

שם התלמיד/ה: _____

בית הספר: _____

המורה בחמד"ע: _____

מבחן בפיזיקה במתכונת מבחן בגרות

חשמל ומגנטיות

הוראות לנבחן

- א. משך הבחינה: שעה ושלושה רבעים (105 דקות)
- ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה שש שאלות. עליך לענות על שלוש שאלות בלבד.
- לכל שאלה - $33\frac{1}{3}$ נקודות. סה"כ $33\frac{1}{3} \times 3 = 100$ נקודות.
- ג. חומר עזר מותר בשימוש: (1) מחשבון
(2) נתונים ונוסחאות בפיזיקה המצורפים לשאלון.
- ד. הוראות מיוחדות:
- (1) ענו על מספר שאלות כפי שהתבקשתם. תשובות לשאלות נוספות לא ייבדקו. (התשובות ייבדקו לפי סדר הופעתן במחברות הבחינה).
- (2) בפיתרון שאלות שנדרש בהן חישוב, רשמו את הנוסחאות שאתם משתמשים בהן. כאשר אתם משתמשים בסימן שאינו מופיע בדפי הנוסחאות, רשמו את פירוש הסימן במילים. לפני שתבצעו פעולות חישוב, הציבו את הערכים המתאימים בנוסחאות. אי-רישום הנוסחה או אי-ביצוע ההצבה עלולים להפחית נקודות מהציון. רשמו את התוצאה המתקבלת ביחידות המתאימות.
- (3) בפתרון שאלות שנדרש בהן להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, יש לרשום ביטוי מתמטי הכולל את נתוני השאלה או חלקם; במידת הצורך אפשר להשתמש גם בקבועים בסיסיים, כגון תאוצת הנפילה החופשית g או קבוע הכבידה העולמי G .
- (4) בחישוביכם השתמשו בערך של 10 מ' לשנייה² עבור תאוצת הנפילה החופשית.
- (5) כתבו את תשובותיכם בעט. כתיבה בעיפרון או מחיקה בטיפקס לא יאפשרו ערעור. מותר להשתמש בעיפרון לסרטוטים בלבד.

ב ה צ ל ח ה !

נתון כדור מוליך טעון בצפיפות מטען חיובית ואחידה $\sigma = +8.84 \times 10^{-8} \text{ C/m}^2$.

א. (1) הוכיחו שעוצמת השדה החשמלי על פני הכדור היא $4\pi k\sigma$ וחשבו אותה. (4 נק')
(2) שרטטו באופן איכותי את הכדור ואת קווי השדה שהוא יוצר. הסבירו את השרטוט.

(6 נק')

הפוטנציאל החשמלי בתוך הכדור הוא $+300\text{V}$.

ב. (1) חשבו את רדיוס הכדור, R , נמקו שיקוליכם. (5 נק')

(2) חשבו את המטען החשמלי של הכדור, Q , פרטו חישוביכם. (2 נק')

מציבים כדור מוליך שני, כך שמרכזו נמצא במרחק $10R$ ממרכז הכדור הראשון. לכדור השני רדיוס $3R$ ומטען שלילי $-2Q$.

חלקיק α (אלפא) הוא גרעין של אטום הליום, והרכבו הוא שני פרוטונים ושני נויטרונים.

משחררים ממנוחה חלקיק α ואלקטרון, כל אחד מנקודה הנמצאת על פני אחד הכדורים עד שהוא מגיע לנקודה על פני הכדור האחר.

ניתן להניח שלכל אחד משני הכדורים צפיפות מטען אחידה, והתפלגות המטען של כל אחד מהכדורים אינה מושפעת מן הכדור האחר.

