

כ"ח אדר תשע"ז 26.03.2017

פתרון לטרומ מתכונת בפיזיקה תשע"ז
מורים: בוריס באום, עדי נגה, אורן גילת
גרסה 1.54



פתרון לטרומ מתכונת בפיזיקה תשע"ז

מכניקה וחשמל

פרק א – מכניקה

בפרק זה עליכם לענות על שתי שאלות בלבד מתוך שאלות 1-3

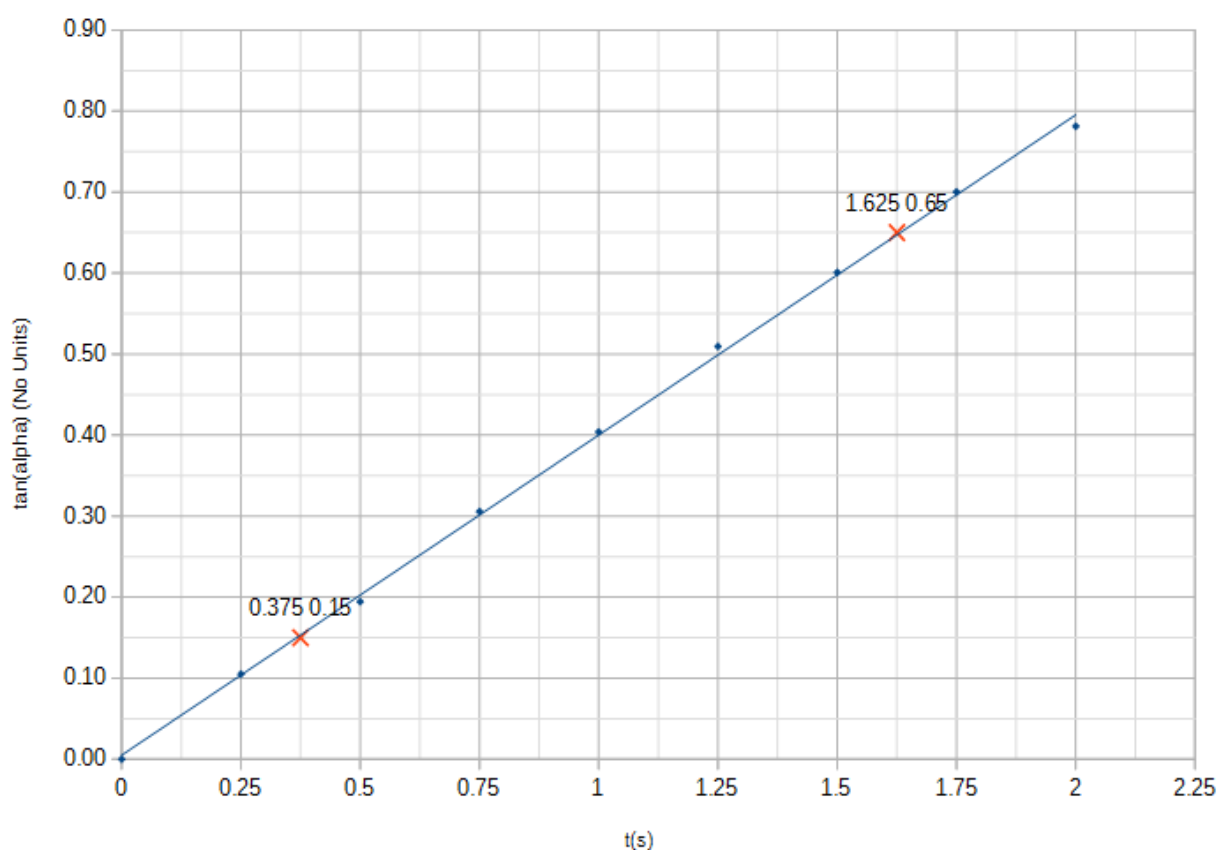
שאלה 1

א. נשלים את הטבלה:

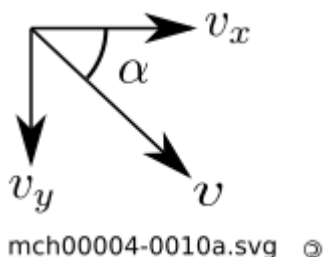
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$t(s)$	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00
$\alpha(^{\circ})$	0	6	11	17	22	27	31	35	38
$\tan \alpha$	0.00	0.11	0.19	0.31	0.40	0.51	0.60	0.70	0.78

נשרטט את הגרף:

טנגס הזווית כתלות בזמן



ב.



(1) הגוף נזרק אופקית לכן בציר האופקי אין לו תאוצה בעוד שבציר האנכי הוא בנפילה חופשית,

תאוצתו g בציר זה. נשתמש בביטוי למהירות עבור גוף בתאוצה קבועה: $v = v_0 + at$.

