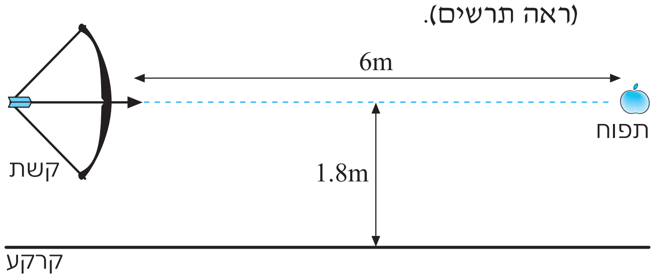
בחינת הבגרות בפיסיקה קיץ תשס"ד

פרקי חובה ופתרונות מלאים* עדי רוזן, המחלקה להוראת המדעים, רחובות ומשרד החינוך, ירושלים

מכניקה

1. א. חץ הנתון בקשת דרוכה מכוון אופקית ימינה, לעבר תפוח המוחזק במנוחה. החץ והתפוח נמצאים בגובה 1.8m מעל הקרקע. מרחק החץ מהתפוח הוא 6m (ראה תרשים).



ברגע $t = 0$ החץ נורה מן הקשת במהירות (אופקית) שגודלה 20 m/s, ובו-זמנית שוחרר התפוח (ממנוחה). הזנח את השפעת האוויר על תנועת החץ ועל תנועת התפוח, והתייחס לחץ ולתפוח כאל גופים נקודתיים.

א. הראה כי החץ עובר את המרחק האופקי מן הקשת עד לתפוח לפני שהתפוח פוגע בקרקע. (7 נקודות)

ב. הסבר מדוע החץ פוגע בתפוח (תוכל להסביר במילים או בעזרת נוסחאות). (10 נקודות)

ג. חשב את המהירות (גודל וכיוון) שבה החץ פוגע בתפוח. (8 נקודות)

הקשת יורה את החץ בשיפוע מעל האופק, כך שהרכיב האופקי של מהירות החץ הוא 20 m/s והאנכי הוא 20 m/s (כלפי מעלה). זורקים את התפוח בכיוון אנכי כלפי מעלה ברגע יריית החץ.

ד. מה צריכה להיות מהירות הזריקה של התפוח, כדי שהחץ יפגע בתפוח? נמק. ($8\frac{1}{3}$ נקודות).

1. א. הזמן t_1 שנדרש לחץ לעבור את המרחק האופקי עד לתפוח:

$$t_1 = \frac{\Delta x}{v_x} = \frac{6}{20} = 0.3s$$

מרחק הירידה של התפוח בפרק זמן זה:

$$\Delta y = \frac{at_1^2}{2} = \frac{10 \cdot (0.3)^2}{2} = 0.45 \text{ m}$$

כלומר בפרק הזמן, שבו עבר החץ את המרחק האופקי עד לתפוח, ירד התפוח 0.45 מטר, ועדיין לא פגע בקרקע.

פתרון נוסף: $\Delta x_2 = vt = 20 \cdot 0.6 = 12 \text{ m}$

כלומר את המרחק האופקי של 6 m עבר החץ לפני שהתפוח הגיע לקרקע.

ב. החץ והתפוח מתחילים את תנועתם מאותו גובה, ובכיוון האנכי יש לשניהם מהירות תחילית אפס, והם נופלים באותה תאוצה. כלומר בכל רגע הם נמצאיםבאותו גובה מעל הקרקע, ולכן כאשר החץ עובר אתהמרחק האופקי עד לתפוח, הוא פוגע בו.

ג. $v_x = v_o = 20\text{m/s}$

$v_y = v_{oy} + gt = 0 + 10{\times}0.3 = 3\text{m/s}$

גודל המהירות:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{20^2 + 3^2}$$

$$\boxed{v = 20.2\text{m/s}}$$

$$\tan\phi = \frac{v_y}{v_x} = \frac{3}{20}$$

$$\phi \approx 8.5^\circ$$

ד. יש לזרוק את התפוח כלפי מעלה במהירות שגודלה **20m/s**.

נימוק: החץ והתפוח יהיו בכל רגע באותו גובה.

פתרון נוסף בעזרת חישוב:

מציאת y עבור החץ אחרי 0.3s, והשוואה ל- y של התפוח כעבור אותו זמן.

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

מפתח הערכה

1. א. פתרון חלופי:

חישוב $t_1 = 0.3s$;

חישוב הזמן הנדרש לתפוח להגיע לקרקע $t_2 = 0.6s$;

ציון העובדה ש- $t_2 > t_1$.

45% - לחישוב t_1 (**או** t_2).

45% - לחישוב Δy **או** t_2 (**או** Δx_2).

10% - להסקת מסקנה.

ב. פתרון חלופי בעזרת נוסחאות:

y_1 של התפוח ברגע t_1: $y_1 = \frac{gt_1^2}{2}$

ברגע t_1 החץ נמצא באותו x_1 כמו התפוח, וב- y_2 המקיים: $y_2 = \frac{gt_1^2}{2} = y_1$

בנוגע לפתרון המילולי:

10% - לשני הגופים: $v_{oy} = 0$,

או: הגופים שוחררו.

20% - לשני הגופים: $a = g$,

או: הגופים נופלים חופשית.

70% - לשני הגופים: אותו y בכל רגע.

50% - לגודל המהירות:

15% - ל- v_x.

20% - ל- v_y.

15% - ל- v.

50% - לזווית:

$tg\alpha = \frac{v_y}{v_x}$ - 20%

הצבה - 20%

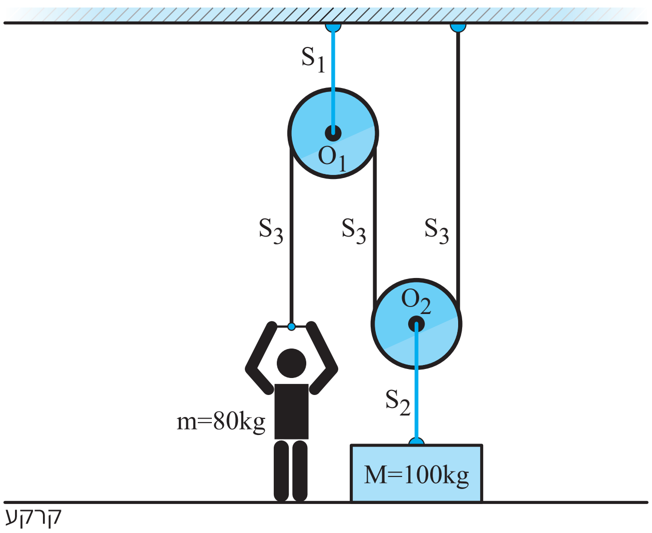
פתרון סופי - 10%

- מי שמצא את מהירות החץ ביחס לתפוח, וציין זאת במפורש - יקבל את מלוא הנקודות.
- מי שחישב את מהירות החץ ברגע הפגיעה בקרקע - יקבל 60%.

