



הקיפו את מספרי השאלות שפתרתם

9 8 7 6 5 4 3 2 1

4.5.2017

שם התלמיד/ה: _____
 בית הספר: _____
 המורה בחמד"ע: _____

מבחן בפיזיקה במתכונת מבחן בגרות

מכניקה וחשמל

הוראות לנבחן

- א. משך הבחינה: שלוש שעות וחצי
- ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה:
 פרק ראשון - מכניקה – המכיל 3 שאלות, עליך לענות על 2 שאלות בלבד
 פרק שני - חשמל - המכיל 3 שאלות, עליך לענות על 2 שאלות בלבד
 פרק שלישי - נושאים נוספים במכניקה ובחשמל - המכיל 3 שאלות, עליך לענות על שאלה אחת בלבד
 בכל פרק יש 3 שאלות; סה"כ 9 שאלות.
 עליך לענות על 5 שאלות בלבד; לכל שאלה 20 נקודות. $100 = 5 \times 20$ נקודות
- ג. חומר עזר מותר בשימוש: (1) מחשבון
 (2) נספח נוסחאות ונתונים בפיזיקה המצורף לשאלון.
- ד. הוראות מיוחדות:
 (1) ענה על מספר שאלות כפי שנתבקשת. תשובות לשאלות נוספות לא ייבדקו. (התשובות ייבדקו לפי סדר הופעתן).
 (2) בפיתרון שאלות שנדרש בהן חישוב, רשום את הנוסחאות שאתה משתמש בהן. כאשר אתה משתמש בסימן שאינו מופיע בדפי הנוסחאות, כתוב במילים את פירוש הסימן. לפני שאתה, הצב את הערכים המתאימים בנוסחאות. רשום את התוצאה שקיבלת ביחידות המתאימות. אי-רישום הנוסחה או אי-ביצוע ההצבה או אי-רישום היחידות עלולים להפחית נקודות מהציון.
 (3) כאשר אתה נדרש להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, רשום ביטוי מתמטי הכולל את נתוני השאלה או חלקם; במידת הצורך אפשר להשתמש גם בקבועים בסיסיים, כגון תאוצת הנפילה החופשית g או המטען היסודי e .
 (4) בחישובך השתמש בערך של 10 מ' לשנייה² בשביל תאוצת הנפילה החופשית על פני כדור הארץ.
 (5) כתוב את תשובותיך בעט. כתיבה בעיפרון או מחיקה בטיפקס לא יאפשרו ערעור. מותר להשתמש בעיפרון לסרטוטים בלבד.

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

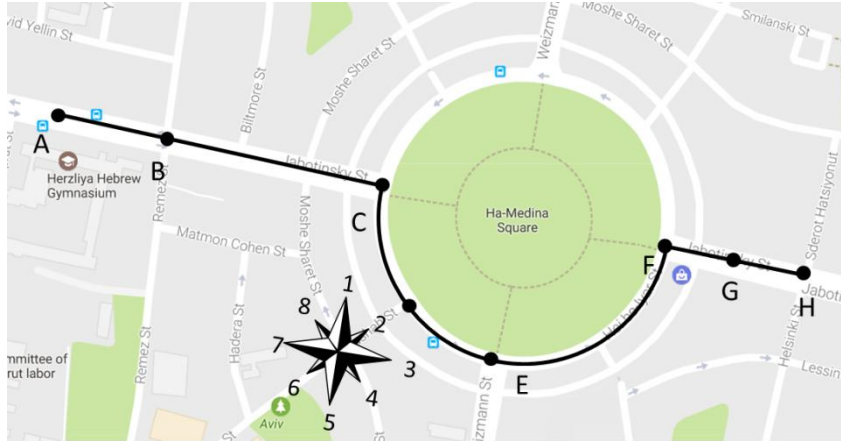
בהצלחה!