מחיבור ווקטורים מהירותו השקולה של הגוף נתונה על ידי: $\tan(\alpha) = \frac{v_y}{v_x}$ כאשר

$v_x = v$, $v_y = gt$ ומאחר והגוף נזרק אופקית כל מהירותו ההתחלתית היא בכיוון ציר x.

לכן נקבל את הקשר הבא: $\tan(\alpha) = \frac{g}{v} t$

(2) הקשר בין $\tan \alpha$ לזמן הוא **ישר**, מאחר ו- $\tan \alpha$ שווה למכפלה של הזמן בגורם קבוע ובמשוואה אין איבר חופשי.

(3) בזריקה אופקית כל מהירותו ההתחלתית של הגוף מקבילה לציר האופקי ולכן הזווית וטנגנס הזווית שווים לאפס.

ג. השיפוע בביטוי שמצאנו שווה ל $\frac{g}{v}$ נשווה אותו לשיפוע הגרף ששרטטנו ונחליץ את המכנה.

$$\text{slop} = \frac{(0.65 - 0.15)}{(1.625 - 0.38)} = 0.4 \frac{1}{\text{sec}}$$

$$v = \frac{10}{0.4} = 25 \text{ m/s}$$

מהירותו ההתחלתית של הגוף היא 25 מטר לשנייה.

ד. נציב בביטוי לעיל את ערך השיפוע שמצאנו ואת הזווית הנתונה ונחליץ את זמן מעופו של הגוף:

$$\tan(\alpha) = 0.4 t$$

$$t = 2.5 \tan(\alpha)$$

$$t = 2.5 \tan(50^\circ) = 2.98 \text{ sec}$$

נחשב כעת את המרחק האופקי על פי משוואת מקום למהירות קבועה:

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

$$x = 0 + 25 \cdot 2.98 = 74.5 \text{ m}$$

ואת המרחק האנכי על פי משוואת מקום לגוף בעל תאוצה קבועה:

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

$$y = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 2.98^2 = 44.40 \text{ m}$$

מרחקו האופקי של הגוף מנקודת הזריקה הוא 74.5 מטר וגובה המגדל הוא 44.40 מטר.

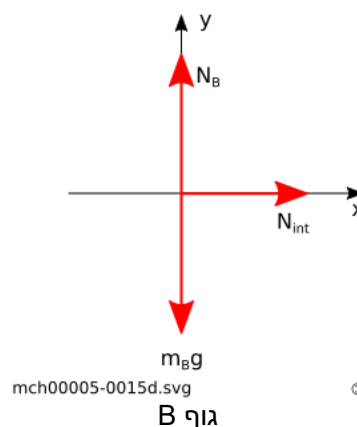
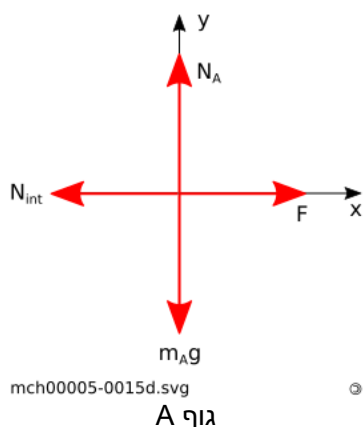
שאלה 2

נתון $m_A = 5 \text{ kg}$, $m_B = 3 \text{ kg}$, משטח חלק.

א. על גוף a פועל כוח שקול גבוה יותר מאחר ושני הגופים נעים יחד תאוצתם שווה. לעומת זאת מסותיהן של הגופים שונות ולכן על פי החוק השני של ניוטון על הגוף בעל המסה הגדולה צריך לפעול כוח שקול גדול יותר.

ב. בעת פעולת הכוח F :

(1) תרשימי כוחות לגופים:



(2) הכוח הפועל בין שני הגופים הוא הנורמל המסומן ב N_{int} .

הגופים בהתמדה בציר ה y. בציר x פועל כוח על המערכת בכוון אחד לכן המערכת בתאוצה.

נרשום את משוואות התנועה על פי החוק השני של ניוטון $\sum \vec{F} = m \vec{a}$:

$$n_{int} = m_B a$$

$$a = \frac{N_{int}}{m_A}$$

גוף B

גוף A

נשווה בין שתי התאוצות, נחליף את הנורמל ונציב ערכים נתונים; מסות לעיל וכוח השווה ל-32 ניוטון על פי הגרף:

$$\begin{aligned} \frac{F - N_{int}}{m_A} &= \frac{N_{int}}{m_B} \\ N_{int} &= \frac{F m_B}{m_A + m_B} \\ N_{int} &= \frac{32 \cdot 3}{5 + 3} = 12 \text{ N} \end{aligned}$$

גודל הכוח הפועל בין הגופים הוא 12 ניוטון.

