

26.04.2018

פתרון לטרומ מתכונת בפיזיקה תשע"ח
מורים: בוריס באום, אורן גילת
גרסה 1.48

שם _____



פתרון לטרומ מתכונת בפיזיקה תשע"ח

מכניקה וחשמל

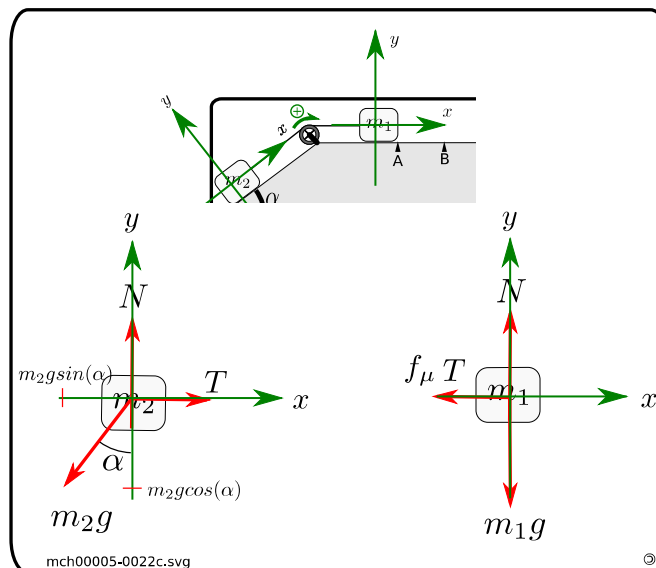
פרק א - מכניקה:

שאלה 1

נתון:

$$\mu_k = \mu_s = \mu, \alpha = 30^\circ, m_2 = 1 \text{ kg}, m_1 = 1.5 \text{ kg}$$

א. עבור פרק הזמן $0 < t < 1 \text{ sec}$



i. הכוחות הפועלים על שתי המסות:

- mg - כוח הכבידה מופעל על ידי המשטחים.
- f_k - כוח החיכוך הקינטי מופעל על ידי המשטח העליון על הגוף m_1 .
- N - נורמל מופעל על ידי המשטחים על הגופים.
- T - מתיחות מופעל על ידי החוט

ii. על פי החוק השני של ניוטון $\vec{a} = \frac{\sum \vec{F}}{m}$ סכום המסות במערכת הוא $m_1 + m_2$.

סכום הכוחות לאורך ציר התנועה הוא $\sum F_x = -f_\mu - m_2 g \sin \alpha$ עבור שני הגופים יש שווי משקל בציר המאונך לציר התנועה ולכן עבור m_1 מתקיים $N = m_1 g$.

כוח החיכוך נתון על ידי $f_\mu = N \mu$ ולכן הביטוי עבור התאוצה:

$$a = - \frac{\mu m_1 g + m_2 g \sin(\alpha)}{m_1 + m_2}$$

iii. שיפוע הגרף בגרף מהירות זמן הוא תאוצת הגוף לכן נחשב את שיפוע הקו הישר שבשרטוט ונשווה אותו לביטוי שמצאנו בסעיף הקודם.

שיפוע הגרף הוא -4 m/s^2 נציב ונחלץ מקדם החיכוך.

$$-4 = \frac{-\mu \cdot 1.5 \cdot 10 - 1 \cdot 10 \cdot \sin(30^\circ)}{1.5 + 1} \Rightarrow \mu = 0.33$$

מקדם החיכוך בין המשטח לתיבה המאוזנת הוא 0.33.

iv. אורך הקטע AB הוא כגודל ההעתק שעבר הגוף בין שתי הנקודות. בגרף מהירות זמן, השטח שמתחת לעקומת שווה

$$\text{להעתק ולכן אורך הקטע הוא } 2 \text{ מטר על פי } AB = |\Delta X| = \frac{1}{2} 4 \cdot 1 = 2 \text{ m}$$

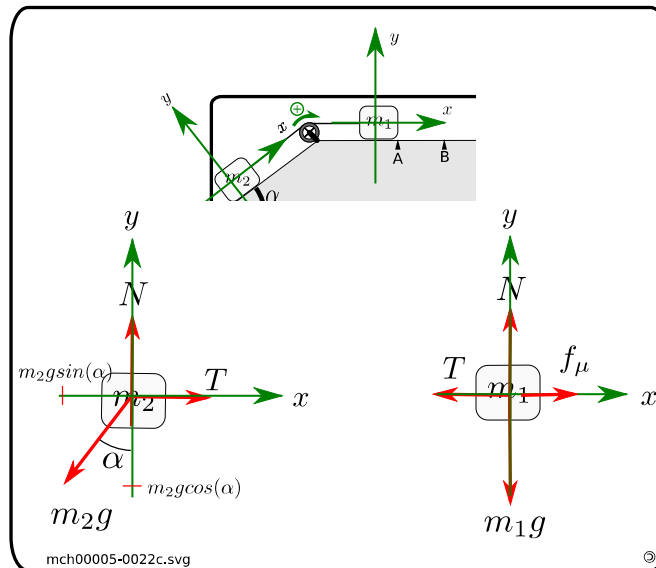
v. על פי משפט עבודה אנרגיה העבודה הכוללת על הגוף שווה לשינוי באנרגיה הקינטית שלו. מהירויותיו ההתחלתית והסופית

$$\text{של הגוף ידועות ולכן } W_{AB} = \Delta E_k = \frac{1}{2} m_{\text{total}} (v(t)^2 - v_0^2) = \frac{1}{2} (1.5 + 1) (0 - 4^2) = -20 \text{ J}$$