ג. (1) סמוך לאיזה משני הכדורים יש להציב כל אחד מן החלקיקים (חלקיק α ואלקטרון)

כדי שיואץ לעבר הכדור האחר? נמקו. (2 1/3 נק')

(2) מהו היחס בין העבודה שביצע הכוח השקול על חלקיק α לבין העבודה שביצע הכוח

השקול על האלקטרון לאורך הדרך שתוארה מכדור לכדור? תנו בתשובתכם גודל וסימן

ופרטו שיקוליכם. (6 נק')

(3) במקרה אחר, מוסיפים שדות מגנטיים כך שעבור כל אחד משני החלקיקים נוצר מסלול

אחר בין נקודת היציאה לנקודת הסיום שעל פני הכדורים. האם תשובתכם לסעיף ג' (2)

תשתנה? נמקו משיקולים פיזיקליים וללא חישובים נוספים. (3 נק')

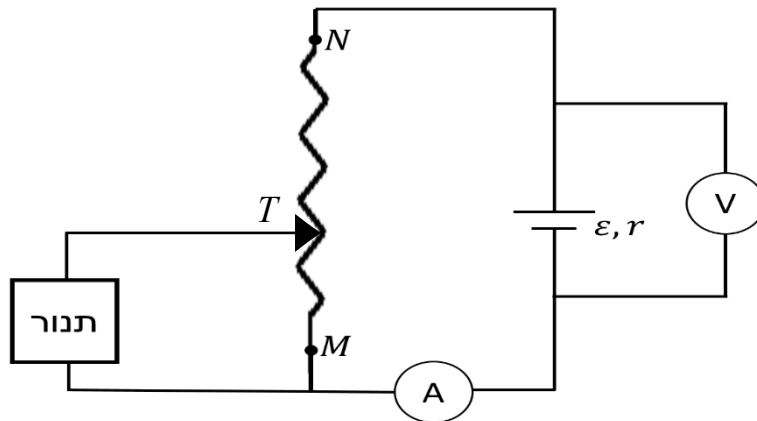
עתה מרחיקים את שני הכדורים למרחק גדול זה מזה ומחברים אותם באמצעות תיל מוליך דק וארוך.

ד. קבעו ללא חישוב מה יהיה סימן המטען הסופי על כל כדור. נמקו על סמך עקרונות

פיזיקליים. (5 נק')

שאלה מספר 2

קבוצת אמנים ביקשו מחברתם הלומדת פיזיקה לעזור להם לבנות מעגל חשמלי להפעלת תנור חימום עדין מיוחד לצרכיהם. על התנור רשום שלגוף החימום שלו הספק מקסימלי של 40W והתנגדותו $40\ \Omega$. האמנים הסבירו שהם צריכים לשנות את הספק החום המתקבל בתנור לפי הצורך וכן שאסור להפעיל את התנור בהספקי החום הגבוהים שלו. התלמידה תכננה את המעגל החשמלי. היא השתמשה בסוללה שהכא"מ שלה $\mathcal{E} = 40\text{V}$ והתנגדותה הפנימית $r = 10\ \Omega$. אל הסוללה חיברה נגד משתנה NM באורך 50 cm , שהתנגדותו ליחידת אורך קבועה והתנגדותו הכוללת $100\ \Omega$. תנור החימום חובר לנגד באמצעות מגע נייד T , כמתואר באיור.



- א. הסבירו מדוע במעגל שתכננה תלמידת הפיזיקה התנור לא יכול להגיע להספק המקסימלי שלו. (3 1/3 נק')
 ב. (1) התלמידה הסבירה לחבריה שיוכלו לכבות את התנור מבלי לנתק את החיבורים במעגל החשמלי, ע"י הזזת הגרר לנקודה M . הסבירו מדוע במצב זה התנור כבוי. (4 נק')
 (2) כאשר הגרר תימצא בקצהו השני של הנגד (נקודה N), האם קריאת מד המתח במעגל תהיה גדולה, קטנה או לא תשתנה בהשוואה לזו שהתקבלה כאשר הוצבה הגרר בנקודה M ? נמקו ללא חישוב. (5 נק')
 (3) חשבו את הערך המרבי של ההספק הכולל שיכול להתקבל במעגל חשמלי זה. פרטו שיקולכם. (6 נק')
 ג. האמנים בדקו את פעולת התנור במצבים שונים של מיקום הגרר. באחת הבדיקות המגע הנייד במרחק 20 cm מקצה M של הנגד.
 (1) מה היתה קריאת מד המתח במצב זה? פרטו חישוביכם. (6 נק')
 (2) מהו הפרש הפוטנציאלים המתקבל על התנור במצב זה של המעגל? פרטו חישוביכם. (5 נק')
 (3) ידוע כי נצילות המרת אנרגיה חשמלית לחום בגוף החימום של התנור הינה 70% . חשבו מהי אנרגיית החום המתקבלת בתנור בדקה אחת, במצב זה. פרטו חישוביכם. (4 נק')