(3) נציב את הערך לעיל בתאוצת גוף A ונקבל שתאוצת המערכת שווה ל-4 מטר לשנייה בריבוע.

ג. הגופים נעים בתאוצות קבועות למקוטעין.

עד שנייה אחת הגופים נחים על פי הנתון שהם התחילו ממנוחה והעובדה שהכוח שווה לאפס בקטע זמן זה.

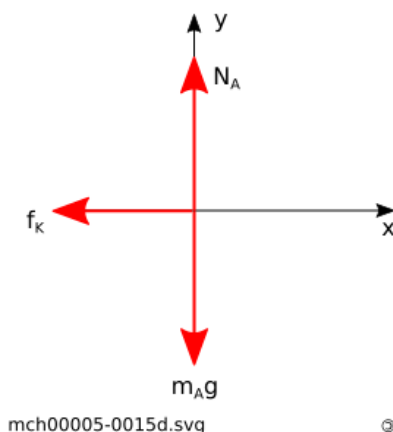
$$\begin{aligned} x &= x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \\ v &= v_0 + a t \\ x_1 &= 0 + 0 + \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 3^2 = 18 \text{ m} \\ v_1 &= 0 + 4 \cdot 3 = 12 \text{ m/s} \end{aligned}$$

בפרק הזמן $1 \leq t < 4$ הגופים נעים בתאוצה קבועה ולכן

בפרק הזמן $4 \leq t < 6$ הגופים נעים במהירות קבועה השווה למהירות בסוף הקטע הקודם ולכן: $x = 18 + 12 \cdot 2 = 42 \text{ m}$

מיקומם של הגופים לאחר שש שניות הוא 42 מטר מימין לנקודת המוצא.

ד. מאחר ומקדם החיכוך שווה לשני הגופים כוח החיכוך לגוף A יהיה גבוה מזה של גוף B ולכן ניתן להניח שלא יפעל כוח בין הגופים.
(כלומר או שינועו בתאוצה קבוע או ש-B יסיג את A). נשרטט תרשים כוחות לגוף A במצב החדש לאחר הפסקת הכוח F:



על פי הנתונים משני הגרפים ניתן להסיק שמשך השלב בו מאט הגוף הוא 5 שניות מאחר והכוח הפסיק לפעול על פי הגרף הראשון ב-4 שניות ועל פי הגרף השני הוא נעצר ב 9 שניות. נחשב את תאוצת הגוף על פי שיפוע הגרף השני כלומר:

$$a' = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{-7.5}{5} = -1.5 \text{ m/s}^2$$

נמצא ביטוי לתאוצה נרשום את משוואות התנועה:

$$\begin{aligned} \sum F &= m_A a' \\ -f_k &= m_A a' \\ f_k &= N_A \mu = m_A g \mu \\ a' &= \mu g \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum F_y &= 0 \\ N_A - m_A g &= 0 \\ N_A &= m_A g \end{aligned}$$

נשווה את הביטוי לערך לעיל ונקבל שמקדם **החיכוך שווה ל-0.15**.

ה. **הגרפים של שני הגופים יהיו זהים** מאחר ובקטע הראשון גוף A מניע את גוף B ולכן בהכרח ינועו יחד ובקטע שני ינועו יחד מאחר וכפי שהתקבל בסעיף הקודם התאוצה בשלב זה אינה תלויה במסה.

שאלה 3

$$m_A = m, \quad m_B = 2m$$

א. מרגע שחרור כדור A ועד רגע לפני פגיעתו בכדור B :

(1) החוט מפעיל על הכדור כוח למשך פרק זמן כלשהו ולכן הוא מפעיל עליו מתקף. כוון המתקף ככוון הכוח כלפי פנים המעגל.

(2) משיקול דומה מפעיל כדור הארץ מתקף על הכדור שכוונו מטה.

ב.

(1) כל הכוחות העושים על הכדור עבודה הם משמרים והמתיחות אינה עושה עבודה כי היא מאונכת לתנועה. לכן נשתמש בשיקולי

שימור אנרגיה מכנית לחישוב המהירות. נמקם את מישור הייחוס בגובה בו נמצא כדור B, הפרש הגבהים בין תחילת וסיום

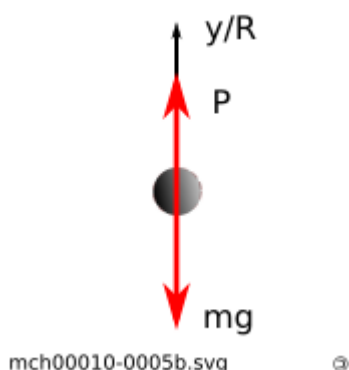
התנועה הוא כגודל הרדיוס, L, וכן נתון ש-A יוצא ממנוחה לכן:

$$mgL = \frac{1}{2} m v^2$$

$$v = \sqrt{2gL}$$

הערה: אין רושמים יחידות כשהביטוי אינו מספרי.

