

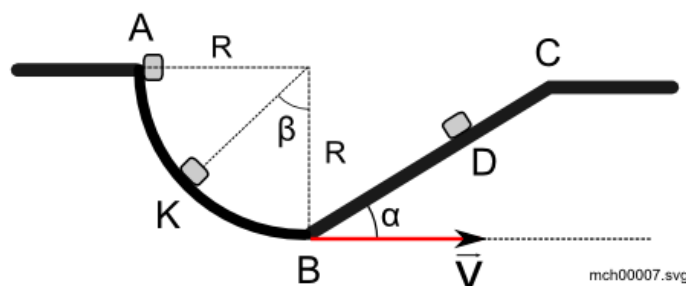
תשובון מתכונת בפיזיקה תשע"ז

מכניקה וחשמל

פרק א – מכניקה

שאלה 1

א. נתון שרבע המעגל הוא חלק ולכן אין בו חיכוך והכוח היחיד הפועל על התיבה ועושה עבודה בתנועתה הוא כוח הכובד שהוא משמר, הנורמל מאונך לכיוון התנועה ואינו עושה עבודה. לכן ניתן לחשב את מהירותה של התיבה בנקודה B באמצעות חוק שימור האנרגיה המכנית הכוללת והעובדה שמהירותה של התיבה היא אפס בנקודה A. נבחר את מישור הייחוס להיות גובה הנקודה B.



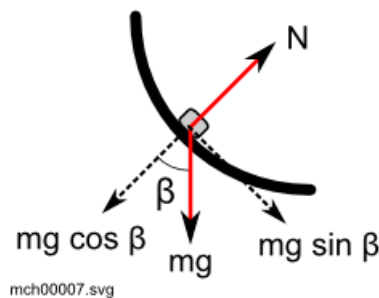
$$E_A = E_B$$

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

$$v_B = \sqrt{2gR} = 30 \text{ m/s}$$

כלומר מהירותה של התיבה בנקודה B היא 30 מטר לשנייה אופקית כלפי ימין מאחר והמהירות במסלול מעגלי היא תמיד משיקה למעגל.

ב. בנקודה K נמצאת התיבה בתנועה מעגלית לכן היא מואצת בציר הרדיאלי. נפתח ביטוי לפי החוק השני של ניוטון:



ג.

$$\sum F_R = m a_R$$

$$a_R = \frac{v^2}{R}$$

נציב את הכוחות ואת הביטוי לתאוצה כפונקציה של המהירות המשקית:

$$N - mg \cos \beta = m \frac{v^2}{R} \Rightarrow N = m \left(\frac{v^2}{R} + g \cos \beta \right)$$

נמצא את המהירות המשקית בדרך דומה לדרך בה מצאנו את המהירות בסעיף הקודם. לפי שימור האנרגיה המכנית המהירות בנקודה זו תהיה שווה ל:

$$E_K = E_A$$

$$\frac{1}{2} m v_K^2 + mgh_K = mgh_A$$

$$v_K^2 = 2g(h_A - h_K)$$

הגודל בסוגרים הוא למעשה הפרש הגבהים בין הנקודות. משיקולים טריגונומטריים קל לראות שהפרש שווה ל $R \cos \beta$. לכן הביטוי לנורמל ניתן על ידי:

$$N = m \left(\frac{2gR \cos \beta}{R} + g \cos \beta \right) = 3gm \cos \beta$$

$$N = 3gm \cos \beta$$

נציב את נתוני הבעיה ונקבל $N = 3 \cdot 10 \cdot 2 \cos 60 = 30_N$, **כלומר 30 ניוטון כלפי פנים המעגל.**

ד. החיכוך פועל רק על גבי המדרון המשופע. ממשפט עבודה אנרגיה נובע שהעבודה הנעשית על ידי כוח לא משמר, החיכוך, שווה להפרש באנרגיה המכנית הכללית בנקודות לכן: $W_{f_K} = E_D - E_A$. מהירות התיבה בשתי הנקודות היא אפס ולכן ההפרש נובע

רק מהפרש הגבהים כלומר $W_{f_k} = mg(h_D - h_A)$. הגובה בנקודה D נתון על ידי: $\frac{h_D}{BD} = \sin \alpha \Rightarrow h_D = 50 \sin 30 = 25_m$.

ולכן $W_{f_k} = 2 \cdot 10(25 - 45) = -400_J$. **כלומר עבודת כוח החיכוך היא 400 ג'אול והוא פועל בניגוד לכוון התנועה.**

ה. כוח החיכוך נתון על ידי $f_k = N\mu$ ועבודתו ממשפט עבודה אנרגיה נתונה על ידי $W_{f_k} = f_k \Delta x \cos 180 = -N\mu \Delta x$.

$$W_{f_k} = -mg \cos \alpha \mu \Delta x = 2 \cdot 10 \cos 30 \mu \cdot 50$$

הנורמל לאורך המדרון המשופע ערכו $N = mg \cos \alpha$ ולכן

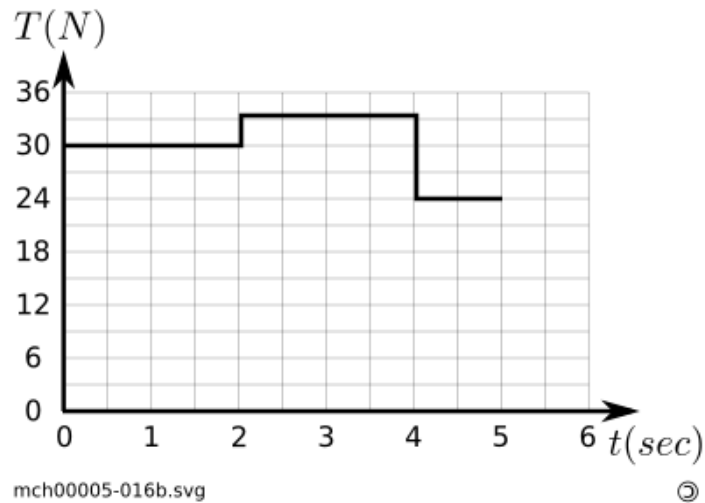
$$\mu = \frac{400}{866} = 0.46$$

ו. ערכו המרבי של הנורמל יהיה בנקודה B.