העבודה הכללית על הגוף היא -20 J כלומר העבודה נעשתה נגד כוון התנועה.

ב. עבור הרגע בו עצרו התיבות:

i. הכוחות הפועלים על הגופים במצב עצירה רגעית הם:



ii. נשווה את גודל הכוח העשוי לפועל ימינה על המערכת, חיכוך סטטי מרבי, לבין הכוח הפועל שמאלה על המערכת, רכיב

הגרביטציה על m_2 . נתון שמקדמי החיכוך הסטטי והקינטי שווים, ולכן $\mu_s = 0.33$:

$$f_{\mu(\max)} = \mu m_1 g = 0.33 \cdot 1.5 \cdot 10 \approx 5 \text{ N}$$

$$m_2 g \sin(\alpha) = 1 \cdot 10 \cdot 0.5 = 5 \text{ N}$$

כלומר הכוח שמאלה שווה לכוח ימינה ולכן המערכת **תישאר במנוחה**.

שאלה 2

א. תנועה מעגלית קצובה לכן: $\sum F_R = ma_R$ רדיוס הסיבוב שווה לאורך החוט, נסמן את המטיחות החוט ב P ונקבל ש:

$$(1) \quad P = m \frac{v^2}{L} \Rightarrow v^2 = \frac{PL}{m}$$

לאחר עזיבת החוט בנקודה A ימשיך הגוף לנוע בקו ישר במקביל לקצה השולחן ובמהירות קבוע מאחר ונתון שניתן להזניח את החיכוך. בהגיעו לקצה השולחן יבצע הגוף תנועה המתאימה לזריקה אופקית. זמן הגעתו לרצפה יקבע על פי גובה השולחן והמרחק x אותו יעבור תלוי בזמן הנפילה ובמהירותו האופקית שנמצאה בשלב הקודם. נחשב את זמן הנפילה. נבחר מערכת צירים אנכית כך שהכיוון החיובי הוא כלפי מעלה:

$$y = y_0 + v_{0y}t + \frac{1}{2}at^2$$

$$y_0 = h, v_{0y} = 0, a = -g$$

$$0 = h - \frac{1}{2}gt^2$$

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

נציב במשוואת המקום עבור גוף הנע במהירות קבוע את המהירות שהתקבלה לעיל ואת הזמן:

$$x = x_0 + v_{0x}t$$

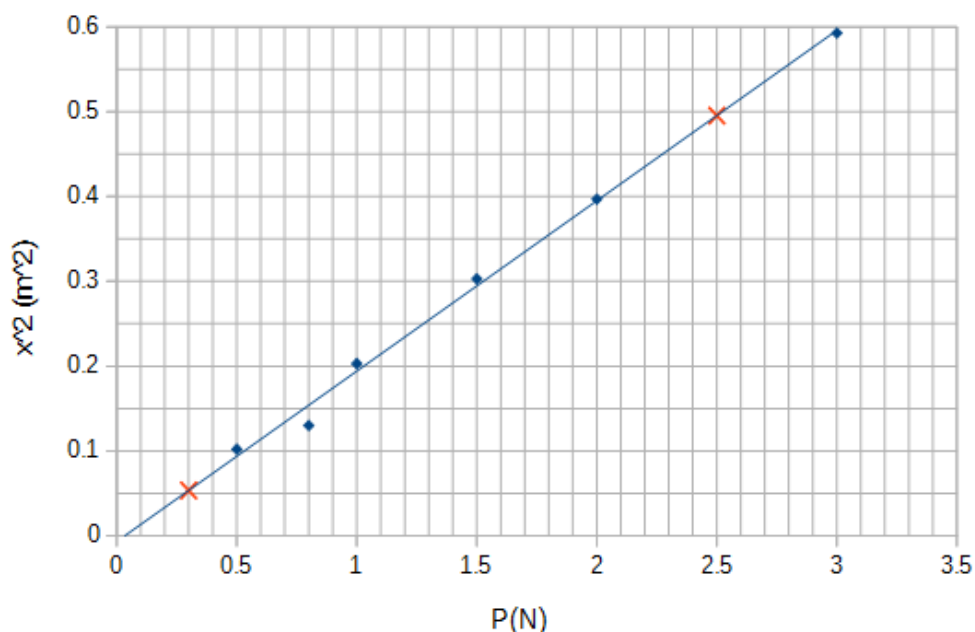
$$x_0 = 0$$

$$x = \sqrt{\frac{PL}{m}} \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$x^2 = \frac{PL}{m} \cdot \frac{2h}{g}$$