(2) נשרטט את תרשימי הכוחות עבור שני הגופים כאשר גוף A נמצא בתחתית מסלולו.



את משוואות הכוחות (והתנועה) נרשום בהתחשב שגוף A נע בתנועה מעגלית לכן נשתמש עבורו בחוק השני של ניוטון, גוף B

נמצא במנוחה ולכן הוא בשיווי משקל.

$$\sum F_R = m_A a_R$$

$$P - m_B g = m \frac{v^2}{R}$$

$$\sum F = 0$$

$$P - m_B g = 0$$

$$P = 2mg$$

$$P = m_B \left(g + \frac{v^2}{R} \right)$$

$$P = m_B \left(g + \frac{2gL}{L} \right) = 3mg$$

גוף A

גוף B

עבור גוף B הצבנו את המהירות שהתקבלה בסעיף קודם.

המתיחות של החוטים הן $3mg$ עבור כדור A ו- $2mg$ עבור גוף B.

ג. הגופים מתנגשים התנגשות אלסטית חד ממדית מאחר וברגע ההתנגשות לגוף A רק מהירות אופקית, לכן נתייחס בכל המשוואות רק לציר האופקי.

(1) נשתמש בשימור התנע בממד אחד, בהפרש המהירויות בהתנגשות אלסטית ובנתון שגוף B במנוחה לפני ההתנגשות:

$$(1) \quad m_A v_A + m_B v_B = m_A u_A + m_B u_B$$

$$(2) \quad u_A - u_B = -(v_B - v_A)$$

$$v_B = 0, \quad m_A = m, \quad m_B = 2m$$

$$(1) \quad m v_A = m u_A + 2m u_B$$

$$(1) \quad v_A = u_A + 2u_B$$

$$(2) \quad u_A = v_A + u_B$$

$$(1)+(2) \quad u_B = \frac{2}{3} v_A$$

$$u_B = \frac{2}{3} \sqrt{2gL}, \quad u_A = \frac{-1}{3} \sqrt{2gL}$$

כדור A ינוע שמאלה במהירות $\frac{1}{3} \sqrt{2gL}$ וכדור B ימינה במהירות $\frac{2}{3} \sqrt{2gL}$.

(2) על פי משפט מתקף תנע השינוי בתנע שווה לגודל המתקף שפעל על הגוף $J = \Delta P$. לכדור B לא היה תנע לפני ההתנגשות

ולכן המתקף שפעל עליו שווה לתנע שרכש שווה ל $J = m_B u_B = 2m \frac{2}{3} \sqrt{2gL} = \frac{4}{3} m \sqrt{2gL}$ לכוון ימין ככוון מהירותו.

ד. גם במקרה זה כל הכוחות הפועלים על הכדור הם משמרים או שאינם עושים עבודה. לכדור מהירות נמוכה ממהירות ממהירותו של כדור A לפני ההתנגשות ולכן משיקולי אנרגיה יגיע לגובה נמוך מ-L.

ה. ישנן מספר אפשרויות:

- ניתן להקנות לכדור A מהירות התחלתית המתאימה להפרש באנרגיות הפוטנציאליות. (לאיזה כוון יש להקנות את המהירות לכדור?)
- ניתן להשוות את מסות הכדורים כך שבהתנגשותם תועבר כל האנרגיה לכדור B.
- ניתן לשחרר את כדור A בגובה השווה להפרש הגבהים בין שיא הגובה לגובה אליו יגיע כדור B.

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

שאלה 4

- א. משמעות המשפט: האנרגיה הפוטנציאלית החשמלית ליחידת מטען בנקודה A היא 3000V
 או: העבודה הנדרשת להעביר יחידת מטען מהאינסוף לנקודה A נגד הכוח החשמלי היא 3000V
 ב. מחוץ לכדור הפוטנציאל מתנהג כמו פוטנציאל של מטען נקודתי לפי הנוסחה:

$$V = \frac{kQ}{R}$$

$$3000 = \frac{9 \cdot 10^9 Q}{0.3}$$

$$Q = 10^{-7} C$$

מטען הכדור הוא $10^{-7} C$

- ג. **הפוטנציאל בנקודה A גדל** מכיוון שפוטנציאל הוא גודל סקלרי ולפי עיקרון הסופרפוזיציה הפוטנציאל שנוצר משני מטענים, הוא הסכום הסקלרי של הפוטנציאל שיוצר כל אחד מהם בנפרד. היות ושני המטענים חיוביים, הפוטנציאל החדש יגדל.
 ד.