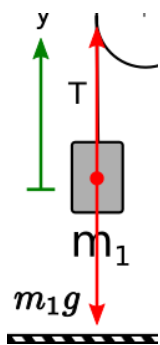
נבדוק תחילה את ערכו ביחס לנקודות השונות במסלול המעגלי. נשתמש בביטוי שקיבלנו לנורמל במהלך סעיף ג עבור נקודה K כלשהי:

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

ביטוי זה תלוי במהירות המשקית ובזווית β . בנקודה B המהירות היא מרבית מאחר וזו הנקודה הנמוכה ביותר במסלול. מצד שני הזווית היא אפס כלומר ערך הקוסינוס הוא מרבי ולכן בהשוואה לכל הנקודות האחרות במסלול הנורמל בנקודה B הוא מרבי. נבדוק עתה את ערכו של הנורמל ב-B. ביחס למדרון המשופע. ערכו של הנורמל במדרון הוא $N = mg \cos \alpha$ כלומר הוא קטן מכוח הכבידה על הגוף בעוד שבנקודה B הוא גדול מכוח זה כי נוסף לו גודל חיובי (המהירות בריבוע חלקי הרדיוס). הכוח הנורמלי מאונך לכוון התנועה לאורך כל המסלול ובפרט בקטע המשופע ולכן אינו עושה עבודה כלל במשך כל התנועה.



גרף מתוקן

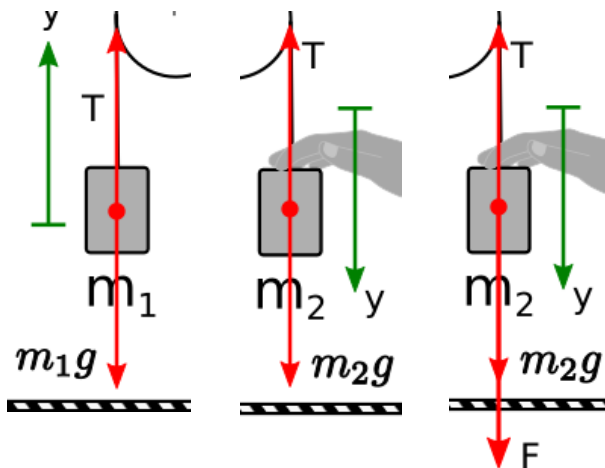


א. על פי התיאור בשאלה במהלך שתי השניות הראשונות הגופים במנוחה ולכן נשתמש בחוק שראשון של ניוטון. מהגרף ניתן לקרוא שבפרק זמן זה המתיחות היא 30 ניוטון ולכן:

$$\begin{aligned}\sum \vec{F} &= 0 \\ T - m_1 g &= 0 \\ m_1 &= \frac{T}{g} = \frac{30}{10} = 3 \text{ kg}\end{aligned}$$

המסה m_1 היא 3 ק"ג

ב. נשרטט את תרשימים הכוחות לשני הגופים ונרשום את משוואות התנועה:



לכל פרק הזמן: $2 \text{ sec} \leq t \leq 5 \text{ sec}$ לפרק הזמן: $4 \text{ sec} \leq t \leq 5 \text{ sec}$ לפרק הזמן: $2 \text{ sec} \leq t \leq 4 \text{ sec}$

לפרק הזמן $2 \text{ sec} \leq t \leq 4 \text{ sec}$

$$\begin{aligned}(2) \quad \sum \vec{F} &= m_1 a_I \\ T_I - m_1 g &= m_1 a_I\end{aligned} \quad \begin{aligned}(1) \quad \sum \vec{F} &= m_1 a_I \\ m_2 g + F - T_I &= m_2 a_I\end{aligned}$$

לפרק הזמן $4 \text{ sec} < t \leq 5 \text{ sec}$

$$\begin{aligned}(4) \quad \sum \vec{F} &= m_1 a_{II} \\ T_{II} - m_1 g &= m_1 a_{II}\end{aligned} \quad \begin{aligned}(3) \quad \sum \vec{F} &= m_1 a_{II} \\ m_2 g - T_{II} &= m_2 a_{II}\end{aligned}$$

ג. נשווה בין המשוואות, ונציב את המתיחות מהגרף בכל אחד מפרקי התנועה, נשים לב שהמתיחות, כמו התאוצה, אינה שווה בין פרקי התנועה.

$$\begin{array}{ll}
 (1) & (3) \\
 a_I = \frac{T_I - m_1 g}{m_1} & m_2 = \frac{-T_{II}}{a_{II} - g} \\
 a_I = \frac{33 - 3 \cdot 10}{3} & m_2 = \frac{-24}{(-2 - 10)} \\
 a_I = 1 \text{ m/s}^2 & m_2 = 2 \text{ kg} \\
 \hline
 (4) & \{m_2 = \frac{-27}{(-2 - 10)} = 2.25 \text{ kg}\} \\
 a_{II} = \frac{T_{II} - m_1 g}{m_1} & \hline
 a_{II} = \frac{24 - 3 \cdot 10}{3} & (2) \\
 a_{II} = -2 \text{ m/s}^2 & F = m_2 a_I - m_2 g + T_I \\
 & F = 2 \cdot 1 - 2 \cdot 10 + 33 \\
 & F = 15 \text{ N} \\
 & \{F = 2.25 \cdot 1 - 2.25 \cdot 10 + 33 = 12.75 \text{ N}\}
 \end{array}$$

(1) גודל תאוצת הגופים בקטע התנועה השני היא 1 מטר לשנייה בריבוע כלפי מטה לגוף m_2 (עם כוון השעון).