50% - לתשובה.

50% - לנימוק.

2. בתרשים שלפניך מוצגת מערכת מכנית, הכוללת: גלגלת נייחת שמרכזה O_1; גלגלת ניידת שמרכזה O_2; שלושה חוטים S_1, S_2, S_3;
משקולת שמסתה $M = 100$ kg והיא מונחת על הקרקע.
אדם שמסתו $m = 80$ kg עומד על הקרקע ומחזיק בקצה החוט S_3.
הזנח את מסות הגלגלות והחוטים, ואת החיכוך בין כל גלגלת לציר שלה.



א. האדם מושך (כלפי מטה) את קצה החוט S_3 בכוח שגודלו 100 N.
חשב את:
(1) הגודל של הכוח שהאדם מפעיל על הקרקע. (5 נקודות).
(2) מתיחות החוט S_1. (5 נקודות).
(3) הגודל של הכוח שהמשקולת מפעילה על הקרקע. (5 נקודות).

ב. חשב את הכוח הקטן ביותר שבו האדם צריך למשוך בקצה החוט S_3, כדי שהמשקולת לא תפעיל כוח על הקרקע. (5 נקודות).

ג. האדם מושך את קצה החוט S_3 בכוח הקטן ביותר, המאפשר **לאדם** שלא להפעיל כוח על הקרקע.
(1) חשב את הגודל של הכוח, שהאדם מפעיל על החוט S_3 במצב זה. (3 נקודות).
(2) האם במצב זה המשקולת מואצת? אם לא - נמק; אם כן - חשב את תאוצתה?

($10\frac{1}{3}$ נקודות).

2. א. (1) על האדם פועל כוח כלפי מעלה שגודלו 100 ניוטון, וכוח כובד שגודלו 800 ניוטון. מכאן שהקרקע מפעילה עליו כוח של 700 ניוטון כלפי מעלה, ולכן **האדם מפעיל על הקרקע כוח של 700 ניוטון כלפי מטה.**

(2) הכוח השקול הפועל על גלגלת O_1 שווה לאפס, הכוחות הפועלים על הגלגלת כלפי מטה הם כפולים ממתיחות החוט: $100 + 100 = 200N$.
כלומר **מתיחות החוט S_1 היא 200 ניוטון.**

(3) על מערכת המשקולת והגלגלת O_2 פועל כלפי מעלה כוח של 200 ניוטון, וכוח כובד כלפי מטה של 1000 ניוטון. מכאן שהקרקע מפעילה על המשקולת כוח של 800 ניוטון כלפי מעלה (המערכת במצב מנוחה).
לכן המשקולת מפעילה על הקרקע כוח של 800 ניוטון (כלפי מטה).

ב. כדי שהמשקולת לא תפעיל על הקרקע כוח, צריך להפעיל עליה כוח מזערי של 1000 ניוטון כלפי מעלה, מכאן שהמתיחות בחוט צריכה להיות 500 ניוטון, **והאדם צריך למשוך בכוח מינימלי של 500 ניוטון.**

ג. (1) הכוח שהחוט מפעיל על האדם מקזז את משקל האדם, לכן **הכוח הוא של 800 ניוטון.**

(2) על המערכת, הכוללת את המשקולת והגלגלת O_2, פועל כוח של 1600N כלפי מעלה, וכוח של 1000N כלפי מטה (משקל), לכן המשקולת מואצת.
גודל התאוצה:
$$EF = ma \Rightarrow 1600 - 1000 = 100a$$
$$\boxed{a = 6m/s^2}$$

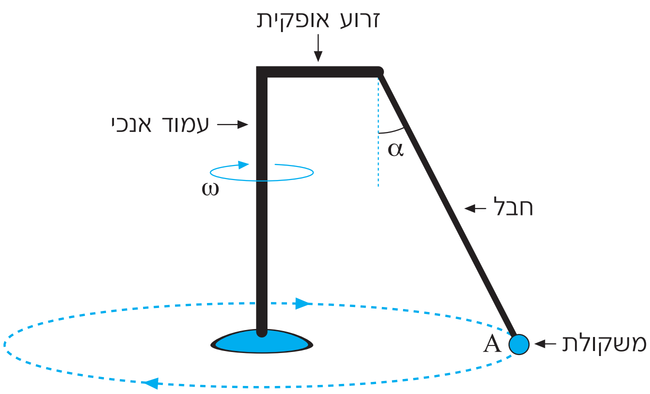
מפתח הערכה

2. א. **34%** לסעיף א (1):
30% - לכוח שהקרקע מפעילה על האדם:
15% - לתשובה.
15% - לנימוק.
4% - לציון הכוח שהאדם מפעיל על הקרקע.
33% - לסעיף א (2).
אם התשובה נמצאת בסרטוט - לקבל.
33% - לסעיף א (3):
10% - אם קבע שעל מערכת הגלגלת + המשקולת פועל כלפי מעלה כוח של 100N (בתנאי ששאר שלבי הפתרון נכונים. אם טעה גם בשאר, לא יקבל נקודות). לא להוריד על טעות נגררת - מי שהשתמש ב- 100N מסעיף א (2), יקבל כאן 900N.

ב. 20% - אם עקרונית פתר נכון, אך קבע שמתיחות החוט צריכה להיות 1000N.

ג. 25% - לסעיף ג (1).
75% - לסעיף ג (2):
25% - עבור הקביעה שהמערכת מואצת.
20% - עבור אגף שמאל במשוואה.
20% - עבור אגף ימין במשוואה.
10% - פתרון סופי, כולל יחידות.
רק 15% - אם קבע שעל מערכת הגלגלת O_2 + המשקולת פועל כוח של 800 ניוטון כלפי מעלה, ולכן המשקולת אינה מואצת.

3. בתרשים שלפניך מתואר עמוד אנכי שיוצאת ממנו זרוע אופקית. לקצה הזרוע קשור חבל שמסתו ניתנת להזנחה, ולקצה החבל קשורה משקולת.
התייחס אל המשקולת כאל גוף נקודתי.



העמוד מסתובב סביב צירו במהירות זוויתית קבועה, ω, כך שהמשקולת נעה במסלול מעגלי אופקי במהירות שגודלה קבוע (מגמת התנועה מסומנת בתרשים), החבל יוצר זווית α עם הכיוון האנכי.

א. הסבר מדוע המשקולת מואצת **אף על פי שגודל מהירותה קבוע**, וציין מהו כיוון התאוצה. (6 נקודות).

ב. האם הכוח השקול הפועל על המשקולת שווה לאפס? אם כן - הסבר מדוע; אם לא - ציין מהו כיוון פעולתו. (5 נקודות)

ג. ציין מהו הכיוון של מהירות המשקולת ברגע שהיא חולפת בנקודה A (ראה תרשים). (5 נקודות).

ד. בטא, באמצעות נתוני השאלה (α ו- ω), את רדיוס המסלול המעגלי של המשקולת. (12 נקודות).