- (1) כאשר מחברים את הכדורים המטענים עוברים עד לשיוויין פוטנציאלים:

$$V'_1 = V'_2$$

$$\frac{kQ'_1}{r_1} = \frac{kQ'_2}{r_2}$$

$$\frac{Q'_1}{0.2} = \frac{Q'_2}{0.4}$$

$$Q'_1 = 0.5 Q'_2$$

בנוסף, מתקיים חוק שימור המטען- המטען הכולל על הכדורים נשמר

$$Q_1 + Q_2 = Q'_1 + Q'_2$$

$$10^{-7} + 50 \cdot 10^{-9} = Q'_1 + Q'_2$$

$$1.5 \cdot 10^{-7} = Q'_1 + Q'_2$$

בהצבה של שתי המשוואות שהתקבלו:

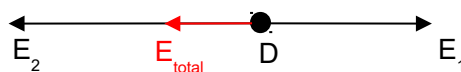
$$1.5 \cdot 10^{-7} = 0.5 Q'_2 + Q'_2$$

$$Q'_2 = 10^{-7} C$$

$$Q'_1 = 0.5 \cdot 10^{-7} C$$

מטען הכדור הראשון הוא $0.5 \cdot 10^{-7} C$ ומטען הכדור השני הוא $10^{-7} C$

- (2) מחוץ לכדורים נוצר שדה כשל מטען נקודתי חיובי- רדיאלי החוצה.



- מכיוון שלכדור 2 מטען גדול יותר, השדה שהוא ייצור יהיה גדול יותר.
 ולאחר חיבור וקטורי של השדות, כיוון השדה השקול יהיה שמאלה, ככיוון השדה של כדור 2.

(3) עבודת הכוח החיצוני נתונה בנוסחה הבאה: $W_{D \rightarrow A} = \Delta V \cdot q$

נחשב את הפוטנציאל בנקודות A ו-D לפי סכום סקלרי:

$$V_D = \frac{KQ_1}{r_1} + \frac{KQ_2}{r_2}$$
$$V_D = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 0.5 \cdot 10^{-7}}{0.2} + \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 10^{-7}}{0.2} = 6750 \text{ V}$$

$$V_A = \frac{KQ_1}{r_1} + \frac{KQ_2}{r_2}$$
$$V_A = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 0.5 \cdot 10^{-7}}{0.3} + \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 10^{-7}}{0.5} = 3300 \text{ V}$$

נציב בנוסחה למציאת העבודה:

$$W_{D \rightarrow A} = \Delta V \cdot q$$
$$W_{D \rightarrow A} = (3300 - 6750) \cdot (-2 \cdot 10^{-9}) = 6.9 \cdot 10^{-6} \text{ J}$$

העבודה שיש להשקיע בהעברת המטען מנקודה D לנקודה A היא $6.9 \cdot 10^{-6} \text{ J}$

שאלה 5

- א. **היגד 3 נכון.** התנגדות הוולטמטר אינסופית ולכן לא זורם דרך זרם. המעגל הינו מעגל טורי והתנגדותו השקולה אינה משתנה בהזזת הגרר מ a ל-b, ולכן הזרם במעגל נשאר זהה.
- ב. כאשר הוולטמטר מחובר לנקודה a הוא מודד את המתח על נגד R_0 בלבד. לפי חוק אוהם-

$$\begin{aligned}V_a &= R_0 I \\1.8 &= 3 I \\I &= 0.6 \text{ A}\end{aligned}$$

כאשר הוולטמטר מחובר לנקודה b הוא מודד את המתח על נגדים R_0 ו-R. לפי חוק אוהם-

$$\begin{aligned}V_b &= (R_0 + R) I \\5.4 &= (3 + R) I\end{aligned}$$

מכיוון שהזרמים שווים (לפי תשובתנו לסעיף א), נציב את הזרם:

$$\begin{aligned}5.4 &= (3 + R) \cdot 0.6 \\R &= 6 \Omega\end{aligned}$$

התנגדות הנגד היא 6Ω

- ג. **הוראת הוולטמטר לא משתנה.** הוולטמטר מודד את **מתח ההדקים** מכיוון שהוא מחובר במקביל למקור המתח. לפי נוסחת כא"מ ומתח הדקים - $V = \mathcal{E} - rI$, מתח ההדקים תלוי בזרם. כפי שמצאנו בסעיף א הזרם לא השתנה בהזזת הגרר מ-a ל-b, ולכן גם מתח ההדקים לא השתנה.
- ערכו של מתח ההדקים שווה לערך המתח שמדד הוולטמטר V_1 כאשר הגרר היתה מחוברת לנקודה b, מכיוון שאז מדד הוולטמטר את המתח שנפל על שני הנגדים שבמעגל החיצוני. לכן **ערכו של מתח ההדקים שווה ל $5.4V$.**
- ד. כעת הנגדים מחוברים במקביל והאמפרמטר מודד את הזרם שיוצא מהסוללה. נחשב את ההתנגדות השקולה-

$$\begin{aligned}\frac{1}{R_T} &= \frac{1}{R} + \frac{1}{R_0} \\ \frac{1}{R_T} &= \frac{1}{6} + \frac{1}{3} \\ R_T &= 2\Omega\end{aligned}$$

הוולטמטר מודד את מתח ההדקים. לפי חוק אוהם-

$$\begin{aligned}V &= R_T I \\3.3 &= 2 I \\I &= 1.65 \text{ A}\end{aligned}$$

הוריית האמפרמטר היא $1.65A$

שאלה 6

א.