פרק ראשון – מכניקה

ענה על שתיים מן השאלות בפרק זה (שאלות 1-3)

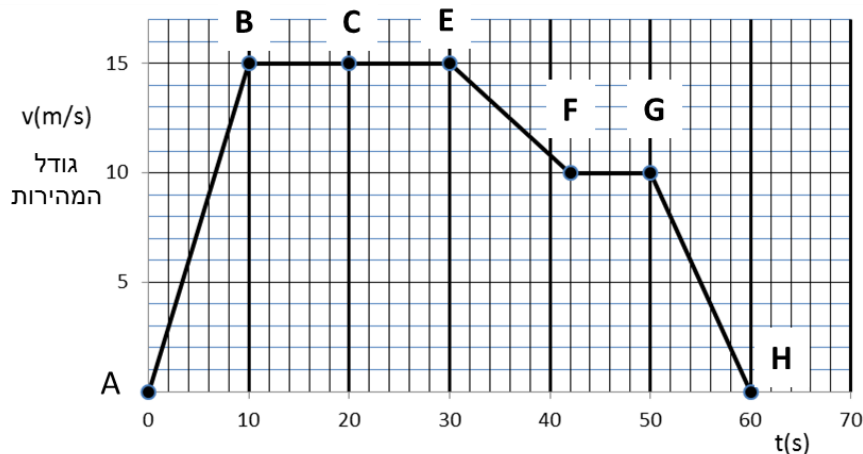
שאלה 1

מכונית נוסעת ברחוב ז'בוטינסקי בתל אביב, מנקודה A לעבר נקודה H במסלול המופיע בתרשים 1. ידוע שהכביש אופקי. נתון גם שהחלק CF של המסלול הוא חצי מעגל והנקודה E נמצאת באמצע חלק זה.



תרשים 1

גודל מהירות המכונית משתנה במשך זמן הנסיעה כפי שמוצג בגרף שבתרשים 2. בגרף זה מסומנות גם הנקודות שעל המסלול.

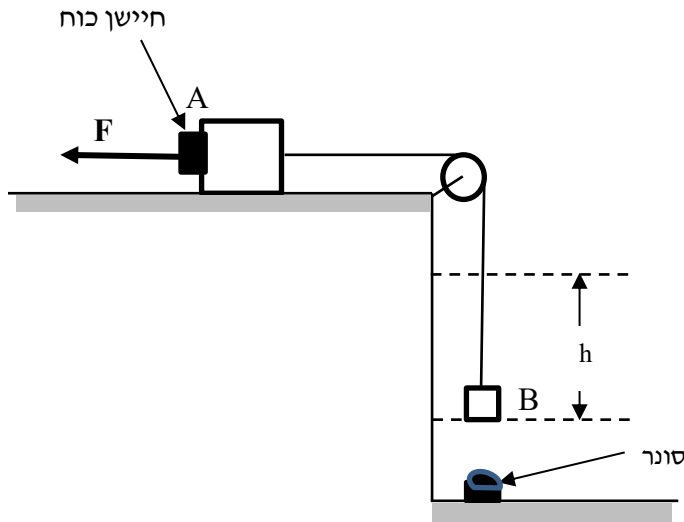


תרשים 2

- באילו מבין קטעי הנסיעה המכונית נוסעת בתאוצה משיקית בלבד, באילו מהקטעים היא נוסעת בתאוצה רדיאלית בלבד ובאילו מן הקטעים היא נוסעת בתאוצה משיקית ורדיאלית גם יחד? נמק את תשובתך. (4 נק')
- חשב את רדיוס הכביש המעגלי. (4 נק')
- בהנחה שהמכונית נכנסת לסיבוב במהירות המרבית האפשרית כך שלא תסטה מהמסלול, חשב את מקדם החיכוך בין המכונית לבין הכביש. (5 נק')
- דובון תלוי מתקרת המכונית באמצעות חוט. התייחס לנקודה שבאמצע בין C ל-E, לידה מסורטטת שושנת רוחות עם כיוונים ממוספרים מ-1 עד 8. בנקודה זאת החוט סוטה מן האנך.
 - בעזרת הכיוונים בשושנת הרוחות, ציין לאיזה כיוון סוטה החוט. הסבר בעזרת תרשים הכוחות הפועלים על הדובון.
 - חשב את זווית הסטייה של החוט מן האנך.

(7 נק')

מבצעים סדרת ניסויים עם המערכת המוצגת בתרשים. במערכת שני גופים, A ו-B, המחוברים על ידי חוט העובר מעל גלגלת. המדידות מתבצעות על ידי חיישן כוח המוצמד לגוף A ועל ידי סונר (חיישן תנועה) הנמצא מתחת לגוף B (ראה תרשים). מסות הגופים הן m_A (הגוף A יחד עם חיישן הכוח) ו- m_B . החיכוך בין הגוף A למישור - זניח.