ה. מה צריך להיות גודל הזווית α כדי שתאוצת המשקולת תהיה שווה בגודלה לתאוצת הנפילה החופשית, g.

($5\frac{1}{3}$ נקודות).

3. א. המשקולת מואצת כי וקטור המהירות משתנה **בכיוונו**.

כיוון התאוצה **כלפי מרכז המעגל**.

(צנטריפטלית / רדיאלית).

ב. הכוח השקול **שונה מאפס** כי התאוצה שונה מאפס.

כיוון הכוח - **למרכז המעגל**.

ג. כיוון מהירות המשקולת ב-A - **משיק למעגל, אל הקורא**.

או: **משיק למעגל בכיוון מגמת התנועה**.

ד. $\Sigma Fy = 0 \Rightarrow T\cos\alpha = mg \quad (1)$

נסמן ב- R את רדיוס המעגל ונקבל:

$\Sigma F_R = m\omega^2 R \Rightarrow T\sin\alpha = m\omega^2 R \quad (2)$

מחילוק משוואה (2) במשוואה (1):

$$\tan\alpha = \frac{\omega^2 R}{g}$$

$$\boxed{R = \frac{g\tan\alpha}{\omega^2}}$$

ה. $a_R = \omega^2 R$

נציב $a_R = g$ ונקבל: $g = \omega^2 R \quad (3)$

נציב את R מסעיף ד:

$$g = \frac{\omega^2 g\tan\alpha}{\omega^2} \Rightarrow$$

$$\boxed{\alpha = 45^o}$$

מפתח הערכה

3. א. 50% - להסבר קיום התאוצה.

רק 20% עבור מסלול עקום או מעגלי.

50% - לקביעת כיוון התאוצה.

על סימון כיוון נכון בסרטוט יקבל את מלוא הנקודות.

עבור התשובה "התאוצה רדיאלית" יקבל 50%, על כיוון בלבד.

ב. 50% - לקביעה שהכוח שונה מאפס.

50% - לציון כיוון פעולתו (אפשר לציין בסרטוט).

ג. 90% - למשיק למעגל.

10% - לעבר הקורא.

לקבל גם תשובה בסרטוט.

ד. 35% - למשוואה ב- y.

35% - למשוואה ב- R.

30% - לתשובה סופית.

ה. 50% - עבור קשר (3).

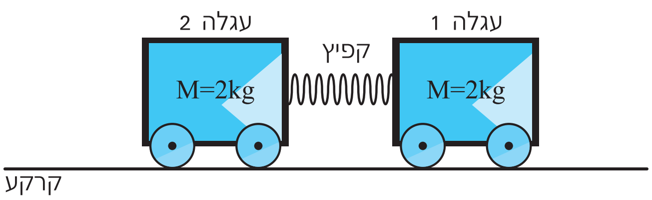
30% - הצבת R מסעיף ד.

20% - תשובה סופית.

התשובה $a = 90^o$ לא תזכה בנקודות.

4. שתי עגלות, 1 ו- 2, שהמסה של כל אחת מהן היא $M = 2$ kg, מוחזקות במנוחה על מסילה אופקית חסרת חיכוך. בין העגלות נמצא קפיץ מכווץ בשיעור מסוים (ראה תרשים). הקפיץ נמצא במגע עם העגלות, אך אינו מחובר אליהן.

זהו "המצב ההתחלתי". משחררים את שתי העגלות (ממנוחה), והן נעות לאורך המסילה.



א. איזה (אילו) מבין ששת הגדלים i-vi הרשומים להלן נשמרו(ים) במהלך תנועת העגלות, מן "המצב ההתחלתי" עד למצב שבו העגלות אינן במגע עם הקפיץ? (9 נקודות)

i. האנרגיה הפוטנציאלית האלסטית של הקפיץ.

ii. האנרגיה הקינטית של עגלה 1.

iii. האנרגיה הקינטית הכוללת של שתי העגלות.

iv. האנרגיה המכנית הכוללת של שתי העגלות והקפיץ.

v. התנע הכולל של שתי העגלות.

vi. התנע של עגלה 2.

במדידה נמצא כי גודל המהירות של עגלה 1, לאחר התנתקותה מן הקפיץ, הוא $v_1 = 0.2\ m/s$.

ב. מהו גודל המהירות של עגלה 2, לאחר התנתקותה מן הקפיץ? נמק. (4 נקודות).

ג. חשב את האנרגיה הקינטית הכוללת של העגלות, לאחר התנתקותן מן הקפיץ. (4 נקודות)

מחזירים את המערכת ל"מצב ההתחלתי" (שיעור הכיווץ של הקפיץ שווה לשיעור הכיווץ של הקפיץ במצב ההתחלתי), אך הפעם לעגלה 2 מוסיפים משקולת שמסתה $m = 1\ kg$. משחררים את שתי העגלות (ממנוחה).

ד. חשב את היחס בין גודל המהירות של עגלה 2 ובין גודל המהירות של עגלה 1, לאחר התנתקות העגלות מן הקפיץ. (6 נקודות).

ה. חשב את גודל המהירות של עגלה 2, לאחר התנתקות העגלות מן הקפיץ. ($10\frac{1}{3}$ נקודות).

4. א. הגדלים הנשמרים הם **(iv)** **ו-** **(v)**.

ב. חוק שימור התנע הוא:

$$M_1V_{o1} + M_2V_{o2} = M_1V_1 + M_2V_2$$

מכאן:

$$0 = 0.2 + V_2$$

$$V_2 = -0.2 m/s$$

גודל המהירות של עגלה 2 הוא 0.2 מטר לשנייה.
(נובע משימור התנע של מערכת העגלות)

ג. $E_k = 2 \cdot \frac{1}{2}Mv^2 = 2 \cdot (0.2)^2 = \mathbf{0.08J}$

ד. נסמן: M_1, M_2 - מסת עגלה 1 מסת עגלה 2 בהתאמה.

$M_2 = M + m$

v_1, v_2 - מהירות עגלה 1 ועגלה 2 בהתאמה.

חוק שימור התנע: $(1)\quad 0 = M_1v_1 + M_2v_2$

$$(2)\quad 0 = 2 \cdot v_1 + 3v_2$$

$$(3)\quad \frac{v_2}{v_1} = -\frac{2}{3} \Rightarrow$$

$$(4)\quad \boxed{\left|\frac{v_2}{v_1}\right| = \frac{2}{3}}$$

ה. גודל המהירות של עגלה 2 לאחר השחרור: האנרגיה הקינטית הכוללת של העגלות לפני הוספת המשקולת(שמסתה $m = 1kg$) שווה ל- $0.08\ J$, ומכאן שגם האנרגיההקינטית הכוללת לאחר הוספת המשקולת (שמסתה $m = 1\ kg$) היא $0.08\ J$.