ב. נשלים את הטבלה ונשרטט את הגרף:

3.0	2.0	1.5	1.0	0.8	0.5	$P(N)$
0.77	0.63	0.55	0.45	0.36	0.32	$x(m)$
0.593	0.397	0.303	0.203	0.130	0.102	$x^2(m^2)$



ג. $x^2 = \frac{L}{m} \cdot \frac{2h}{g} \cdot P$ נזהה את המתיחות P בביטוי כמשתנה הבלתי תלוי, את x^2 כמשתנה התלוי והביטוי בירוק כשיפוע של גרף

לינארי, האיבר החופשי בביטוי זה הוא אפס כלומר הגרף אמור לעבור בראשית. הגרף שהתקבל בסעיף הקודם הוא אכן לינארי ועובר קרוב מאד לראשית לכן ניתן לטעון שהביטוי מתאר את הגרף שהתקבל.

ד. נמדוד שתי נקודות (המסומנות בגרף) על גבי קו המגמה ונחשב מתוכן את השיפוע: $m = \frac{0.5 - 0.05}{2.5 - 0.3} = 2.01 \text{ m}^2/\text{N}$

$$\frac{L}{m} \cdot \frac{2h}{g} = 0.201$$

$$\frac{L}{1} \cdot \frac{2 \cdot 2}{10} = 0.201$$

$$L = 0.503_m$$

אורך החוט הוא 0.503 מטר.

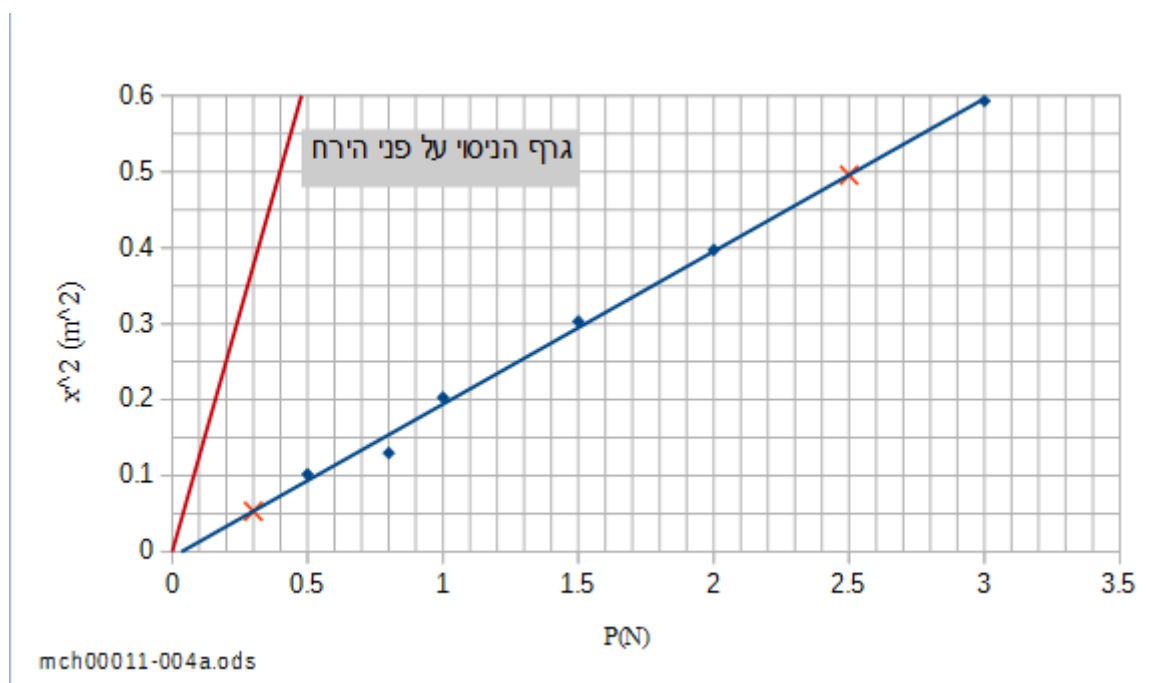
$$f = \sqrt{\frac{P}{4\pi^2 m L}}$$

$$f = \sqrt{\frac{2.5}{4\pi^2 \cdot 1 \cdot 0.503}}$$

$$f = 0.35_{\text{Hz}}$$

תדירות הסיבוב כאשר המתיחות היא 2.5 ניוטון היא 0.35 הרץ.