(2) המסה m_2 גודלה 2 ק"ג.

(3) הכוח F שווה ל-15 ניוטון כלפי מטה.

ד. התשובה הנכונה היא (c) הכוח השקול הפועל על המערכת לא משתנה, מסת המערכת גדלה ולכן תאוצתה קטנה, אך המתיחות בחוט תקטן.

אם המסה שמוסיפים על גבי המסה m_2 שווה ל-1.5 ק"ג הכוח שהיא תפעיל כלפי מטה הוא 15 ניוטון כמו הכוח שהופעל על ידי האדם לפני כן ולכן הכוח השקול לא ישתנה.

מסת המערכת לעומת זו גדלה ולכן התאוצה תקטן על פי החוק השני של ניוטון.

לבסוף על פי (4) לעיל ניתן לראות ש $T'_{II} = m_1 g + m_1 a'$ (תג עבור התאוצה והמהירות החדשים) ולכן אם התאוצה קטנה גם המתיחות תקטן.



א. בחמש השניות הראשונות תנע הכדור אינו משתנה ולכן לפי משפט מתקף תנע לא פעל עליו מתקף ומאחר והפרש הזמנים שונה מאפס הכוח **שפעל על הגוף הוא אפס**.

ב. בקטע השני שמשכו 3 שניות פועל על הגוף כוח קבוע מאחר וניתן לראות שינוי קבוע בתנע. לכן על פי משפט מתקף-תנע והגדרת המתקף:

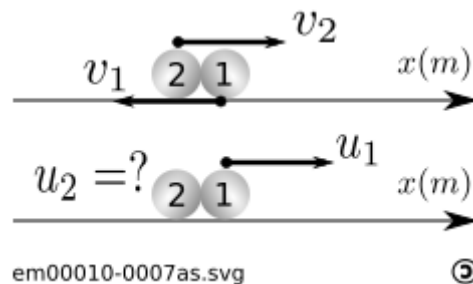
$$J = \Delta P$$

$$J = F \Delta t$$

$$F = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{-12 - 15}{3} = -9 \text{ N}$$

הכוח הפועל על הכדור הוא 9 ניוטון בכיוון שמאל.

ג. נשרטט את כיווני המהירויות הידועים לפני ואחרי ההתנגשות:



החיכוך זניח והכבידה אינה פועלת בכיוון השינוי בתנע לכן המערכת סגורה ומתקיים חוק שימור התנע. על פי הגרף השינוי בתנע של הכדור הראשון שווה ל $24 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$ והוא צריך להשתוות לזה של הכדור השני. על פי הנתונים התנע של הכדור השני שווה ל:

$$P_2 = mv = 1 \cdot 4 = 4 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$$

$$P_1 + P_2 = P'_1 + P'_2$$

$$P'_2 = P_2 - \Delta P_1 = 4 - 24 = -20 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$$

$$u_2 = P'_2 \frac{1}{m} = \frac{-20}{1} = -20 \text{ m/s}$$

מהירותו של הכדור השני לאחר ההתנגשות היא 20 מטר לשנייה שמאלה.

ד. נתייחס לתנע של הכדורים לפני ואחרי ההתנגשות:

(1) התנע של הכדור השני **השתנה** כפי שהראינו בסעיף הקודם.

(2) מהירותו של הכדור הראשון **השתנתה** היא הפכה כיוון מאחר והתנע שלו הפך כיוון ומסתו קבועה.

(3) האנרגיה הקינטית של הכדור הראשון **לא השתנתה** ביחס לאנרגיה שלו לפני ההתנגשות מאחר וכאמור מהירותו הפכה כיוון ומסתו לא השתנתה ומאחר והאנרגיה הקינטית תלויה בריבוע המהירות.

ה. נבדוק האם השתמרה האנרגיה הקינטית של הכדור השני:

$$E_{k2} = \frac{1}{2} m v_2^2 = 0.5 \cdot 1 \cdot 4^2 = 8 \text{ J}$$

$$E'_{k2} = \frac{1}{2} m u_2^2 = 0.5 \cdot 1 \cdot 20^2 = 200 \text{ J}$$

האנרגיה גדלה כלומר פעל כוח פנימי בין הכדורים ולכן ההתנגשות אינה אלסטית.

פרק ב – חשמל

בפרק זה עליכם לענות על שתי שאלות בלבד מתוך שאלות 4-6

שאלה 4

א. (c) בתהליך טעינת הכדור B גרעו ממנו אלקטרונים. קיימת דחייה בין הכדורים ולכן הכדור טעון במטען זהה בסימנו למטען של A, כלומר חיובי. כאשר טוענים מוליך במטען חיובי יש להפחית את כמות האלקטרונים שלו ע"מ שמטען הפרוטונים יורגש.
ב. עבור מערכת שני הכדורים:

(1) על פי חישוב גאומטרי **המרחק בין שני הכדורים הוא 0.2 מטר**. $r = l + 2 \sin(\alpha) = 0.1 + 2 \cdot 0.05 = 0.2 \text{ cm}$

F_E - הכוח החשמלי.

T - המתיחות.

mg - כבידה.