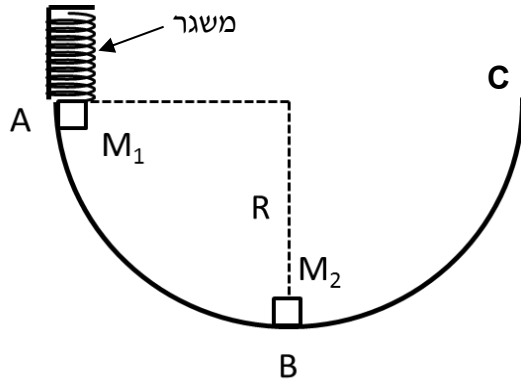
כדי שהמערכת תתחיל לנוע ממנוחה, מפעילים בכל ניסוי כוח F בגודל אחר ומודדים את הגובה h אליו מגיע גוף B ממקומו ההתחלתי כעבור $t=0.5$ s מרגע שהתחיל לעלות. בטבלה הבאה רשומות המדידות עבור 6 ערכים שונים של גודל הכוח F :

50	45	40	35	30	25	F (N)
77	62	48	36	26	13	h (cm)

- א. בטא באמצעות הקבועים g , t , m_B , m_A את הגובה h אותו עובר הגוף B החל מ- $t_0=0$ (הרגע בו מתחילה התנועה) עד רגע t , כתלות בגודל F של הכוח המופעל. (4 נק')
 ב. סרטט גרף מתאים לביטוי שקיבלת, בעזרת תוצאות המדידות הרשומות בטבלה. (3 נק')
 ג. (1) תלמיד ביצע מדידה נוספת, שתוצאותיה התאימו בדיוק לנקודת החיתוך של הגרף עם הציר האופקי. הסבר כיצד הוא ביצע מדידה זו ומצא בעזרתה את m_B .
 (2) חשב את המסה m_A , בעזרת שיפוע הגרף שסרטטת בסעיף ב'. פרט חישובך. (8 נק')
 ד. במדידה האחרונה הרשומה בטבלה בה גודל הכוח היה $F=50$ N, ברגע $t=0.5$ s נקרע החוט. סרטט גרף מהירות גוף B כתלות בזמן מ- $t_0=0$ כשהכוח F התחיל לפעול, עד שגוף B פוגע ברצפה. רשום ערכים בנקודות החיתוך של הגרף עם הצירים ונקודת הקיצון. הסבר. (5 נק')
אינך נדרש לחשב את רגע הפגיעה ברצפה ואת מהירות הפגיעה.

שאלה 3

בחברה המייצרת משחקים לימודיים, מתכננים משחק לחקירת שימור אנרגיה ותנע. בערכות המשחק ניתן להרכיב מסילות מחלקים של קשתות מעגליות ומשטחים אופקיים. נתונות גם קוביות בעלות מסות שונות, משגרים קפיציים, סרגלים ומדי זווית. המסילות עשויות מחומרים שונים, וממדי הקוביות קטנים יחסית לממדי המסילות.



באחת הבדיקות, בנו המתכננים מסילה חלקה משני רבעי מעגל באותו רדיוס $R=0.15\text{ m}$ (ראה איור).

הם שיגרו בעזרת אחד המשגרים קוביה שמסתה $M_1=0.1\text{ kg}$ מנקודה A שבקצה השמאלי של המסילה, בכיוון משיק למסילה. קוביה נוספת, שמסתה $M_2 = 0.2\text{ kg}$ מונחת בנקודה הנמוכה ביותר של המסילה, B.

הקוביה M_1 מחליקה ומתנגשת התנגשות אלסטית מצחית בקוביה M_2 . זמן ההתנגשות קצר מאוד, כך שאפשר להניח שבמשך זמן זה שתי הקוביות נשארו בנקודה הנמוכה ביותר של המסילה.

א. האם מיד לאחר ההתנגשות הכוח בו לוחצת הקוביה M_2 על המסילה קטן מזה שלחצה לפני ההתנגשות, גדול מזה שלחצה לפני ההתנגשות, או לא משתנה? נמק תשובתך בעזרת ביטוי מתאים. (4 נק')

אחרי ההתנגשות, המסה M_2 נעה במעלה המסילה הימנית ונעצרת רגעית בדיוק בקצה העליון של המסילה, C.

ב. (1) חשב מהו השינוי בתנע של קוביה M_2 כתוצאה מההתנגשות. פרט שיקולידך.

(2) חשב את מהירותה של קוביה M_1 מיד לפני ההתנגשות.

(3) חשב מה הייתה האנרגיה הפוטנציאלית האגורה במשגר לפני השיגור? פרט שיקולידך.