ו. על הירח התאוצה g קטנה יותר משל זו של כדור הארץ ולכן שיפוע הגרף יהיה גבוהה יותר מאחר ובביטוי למתיחות בסעיף ג התאוצה g היא במכנה ולכן ככל שהיא קטנה יותר תהיה המנה גדולה יותר. גם גרף זה יעבור בראשית.



שאלה 3

א. ניתן לקבוע שמהירות הגופים קבועה מאחר ובכל המקרים נראה שגודל המרווחים בין שתי נקודות עוקבות הוא קבוע. מאחר והמהירות קבועה נוכל לחשבה על ידי חישוב המהירות הממוצעת, לשם כך נחלק את אורך הקטעים במספר מרווחי הזמן בכל קטע.

$$\Delta t = \frac{1}{100} = 0.01 \text{ sec} \quad \text{על פי הנתון}$$

$$v_1 = \frac{0.045}{5 \Delta t} = \frac{0.045}{5 \cdot 0.01} = 0.9 \text{ m/sec}$$

$$v_2 = 0$$

$$u_1 = \frac{0.06}{13 \Delta t} = \frac{0.06}{13 \cdot 0.01} = 0.46 \text{ m/sec}$$

$$u_2 = \frac{0.06}{6 \Delta t} = \frac{0.06}{6 \cdot 0.01} = 1 \text{ m/sec}$$

ב. ההתנגשות אינה פלסטית מאחר ולגופי מהירויות שונות לאחר ההתנגשות כלומר אינם נעים יחד כגוף אחד.

ג. מאחר ולא ניתן להבחין בשינוי במהירות העגלות נניח שהחיכוך במערכת הוא נמוך ואינו משפיע על הגופים במהלך ההתנגשות.

לכן המערכת היא מערכת סגורה והתנע בה נשמר. על פי חוק שימור התנע:

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{u}_1 + m_2 \vec{u}_2$$

התנועה חד ממדית ולכן נתייחס רק לרכיב האופקי. נציב את נתוני הבעיה ונמצא את יחס המסות:

$$0.9 m_1 + 0 = 0.46 m_1 + 1 m_2$$

$$m_2 = 0.44 m_1 \Rightarrow \frac{m_1}{m_2} = 2.27$$

ד. על מנת לבדוק אם ההתנגשות אלסטית נבדוק האם גם האנרגיה נשמרת במהלך ההתנגשות על ידי בדיקה האם הפרש

נחשב את הפרשי האנרגיה לפני ואחרי:

$$\frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = \frac{1}{2} (m_1 0.9^2 + 0) = 0.41 m_1$$

$$\frac{1}{2} m_1 u_1^2 + \frac{1}{2} m_2 u_2^2 = \frac{1}{2} (m_1 0.46^2 + 0.44 m_1 1^2) = 0.33 m_1$$

התוצאות אינן שוות לכן אבדה אנרגיה במהלך ההתנגשות וההתנגשות אינה אלסטית.

$$\Delta E_k = 0.33 \cdot 2.27 \cdot 1 - 0.41 \cdot 2.27 \cdot 1 = -0.18 \text{ J}$$

בהתנגשות אובדת אנרגיה בסך 0.18 J

ה. המהירות תשתנה. לגוש הפלסטלינה אין תנע בציר האופקי אך יש לו מסה ולכן מחוק שימור התנע נובע שכדי שהתנע של

המערכת בציר האופקי ישמר על המהירות לקטון.

$$m_2 u_2 + 0 = (m_2 + m_3) u_3$$

$$1 \cdot 1 = (1 + 0.25) u_3$$

$$u_3 = 0.8 \text{ m/s}$$

(בציר האנכי הנורמל של רצפת הקרונית הפעיל מתקף על הפלסטלינה כלפי מעלה ולכן היא איבדה את התנע שלה בציר זה).

שאלה 4

א. תשובתו של תלמיד א נכונה. הגוף מתחיל את תנועתו ממנוח כלומר הוא נמצא באחת מנקודות המרוחקות מרחק משרעת שלמה מנקודת שיווי משקל. הגוף מתחיל לנועה לכוון החיובי של ציר התנועה לכן על פי הנתון הוא נע מעלה. משתי עובדות אלו ניתן להסיק שהגוף נע מעלה מהקצה התחתון של תנועתו שם אורך הקפיץ מרבי.