כלומר:

$$(1)\quad 0.08 = \frac{M_1v_1^2}{2} + \frac{M_2v_2^2}{2}$$

$$(2)\quad 0.16 = 2v_1^2 + 3v_2^2$$

פתרון משוואות (4) (סעיף ד) ו- (2) הוא:

$$v_2 \quad 0.146\ m/s$$

מפתח הערכה

4. א. 50% - ל- iv.
50% - ל- v.
על כל אפשרות שגויה, להוריד 25%.

ב. 30% - לנוסחת שימור התנע.
50% - להצבה.
20% - לתשובה נומרית עם יחידות.
עבור פתרון מילולי המתייחס למסות שוות:
לנימוק פיסיקלי ולמסקנה נכונה - 80%-100%.
רק מסות שוות–יקבל 50%.

ג. אם מצא עבור עגלה אחת יקבל 50%.

ד. - אם חישב יחס בין **המהירויות** ולא בין **הגדלים של המהירויות** (השאיר $-\frac{2}{3}$), להוריד 10%.
30% ל- (1)

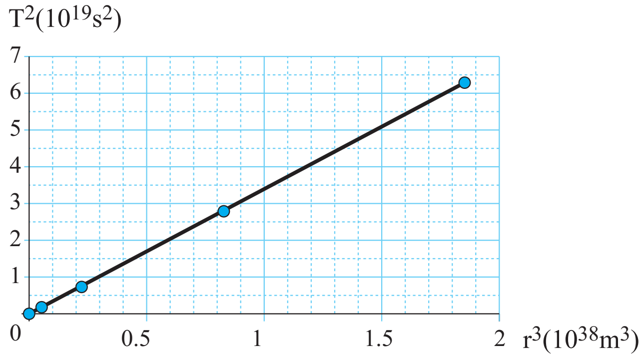
30% ל- (2)
30% ל- (3)
10% ל- (4)

ה. 10% - אם השתמש ב- $v_1 = 0.2$ m/s מהמצב הקודם.
40% - ל- (1)
40% - לשימוש ב- (4) מסעיף ד.
20% - פתרון סופי עם יחידות.
- התשובה $v_2 = 0.15$ m/s נכונה (כמובן).
- עם גרר טעות מסעיף ג לא להוריד שוב כאן.

5. א. פתח את החוק השלישי של קפלר (בנוגע למסלולים מעגליים) על פי חוק הגרוויטציה של ניוטון. (10 נקודות).

ב. התרשים שלפניך מציג גרף של T^2 (ביחידות $10^{19}s^2$) כפונקציה של r^3 (ביחידות $10^{38}m^3$) עבור 5 כוכבי לכת.

T - משך הזמן שבו כוכב לכת מקיף את השמש.
r - מרחק כוכב הלכת ממרכז השמש.



(1) חשב את שיפוע הגרף. (5 נקודות)
(2) חשב בעזרת שיפוע הגרף את מסת השמש. (5 נקודות).

ג. לוויין, שנבנה לצורך תצפיות על השמש, נע במסלול מעגלי סביב השמש. הלוויין נמצא כל הזמן על הקו המחבר את השמש לארץ, כמתואר בתרשים. (מרחק הלוויין מכדור הארץ קבוע. הנח שגם המסלול של כדור הארץ סביב השמש הוא מעגל). זמן המחזור של הלוויין בתנועתו סביב השמש הוא שנה אחת.

רשום את החוק השני של ניוטון עבור תנועת הלוויין, באמצעות חמשת הגדלים שלפניך:

r - הרדיוס של מסלול התנועה של כדור הארץ סביב השמש.
ω - התדירות הזוויתית של תנועת כדור הארץ סביב השמש.
M_S - מסת השמש.
M_E - מסת כדור הארץ.
x - המרחק בין הלוויין לארץ.
(8 נקודות).
הערה: אין צורך לפתור את המשוואה.

ד. כדור הארץ והלוויין נעים בזמני מחזור זהים, אך רדיוסי המסלולים שלהם שונים. מכאן נובע שהלוויין אינו מקיים (ביחס לשמש) את החוק השלישי של קפלר למסלולים מעגליים.
מהי הסיבה הפיסיקלית לאי קיום חוק זה?

($5\frac{1}{3}$ נקודות).

5. א. עבור כוכב לכת יחיד:

$$G\frac{M_s M_1}{R_1^2} = M_1\frac{v_1^2}{R_1} \quad (= M_1\omega^2 R_1)$$

נציב:

$$v_1 = \frac{2\pi R_1}{T_1} \quad (\omega = \frac{2\pi}{T})$$

ונקבל:

$$G = G\frac{M_s}{R_1^3} = \frac{4\pi^2}{T_1^2} \qquad (1)$$

עבור כוכב לכת שני:

$$G\frac{M_s}{R_2^3} = \frac{4\pi^2}{T_2^2} \qquad (2)$$

מ- (1) ומ- (2) נקבל:

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

וזה החוק השלישי של קפלר.

ב. (1) $= \dfrac{4.5\cdot 10^{19} - 0}{1.3\cdot 10^{38} - 0} =$ שיפוע הגרף

$$= 3.46\cdot 10^{-19}\ s^2/m^3$$

(2) על פי קשר (1):

$$\frac{T^2}{R^3} = \frac{4\pi^2}{GM_s}$$

לכן $\quad$ שיפוע הישר $= \dfrac{4\pi^2}{GM_s}$ $\quad$ (3)

$$3.46\cdot 10^{-19} = \frac{4\pi^2}{6.67\cdot 10^{-11} M_s}$$

$$\boxed{M_s = 1.7\cdot 10^{30}\,kg}$$

ג.

$$G\frac{M_s m}{(r-x)^2} - G\frac{M_E m}{x^2} = m\omega^2(r-x)$$

לכן:

$$\boxed{G\frac{M_s}{(r-x)^2} - G\frac{M_E}{x^2} = \omega^2(r-x)}$$

ד. הלוויין נע בהשפעת השמש ובהשפעת הארץ, **והכוח שהארץ מפעילה אינו זניח.**

מפתח הערכה

5. א. פתרון חלופי: מקשר (1) נובע כי:

$$T^2 = k\cdot R^3$$

כאשר k קבוע.

אם פיתח והגיע ל: $\dfrac{T^2}{R^3} = \dfrac{4\pi^2}{GM}$

יקבל מלוא הנקודות.

30% - עבור משוואה המייצגת את הקשר, כי כוח הכובד שווה למסה כפול התאוצה הצנטריפטלית.

70% - לתשובה סופית.

ב. **50%** - לסעיף ב- (1):

25% - לשיטת חישוב נכונה של השיפוע.

20% - לתשובה מספרית נכונה.

לקבל ערכים בטווח

$3.3\cdot 10^{-19}\ s^2/m^3 - 3.5\cdot 10^{-19}\ s^2/m^3$

רק 10% עבור תשובה מספרית אם לא התייחס לסדרי גודל.

5% - ליחידה.

50% - לסעיף ב- (2):

25% - לקשר (3).

15% - להצבה.