- (1) **כיוון השדה החשמלי E_1 הוא כלפי מעלה.** נימוק: החלקיק חיובי ומתחיל לנוע ממנוחה כלפי מעלה. מכאן אנו מסיקים שכיוון הכוח הפועל עליו הוא כלפי מעלה. בחלקיק חיובי כיוון הכוח הוא ככיוון השדה, לכן כיוון השדה הוא כלפי מעלה.
- (2) **כיוון השדה המגנטי B הוא נכנס לדף.** נימוק: כיוון הכוח המגנטי הוא למרכז המעגל, המהירות ברגע הכניסה לשדה המגנטי היא כלפי מעלה, ולפי כלל יד ימין כיוון השדה המגנטי נכנס לדף.
- (3) **כיוון השדה החשמלי E_2 הוא כלפי מעלה.** נימוק: בחלק זה החלקיק נע בהשפעת כוח מגנטי וכוח חשמלי. תנועתו היא בקו ישר ולכן אנו מסיקים שהכוח המגנטי והכוח החשמלי מבטלים זה את זה. כיוון הכוח המגנטי על פי כלל יד ימין הוא כלפי מטה, לכן כיוון הכוח החשמלי חייב להיות כלפי מעלה. עבור חלקיק חיובי כיוון הכוח החשמלי הוא בכיוון השדה, לכן גם השדה החשמלי יהיה כלפי מעלה.

ב.

חלק המסלול	אופי תנועת החלקיק (שוות מהירות, קצובה, שוות תאוצה או שונת תאוצה)	שם הכוח (הכוחות) הפועל (הפועלים) על החלקיק.	כיוונו של כל כוח.
SO	שוות תאוצה	כוח חשמלי	מעלה
OO_1	קצובה	כוח מגנטי	למרכז המעגל
O_1K	שוות מהירות	כוח חשמלי כוח מגנטי	מעלה מטה

ג. בקטע התנועה הראשון:

$$\Sigma F = ma$$

$$E_1 q = ma$$

$$a = \frac{E_1 q}{m}$$

תאוצת הגוף קבועה, לכן נשתמש בנוסחא של תנועה שוות תאוצה:

$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta x$$

$$v^2 = 0 + 2 \frac{E_1 q}{m} R$$

המהירות בסוף הקטע הראשון היא מהירות התנועה המעגלית בקטע השני:

$$\Sigma F = ma$$

$$qvB = m \frac{v^2}{R}$$

$$v = \frac{qBR}{m}$$

נציב אותה בנוסחה הקודמת שפיתחנו על מנת לבטא את E_1 :

$$\left(\frac{qBR}{m} \right)^2 = 0 + 2 \frac{E_1 q}{m} R$$

$$E_1 = \frac{qB^2 R}{2m}$$

בחלק השלישי התנועה היא שוות מהירות והחלקיק ממשיך לנוע במהירות שהיתה לו בתנועה המעגלית בחלק השני.

בחלק זה שקול הכוחות על החלקיק שווה אפס:

$$\begin{aligned}\Sigma F &= 0 \\ F_E &= F_B \\ E_2 q &= qvB \\ E_2 &= vB\end{aligned}$$

נציב את המהירות שמצאנו כדי לבטא את E_2 -

$$E_2 = \frac{qB^2 R}{m}$$

כעת נמצא את היחס בין השדות-

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{\frac{qB^2 R}{m}}{\frac{qB^2 R}{2m}} = 2$$

היחס בין השדות הוא 2

ד. קטע תנועה ראשון-

נשתמש בנוסחה של תנועה שוות תאוצה-

$$\begin{aligned}v &= v_0 + at \\ \frac{qBR}{m} &= 0 + \frac{E_1 q}{m} t_1 \\ t_1 &= \frac{BR}{E_1} = \frac{BR}{\frac{qB^2 R}{2m}} = \frac{2m}{qB}\end{aligned}$$

קטע תנועה שני-

הגוף נע במשך רבע זמן מחזור

$$t_2 = \frac{T}{4} = \frac{2\pi}{4\omega} = \frac{2\pi R}{4v} = \frac{\pi R}{2 \frac{qBR}{m}} = \frac{\pi m}{2qB}$$