ב. מהגרף ניתן לראות שזמן המחזור של תנועת הגוף הוא $T = 2.4 \text{ sec}$ ולכן תדירות תנועתו היא 0.42 הרץ :

$$f = \frac{1}{T} = 0.42 \text{ Hz}$$

$$v = \pm \omega \sqrt{A^2 - x^2} \quad \text{ג. בתנועה הרמונית מתקיים}$$

$$\omega = 2\pi f$$

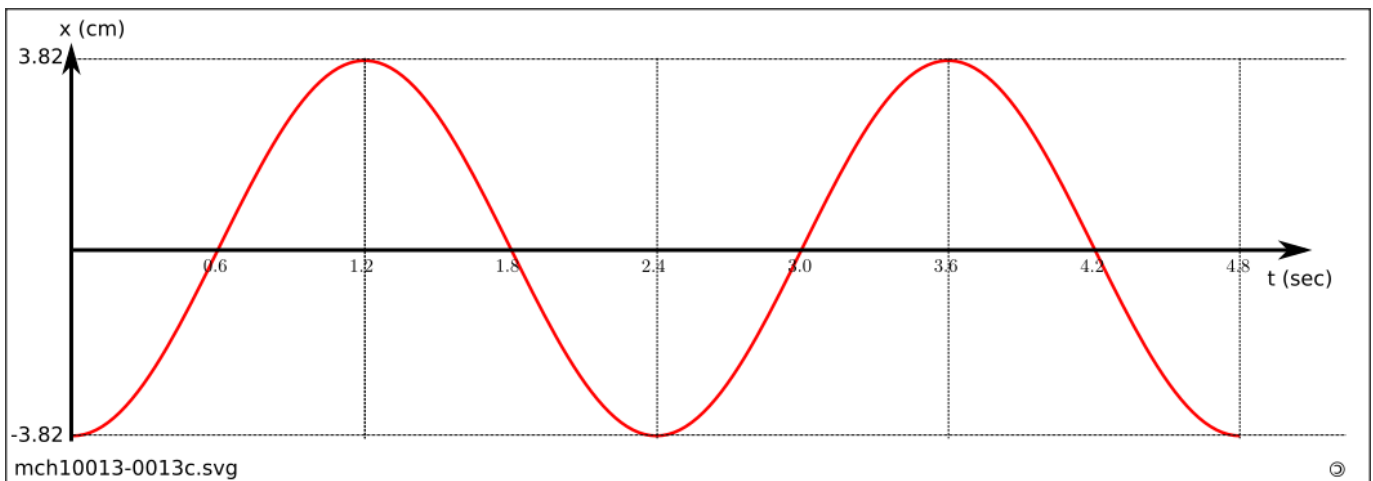
אם נציב את נקודת שווי המשקל כאשר הגוף נע לכוון החיובי $v_{\max} = +\omega A$

$$A = \frac{v_{\max}}{2\pi f} = \frac{0.1}{2\pi \cdot 0.42} = 0.0382 \text{ m} = 3.82 \text{ cm}$$

נציב נתונים מהגרף $v_{\max} = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}$ ונחלץ את המשרעת:

משרעת התנועה היא 3.8 ס"מ .

ד. גרף המקום הוא הגרף $x = -A \cos(\omega t)$ מאחר ועבור תנועה הרמונית $v = -A\omega \sin(\omega t)$ כאשר $x = A \cos(\omega t)$.
הגרף יראה כך:



(שימו לב שאין צורך לפרט את כל השנתות כפי שהיו בגרף המקורי ושאין צורך בשרטוט גרף על חצי עמוד כמו במקרה של תוצאות ניסוי.)

ה. המשוואה המדוברת מתבססת על מצב בו תאוצת הגוף קבועה. במקרה של תנועה הרמונית תאוצת הגוף משתנה עם הזמן ולכן אין זה נכון להשתמש במשוואה זו למציאת הקשר בין המהירות להעתק.

פרק ב - חשמל:

שאלה 5

א. הפוטנציאל של כדור מוליך נתון על ידי: $V = \frac{KQ}{r}$ והשדה של כדור כזה: $E = \frac{KQ}{r^2}$ ולכן ניתן לרשום: $E = \frac{V}{r}$.

השדה המרבי נתון וכן הפוטנציאל ולכן נחלץ את רדיוס הכדור ונקבל: $R = \frac{V}{E} = \frac{-45,000}{3 \times 10^6} = 0.015 \text{ m} = 1.5 \text{ cm}$.

i. כלומר רדיוס הכדור המזערי עבורו לא תתרחש התפרקות הוא **1.5 ס"מ**.

ii. נשתמש בביטוי לפוטנציאל ונמצא את המטען: $Q = \frac{VR}{K} = \frac{-45,000 \cdot 0.015}{9 \times 10^9} = -7.5 \times 10^{-8} \text{ C}$
 $Q = -75 \text{ nC}$

ב. הגרף ד' מתאר את הפוטנציאל של הכדור. הפוטנציאל הוא שלילי כמו כן ידוע שבתוך כדור טעון הפוטנציאל קבוע ומחוצה לו הוא

יורד על פי $1/r$ ולכן תרשים ד'

ג. נתון: $r = 50 \text{ cm} = 0.5 \text{ m}$

i. נשתמש בביטוי לשדה החשמלי מסעיף א': $E(0.5) = \frac{9 \times 10^9 \cdot |7.5 \times 10^{-8}|}{0.5^2} = 2700 \text{ N/C}$