10% - לתשובה סופית עם יחידות.

לקבל ערכים בטווח:

$1.7\cdot 10^{30}\ kg - 2\cdot 10^{30}\ kg$

ג. **60%** - לרעיון שכוח השמש מינוס כוח הארץ שווה למכפלת מסת הלוויין בתאוצתו הצנטריפטלית.

רק 20% (מתוך ה-60%) - אם שכח את הכוח שהארץ מפעילה על הלוויין.

20% - להצבה באגף שמאל.

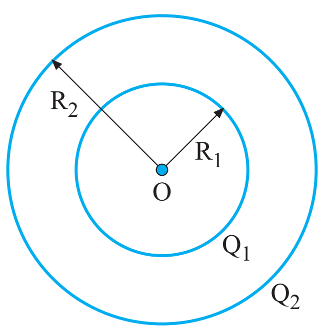
20% - להצבה באגף ימין.

גם מי ששכח את הכוח שהארץ מפעילה על הלוויין, יקבל את מלוא הניקוד על ההצבה.

חשמל

1. קליפה כדורית (כדור חלול) שרדיוסה R_1 נמצאת בתוך קליפה כדורית שרדיוסה R_2, ולשתי הקליפות מרכז משותף O (ראה תרשים).

הקליפה הפנימית טעונה במטען חשמלי חיובי Q_1, והקליפה החיצונית טעונה במטען חשמלי חיובי Q_2. שתי הקליפות עשויות מחומר מוליך.



א. בטא, באמצעות נתוני השאלה, את **הגודל** של השדה החשמלי הכולל ששתי הקליפות יוצרות **בכל אחת** משלוש הנקודות (1)-(3):

(1) הנקודה O. (4 נקודות).

(2) נקודה הנמצאת מחוץ לקליפה הפנימית, אך קרובה אליה מאוד (מרחקה מ-O ייחשב ל-R_1). (4 נקודות).

(3) נקודה הנמצאת מחוץ לקליפה החיצונית, אך קרובה אליה מאוד (מרחקה מ-O ייחשב ל- R_2). (4 נקודות).

ב. בטא, באמצעות נתוני השאלה, את **הפוטנציאל החשמלי** הכולל ששתי הקליפות יוצרות **בכל אחת** משלוש הנקודות (1)-(3):

(1) הנקודה O. (4 נקודות).

(2) נקודה על פני הקליפה הפנימית. (4 נקודות).

(3) נקודה על פני הקליפה החיצונית. (4 נקודות).

ג. על איזו משתי הקליפות הפוטנציאל החשמלי גדול יותר? נמק. (3 נקודות).

ד. מחברים את שתי הקליפות באמצעות תיל מוליך דק שהתנגדותו זניחה, ולכן חלקיקים טעונים יכולים לעבור ביניהן.

בטא, באמצעות נתוני השאלה, את המטען החשמלי על **כל אחת** משתי הקליפות לאחר שנפסק הזרם בתיל.

($6\frac{1}{3}$ נקודות).

1. א. (1) $E_o = 0$

(2) $E_1 = k\frac{Q_1}{R_1^2}$

(3) $E_2 = k\frac{Q_1}{R_2^2} + k\frac{Q_2}{R_2^2}$

ב. (1) $V_o = k\frac{Q_1}{R_1} + k\frac{Q_2}{R_2}$

(2) $V_1 = k\frac{Q_1}{R_1} + k\frac{Q_2}{R_2}$

(3) $V_2 = k\frac{Q_1}{R_2} + k\frac{Q_2}{R_2}$

ג. על פי הביטויים ל- V_1 ול- V_2 לעיל, $V_1 > V_2$.
כלומר, **הפוטנציאל של הקליפה הפנימית גדול מזה של הקליפה החיצונית**.

ד. כל המטען יעבור לקליפה החיצונית.
כלומר, **המטען של הקליפה הפנימית יהיה אפס, וזה שעל הקליפה החיצונית** $Q_1 + Q_2$.

מפתח הערכה

1. א. 33%
33%
17% - למחובר הראשון.
17% - למחובר השני.
ב. 16% - למחובר הראשון.
17% - למחובר השני.
16% - למחובר הראשון.
17% - למחובר השני.
17% - למחובר הראשון.
17% - למחובר השני.
ג. 50% - לתשובה.
50% - לנימוק.
- אין לתת כל ניקוד לנימוק:
ככל שהרדיוס קטן יותר, הפוטנציאל גדול יותר, בלי להסתמך על הביטויים הקודמים.
ד. 100% - לתשובה נכונה (לא נדרש נימוק).
אם ביצע חישוב:
50% - לשוויון פוטנציאלים באמצעות משוואה או אמירה.
30% - לשימור מטען (באמצעות משוואה או אמירה).
20% - לתשובה סופית.

2. בתרשים שלפניך מוצג מעגל חשמלי, הכולל מקור מתח שהכא"מ שלו $\varepsilon = 12\ V$ והתנגדותו הפנימית $r = 1\ \Omega$; שני נגדים שהתנגדויותיהם $R_1 = 3\ \Omega$ ו- $R_2 = 6\ \Omega$; שלושה מתגים S_1, S_2 ו- S_3; תילים מוליכים שהתנגדותם זניחה.

א. מהו מתח ההדקים כאשר שלושת המתגים פתוחים (ראה תרשים)? (5 נקודות).

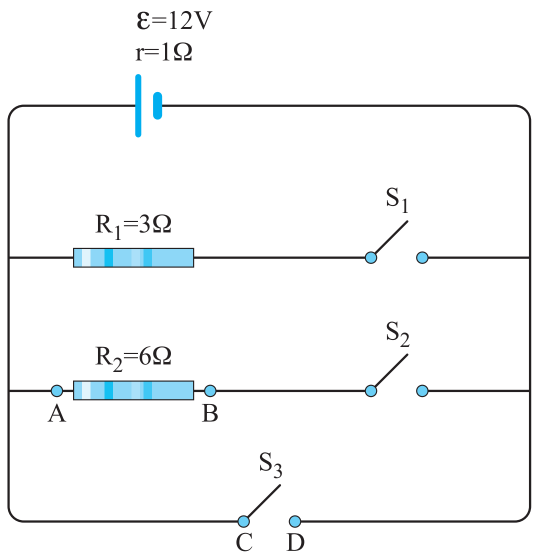
ב. סוגרים את שני המתגים S_1 ו- S_2, ומשאירים את המתג S_3 פתוח.

מצא את:

(1) מתח ההדקים של מקור המתח. (11 נקודות).

(2) המתח בין הנקודות A ו- B המסומנות בתרשים. נמק את קביעתך. (4 נקודות).

(3) המתח בין הנקודות C ו- D המסומנות בתרשים. נמק את קביעתך. (4 נקודות).



ג. סוגרים **גם** את המתג S_3 (המתגים S_1 ו- S_2 נשארים סגורים).

(1) חשב את הזרם העובר במקור המתח. (6 נקודות).