(11 נק')

ג. בבדיקה נוספת, משתמשים במסילה שצורתה זהה למסילה שבבדיקה הראשונה, אך עשויה מחומר שונה, כך שקיים חיכוך בין הקוביות למסילה. משגרים שוב עם המשגר את קוביה M_1 מנקודה A, אבל הפעם הקוביה נעצרת בדיוק בתחתית המסילה ולא מתנגשת בקוביה M_2 . לפני השיגור, במשגר הייתה אגורה אותה אנרגיה כמו בבדיקה הקודמת.

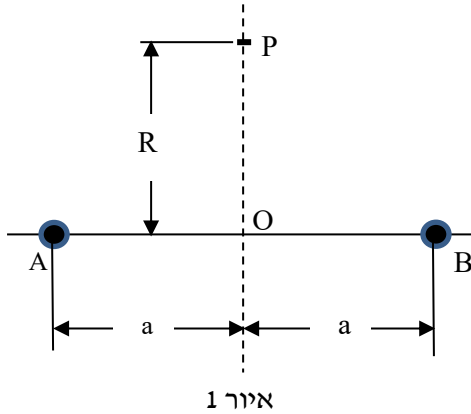
מהי העבודה שבוצעה ע"י כוח החיכוך על קוביה M_1 ? פרט שיקולידך. (5 נק')

פרק שני – חשמל

ענה על שתיים מן השאלות בפרק זה (שאלות 4-6)

שאלה 4

שני מטענים חשמליים נקודתיים, שמטען כל אחד מהם q חיובי, קבועים בנקודות A ו-B במרחק $2a$ זה מזה. הנקודה O נמצאת באמצע בקטע AB (ראה איור 1).



במרחק רב משני מטענים אלה נמצא חלקיק שמטענו Q שלילי.

בטא את תשובותיך לסעיפים א' ו-ב' הבאים באמצעות הפרמטרים q, Q, a, R, k , או חלק מהם. (1) מהי העבודה שנעשית כדי להביא את החלקיק טעון שלילית לנקודה P, הנמצאת על האנך האמצעי של קטע AB במרחק $OP=R$?

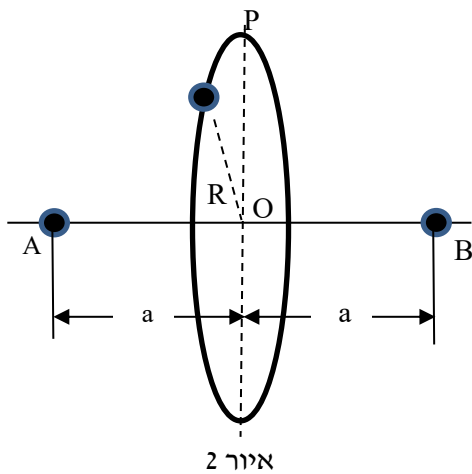
(2) מי מבצע עבודה זו - הכוח החשמלי או כוח חיצוני? נמק.

(4 נק')

כעת משחררים בנקודה P, ממנוחה, את החלקיק שמטענו Q שלילי.

- ב. (1) פתח ביטוי לגודל הכוח השקול הפועל על החלקיק בהיותו בנקודה P.
 (2) תאר את תנועתו של החלקיק בקטעים השונים – התייחס לגודלה וכיוונה של מהירותו ולסוג תנועתו (שוות מהירות, שוות תאוצה, עם תאוצה משתנה). פרט שיקולך.
 (8 נק')

עתה מחזירים את החלקיק בעל מטען Q שלילי ומסתו M לנקודה P. רוצים שהוא ינוע במסלול מעגלי בעל רדיוס R ומרכזו בנקודה O, במישור ניצב לקטע AB (ראה איור 2), בהשפעת הכוחות החשמליים בלבד (הזנח כוחות כבידה).
 לסעיפים ג' ו-ד' נתונים:



$$R=4 \text{ cm}, a=3 \text{ cm}, M = 2 \cdot 10^{-6} \text{ kg}$$

$$Q = -10^{-6} \text{ C}, q = +4 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

- ג. איזו מהירות (גודל וכיוון) צריכים להעניק לחלקיק בנקודה P, כדי שאכן ינוע בתנועה המעגלית המתוארת? הסבר.
 (4 נק')
- ד. מה האנרגיה הכוללת של החלקיק שמטענו Q כאשר הוא מבצע את התנועה המעגלית המתוארת? אנרגיה פוטנציאלית חשמלי באינסוף נחשבת שווה אפס.