גודל השדה הוא **$2,700 \text{ N/C}$** וכווננו אל הכדור מאחר וקווי שדה אלקטרוסטטי מתחילים במטען חיובי ומסתיימים במטען שלילי.

$$F_E = EQ = 2700 \cdot 1.6 \times 10^{-19} = 4.32 \times 10^{-16} \text{ N}$$

ii. נחשב את גודל הכוח הפועל על הפרוטון ונחלק במסתו: $a = \frac{F_E}{m} = \frac{4.32 \times 10^{-16}}{1.67} \times 10^{-27} = 2.59 \times 10^{11} \text{ m/s}^2$

גודל התאוצה הוא **$2.59 \times 10^{11} \text{ m/s}^2$** וכוונה אל הכדור מאחר והכוח על מטען חיובי פועל לכיוון קווי השדה.

iii. השדה האלקטרוסטטי הוא משמר ולכן על פי חוק שימור האנרגיה המכנית הכללית:

$$\Delta E_K = -\Delta U_E$$

$$\Delta U_E = -Q_p(V_f - V_i) = -Q_p\left(\frac{KQ}{r_f} - \frac{KQ}{r_i}\right)$$

$$= 1.6 \times 10^{-19} \cdot -7.5 \times 10^{-8} \cdot 9 \times 10^9 \left(\frac{1}{0.015} - \frac{1}{0.5}\right) = -6.98 \times 10^{-15} \text{ J} = -E_k$$

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2 \Rightarrow v = \sqrt{2 \frac{E_k}{m}} = \sqrt{2 \frac{6.98 \times 10^{-15}}{1.67 \times 10^{-27}}} = 2.89 \times 10^6 \text{ m/s}$$

מהירויות הפרוטון כהרף עיין לפני שיפגע בכדור היא: **$2.89 \times 10^6 \text{ מטר לשנייה}$** .

שאלה 6

א. כאשר מזיזים את הגרר של הנגד המשתה מהנקודה B לעבר הנקודה A : (9 נק')

i. **העצמה תגדל**. ההתנגדות השקולה במעגל קטנה, לכן הזרם הכולל במעגל גדל ובפרט הזרם על כל נורה ולכן עצמת ההארה תגדל.

ii. **הורית הוולטמטר תקטן**. הוולטמטר מודד את מתח ההדקים. על פי ההסבר בסעיף קודם הזרם גדל ולכן מתח ההדקים קטן.

ב. נחשב את התנגדות הנורות על פי חוק ג'אול:

$$P = IV = \frac{V^2}{R} \Rightarrow R = \frac{V^2}{P}, \quad R_{L1} = \frac{20^2}{24} = 16.67 \Omega, \quad R_{L2} = \frac{12^2}{20} = 7.2 \Omega$$

על פי התנגדויות ואלו חוק ג'אול נחשב מהו המתח על הנורה L_2 במצב הנתון:

$$V^2 = P R \Rightarrow V = \sqrt{10 \cdot 7.2} = 8.49 V$$

נחשב מהו הספק הנורה L_1 במתח זה:

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{8.49^2}{16.67} = 4.32 W$$

הספק הנורה L_1 כאשר הנורה השנייה דולקת בהספק $10 W$ הוא **4.32 W**.

ג. נחשב את ההתנגדות השקולה של המעגל החיצוני (לא כולל התנגדות פנימית):

$$R_t = R + \left(\frac{1}{R_{L1}} + \frac{1}{R_{L2}} \right)^{-1} = 10 + \left(\frac{1}{16.67} + \frac{1}{7.5} \right)^{-1} = 15.17 \Omega$$

נחשב את הזרם במעגל ואת מתח ההדקים:

$$V_{ab} = \epsilon - Ir, \quad V_{ab} = IR_t$$

$$I = \frac{\epsilon}{r + R_t} = \frac{30}{2.5 + 15.17} = 1.70 A, \quad V_{ab} = 30 - 1.70 \cdot 2.5 = 25.75 V$$

הנצילות היא ההספק המנוצל חלקי ההספק המסופק ולכן במקרה זה:

$$\eta = \frac{V_{ab} I}{\epsilon I} = \frac{V_{ab}}{\epsilon} = \frac{25.75}{30} \cdot 100 = 86 \%$$

הנצילות במצב B היא 86%.

ד.

i. הנורה שנשרפה היא L_2 . מתח העבודה של נורה זו הוא הנמוך מזה של הנורה השנייה, הנורות מחוברות במקביל ולכן

המתח עליהן זהה, וכשמגדילים את המתח במעגל L_2 הראשונה שהמתח עליה יהיה גבוה ממתח העבודה ולכן היא עשויה להישרף ראשונה.

ii. **עוצמת ההארה של הנורה הנוותרת תגדל**. כאשר הנורה נשרפת גדלה ההתנגדות במעגל מאחר והנורות היו מחוברות

במקביל. כתוצאה מכך יקטן הזרם הכולל במעגל ומתח ההדקים יגדל. מאחר ולא נעשה שינוי בנגד המשתנה אם מתח

ההדקים גדל יגדל גם המתח על הנורה יגדל ביחס למצב בו היה חיבור במקביל וכתוצאה מכך יגדל הזרם על הנורה ביחס לזרם שהיה והיא תאיר בעצמה גדולה יותר.

iii. **לא**, הנורה מהווה נתק ולכן המתח על הדקיה הוא המתח על הנורה שאינה שרופה.