קטע תנועה שלישי-

הגוף נע בתנועה שוות מהירות ועובר מרחק של $2R$

$$\begin{aligned}x &= x_0 + vt \\ 2R &= \frac{qBR}{m} t_3 \\ t_3 &= \frac{2m}{qB}\end{aligned}$$

בפרק זה עליכם לענות על שאלה אחת בלבד מתוך שאלות 7-9

שאלה 7

א. על חלקיק בטבעת פועל כוח הכבידה שגורם לו לנוע בתנועה מעגלית.

$$\Sigma F = ma$$

$$\frac{GMm}{R^2} = m \frac{v^2}{R}$$

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

ב. נבדד את מסת שבתאי מהנוסחה שפיתחנו ונציב את הנתונים-

$$M = \frac{v^2 R}{G}$$

$$M = \frac{(17 \cdot 10^3)^2 14 \cdot 10^7}{6.67 \cdot 10^{-11}}$$

$$M = 6.06 \cdot 10^{26} \text{ Kg}$$

מסת שבתאי היא $6.06 \cdot 10^{26} \text{ Kg}$

ג. נציב בביטוי שפיתחנו בסעיף א ובמסת שבתאי שמצאנו-

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

$$v = \sqrt{\frac{6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 6.06 \cdot 10^{26}}{7 \cdot 10^7}}$$

$$v = 24.04 \cdot 10^3 \text{ m/s}$$

מהירות החלקיקים בטבעת הפנימית היא $v = 24.04 \cdot 10^3 \text{ m/s}$

ד. נפתח ביטוי ליחס בין זמני המחזור של שני גופים שנעים סביב גוף משותף.

$$\Sigma F = ma$$

$$\frac{GMm_1}{R_1^2} = m_1 \omega_1^2 R_1$$

$$\frac{GM}{R_1^3} = \left(\frac{2\pi}{T_1} \right)^2$$

$$T_1^2 = \frac{4\pi^2 R_1^3}{GM}$$

$$T_2^2 = \frac{4\pi^2 R_2^3}{GM} \quad \text{ניתן לפתח את אותו ביטוי עבור הגוף השני-}$$

כשנחלק את זמני המחזור נקבל את החוק השלישי של קפלר-

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{\frac{4\pi^2 R_1^3}{GM}}{\frac{4\pi^2 R_2^3}{GM}} = \frac{R_1^3}{R_2^3}$$

ה. מהירות מילוט היא המהירות שנעניק לחלקיק על מנת שימלט משדה הכבידה של הכוכב.

מכיוון שפועל רק כוח הכבידה והוא משמר, האנרגיה המכנית נשמרת-

מצב 1 יהיה מצב בו החלקיקים נעים בטבעת החיצונית, מצב 2 יהיה באינסוף- רחוק מהשפעת שדה הכבידה של הכוכב.

$$E_1 = E_2$$

$$\frac{1}{2}mv_e^2 - \frac{GMm}{R} = 0$$

$$v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

$$v_e = \sqrt{\frac{2 \cdot 6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 6.06 \cdot 10^{26}}{7 \cdot 10^7}}$$

$$v_e = 34 \cdot 10^3 \text{ m/s}$$

מהירות המילוט של החלקיקים שבטבעת הפנימית היא: $v_e = 34 \cdot 10^3 \text{ m/s}$

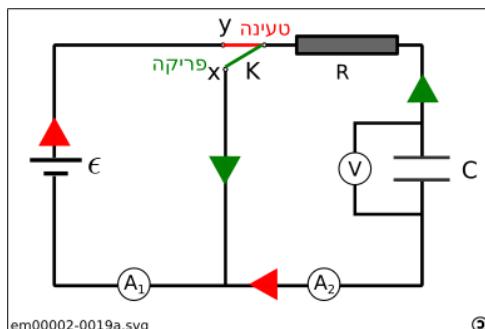
ו. **ניתן להשתמש בחוק השלישי של קפלר** מכיוון שהירח של שבתאי וגם החלקיקים בטבעת החיצונית נעים סביב מרכז משותף

ולכן החוק השלישי של קפלר תקף לגביהם.

את זמן המחזור של החלקיקים בטבעת החיצונית ניתן למצוא בעזרת מהירותם ורדיוס המסלול שלהם $T = \frac{2\pi R}{v}$

שאלה 8

מעגל חשמלי לביצוע של ניסוי טעינה ופריקה של קבל כולל: קבל לוחות C , מקור מתח בעל כ"מ $\epsilon = 10\text{ V}$ והתנגדות פנימית זניחה, נגד שהתנגדותו $R = 5000\ \Omega$, מתג K עם שני מצבים x ו- y ומכשירי מדידה אידאליים, ראו תרשים.