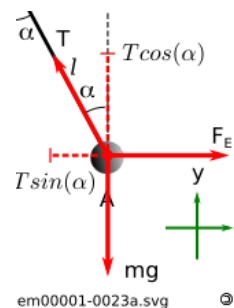
(3) המערכת בשיווי משקל ולכן נשתמש בחוק הראשון של ניוטון:

$$\sum \vec{F} = 0$$

$$x: F_E - T \sin(\alpha) = 0$$

$$y: T \cos(\alpha) - mg = 0$$

$$F_E = \frac{k q_1 q_2}{r^2}$$



הכוח הוא הפועל בין שני מטענים נקודתיים ולכן נשתמש בחוק קולון. נתון שהמטענים שווים בגודלם.

$$q_1 = q_2 = q$$

$$\frac{F_E}{mg} = \tan(\alpha)$$

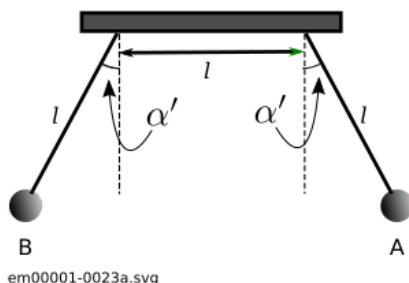
$$\frac{k q^2}{r^2} = \tan(\alpha)$$

$$q = r \sqrt{\frac{\tan(\alpha) mg}{k}}$$

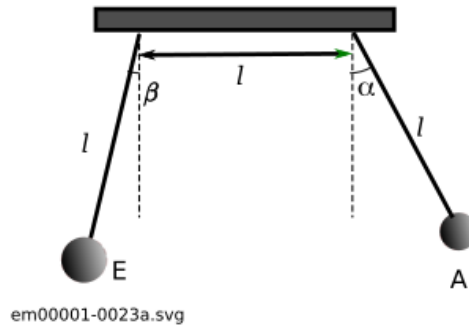
$$q = 0.2 \sqrt{\frac{\tan(30) 0.2 \cdot 10}{9 \times 10^9}} = 2.27 \times 10^{-6} \text{ C}$$

(3) **מטען הכדורים הוא 2.27 מיקרוקולון.**

ג. אם מטענו של D גדול ממטענו של B לפי חוק קולון הכוח בין הכדורים יגדל פי שניים ולכן המרחק בו יהיו בשיווי משקל יגדל גם כן (לא ביחס ישר בגלל שהמתיחות אינה מאונכת לכוח החשמלי). מאחר ולכדורים מסה זהה והכוח החשמלי שהם מפעילים אחד על השני שווה (חוק שלישי/חוק קולון) הם יסטו בזווית שווה. השרטוט כמו בתרשים א' שבשאלה אלה בזווית גדולה יותר.



ד. כעת הכוח שפועל בין הכדורים לא בשתנה ביחס לתחילת השאלה אלה שמסת הכדור E גדולה מזו של A ולכן הכדור יסטה פחות מ-A.



ה. הכדורים בשיווי משקל כשאופקית פועלים כרגע רק הכוחות החשמליים ביניהם. על הכדור C להפעיל כוח שווה בגודלו והפוך בכוונו לכוח שמפעילים הכדורים אחד על השני. לכן על הכדור להיות טעון שלילית כדי להפעיל כוח מנוגד בכוונו. נחשב את גודל מטען הכדור בהסתכלות על כדור B :

$$F_{CB} = F_{AB}$$

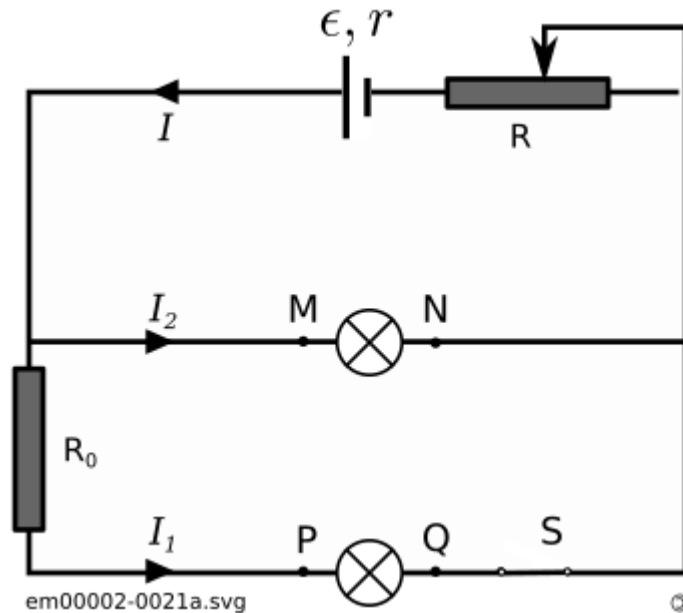
$$\frac{kq_C q_B}{r_{CB}^2} = \frac{kq_A q_B}{r_{AB}^2}$$

$$\frac{q_C}{r_{CB}^2} = \frac{q}{r_{AB}^2}$$

$$q_C = q \left(\frac{r_{CB}}{r_{AB}} \right)^2$$

$$q_C = q \left(\frac{0.1}{0.2} \right)^2 = 0.25 q$$

q רבע מהמטען C מטענו של



(1) הנורה L_1 מחוברת בין הנקודות P ו- Q .

הענפים מחוברים במקביל לכן המתח בקצותיהם זהה ושווה ל- V_{MN} . הנורות דולקות באורם המרבי מבלי להישרף ולכן המתח עליהן הוא כמו המתח הרשום עליהן. לפי הנתונים המתח הנתון על L_2 גבוה מהמתח על L_1 , בענף PQ יש התנגדות נוספת המתח ולכן V_{PQ} נמוך מהמתח V_{MN} ומכאן שכדי שהנורות יאירו באורן המלא מבלי להישרף L_1 נמצאת בין PQ .
ב. נחשב את גודל הנגדים:

(1) נשתמש בחוק אוהם, $V = IR$ עבור כל אחד מהענפים ובעובדה שהמתח על שני הענפים זהה:

$$\begin{aligned} V_{MN} &= I_1(R_1 + R_0) \\ V_{MN} &= R_2 I_2 \\ \hline R_0 I_1 &= V_{MN} - R_1 I_1 \\ R_0 &= \frac{V_{MN} - R_1 I_1}{I_1} \\ R_0 &= \frac{30 - 20 \cdot 0.5}{0.5} \\ R_0 &= 40 \Omega \end{aligned}$$

הנגד R_0 התנגדותו 40 אוהם.