(4 נק')

שאלה 5

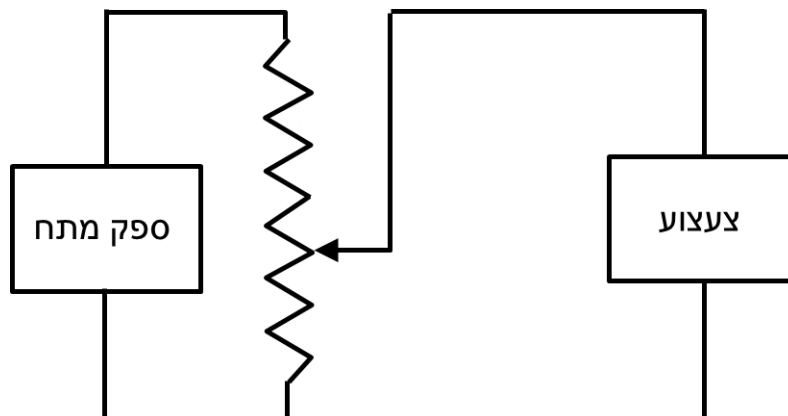
אבא הביא מביקורו בארה"ב צעצוע חשמלי, שעליו רשום 1100W , 110V . חברת החשמל בישראל מספקת מתח של 220V . כדי לבדוק את שימוש הצעצוע בארץ, לקח איתמר נגד משתנה שאורכו 40cm והתנגדותו הכוללת 20Ω , וספק המספק מתח הדקים קבוע של 220V , וחיבר מעגל טורי בו ניתן לשנות את המתח על הצעצוע.

א. (1) שרטט תרשים חשמלי של מעגל זה.

(2) בתרשים המעגל ששרטטת, רשום את הקצוות של הנגד המשתנה ב-A ו-B. חשב באיזה מרחק מאחד מקצותיו של הנגד המשתנה על איתמר לחבר את הגררה כדי שהצעצוע יפעל בהתאם לרשום עליו? פרט חישוביך וציין מאיזה קצה, A או B, המרחק שחישבת.

(7 נק')

במקרה אחר, לקחה דפנה את הצעצוע ואת אותו הנגד המשתנה ובנתה מעגל כמתואר בתרשים הבא:



ב. (1) דפנה טוענת שיתרונו של מעגל זה הוא בכך שניתן לקבל בו מתח אפס על הצעצוע. הסבר היכן יש לחבר את הגררה כדי לעשות זאת, ומדוע מתח אפס על הצעצוע אפשרי רק במעגל זה ולא במעגל שאיתמר בנה.

(2) דפנה מיקמה את הגררה באמצעו של הנגד המשתנה במעגל שבנתה. האם במצב זה הספק הצעצוע גדול מזה הרשום עליו, קטן ממנו או שווה לזה הרשום עליו? נמק.

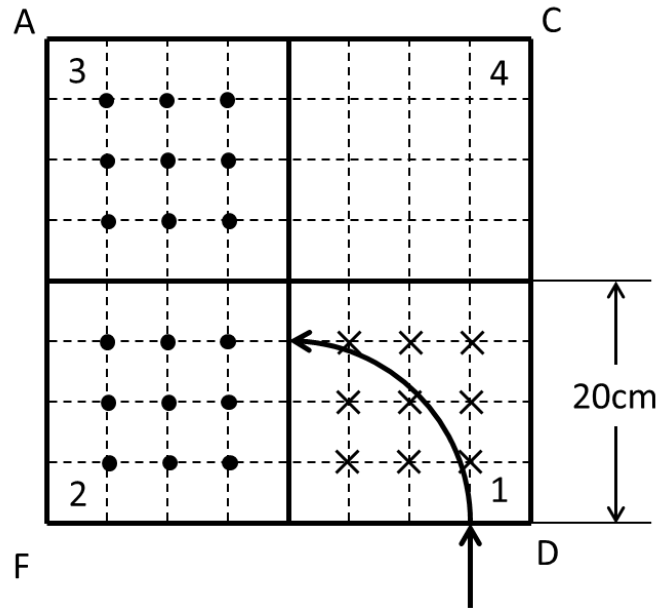
(8 נק')

נגדיר נצילות המעגל, η , כיחס בין ההספק המסופק לצעצוע לבין ההספק המושקע על ידי המקור, ג. בשני המעגלים, זה של איתמר וזה של דפנה, ממקמים את הגררה כך שהצעצוע פועל בהתאם לרשום עליו (לא נדרש לחשב מיקום הגררה). האם במצב זה נצילות המעגל של דפנה גדולה, קטנה או שווה לזו של המעגל של איתמר? נמק ללא חישוב מספרי.