(2) מהו מתח ההדקים במצב זה? נמק. ($3\frac{1}{3}$ נקודות).

2. א. מתח ההדקים שווה לכא"מ כלומר 12V (כי אין זרם).

ב. (1) חישוב ההתנגדות החיצונית:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{6} + \frac{1}{3}$$

$R = 2\ \Omega$

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

$12 = I\,(2 + 1)$

$I = 4\ A$

מתח ההדקים:

$$V = IR = 4 \cdot 2 = 8\ V$$

$$\boxed{V = 8\ V}$$

(2) המתח בין הנקודות A ו- B הוא מתח ההדקים לכן ערכו **8 V**.

(3) המתח בין הנקודות C ו- D הוא מתח ההדקים לכן ערכו **8 V**.

ג. (1) מדובר במצב של **קצר**.

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

לכן: $R = 0$

$$I = \frac{\varepsilon}{r} + \frac{12}{I} = 12\ A$$

(2) במצב זה מתח ההדקים הוא 0, כי ההתנגדות החיצונית שווה לאפס.

$V = \varepsilon - ir$

$V = 12 - 2 = 0$

מפתח הערכה

2. א. לא נדרש נימוק.

ב. 17% - לחישוב R חיצוני.

17% - לחישוב I.

24% - לתשובה סופית עם יחידות.

- אם התעלם מהתנגדות פנימית, לתת 17% בחלק זה.

11% - לתשובה (2).

10% - לנימוק (או לחישוב מתמטי).

11% - לתשובה (3)

10% - לנימוק.

ג. 30% - ל- R = 0, או להתייחסות לקצר.

35% - לתשובה עם יחידות.

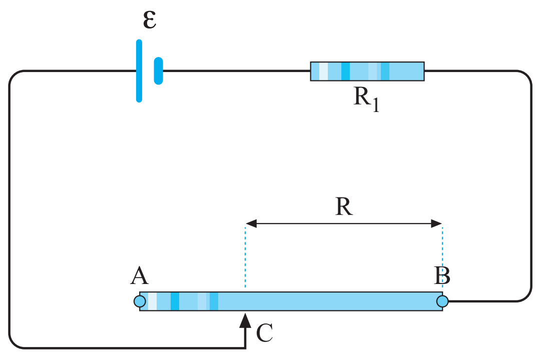
25% - לתשובה.

10% - לנימוק.

- אם פתר בדרך מתמטית וטעה בזרם בסעיף ג (1), יקבל 20% בחלק זה.

3. תלמיד בנה את המעגל החשמלי המוצג בתרשים א, הכולל מקור מתח שהכא"מ שלו ε והתנגדותו הפנימית ניתנת להזנחה; נגד שהתנגדותו R_1; נגד משתנה AB; ומגע נייד C. ההתנגדות של החלק CB של הנגד המשתנה מסומנת ב- R בתרשים א.

התלמיד הסיט את המגע הנייד C לנקודות שונות לאורך הנגד המשתנה AB, ובכל פעם מדד את ההתנגדות R.

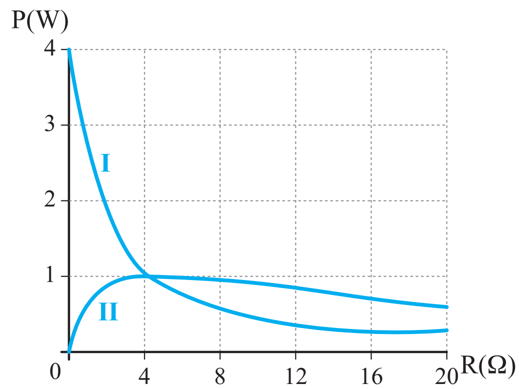


תרשים א'

א. העתק למחברתך את תרשים א, והוסף לו מד זרם (או מדי זרם) ומד מתח (או מדי מתח), כך שבעזרת הנתונים שנמדדים באמצעותם אפשר יהיה לחשב את ההספק בנגד שהתנגדותו R_1, ואת ההספק בקטע CB של הנגד המשתנה. (5 נקודות)

ב. הוכח כי ההספק P בקטע CB של הנגד המשתנה מתואר על ידי הקשר $P = \frac{\varepsilon^2 R}{(R + R_1)^2}$. (10 נקודות)

על פי תוצאות מדידותיו, סרטט התלמיד שתי עקומות, I ו- II (תרשים ב). אחת העקומות מתארת את ההספק בנגד שהתנגדותו R_1 כפונקציה של R, והעקומה האחרת מתארת את ההספק בקטע CB של הנגד המשתנה כפונקציה של R.



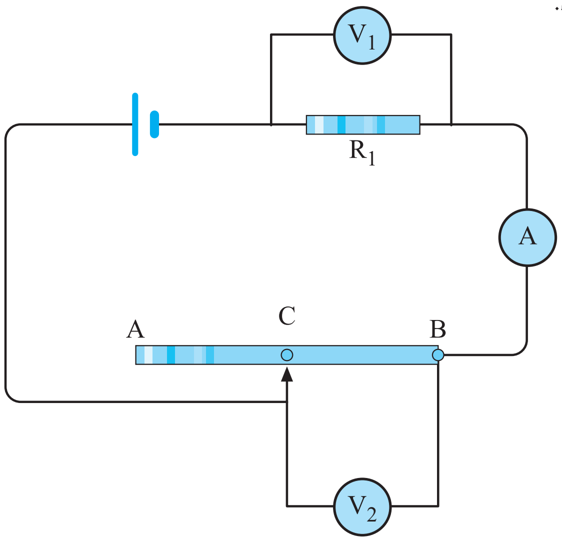
תרשים ב'

ג. איזו עקומה - I **או** II - מתארת את ההספק בנגד שהתנגדותו R_1, ואיזו עקומה מתארת את ההספק בקטע CB של הנגד המשתנה? נמק. (6 נקודות)

ד. מצא את R_1 בעזרת שיעורי נקודת החיתוך של העקומות I ו- II. (5 נקודות)

ה. חשב את הכא"מ ε של מקור המתח. ($7\frac{1}{3}$ נקודות)

3. א.



ב. (1) $I = \frac{\varepsilon}{R_1 + R}$

(2) $P = I^2R$

מ- (1) ו- (2) נקבל: $P = \frac{\varepsilon^2 R}{(R_1 + R)^2}$

ג. עקומה II מתארת את הספק הנגד R, כי כאשר $R = 0$ הספק הנגד R שווה לאפס, ובעקומה II $P = 0$ כאשר $R = 0$.

ד. כאשר $R = 4\ \Omega$, ההספקים בשני הנגדים שווים. אותו זרם עבר בנגד R ובנגד R_1, ולכן $R_1 = 4\ \Omega$.