שאלה מספר 3

במתקן לחקר חלקיקים בודקים תנועתם של שני חלקיקים טעונים, המסומנים א' ו-ב'. המתקן בנוי מארבעה אזורים ריבועיים, $130 \times 130 \text{ cm}$. בתרשים שלפניכם מוצגים ארבעת האזורים במבט על וגם מסלולי תנועתם של שני החלקיקים.

נתון - לשני החלקיקים מסות שוות $m = 8.35 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

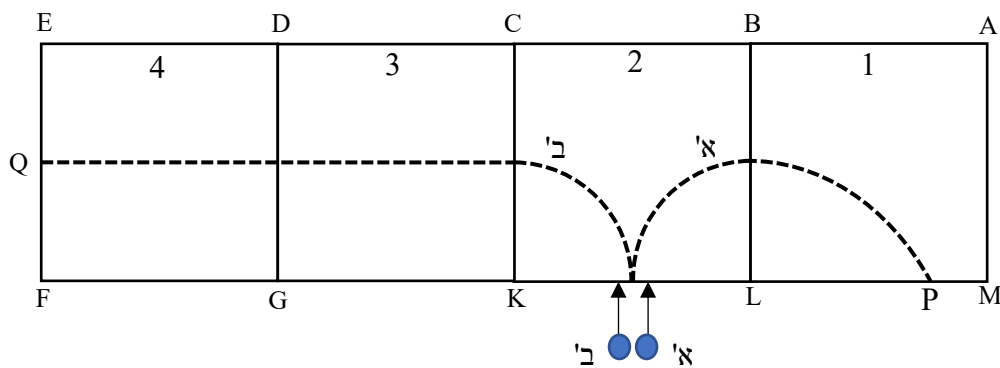
- לחלקיק א' מטען שלילי $q = -3.2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

ידוע שבכל אחד מהאזורים מופעל שדה מגנטי אחיד וקבוע, או שדה חשמלי אחיד וקבוע, או שניהם ביחד. נתון כי באזור 2 מופעל שדה מגנטי אחיד בלבד.

שני החלקיקים נכנסים דרך פתח קטן באמצע הדופן KL (ראו תרשים), כאשר מהירותם מאונכת לדופן וגודלה $v = 5 \cdot 10^6 \text{ m/s}$.

חלקיק א' עובר לאזור 1 דרך פתח קטן שבאמצע הדופן LB, במהירות שמאונכת לדופן ופוגע בדופן LM בנקודה P.

חלקיק ב' עובר לאזור 3 דרך פתח קטן שבאמצע הדופן CK, במהירות מאונכת לדופן. ניתן להזניח את השפעת כוח הכובד על החלקיקים.



א. (1) קבעו מה גודלו וסימנו של מטען החלקיק ב'. נמקו תשובתכם. (3 נק') (1/3 3 נק')

(2) חשבו את עוצמתו של השדה באזור 2 וציינו מהו כיוונו. פרטו שיקוליכם. (5 נק')

נתון שבאזור 1 פועל רק שדה חשמלי אחיד המקביל לדופן AM, במישור הדרך. נתון גם $LP = 100 \text{ cm}$.

ב. ציינו מהו כיוון השדה החשמלי באזור 1 (מ- LM אל BA או מ- BA אל LM) וחשבו את גודלו. פרטו שיקוליכם. (6 נק')

שימו לב: המשך השאלה בעמוד הבא.

חלקיק ב' נע באזור 3 בתנועה שוות תאוצה על קו ישר. גודל מהירותו קטן עד לערך של $v=2 \cdot 10^6$ m/s בכניסה לאזור 4 דרך פתח קטן בדופן DG.