(2) ההספק החשמלי נתון על ידי $P = IV$ ובנגד אוהמי על ידי $P = \frac{V^2}{R}$.

נחשב את התנגדות כל אחת מהנורות ואת הזרם המתאים להספק מרבי.

$$\begin{aligned} R &= \frac{V^2}{P} \\ I_{L1} &= \frac{5}{10} = 0.5 \text{ A} \quad I_{L2} = \frac{12}{30} = 0.4 \text{ A} \\ R_{L1} &= \frac{100}{5} = 20 \Omega, \quad R_{L2} = \frac{900}{12} = 75 \Omega \end{aligned}$$

משיקולי שימור המטען נובע שהזרם דרך הסוללה הוא סכום הזרמים בענפים $I = 0.4 + 0.5 = 0.9 \text{ A}$

נשתמש בנוסחה לכא"מ ומתח הדקים: $\epsilon = V - Ir$.

ההתנגדות הפנימית ו- R מחוברים בטור ולכן:

$$\begin{aligned}V_{MN} &= \epsilon - I(R+r) \\ R &= \frac{\epsilon - Ir - V_{MN}}{I} \\ R &= \frac{60 - 0.9 \cdot 5 - 30}{0.9} \\ R &= 28.3 \Omega\end{aligned}$$

התנגדות R במצבו הנוכחי שווה 28.3 אוהם.

ג. **הזרם יגדל והנורה תישרף.**

כשנפתח את המתג ההתנגדות השקולה תגדל, הזרם במעגל כולו יקטן ולכן מתח ההדקים יגדל כלומר הזרם דרך הנורה יגדל והנורה תישרף.

או

ניתן לחשב את הזרם על ידי מציאת התנגדות הנורה ושימוש בחוק אוהם:

$$I' = \frac{\epsilon}{r + R + R_{L2}} = \frac{60}{5 + 28.3 + 75} = 0.55 \text{ A} > 0.4 \text{ A}$$

ד. L_1 **מאירה בעצמתה המרבית.**

L_1 מחוברת למתח במעגל הראשי, המתח המרבי המותר לנורה זו הוא 10 V שהוא נמוך מהמתח הנחוץ לנורה L_2 לכן אם יכוונו התלמידים את הנגד המשתנה כך שהמתח על L_1 יהיה מתאים המתח על L_2 יהיה נמוך מהנדרש והיא לא תאיר באורה המרבי.

ה. **הנצילות בניסוי ראשון נמוכה מבניסוי השני.**

נצילות המקור היא היחס בין הכא"מ למתח הדקים כבר ראינו בסעיף קודם שהזרם בסוללה יקטן במעבר למעגל השני לכן יגדל מתח ההדקים והנצילות בהתאם.

או

$$\begin{aligned}\eta_1 &= \frac{\epsilon - Ir}{\epsilon I} 100 = \frac{60 - 0.9 \cdot 5}{60} \cdot 100 = 93\% \\ \eta_2 &= \frac{\epsilon - Ir}{\epsilon I} 100 = \frac{60 - 0.55 \cdot 5}{60} \cdot 100 = 95\%\end{aligned}$$