ה. (1) $P = \frac{\varepsilon^2 R}{(R + R)^2}$

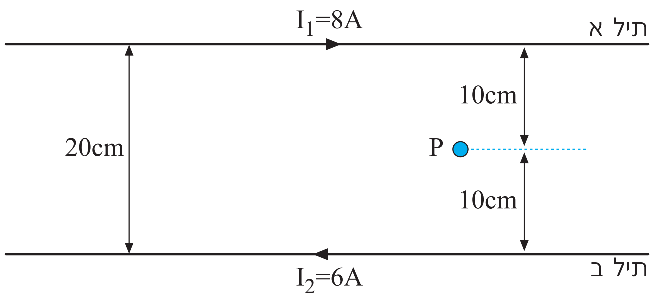
$I = \frac{\varepsilon \cdot 4}{(4 + 4)^2}$

$\varepsilon = 4\ V$

מפתח הערכה

3. א. 35% - לסרטוט V_1.
35% - לסרטוט V_2.
30%- לסרטוט אמפרמטר (או אמפרמטרים).
ב. 30% - לקשר (1).
30% - לקשר (2).
40% - לביטוי הסופי.
ג. 30% - לתשובה.
70% - לנימוק.
ד. 40% - לתשובה.
60% - לנימוק או לחישוב נכון.
- יש לקבל כל נקודה בגרף הנמצאת בתחום $(4 - 4.5)\Omega$.
ה. 10% - לביטוי (1)
50% - להצבה.
40% - לתשובה סופית עם יחידות.

4. בתרשים א מתוארים שני תילים ישרים וארוכים מאוד ("אין-סופיים"): תיל א, שבו עובר זרם שעוצמתו $I_1 = 8A$ וכיוונו ימינה; ותיל ב, שבו עובר זרם שעוצמתו $I_2 = 6A$ וכיוונו שמאלה. שני התילים מקבילים זה לזה, והמרחק ביניהם 20 cm. P היא נקודה הנמצאת בין שני התילים במרחק 10 cm מכל אחד מהם.

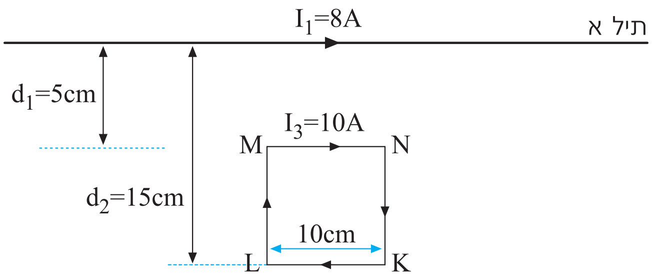


תרשים א'

הציבו בין התילים כריכה מעגלית שרדיוסה $R = 5$ cm ומרכזה בנקודה P, והעבירו בה זרם שגרם לכך שבנקודה P התאפס השדה המגנטי הכולל (שמקורו בזרמים העוברים בשני התילים הישרים ובכריכה המעגלית).

א. באיזה משני המצבים שלפניך, מצב א **או** מצב ב, הציבו את הכריכה? נמק.
מצב א: הכריכה במישור שבו נמצאים שני התילים הישרים (כלומר במישור הדף).
מצב ב: הכריכה במישור המאונך למישור שבו נמצאים שני התילים הישרים (כלומר במישור הניצב למישור הדף), כך ששני התילים מקבילים למישור הכריכה.
(8 נקודות).
ב. חשב עוצמת הזרם בכריכה. (8 נקודות).

מסלקים את הכריכה המעגלית ואת תיל ב, ומציבים כריכה ריבועית MNKL באופן שבו תיל א נמצא במישור הכריכה הריבועית ומקביל לצלע MN (ראה תרשים ב).
אורך הצלע של הכריכה הריבועית 10 cm, והמרחק בין צלע MN לתיל א 5 cm. בכריכה הריבועית עובר זרם שעוצמתו $I_3 = 10$ A, וכיוונו עם כיוון השעון. וכמו קודם, בתיל א עובר זרם ימינה שעוצמתו $I_1 = 8$ A.



תרשים ב'

ג. העתק למחברתך את תרשים ב, וסמן בו את כיווני הכוחות המגנטיים אשר תיל א מפעיל על **כל אחת** מצלעות הריבוע. הסבר כיצד קבעת את כיווני הכוחות. (7 נקודות).
ד. מצא את הגודל ואת הכיוון של הכוח המגנטי השקול, אשר תיל א מפעיל על הכריכה הריבועית.
($10\frac{1}{3}$ נקודות).

4. א. **מצב א'.**
נימוק: קווי השדה המגנטי משני התילים נכנסים לתוך הדף בנקודה P (כלל יד ימין). כריכה במישור הדף שמרכזה בנקודה P וכיוון השדה שתיצור יהיה הופכי לשדה התילים ויבטל אותם.
ב. צריך להתקיים:

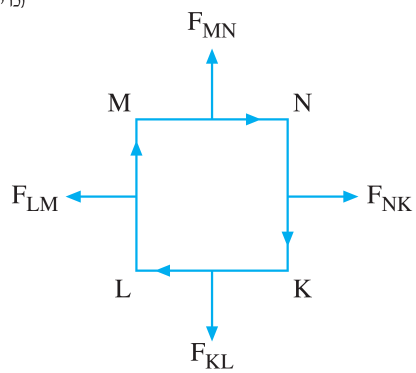
$$\frac{\mu_o \cdot I_1}{2\pi r_1} + \frac{\mu_o I_2}{2\pi r_2} = \frac{\mu_o I}{2R} \qquad (1)$$

$r_1 = r_2 = 0.1$ m

$$\frac{6+8}{0.1\times\pi} = \frac{I_{\text{כריכה}}}{0.05}$$

$I_{(\text{כריכה})} = 2.23\ A$

ג.



כיוון השדה המגנטי הוא לתוך הדף, וכיוון הכוח נקבעבעזרת אחד מכללי הידיים, על פי כיוון השדה והזרם.

ד. הכוחות F_{NK} ו- F_{LM} מבטלים זה את זה.

$$F_{KL} = \frac{\ell\mu_o \cdot I_1 I_2}{2\pi d_1}$$

$$F_{NM} = \frac{\ell\mu_o \cdot I_1 I_2}{2\pi d_2}$$

$$\Sigma F = F_{NM} - F_{KL} = \frac{\ell\mu_o \cdot I_1 I_2}{2\pi}\left(\frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2}\right) =$$

$$= \frac{0.1\times\mu_o\times 10\times 8}{2\pi}\left(\frac{1}{0.05} - \frac{1}{0.15}\right) = 2.13\times 10^{-5}\ N$$

d_1 ו- d_2 הם המרחקים של תיל א' מצלעות הכריכה הריבועית, בהתאמה (תרשים ב' בשאלה 4) - הכיוון כלפי מעלה.