- ג. (1) איזה שדה - חשמלי או מגנטי - פועל באזור 3 ומה כיוונו? נמקו. (2 נק')
 (2) חשבו את עוצמתו של השדה באזור 3. נמקו ופרטו תשובתכם. (4 נק')

באזור 4 חלקיק ב' ממשיך בקו ישר במהירות קבועה $v=2 \cdot 10^6$ m/s. ידוע שבאזור 4 פועל שדה מגנטי זהה בגודלו ובכיוונו לזה שבאזור 2.

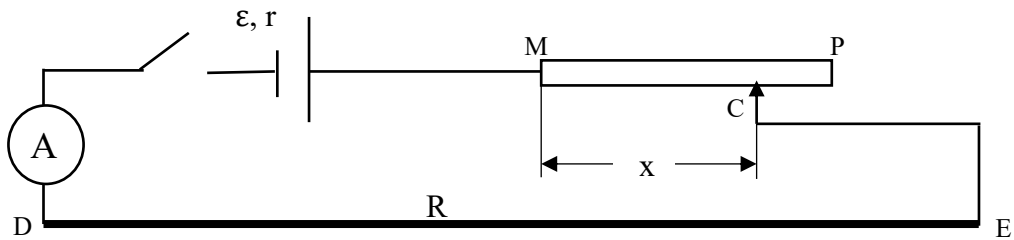
- ד. האם באזור 4 פועל גם שדה חשמלי, בנוסף לשדה המגנטי? אם לא – הסבירו מדוע, אם כן – חשבו את גודלו וציינו את כיוונו של השדה החשמלי. (7 נק')

עתה הופכים את כיוון השדה באזור 2 בלבד (בשאר האזורים השדות נשארים כפי שהיו). כל הנתונים האחרים נשארים ללא שינוי.

- ה. האם במצב זה יגיע אחד החלקיקים לנקודה Q שבאמצע הדופן EF? הסבירו תשובתכם. (6 נק')

