} נקבעו כך שאלומת האלקטרוניים נעה בקו ישר. בטא את מהירות האלקטרוניים v באמצעות E ו- B . (13 נקודות)

ג. (1) מבטלים את השדה החשמלי בין לוחות הקבל

(השדה המגנטי נשאר כמו שמתואר בסעיף ב).

אלומת האלקטרוניים נעה במצב זה בקשת של מעגל

שרדיוסו R .

בטא את היחס $\frac{e}{m}$ של האלקטרון באמצעות B, E

ו- R .

(2) מצא את הערך של R עבור הערכים $E = 2 \cdot 10^4 \frac{N}{C}$,

$$B = 8 \cdot 10^{-4} \text{ T} \quad \left(\frac{1}{8} \text{ נקודות} \right)$$

5. תלמיד רצה למדוד את הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור הארץ. לשם כך הוא מתח על שולחן תיל ישר וארוך בכיוון צפון-דרום (כיוון השדה המגנטי של הארץ). הוא חיבר בטור אל התיל נגד משתנה, אמפרמטר ומקור מתח, והזרים בתיל זרם שעוצמתו $I = 3.7 \text{ A}$ וכיוונו מדרום לצפון.

התלמיד הציב מצפן בגובה r מעל התיל, ומדד את זווית הסטייה α של מחט המצפן מכיוון צפון. התלמיד שינה את r כמה פעמים, ובכל פעם מדד את α . תוצאות המדידות רשומות בטבלה שלפניך, וכן רשומים ערכים של

$$\text{ctg} \alpha \quad \left(\text{ctg} \alpha = \frac{1}{\text{tg} \alpha} \right)$$

ctg α	α	r (cm)
0.9	48.5°	2.2
1.4	36°	3.6
2.1	26°	5.0
2.6	21°	6.3
3.1	18°	7.8

א. סרטט גרף של $\text{ctg} \alpha$ כפונקציה של r . (9 נקודות)
 ב. סרטט את מחט המצפן ואת הכיוונים של כל אחד מהשדות המגנטיים הפועלים עליה (במצב שבו עובר זרם במעגל החשמלי). סמן בסרטוט את הזווית α . (6 נקודות)

ג. (1) פתח ביטוי ל- $\text{ctg} \alpha$ כפונקציה של r .
 (2) חשב בעזרת הגרף, שסרטטת בסעיף א, את הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור הארץ. (12 נקודות)

ד. אילו התלמיד היה חוזר על הניסוי במקום גיאוגרפי אחר (עם אותם ערכים של r ושל I), האם הערכים של α שהיו מתקבלים היו זהים לאלה שבטבלה? **נמק.** (אל תתייחס לשגיאות שנובעות מגורמים שונים של

$$\text{אי-דיוקים.}) \left(\frac{1}{3} \text{ נקודות} \right)$$

$$-z : \vec{E} \quad (1) \text{ א. 4}$$

$$+x : \vec{B} \quad (2)$$

$$+z : \vec{F}_E \quad (3)$$

$$10 : \vec{F}_B \quad (4)$$

$$(1) \quad F_E = F_B \Rightarrow eE = Bev \quad \text{ב.}$$

$$(2) \quad v = \frac{E}{B}$$

ג. (1) על-פי החוק השני של ניוטון לאלקטרון:

$$(3) \quad Bev = m \frac{v^2}{R}$$

אחרי הצבת (2) ב-(3):

$$(4) \quad \frac{e}{m} = \frac{E}{B^2 R}$$

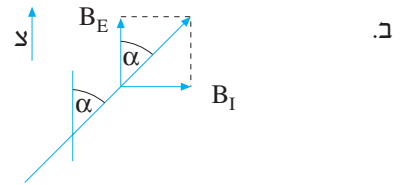
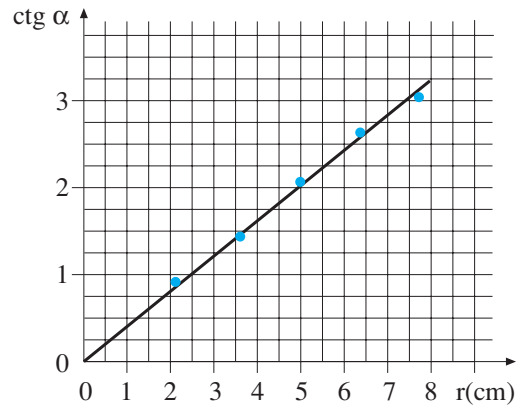
(2) נציב ב-(4):

$$\frac{1.6 \cdot 10^{-19}}{9.1 \cdot 10^{-31}} = \frac{2 \cdot 10^4}{(8 \cdot 10^{-4})^2 R}$$

$$R \approx 17.8 \text{ cm}$$

מפתח הערכה:

4. א. (1) $4 \times 25\%$ לארבעת הסעיפים.
 ב. 30% לרעיון להשוות את הגדלים של הכוח החשמלי והכוח המגנטי.
 60% לנוסחה $eE = Bev$.
 10% עבור הביטוי ל- v .
 - אם התלמיד הציב $2B$, לא להוריד נקודות.
 ג. 75% ל-(1):
 40% לקשר (3).
 25% להצבת (2) ב-(3).
 10% לביטוי המבוקש.
 25% ל-(2):
 10% להצבה.
 10% לתשובה נומרית.
 5% ליחידה.



ב. B_E - הרכיב האופקי של השדה המגנטי של הארץ.
 B_I - השדה המגנטי הנוצר על-ידי הזרם.
 ג. (1) השדה המגנטי סביב תיל ישר:

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

על-פי התרשים בסעיף ב:

$$(2) \quad \text{ctg} \alpha = \frac{B_E}{B_I}$$

מ-(1) ומ-(2)

$$(3) \quad \text{ctg} \alpha = \frac{2\pi B_E \cdot r}{\mu_0 I}$$

(2) על-פי קשר (3), שיפוע הגרף שסורטט בסעיף א

$$\text{שווה ל-} \frac{2\pi B_E}{\mu_0 I}$$

$$\frac{3-0}{7.5-0} = 0.4 \frac{1}{\text{cm}} \quad \text{שיפוע הגרף:}$$

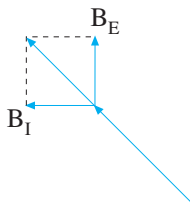
$$40 = \frac{2\pi \cdot B_E}{1.257 \cdot 10^{-6} \cdot 3.7} \quad \text{לכן:}$$

$$B_E = 2.96 \cdot 10^{-5} \text{ T}$$

ד. לא, כי במקומות גאוגרפיים אחרים גודלו של B_E (הרכיב האופקי) משתנה.

מפתח הערכה:

5. א. 20% לקנה מידה ראוי לגרף.
 50% למיקום הנקודות.
 10% לשמות הצירים וליחידות.
 20% לסרטוט הקו.
 - אם לא השתמש בסרגל, להוריד 10%.
 - חיבר נקודות לא על-ידי קו ישר, להוריד את ה-20% לסרטוט הקו.
 ב. עבור הסרטוט:



לתת רק 75%.

- לא להוריד נקודות, אם סימן שהכוחות פועלים על מחט המצפן בנקודה שונה מהקוטב הצפוני שלה.

- לא סימן α או סימן α שגויה, להוריד 10%.

ג. (1) 50% ל-1):

15% לביטוי (1).

25% לביטוי (2).

10% לקשר (3).

- מצא נכון את שיפוע הגרף $0.4 \frac{1}{\text{cm}}$ ורשום

$\text{ctg} \alpha = 0.4r$, לתת את מלוא הנקודות לתת-סעיף

זה, ולא לתת נקודות לתת-סעיף (2).

(2) 50% ל-2):

20% לחישוב שיפוע הגרף.

20% להשוואת השיפוע עם $2\pi B_E / \mu_0 I$

10% לחישוב B_E עם יחידה.

- אם לא התאים את היחידות של השיפוע לחישוב B_E , להוריד 10%.

- אם חישב את השיפוע על-פי נקודה אחת על הגרף והגרף שלו עובר דרך הראשית, לתת את מלא הנקודות.

- אם חישב את השיפוע על-פי נקודה מהטבלה, להוריד את ה-20% של חישוב השיפוע.

ד. 50% לתשובה.

50% לנימוק.