מפתח הערכה

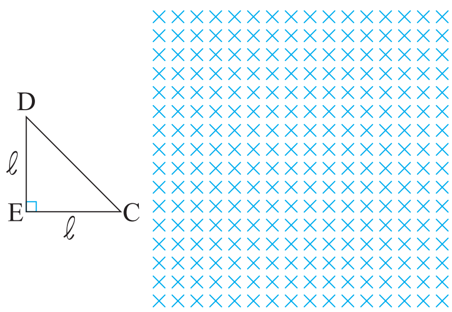
4. א. לתשובה - 40%.
לנימוק - 60%.
- אם נימק נכון וטעה בקביעה, יקבל 60%.

ב. לכל ביטוי של שדה מגנטי - 3 × 10% = 30%.
לקשר (1) - 20%.
להצבה - 30%.
לתשובה סופית עם יחידות - 20%.

ג. לקביעת הכיוון של כל כוח - 4×22% = 88%.
לנימוק - 12%.
- אם כל הכיוונים הפוכים, לתת 50% לסעיף.

ד. 20% - F_{NK} ו- F_{LM} מבטלים זה את זה.
15% - ביטוי לכוח F_{KL}.
15% - ביטוי לכוח F_{NM}.
10% - ביטוי לכוח השקול.
20% - להצבה.
10% - לתשובה סופית עם יחידות.
10% - לכיוון.

5. בתרשים שלפניך מוצג תיל מוליך, CDE, שצורתו משולש ישר-זווית ושווה שוקיים:
אורך כל אחד משני הניצבים הוא ℓ, וההתנגדות הכוללת של התיל היא R.
מושכים את התיל ימינה במהירות קבועה v, שכיוונה מאונך לניצב DE (בכל מהלך תנועתו, התיל נמצא במישור הדף).



ברגע $t = 0$ הקודקוד C של התיל מגיע לגבול של אזור שבו שורר שדה מגנטי אחיד שגודלו B וכיוונו "לתוך הדף" (מאונך למישור התיל) (ראה תרשים).
גבול האזור מקביל לניצב DE. האורך והרוחב של החתך של האזור שבו שורר השדה המגנטי גדולים מאוד לעומת ממדי המשולש.

א. בתיל עובר ברציפות זרם חשמלי מושרה מרגע $t = 0$ עד רגע מסוים $t = t'$. בטא את t', באמצעות נתוני השאלה (ℓ, v, R ו- B). (6 נקודות)

ב. נסח את כלל לנץ. (6 נקודות)

ג. קבע, באמצעות כלל לנץ, את כיוון הזרם בניצב DE (מ- D ל- E או מ- E ל- D) בפרק הזמן מ- $t = 0$ עד $t = t'$.
הסבר את קביעתך. (6 נקודות)

ד. בטא, באמצעות נתוני השאלה ובעזרת המשתנה t, את עוצמת הזרם בתיל כפונקציה של הזמן t (בפרק הזמן מ- $t = 0$ עד $t = t'$). (12 נקודות).

ה. כיצד משתנה הערך המוחלט של עוצמת הזרם בתיל בפרק הזמן $t = 0$ עד $t = t'$: הוא הולך וגדל כפונקציה של הזמן, הוא נשאר קבוע, או הוא הולך וקטן? **נמק**.

($3\frac{1}{3}$ נקודות).

5. א. t' הוא פרק הזמן הדרוש כדי שהניצב ED יגיע לשדה המגנטי.

$$t' = \frac{\Delta x}{v} \Rightarrow t' = \frac{\ell}{v}$$

ב. כלל לנץ: זרם מושרה מעכב את סיבת יצירתו.

ג. כיוון הזרם הוא מ- D ל- E, כי במצב זה השטף דרך המסגרת גדל פנימה, וכדי ליצור שטף החוצה המנוגד לשינוי, הזרם במסגרת יהיה נגד כיוון השעון, על פי כלל יד ימין.

ד. $$(1)\quad \varepsilon = -\frac{d\phi}{dt} = -\frac{d(BA)}{dt} = -B\frac{dA}{dt}$$

נחשב את השטח A ברגע t $(t < t')$:

$$(2)\quad A = \frac{(vt)^2}{2} = \frac{v^2}{2}t^2$$

$$\varepsilon = -B\frac{d}{dt}(\frac{v^2}{2}t^2)$$

$$(3)\quad \varepsilon = -Bv^2t$$

$$(4)\quad i = \frac{\varepsilon}{R} \Rightarrow i = -\frac{Bv^2}{R}t$$

דרך נוספת: $\varepsilon = vB\ell$

$\ell = vt$

ה. עוצמת הזרם, בערכה המוחלט, **הולכת וגדלה** כפונקציה של הזמן, על פי הביטוי בסעיף ד.

מפתח הערכה

5. א. אין צורך בנימוק.
   ג. 50% - לתשובה.
   50% - להסבר.
   ד. 30% - לקשר (1).
   30% - לקשר (2).
   20% - לקשר (3).
   10% - לקשר (4).
   10% - לביטוי הסופי.
   - אם לא רשם מינוס, אין להוריד נקודות.
   ה. 50% - לתשובה.
   50% - לנימוק.

תהודה

לידיעת המורים!

בהתאם לכתוב בחוזר מיוחד ה' תשנ"ה יזכו מאמרים שלכם שיפורסמו ב"תהודה" בגמול השתלמות כפי שפורסם בחוברת "זכויותיך", (אוקטובר-נובמבר 94, עמ' 47, אוקטובר 1994) סעיף 36ג'. להלן הקטע הרלבנטי:

עבודת מחקר או פרסום מדעי

עובד הוראה, שכתב עבודת מחקר או חיבור מדעי, שפורסם בכתב-עת או בקלטת, תיבדק זכותו לגמול השתלמות ע"י ועדה מיוחדת הפועלת ליד גף דירוג והסמכה באגף כוח-אדם בהוראה. זאת בתנאי שהעבודה הנדונה לא זיכתה את עובד ההוראה בדרגת שכר או בתואר. הוועדה תחליט על מספר הגמולים לפי שיקול דעתה ועפ"י הכללים כלהלן:

עריכה, ליקוט או תרגום אינם מזכים בגמול השתלמות.

עובד הוראה המועסק באגף תוכניות לימודים, במרכז להוראת המדעים (מל"מ), במרכז לטכנולוגיה חינוכית (מט"ח) וכיו"ב, לא יזוכה בגמול בעד כתיבה בתוקף תפקידו.

עובד המועסק בהוראה בהיקף של 2/3 משרה מלאה לפחות, והוא מועסק גם בכתיבה באחת המסגרות הנ"ל בהיקף של עד 1/3 משרה, יהיה זכאי להגיש בקשה לגמול בעבור כתיבת חומר לימודי. לשם כך עליו להמציא אישור על שיעור משרתו משני מקומות העבודה.

משרד החינוך לא יתחייב להחזיר את הפרסומים. חלקם נשארים בספריות שונות של המשרד, אך רובם מוחזרים לבעליהם.

בקשות עפ"י סעיף זה יוגשו ע"ג טופס מיוחד מס' ח"ת 050.202, שניתן לקבלו בלשכות המחוזיות של משרד החינוך.