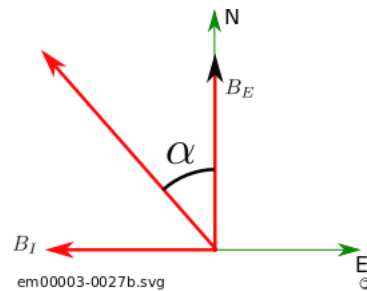
שאלה 7

א. נשלים את הטבלה:

d(m)	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8
$\alpha(^{\circ})$	55	42	34	30	25	20
$1/d(1/m)$	5.00	3.33	2.50	2.00	1.67	1.25
$\tan(\alpha)$	1.43	0.90	0.67	0.58	0.47	0.36

ב. השדה המגנטי הנוצר על ידי תיל ארוך נתון על ידי: $B_I = \frac{\mu_0 I}{2\pi d}$ ובמקום בו ממוקם המצפן כוונו מערבה.

נשרטט את שני השדות:

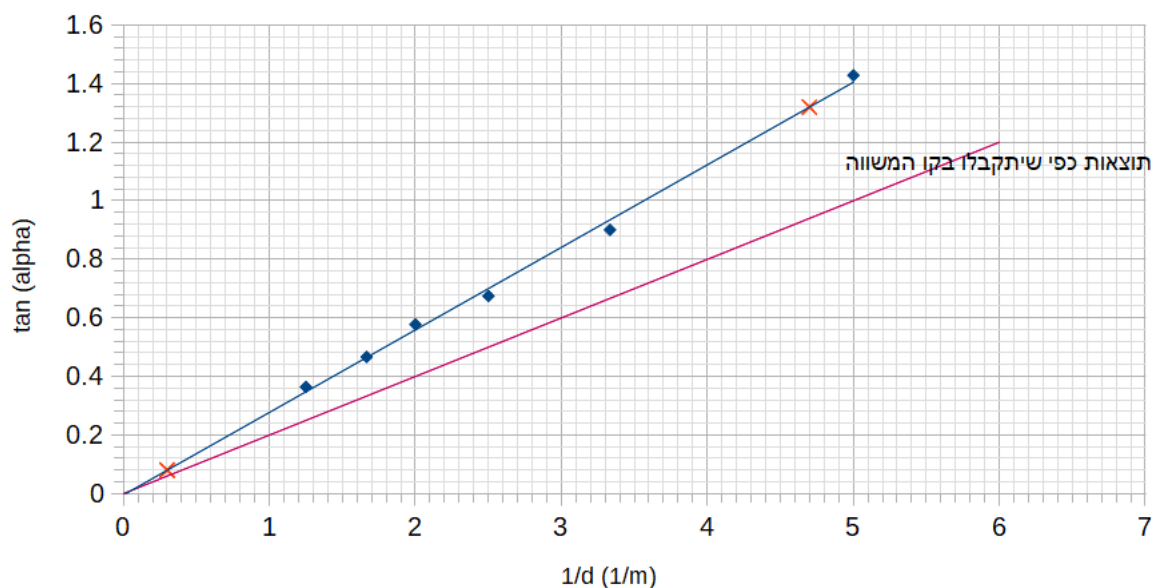


$$\tan(\alpha) = \frac{B_I}{B_E}$$

בהינתן שני השדות ניתן למצוא את הזווית בניהם על ידי:

$$\tan(\alpha) = \frac{\mu_0 I}{2\pi B_E} \cdot \frac{1}{d}$$

ג. נשרטט את הגרף:



נסמן שתי נקודות על קו המגמה ונחשב את השיפוע:

$$m^* = \frac{1.32 - 0.08}{4.7 - 0.3} = 0.28 m$$

נשווה לביטוי לשיפוע הגרף ונחליץ את השדה המגנטי האופקי של כדור הארץ:

$$\frac{\mu_0 I}{2\pi B_E} = m^* \Rightarrow B_E = \frac{\mu_0 I}{2\pi m^*} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \cdot 3}{2\pi \cdot 0.28} = 2.14 \times 10^{-6} T$$

ד. עצמת השדה המגנטי הארצי בנקודה בה בוצע הניסוי היא $2.14 \times 10^{-6} T$.

ה. אם המצפן נע בחופשיות לכל כוון ניתן להסיק ששני השדות מבטלים אחד את השני. כדי שהשדה הנוצר על ידי התיל יהיה מנוגד בכוונו לכוון השדה הארצי על הזרם לזרום מערבה (אל תוך הדף).