(5 נק')

שאלה 6

בתרשים אזור ACDF המחולק ל-4 אזורים ריבועיים. באזור מספר 1 שדה מגנטי שגודלו $B=0.1T$ וכיוונו נכנס למישור התרשים. באזורים 2 ו-3 גודל השדה המגנטי האחד הוא פי 3 מזה שבאזור 1, וכיוונו יוצא ממישור התרשים.
 חלקיק טעון שמסתו $2.4 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$ נכנס במהירות $v_0=10^6 \text{ m/s}$ לאזור 1, ובהמשך עובר לאזור 2, כך שמהירותו בכניסה לאזור 2 מאונכת לכיוון בו הוא נכנס לאזור 1 (ראה תרשים). מטען החלקיק אינו ידוע.



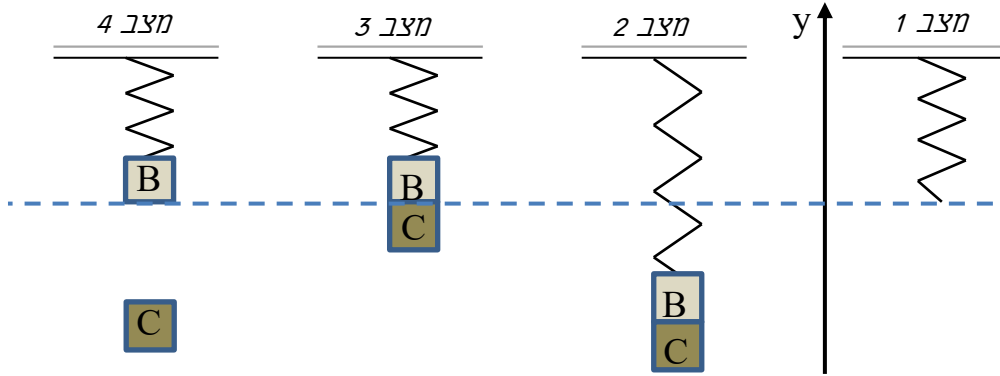
- א. (1) האם מטען החלקיק הוא חיובי או שלילי? נמק תשובתך.
 (2) היעזר בשרטוט וחשב את מטענו של החלקיק. פרט שיקולך.
 (6 נק')
 ב. העתק את התרשים למחברת הבחינה והוסף בתרשים את מסלול תנועתו של החלקיק באזורים 2 ו-3. פרט שיקולך.
 (4 נק')
 רוצים שבאזור 4 החלקיק ינוע בקו ישר.
 ג. תלמיד אי טען שניתן לגרום למצב זה אם באזור 4 שורר שדה מגנטי בלבד. האם צודק התלמיד?
 אם כן- מה התנאי לכך? אם לא- מדוע?
 (3 נק')
 כעת ברגע שהחלקיק נכנס לאזור 4 מפעילים שדה חשמלי בכיוון מטה (במישור הדיף, כלומר במקביל לקטע CD) בגודל $E=2 \text{ N/C}$. רוצים שהחלקיק ימשיך לנוע בקו ישר באזור זה ולשם כך רוצים להשתמש בתיל ישר וארוך שניתן להזרים בו זרמים שונים.
 אפשר למקם את התיל: (I) בנקודה C בניצב למישור הדיף; (II) במישור הדיף, לאורך קטע AC; (III) במישור הדיף לאורך קטע CD.
 ד. (1) הסבר איזו מהאפשרויות הנ"ל היא היחידה שתתאים, ומדוע שתיים האחרות אינן מתאימות.
 (2) חשב את עוצמת הזרם שיש להזרים בתיל וציין את כיוונו, כדי שהחלקיק ימשיך בקו ישר באזור 4. פרט חישוביך.
 (7 נק')

פרק שלישי – נושאים נוספים במכניקה וחשמל

ענה על שאלה אחת מן השאלות בפרק זה (שאלות 7-9)

שאלה 7

קפיץ בעל קבוע כוח k ומסה זניחה תלוי אנכית לתקרה – מצב 1 בתרשים. ציר y מוגדר אנכית וכיוונו חיובי כלפי מעלה.



בקצה השני של הקפיץ תולים שני גופים זהים B ו- C , דבוקים זה לזה, בעלי מסה 100 גרם כל אחד. הנח כי הגופים נקודתיים. במצב 2 הגופים במנוחה.

מעלים את הגופים עד לנקודה בה הקפיץ רפוי (מצב 3) ועוזבים. המערכת מתנדנדת בתדירות של 1.6 Hz .

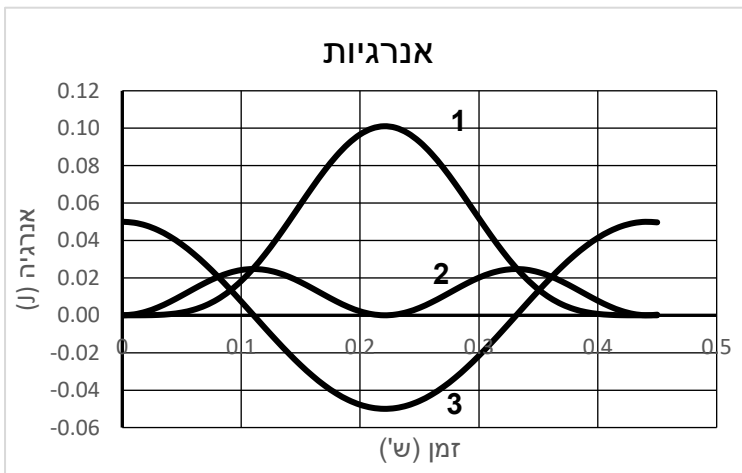
א. חשב את קבוע הכוח של הקפיץ, k . (4 נק')
 ב. מהי תאוצת הגופים (גודל וכיוון) בכל אחד מקצות התנדודות? הסבר ונמק בעזרת תרשימי כוחות מתאימים. (4 נק')

כשהגופים מגיעים לנקודה הגבוהה ביותר בזמן התנדודות, ברגע שנסמנו כ- $t=0$, גוף C מתנתק ונופל (מצב 4).

ג. (1) האם המשרעת (האמפליטודה) של תנדודות הגוף B תהיה שווה למשרעת תנדודותיהם של שני הגופים יחד, גדולה ממנה או קטנה ממנה? נמק.

(2) קבע את ראשית ציר y בנקודה בה שקול הכוחות הפועלים על גוף B שווה ל-0 ("נקודת שיווי המשקל") ושרטט גרף של הכוח השקול הפועל על גוף B כפונקציה של מקומו, y . ציין את שיעורי נקודות הקצה של הגרף.

ד. להלן גרפים של אנרגיית הכובד, האנרגייה הקינטית והאנרגייה האלסטית של גוף B , כפונקציה של הזמן. זהה איזה קו מתאר כל אחת מהאנרגיות ונמק. (4 נק')



שאלה 8

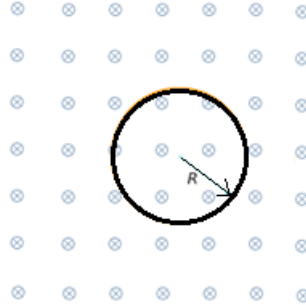
בשנים האחרונות גוברת ההתעניינות במציאת כוכבי לכת מחוץ למערכת השמש (Exoplanets). לצורך גילויים שיגרו טלסקופ על חללית הסובבת את השמש, הנודעת בשם "משימת קפלר" (Kepler Mission). במסגרת משימה זו התגלו בין השאר 3 כוכבי לכת הסובבים כוכב מרכזי הדומה לשמש שלנו. להלן נתונים הלקוחים מאתר NASA המתייחסים לכדור הארץ, לכוכב הלכת צדק ולשלושה כוכבי לכת שהתגלו במערכת החדשה, Kepler 9 שמה. בנתוני NASA נהוג למדוד את המרחקים ביחידות אסטרונומיות. יחידה אסטרונומית מוגדרת כרדיוס מסלול ממוצע של תנועת כדור הארץ סביב השמש.

שם כוכב הלכת	מסה (במסות ארץ)	רדיוס (ברדיוסי ארץ)	זמן הקפה T (שנות ארץ)	רדיוס מסלול ממוצע R (יחידות אסטרונומיות)	רדיוס הכוכב המרכזי (ברדיוסי שמש)
ארץ	1.000	1.000	1.0000	1.000	1.000
צדק	317.82	11.21	11.8565	5.204	1.000
Kepler 9b	80.09	9.438	0.05268	0.14	1.020
Kepler 9c	54.35	9.225	0.1065	0.225	1.020
Kepler 9d	-----	1.640	0.0035	0.0273	1.020

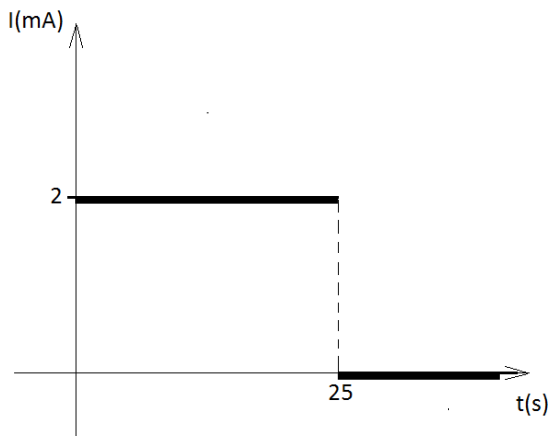
- א. נסח במילים את החוק השלישי של קפלר. (3 נק')
- ב. (1) על פי נתוני הטבלה, בדוק האם שלושת כוכבי הלכת במערכת Kepler 9 מקיימים את החוק השלישי של קפלר.
- (2) בעזרת חוקי ניוטון, פתח ביטוי פרמטרי ל- T^2 כתלות ב- R^3 עבור תנועתו של כוכב לכת סביב כוכב מרכזי.
- (3) על פי החוק השלישי של קפלר ובעזרת הנתונים הרשומים בטבלה, הסבר מדוע ניתן להסיק שמסת השמש (הכוכב המרכזי) במערכת Kepler 9 קרובה מאוד לזו של השמש שלנו. (7 נק')
- ג. האם תאוצת הנפילה החופשית, g , על פני כוכב הלכת Kepler 9b קרובה יותר לזו על פני צדק או לזו על פני כדור הארץ? נמק. (4 נק')
- ד. חיזורים משגרים חללית מפני כוכב הלכת Kepler 9b. הם מקנים לה מהירות שיגור השווה למהירות המילוט מכדור הארץ. האם תחזור החללית אי פעם הביתה ל- Kepler 9b? נמק. (6 נק')

שאלה 9

נתון שדה מגנטי אחיד וקבוע שעוצמתו $B=0.5T$, התחום לאזור ריבועי כמתואר בתרשים. בתוך השדה נמצאת במנוחה טבעת מוליכה שהתנגדותה 100Ω ורדיוסה 10cm . קווי השדה "נכנסים לדף", בניצב למישור הטבעת, כמשורטט.



- א. חשב את השטף המגנטי דרך הטבעת. (2 נק')
 ב. האם נוצר זרם בטבעת? נמק. (2 נק')
 ג. מניעים את הטבעת ימינה במישור הדף, עד שהיא יוצאת לחלוטין מהשדה המגנטי. בפרק הזמן $t_0 < t < t_1$ הטבעת נעה בתוך השדה המגנטי. בפרק הזמן $t_1 < t < t_2$ הטבעת יוצאת מהשדה המגנטי. האם מ- t_0 עד t_2 זורם זרם בטבעת? פרט שיקולך. (3 נק')



עתה מציבים שוב את הטבעת במצב מנוחה באותו שדה מגנטי (ראה איור). ברגע מסוים, שמוגדר $t=0$, מתחילה עוצמת השדה המגנטי להשתנות בקצב אחיד, החל מ- $B_0=0.5T$. כתוצאה מכך, זורם בטבעת זרם חשמלי במגמת סיבוב מחוגי השעון. נתון גרף הזרם המושרה בטבעת כפונקציה של הזמן (שים לב שהזרם ביחידת mA. $1\text{mA}=10^{-3}\text{A}$).

- ד. האם השדה המגנטי מיד אחרי $t=0$, גדל או קטן? נמק. (4 נק')
 ה. (1) היעזר בגרף ובנתוני השאלה ופתח ביטוי לפונקציה $B(t)$. הסבר את שיקולך.
 (2) על פי משוואת תלות השדה המגנטי בזמן, ברגע מסוים הופך השדה המגנטי את כיוונו. הסבר מדוע ברגע זה לא משתנה כיוונו של הזרם. נמק ופרט שיקולך. (6 נק')
 ו. חשב כמה אנרגיה הושקעה ביצירת הזרם. (3 נק')