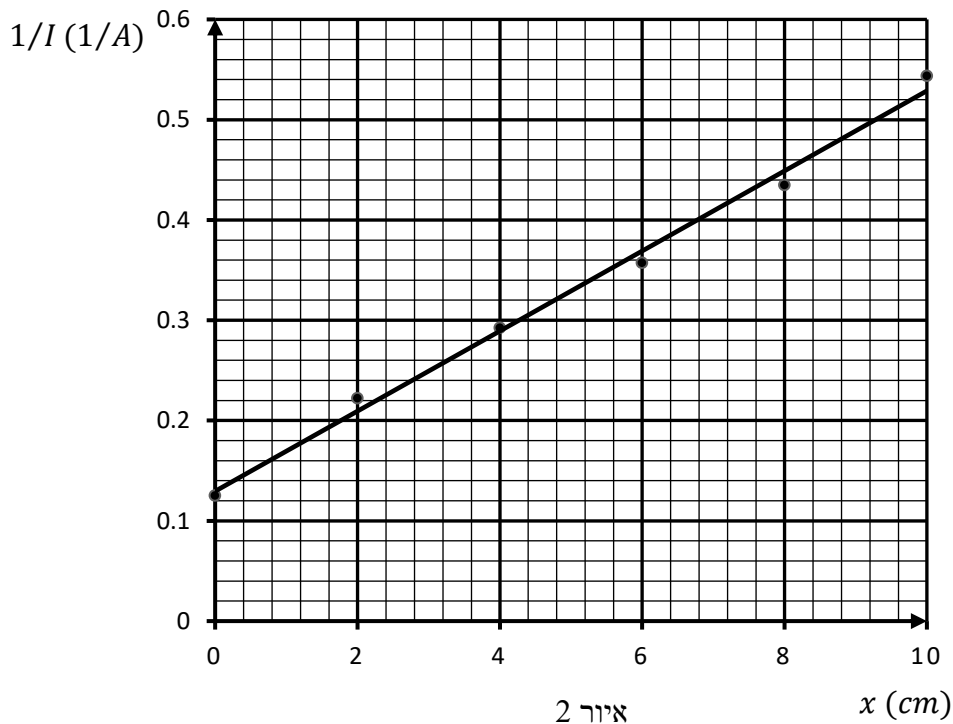
שאלה מספר 4

במעגל המתואר באיור 1 מקור מתח בעל כא"מ $\varepsilon = 12V$ והתנגדות פנימית $r = 1\Omega$, נגד משתנה MP שהתנגדותו ליחידת אורך λ , תיל מוליך אורך DE בעל התנגדות R ומד זרם. למד הזרם ולתילי החיבור התנגדות זניחה. באמצעות מעגל זה ביצעו תלמידי חמד"ע שני ניסויים. **בניסוי הראשון** הם מדדו את עוצמת הזרם, I, עבור מרחקים x שונים בין הגררה C של הנגד המשתנה לבין קצה M שלו.



איור 1

בעקבות הניסוי התלמידים סרטטו את הגרף שבאיור 2.

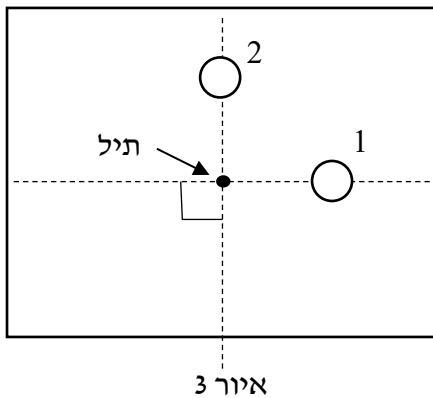


איור 2

שימו לב: המשך השאלה בעמוד הבא.

- א. פתחו ביטוי של $1/I$ כפונקציה של x , בעזרת הפרמטרים ϵ, λ, r, R . (5 נק')
 ב. (1) חשבו את שיפוע הגרף ששרטטו התלמידים. פרטו חישוביכם. (4 נק')
 (2) חשבו את ההתנגדות ליחידת אורך של הנגד המשתנה, λ , ואת ההתנגדות R של התיל DE .
 נמקו שיקוליכם. (7 נק')

בניסוי השני, התלמידים פתחו את המפסק והעבירו את התיל הישר והארוך DE דרך חור



במרכזו של שולחן אופקי, בניצב לשולחן, כך שהקצה **D** מתחת לשולחן והקצה **E** מעליו. לאחר מכן הם הרכיבו בחזרה את המעגל שבאיור 1, הזיזו את הגררה **C** של הנגד המשתנה לקצה **M** והשאירו את המפסק פתוח. על השולחן הם הניחו שני מצפנים, 1 ו-2, במרחקים שווים של 10 cm מהתיל. איור 3 מתאר במבט על את השולחן. במצב זה, המחטים של שני המצפנים הצביעו שמאלה.

כשהתלמידים סגרו את המפסק, המחט של מצפן 1 סתתה בזווית 29° .

- ג. (1) מבין ארבעת המצפנים המתוארים באיור 4, בחרו איזה מהם מתאר את סטית מחט מצפן 1 אחרי סגירת המפסק. נמקו. (5 נק')



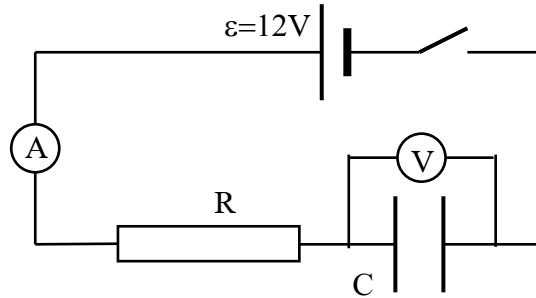
איור 4

- (2) שרטטו את מצפן 2 כפי שהוא נראה אחרי סגירת המפסק. פרטו שיקוליכם. (5 נק')

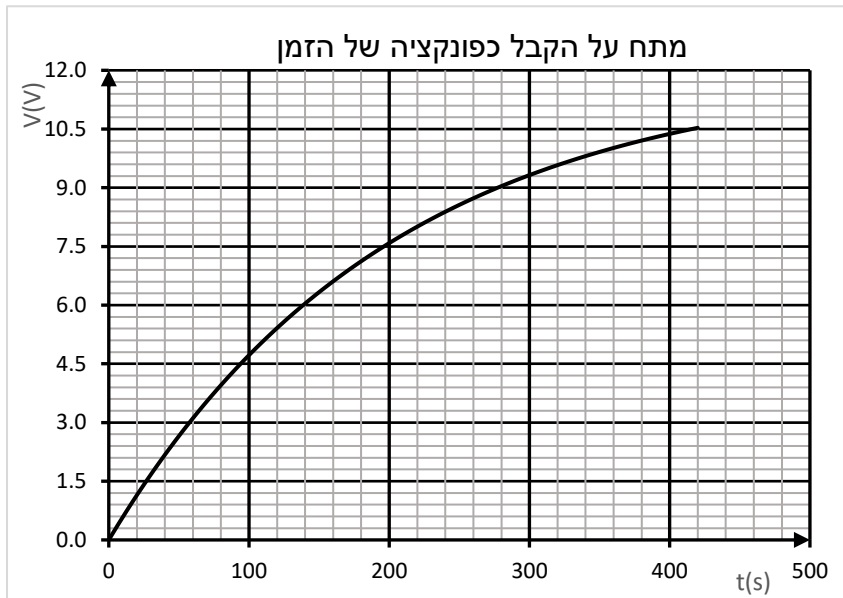
- ד. חשבו את גודל הרכיב האופקי של השדה המגנטי הארצי בישראל. פרטו חישוביכם. (7 1/3 נק')

שאלה מספר 5

טוענים קבל C בעזרת מעגל טורי הכולל גם סוללה אידיאלית עם כ"מ $\varepsilon=12V$, נגד R, מד זרם, מד מתח ומפסק. בתחילת הניסוי הקבל פרוק. ברגע $t=0$ סוגרים את המפסק והקבל מתחיל להיטען. בתרשימים הבאים משורטטים מעגל הטעינה (תרשים 1) וקריאת מד המתח כפונקציה של הזמן (תרשים 2)



תרשים 1

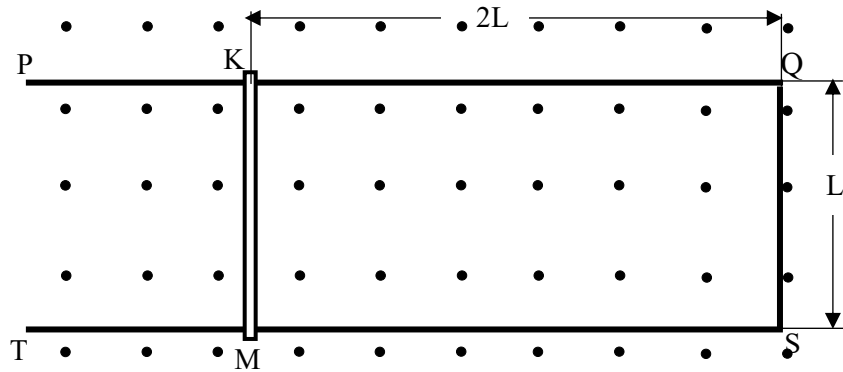


תרשים 2

- א. תלמידים מצאו שקבוע הזמן לטעינת הקבל שווה 200 שניות בדיוק של 5%. הסבירו כיצד מצאו את קבוע הזמן. (6 נק')
- ב. ברגע בו קריאת מד המתח הייתה 6V, התלמידים קראו 30 mA במד הזרם. (1) מצאו את עוצמת הזרם ב- $t=0, I_0$. נמקו. (6 נק')
- (2) חשבו את התנגדות הנגד R. נמקו. (4 נק')
- (3) חשבו את קיבול הקבל C. נמקו. (4 נק')
- ג. ציירו גרף איכותי של המתח על הנגד R כפונקציה של הזמן. ציינו על הגרף את שיעוריהן של 2 נקודות. הסבירו. (9 נק')
- ד. תלמידה מחליטה לבצע ניסוי בו היא טוענת את הקבל תוך שמירה על עוצמת זרם **קבועה**. לשם כך היא מחליפה במעגל שבתרשים 1 את הנגד הקבוע ב**נגד משתנה**. האם עליה להגדיל את התנגדות הנגד או להקטין אותה תוך כדי טעינת הקבל? נמקו. (4 1/3 נק')