ברגע $t=0$ נסגר המתג K כך שתתבצע טעינה של הקבל; כעבור 5 שניות הקבל טעון במלואו והמתג K נסגר כך שבהמשך תתבצע פריקה של הקבל. במשך פריקת הקבל משתחררת במעגל החשמלי כמות חום של 0.01 J .

א. טעינה מתבצעת כשהמתג מחובר לכ"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 כמו 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:

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

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

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

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

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 $2 \times 10^{-3}\text{ A}$ מאחר ועל פי חוק אוהם ל:

$$V = IR \quad \text{בפריקה אינו מחובר.} \quad I = \frac{\epsilon}{R} = \frac{10}{5000} = 2 \times 10^{-3}\text{ A}$$

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 לכ"מ והנגד זהה.

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

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

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

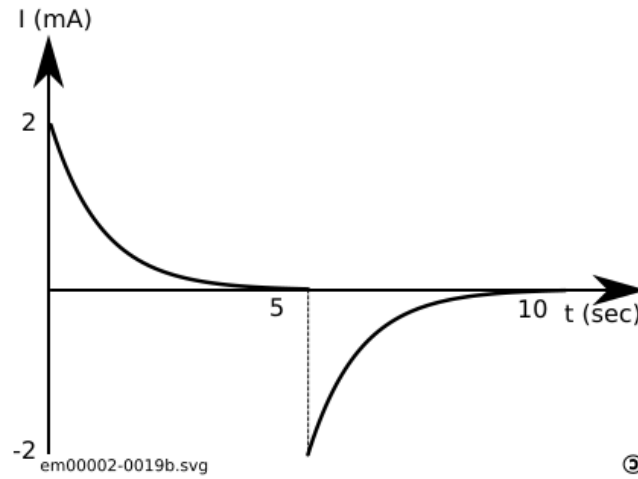
$$\frac{-t}{RC} = \ln(0.5)$$

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

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

זרם של 1 מיליאמפר יתקבל לראשונה אחרי 0.69 שנייה.

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



שאלה 9

א. התלמידה **הסיטה את המשקולת כלפי מעלה** ואחר ובזמן $t=0$ הכוח שמפעיל הקפיץ על החייושן הוא מזערי כלומר המשקולת נמכת על ידי ידה של התלמידה.

ב. A – המשקולת בקצה התחתון של מסלולה, המשקולת נחה רגעית.

B – המשקולת נמצאת בנקודת שווי משקל, המשקולת נעה כלפי מעלה.

ב – המשקולת שוב בקצה העליון של מסלולה, המשקולת נחה רגעית.

ג. $T=0.8\text{sec}$. ניתן לקבוע את זמן מחזור התנועה על פי הגרף, למשל על ידי מדידת הזמן בין שני שיאים.

ד. מצאו את הגדלים ואת הכיוונים של הווקטורים המצוינים ב- (1) - (3) המתאימים לנקודה D, ונמקו את קביעותיכם. (4.5 נק')

(1) 3 N כלפי מעלה. הקפיץ מפעיל על המשקולת כל העת כוח כלפי מעלה והערך מתוך הגרף.

(2) 2 N כלפי מטה. על פי הנתון כוח הכבידה הפועל על המשקולת הוא $mg=0.5\cdot 10=5\text{ N}$ כלפי מטה ועל פי סעיף קודם כוח

הקפיץ שווה ל 3 N מעלה כלומר סכומם הווקטורי הוא 2 N מטה

(3) על פי חוק שני התאוצה **4 מטר לשנייה בריבוע מטה**: $a = \frac{\sum F}{m} = \frac{2}{0.5} = 4\text{ m/s}^2$

ה. בתנועה הרמונית פשוטה מתקיים $T=2\pi\sqrt{\left(\frac{m}{c}\right)}$ קבוע הכוח במקרה של קפיץ אנכי הוא קבוע הקפיץ ולכן על פי הסעיפים

הקודמים.

$$k = \frac{4\pi^2 m}{T^2}$$

$$k = \frac{4\pi^2 0.5}{0.8^2} = 30.84\text{ N/m}$$

קבוע הקפיץ הוא 30.84 ניוטון למטר.

ו. הנקודה D נמצאת מעל נקודת שווי המשקל מאחר ובנקודת שווי המשקל היא נקודה שבה כוח הקפיץ גדול מגודלו בנקודה D, כלומר

בקפיץ התארך בהשפעת כוח הכבידה. על פי הגרף כוח הקפיץ בנקודה זו הוא 3 N נחשב את מיקום הנקודה באמצעות חוק הוק:

$$F_{sp} = k \Delta l$$

$$\Delta l = \frac{F_{sp}}{k}$$

$$\Delta l = \frac{2}{30.84} = 0.065\text{ m}$$

כלומר 6.5 ס"מ מעל לנקודת שווי המשקל.