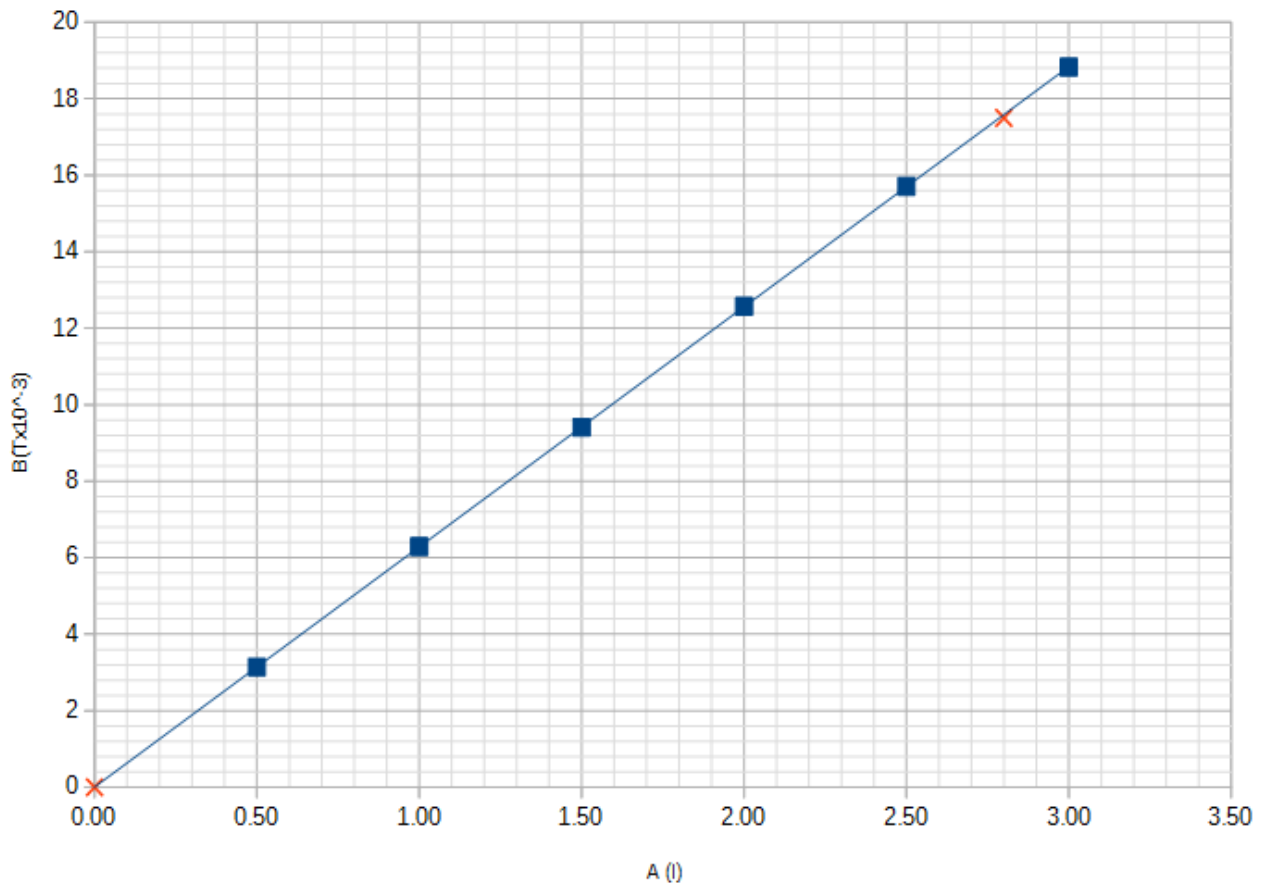
שאלה 6

א. התלמידים הזיזו את הגררה:

(1) הנגד מחובר בטור לסילונית ולכן הקטנת ההתנגדות תגדיל את הזרם כלומר התלמידים **הזיזו את הגררה מ- M ל- N** .

(2) **לפי כלל הבורג השדה המגנטי מ- P ל- Q** .

ב. נשרטט גרף:



em00003-0026a.ods

ג. השדה הנוצר על ידי סילונית נתון על ידי: $B = \mu_0 \frac{NI}{L}$

(1) נזהה את I כמשתנה הבלתי תלוי, B המשתנה התלוי והשיפוע $\mu_0 \frac{N}{L}$.

נמדוד שתי נקודות בגרף ונחשב את שיפוע העקומה: $m = \frac{17.5 - 0}{2.8 - 0} \cdot 10^{-3} = 0.00625 \text{ T/A}$

נשווה לביטוי לעיל ונחלץ את L .

$$L = \frac{\mu_0 N}{m} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \cdot 2000}{0.00625} = 0.40 \text{ m}$$

אורך הסילונית 40 ס"מ.

(2) נציב את השיפוע בביטוי מ-ג:

$$B = 0.00625 I$$

$$B = 0.00625 \cdot 1.25 = 7.82 \times 10^{-3} \text{ T}$$

כשהזרם 1.25 A השדה הוא 7.82 מילי-טסלה.

ד. **החלקיק הוא שלילי** מאחר והכוח הפועל עליו הוא אל מרכז המעגל ולפי הכלל הימנית הכוח הפועל על חלקיק חיובי הוא אל מחוץ למעגל לכן החלקיק שלילי.

ה. החלקיק נע בתנועה מעגלית, לכן על פי חוק שני של ניוטון והביטוי לכוח המגנטי הפועל על חלקיק הנע בשדה מגנטי נקבל:

$$\begin{aligned} \sum \vec{F} &= m \vec{a} & qvB &= m \frac{v^2}{r} \\ F_R &= ma_R & \frac{m}{q} &= \frac{BR}{v} \\ a_R &= \frac{v^2}{r} & \frac{m}{q} &= \frac{7.82 \times 10^{-3} \cdot 0.025}{2 \times 10^4} \\ F_R &= qvB \cos(\alpha) \quad \alpha = 90^\circ \quad r = 2.5 \text{ cm} = 0.025 \text{ m} \end{aligned}$$

היחס בין מסת החלקיק למטענו הוא $\frac{m}{q} = 9.78 \times 10^{-9} \text{ kg/C}$.

פרק ג – פרקים נוספים

שאלה 7

א. השטף המגנטי נתון על ידי $\Phi = B A \cos(\alpha)$ והכא"מ המושרה על פי חוק פרדי נתון על ידי: $\epsilon = \left| \frac{d\Phi}{dt} \right|$.

במקרה זה השטח קבוע ולכן הכא"מ המושרה מקורו בשינוי עצמת השדה.

$$MO_1 = NO_2 = 20 \text{ cm} = 0.2 \text{ m} \quad A = 0.2^2 = 0.04 \text{ m}^2 \quad \epsilon = A \cos(90) \frac{dB}{dt} = A \frac{d4t}{dt} = 0.04 \cdot 4 = 0.16 \text{ V}$$

הכא"מ המושרה במסגרת הוא 0.16 וולט והזרם על פי חוק אוהם הוא 0.4 אמפר:

$$V = IR \Rightarrow I = \frac{V}{R} = \frac{0.16}{0.4} = 0.4 \text{ A}$$

ב. **מ-M ל-N.** השדה המגנטי באזור המסגרת הוא אל תוך הדף והוא גדל, לכן על פי חוק לנץ הזרם שנוצר כתוצאה משינוי השדה ישאף להקטין את עוצמת השדה הנוצר כלומר יוצר שדה מושרה אל מחוץ לדף. שדה כזה על פי כלל הבורג נוצר על ידי זרם הנע הזורם נגד כוון השעון, מ-M ל-N.

ג. הכוח הפועל על המוט הוא הכוח המגנטי הפועל על תיל נושא זרם. $F = IBL$.

הזרם הוא הזרם המושרה והשדה הוא השדה התלוי בזמן שנתון ולכן: $F = 0.4 \cdot 4 \cdot t \cdot 0.2 = 0.32 t$.

ד. נחפש מתי עצמת הזרם במעגל תגדל על המתיחות המרבית של חוט המשי.

$$0.32 t = 0.4 \Rightarrow t = 1.25 \text{ sec}$$

כלומר לאחר 1.25 שניות יקרע החוט.

ה. נחשב את עצמת השדה ברגע קריעת החוט: $B = 4 t = 4 \cdot 1.25 = 5 \text{ T}$

(1) הכוח הוא הכוח הנחוץ להנעת המוט במהירות קבוע נגד הכוח המגנטי הנוצר כתוצאה מזרימת הזרם המושרה. $F = IBL$.

נחשב את הזרם המושרה הנובע מהנעת המוט (שונה מהזרם המושרה הנובע משינוי עוצמת השדה שבסעיפים הקודמים):

$$I = \frac{\epsilon}{R} = \frac{v B l \sin(\alpha)}{R}$$

$$I = \frac{0.4 \cdot 5 \cdot 0.2}{0.4} = 1 \text{ A}$$

ולכן הכוח החיצוני שיש להפעיל הוא: $F_{ext} = 1 \cdot 5 \cdot 0.2 = 1 \text{ N}$

עצמתו של הכוח החיצוני צריכה להיות 1 ניוטון בכיוון ימין ככיוון תנועת המוט והעבודה היא 0.2 ג'אול, על פי הגדרת העבודה.

$$W = F \Delta x = 1 \cdot 0.2 = 0.2 \text{ J}$$

(2) הספק האנרגיה החום בנגד נתונה על ידי: $P = IV$ והאנרגיה בפרק זמן נתון נתונה על פי הגדרת ההספק $E = W \Delta t$ מאחר והזרם

והמתח נמצאו בסעיף קודם נחשב את פרק הזמן שבו יעבור המוט את המרחק ΔS במהירות קבועה:

$$t = \frac{\Delta S}{v} = \frac{0.2}{0.4} = 0.5 \text{ sec}$$

$$E = IV \Delta t = 1 \cdot 0.4 \cdot 0.5 = 0.2 \text{ J}$$

האנרגיה המופקת בקבל במשך הזמן הנתון היא 0.2 ג'אול.

(3) **התוצאה הזוהי בשני הסעיפים היא ביטוי של חוק שימור האנרגיה, כל האנרגיה המושקעת על ידי הכוח החיצוני מנוצלת בנגד**

מאחר והוא הצרכן היחיד במערכת. (התיילים חסרי התנגדות המוט מחליק ללא חיכוך).

(4) במשך זמן תנועת המוט השדה המגנטי במסגרת **נמוך** מהשדה שנקבע בסעיף ה. כתוצאה מהגידול בשטח המסגרת גדל השטף המגנטי דרכה ועל פי חוק לנץ הזרם שנוצר ישאף להקטין את סיבת היווצרותו והוא ייצור שדה המנוגד בכיוונו לשדה הקיים ולכן סכומם הווקטורי קטן מערכו של השדה הקבוע.

שאלה 8

א. קיבול היא כמות המטען ליחידת מתח שמוליך יכול להכיל.

$$A = 200 \text{ cm}^2 = 200 \cdot 0.01 \cdot 0.01 = 0.02 \text{ m}^2$$

$$d = 0.25 \text{ mm} = 0.25 \times 10^{-3}$$

$$C = \frac{8.85 \times 10^{-12} \cdot 3.85 \cdot 0.02}{0.25 \times 10^{-3}}$$

$$C = 2.73 \times 10^{-9} \text{ F} = 2.73 \text{ nF}$$

ב. הקיבול של קבל לוחות נתון על ידי: $C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{d}$ נציב נתונים:

קיבול הקבל הוא 2.73 מיקרו-פרד.

ג. מאחר והקבלים מחוברים בטור המטען עליהם זהה ושווה למטען על הקבל השקול לשניהם. נחשב את הקיבול השקול עבור שני

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

קבלים המחוברים במקביל:

$$C_1 = C_2$$

$$C_T = 0.5 C$$

$$Q = C V = 0.5 C \cdot \epsilon$$

$$Q = 0.5 \cdot 2.73 \times 10^{-9} \cdot 1.5$$

על פי הגדרת הקיבול, $C = \frac{Q}{V}$ נחלץ את המטען:

$$Q = 2.04 \times 10^{-9} \text{ C}$$

המטען על כל לוח הוא 2.04 ננו-קולון וסימן המטען יקבע על ידי קוטביות הסוללה. לוחות 1 ו-3 יהיו לכן טעונים חיובית ולוחות 2 ו-4 שלילית.

התלמידה לוקחת את הקבל אחרי זמן ארוך ולכן ניתן להניח שהקבל טעון לגמרי והמתח עליו שווה לכא"מ.

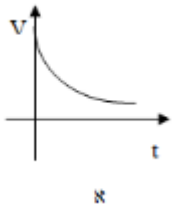
ד. **השרטוט הנכון הוא א.** על הנגד יהיה הפרש פוטנציאלים רק כשיזרום בו זרם. בתחילת הפריקה יהיה

הזרם בעצמתו המרבית (ראו תרשים ה') ולכן המתח על הנגד מרבי. הזרם יורד בצורה מערכית ומאחר

והמתח על הנגד תלוי בזרם לינארית על פי חוק אוהם גם המתח ירד כך ולכן שרטוט א.

ה. ניתן לחשב את ההתנגדות בשתי דרכים. (בגלל שגיאה בגרף המקורי התוצאות בבחינה לא היו זהות

בשתי הדרכים אך ניקוד מלא ניתן לשתיהן. הגרף כאן הוא הגרף המתוקן.)



דרך א: על פי חוק אוהם הזרם ההתחלתי הוא 15

מיקרו-אמפר והמתח הוא 1.5 וולט ולכן:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{1.5}{15 \times 10^{-6}} = 1 \times 10^6 \Omega = 1 \text{ M}\Omega$$

דרך ב: נבדוק באיזה זמן ירדה עוצמת הזרם לכ-37% מערכו

המקורי כלומר ל.

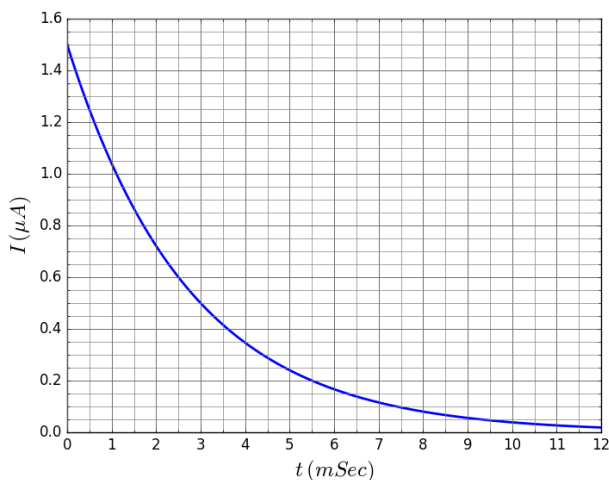
זה קורה לאחר כ-2.95 מילי-שניות וזה אמור להיות ערכו של

קבוע הדעיכה כלומר:

$$\tau = RC = 2.95 \times 10^{-3} \text{ s}$$

$$R = \frac{\tau}{C} = \frac{2.95 \times 10^{-3}}{2.73 \times 10^{-9}} = 1.07 \times 10^6 \Omega \approx 1 \text{ M}\Omega$$

ההתנגדות הנגד היא 1 מגה אוהם.



תרשים ה' - גרף מתוקן

שאלה 9

נתון: $m_1=900\text{ gr}=0.9\text{ kg}$ $m_2=1500\text{ gr}=1.5\text{ kg}$ $k=45\text{ N/m}$ $L_0=0.3\text{ m}$

א. ערכה המרבי של האנרגיה האלסטית יתקבל כאשר הקפיץ באורכו הגדול ביותר במהלך התנועה. מצב זה יקרה גם כאשר הקפיץ בשוויו משקל כששתי המסות קשורות אליו. על פי חוק הוק נחשב מצב זה ולאחר מכן את האנרגיה האגורה בקפיץ:

$$\begin{aligned}\sum \vec{F} &= 0 \\ F_{sp} - (m_1 + m_2)g &= 0 \\ F_{sp} &= -k \Delta L \\ \Delta L &= \frac{-(m_1 + m_2)g}{k} \\ \Delta L &= \frac{-(0.9 + 1.5)10}{45} \\ \Delta L &= -0.53\text{ m}\end{aligned}\quad \begin{aligned}U_{sp} &= \frac{1}{2}k \Delta L^2 \\ U_{sp} &= \frac{1}{2}45(-0.53)^2 \\ U_{sp} &= 6.32\text{ J}\end{aligned}$$

האנרגיה האגורה בקפיץ היא 6.32 ג'אול.

ב. האנרגיה הקינטית המרבית תתקבל כאשר הגוף יעבור בנקודת שווי משקל של האוסילטור (מתנד). מאחר וכוח הקפיץ משמר האנרגיה הקינטית המרבית שווה לאנרגיה הפוטנציאלית כאשר הגוף במשרעת מלאה. נקודה שווה המשקל היא הנקודה שבה נמצא הקפיץ המתנדנד במצב שווי משקל עם מסת הגוף m_1 . נחשב מה מרחק נקודה זו מהנקודה בה החלה התנועה שהיא במרחק משרעת מלאה משווי משקל.

$$\begin{aligned}\Delta L' &= \frac{m_1 g}{k} = \frac{9}{45} = 0.2\text{ m} \\ A &= \Delta L - \Delta L' = 0.53 - 0.2 = 0.33\text{ m} \\ U_{sp(max)} &= \frac{1}{2}k A^2 = 0.5 \cdot 45 \cdot 0.33^2 = 2.45\text{ J} = E_{k(max)}\end{aligned}$$

האנרגיה הקינטית המרבית היא 2.45 ג'אול.

ג. אנרגיה זו תתקבל לראשונה כשהגוף יעבור בפעם הראשונה בנקודת שווי משקל, כלומר אחרי רבע מחזור מתנועתו. לכן נחשב ראשית את זמן מחזור התנועה. נזכור שעבור קפיץ אנכי מתקיים שקבוע התנועה C שווה לקבוע הקפיץ k . ולכן:

$$\begin{aligned}T &= \frac{2\pi}{\omega} \\ \omega &= \sqrt{\frac{c}{m}} = \sqrt{\frac{k}{m}} \\ T &= 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \\ T &= 2\pi \sqrt{\frac{0.9}{45}} \\ T &= 0.89\text{ s} \Rightarrow 0.25 T = 0.22\text{ s}\end{aligned}$$

ד. למשקולת תהיה לראשונה אנרגיה זו לאחר 22 שניות מתחילת התנועה.

ה. הכוח השקול המרבי יפעל על המשקולת כשהיא המשרעת מלאה והוא נתון על ידי משוואת התנועה של אוסילטור בעל קבוע תנועה k .

$$F_{max} = kA = 45 \cdot 0.33 = 14.85\text{ N} \quad \text{1) הכוח השקולה המרבי הוא 14.85 ניוטון.}$$

2) הכוח הנ"ל יפעל בשתי נקודות הקצה של התנועה. לחישוב המרחק מהתקרה יש לכלול גם את אורך הקפיץ הרפוי. נקודת המשרעת התחתונה תתקבל כפי שחושב במרחק 0.53 מטר מנקודת הרפיון ולכן במרחק **0.83 מטר** מהתקרה. הנקודה השנייה גבוהה ממנה בשתי משרעות ולכן הנקודה השנייה תתקבל במרחק **0.17 מטר** מהתקרה.

$$x_{A(top)} = x_{A(Bottom)} - 2A = 0.83 - 2 \cdot 0.33 = 0.17\text{ m}$$

ו. **כן יתכן מצב בו הקפיץ לא מפעיל כוח על התקרה.** נתון שהקפיץ חסר מסה ולכן בנקודת הרפיון לא יפעיל כוח על התקרה כי התארכותו אפס. מאחר ונקודה שסומנה לעיל $x_{A(top)}$ נמצאת מעל לנקודת הרפיון, ישנו רגע במהלך התנועה שהמשקולת עוברת בנקודת הרפיון ואינה מפעילה כוח על התקרה.