שאלה מספר 6

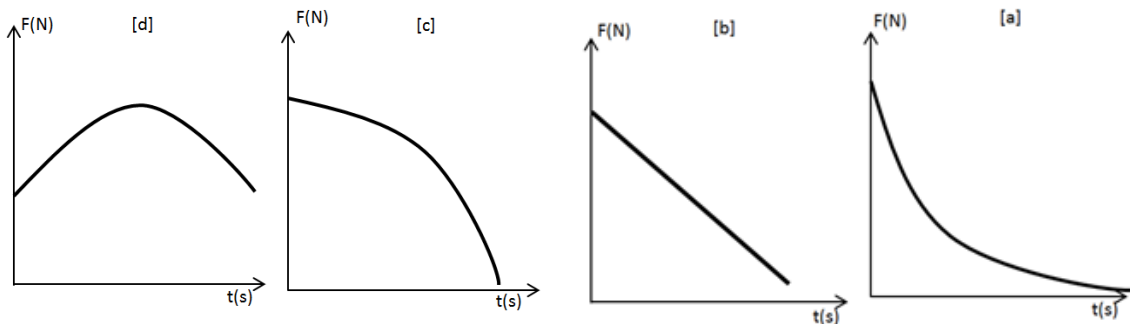
מסילה PQST בעלת התנגדות λ ליחידת אורך, מונחת על שולחן. אורך הצלע QS הוא L . על המסילה מונח מוט KM שהתנגדותו זניחה ומסתו m . ברגע $t=0$, המוט KM נמצא במרחק $2L$ מהצלע QS. המערכת מתוארת במבט על בתרשים 1. בכל המרחב שורר שדה מגנטי אחיד שגודלו B_0 וכיוונו כלפי חוץ ממישור הדף.



תרשים 1

מצב א':

- המוט KM נע במהירות קבועה v_0 שמאלה. בטאו את כל תשובותיכם בעזרת הגדלים B_0, v_0, λ, m, L , וקבועים פיזיקליים במידה ויש צורך.
- א. (1) הסבירו מדוע נוצר הפרש פוטנציאלים בין קצות המוט, ואיזה מקצותיו נמצא בפוטנציאל גבוה יותר. פרטו שיקולכם. (6 נק')
- (2) פתחו ביטוי לעוצמת הזרם הנוצר במעגל כתלות בזמן, ציינו מהו כיוונו והסבירו כיצד קבעתם זאת. (6 נק')
- (3) לפניכם 4 גרפים המתארים את הכוח שיש להפעיל על המוט KM כתלות בזמן, כדי שימשיך לנוע במהירות קבועה. איזה מהם הוא הנכון? נמקו שיקולכם. (5 נק')



שימו לב: המשך השאלה בעמוד הבא.

מצב ב' :

- ברגע $t=0$, כשהמוט KM נמצא במרחק $2L$ מהצלע QS של המסילה, מעניקים לו מהירות התחלתית שמאלה, ומשחררים אותו.
- ב. (1) תלמיד טען שמהירותו של המוט KM הולכת וקטנה. האם צדק התלמיד? נמקו תשובתכם. (1/3 נק')
 (2) תלמיד אחר טען שהספק החום המתפתח במערכת הולך וגדל כתלות בזמן. האם צדק תלמיד זה? נמקו תשובתכם. (4 נק')

מצב ג' :

- כעת מחזיקים את המוט KM במנוחה במרחק $2L$ מהצלע QS של המסילה וגודל השדה המגנטי בכל המרחב משתנה לפי הביטוי $B = \alpha t^2$. כיוון השדה נשאר כלפי חוץ ממישור הדף.
- ג. בטאו את כל תשובותיכם בעזרת הגדלים $B_0, \alpha, \lambda, m, L$, וקבועים פיזיקליים במידה ויש צורך.
- (1) פתחו ביטוי לגודל הכא"מ שנוצר במעגל. פרטו שיקוליכם. (5 נק')
 (2) ציינו את כיוונו של הזרם הנוצר במעגל. פרטו שיקוליכם. (3 נק')