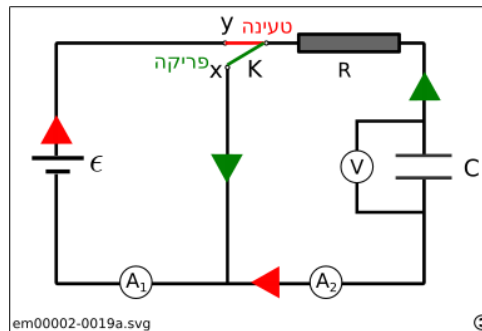
נחשב את עצמת הזרם היוצר שדה בעצמה הרצויה:

$$I = \frac{2\pi B_E d}{\mu_0} = \frac{2\pi \cdot 2.14 \times 10^{-6} \cdot 0.2}{4\pi \times 10^{-7}} = 2.14 A$$

דרוש זרם של 2.14 אמפר בכוון מערב.

ו. יחול שינוי בתוצאות – שיפוע הגרף יקטן מאחר ועצמת השדה המגנטי האופקי בקו המשווה גדולה מעצמת השדה המגנטי בכל מקום אחר על פני כדור הארץ.

שאלה 8



א. טעינה מתבצעת כשהמתג מחובר לכא"מ, מצב y – אדום ופריקה כאשר הדקי הקבל מחוברים זה לזה דרך הנגד x – ירוק. כוון הזרם בטעינה הוא עם כוון השעון מאחר וזרם נע מהדק חיובי, עליון בשרטוט. לאחר הטעינה הלוח העליון של הקבל טעון חיובית ולכן הזרם יהיה בניגוד לכוון השעון, שוב מהדק חיובי לשלילי.

ב.

(1) **בשני התהליכים נפלטת כמות זהה של אנרגיה.** בטעימה נפלטת דרך הנגד אנרגיה השווה לאנרגיה הנאגרת בקבל, בפריקה כל האנרגיה נאגרה בקבל נפלטת דרך הנגד ולכן שני הערכים שווים.

(2) מאחר ובמהלך הטעימה חצי מכמות האנרגיה המסופקת אובדת בנגד ומאחר ובסיום אגורה בקבל אנרגיה של $0.01 J$, על ידי הסוללה סופקה אנרגיה כפולה כלומר: $0.02 J$

ג.

(1) על פי הגדרת הפוטנציאל, האנרגיה המסופקת על ידי הסוללה שווה לכמות המטען שעברה בה כפול הפרש הפוטנציאל:

$$U = q \cdot v = q \cdot \epsilon \quad \text{נציב את התוצאה מ-ב ואת הנתון לגבי הכא"מ:}$$

$$q = \frac{U}{\epsilon} = \frac{0.02}{10} = 2 \times 10^{-3} C$$

המטען הוא $2 \times 10^{-3} C$ הלוח העליון חיובי והתחתון שלילי.

(2) על פי הגדרת הקיבול, הקיבול של הקבל הוא $2 \times 10^{-4} F : 2 \times 10^{-4} F$ $C = \frac{Q}{V} = \frac{2 \times 10^{-3}}{10} = 2 \times 10^{-4} F$

ד.

(1) זמן הטעינה שווה לזמן הפריקה מאחר ומקדם הדעיכה שווה (הנגד והקבל זהים) ולכן אם נתון שזמן הטעינה הוא 5 שניות הזמן הכולל יהיה **10 שניות**.

(2) A_1 יראה ערך מרבי בתחילת הטעינה. ערך זה יהיה שווה $2 \times 10^{-3} A$ מאחר ועל פי חוק אוהם ל:

$$V = IR$$

$$I = \frac{\epsilon}{R} = \frac{10}{5000} = 2 \times 10^{-3} A$$

בפריקה אמפרמטר זה אינו מחובר.

A_2 מחובר במהלך הטעינה ל- A_1 בטור ולכן גם לו יהיה ערך מרבי בתחילת הטעינה הוא יראה ערך זהה בתחילת

הפריקה מאחר והמתח על הקבל שווה לכא"מ והנגד זהה.

3. נשתמש בביטוי לזרם במהלך הטעינה ונציב ערכים שחושבו ונתונים:

$$I = I_0 e^{\frac{-t}{RC}} = 1 \times 10^{-3}$$

$$2 \times 10^{-3} e^{\frac{-t}{RC}} = 1 \times 10^{-3}$$

$$\frac{-t}{RC} = \ln(0.5)$$

$$-t = 5000 \cdot 2 \times 10^{-4} \cdot (-0.69)$$

$$t = 0.69 \text{ sec}$$

זרם של 1 מיליאמפר יתקבל לראשונה אחרי **0.69 שנייה**.

4. בהגדרת מגמת זרם עם כוון השעון כחיובית הגרף המבוקש הוא:

