

פיזיקה

על פי תכנית הרפורמה ללמידה משמעותית

מכניקה וחשמל

הוראות לנבחן

א. משך הבחינה: שלוש שעות וחצי.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה:

פרק ראשון	—	מכניקה	—	(20×2)	—	40	נקודות	
פרק שני	—	חשמל	—	(20×2)	—	40	נקודות	
פרק שלישי	—	נושאים נוספים במכניקה וחשמל	—	(20×1)	—	20	נקודות	
							סה"כ	100 נקודות

ג. חומר עזר מותר בשימוש: (1) מחשבון.

(2) נספח נוסחאות ונתונים בפיזיקה המצורף לשאלון.

ד. הוראות מיוחדות:

(1) ענה על מספר שאלות כפי שהתבקשת. תשובות לשאלות נוספות לא ייבדקו.

(התשובות ייבדקו לפי סדר הופעתן במחברת הבחינה.)

(2) בפתרון שאלות שנדרש בהן חישוב, רשום את הנוסחאות שאתה משתמש בהן.

כאשר אתה משתמש בסימן שאינו בדפי הנוסחאות, כתוב במילים את פירוש הסימן.

לפני שאתה מחשב, הצב את הערכים המתאימים בנוסחאות.

רשום את התוצאה שקיבלת ביחידות המתאימות. אי-רשום הנוסחה או אי-ביצוע ההצבה

או אי-רשום 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) בחישוביך השתמש בערך 10 m/s^2 לגודלה של 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.

כתוב במחברת הבחינה בלבד, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונך לכתוב בציטטה (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).

רשום "טיוטה" בראש כל עמוד טיוטה. רשום טיוטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלול לגרום לפסילת הבחינה!

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

בהצלחה!

/המשך מעבר לדף/

השאלות

שים לב: עליך לענות על חמש שאלות בלבד.

פרק ראשון – מכניקה

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

(לכל שאלה – 20 נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו).

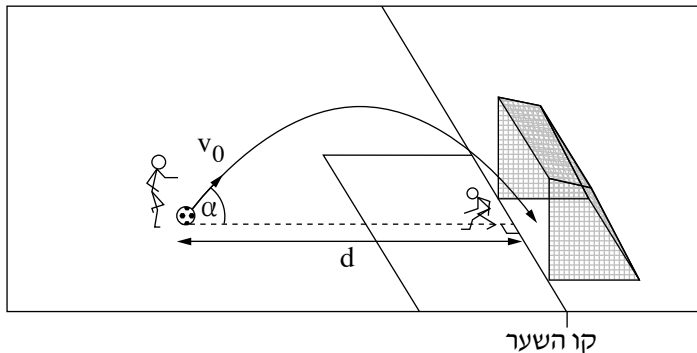
1. במשחק כדורגל נעמד שחקן כדי לבעוט בעיטת עונשין. כדי להטעות את השוער, השחקן התבונן על אחת מפינות השער, אולם בעט בכדור למרכז השער. שיטת בעיטה זו מכונה שיטת פננקה, על שמו של שחקן צ'כי. בעקבות בעיטה זו הכדור נע במסלול פרבולי במישור המאונך למגרש, וכך ההיטל של המסלול על המגרש ניצב לקו השער (ראה תרשים 1).

נסמן: d – מרחק הכדור מקו השער לפני שהוא נבעט

v_0 – גודל המהירות ההתחלתית של הכדור

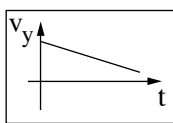
α – הזווית בין כיוון המהירות ההתחלתית לבין מישור המגרש

התנגדות האוויר זניחה.

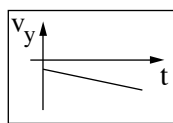


תרשים 1

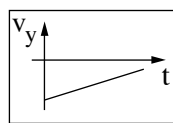
- א. קבע איזה מבין ארבעת הגרפים 1-4 שלפניך מייצג נכון את הרכיב האנכי של מהירות הכדור במהלך תנועתו באוויר, כפונקציה של הזמן. נמק את קביעתך. (4 נקודות)



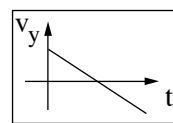
4



3

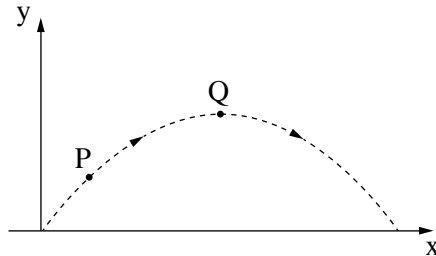


2



1

- ג. בתרשים 2 מוצג מסלולו של כדור שנכנס לשער. במסלול מסומנות נקודות P, Q. נתון כי הנקודה Q גבוהה מן הנקודה P.



תרשים 2

- (1) האם גודל הרכיב האופקי של מהירות הכדור בנקודה P קטן מגודל הרכיב האופקי של מהירותו בנקודה Q, גדול ממנו או שווה לו? הסבר את תשובתך.
- (2) האם גודל התאוצה של הכדור בנקודה P קטן מגודל התאוצה שלו בנקודה Q, גדול ממנו או שווה לו? הסבר את תשובתך.
- (6 נקודות)

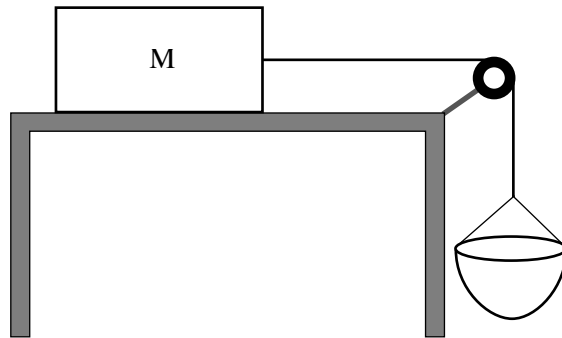
שחקן בעט בכדור בשיטת פננקה ממרחק $d = 11\text{m}$ מקו השער.

הוא העניק לכדור מהירות שגודלה $v_0 = 11.5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ בזווית $\alpha = 55^\circ$ מעל האופק.

נתון: גובה השער הוא $h = 2.44\text{ m}$.

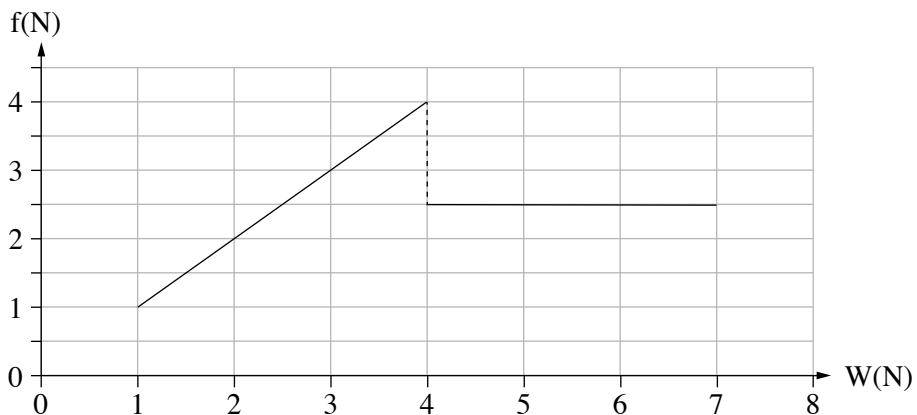
- ג. הוכח שהכדור שנבעט נכנס בוודאות לתוך השער. הנח שלא הייתה הפרעה לתנועת הכדור (לדוגמה, מן השוער). התייחס אל הכדור כאל גוף נקודתי. (6 נקודות)
- ד. שחקן אחר בעט בכדור מאותו מרחק ובאותה זווית, אבל העניק לכדור מהירות התחלתית גדולה מ- v_0 . האם בבעיטה זו הכדור נכנס בוודאות לתוך השער? הסבר את תשובתך.
- אין צורך לחשב. (4 נקודות)

2. תלמידים חקרו את כוח החיכוך באמצעות מערכת המורכבת מתיבה שמסתה M המונחת על משטח אופקי, גלגלת וסלסלה שאפשר להכניס לתוכה חול. התיבה קשורה אל הסלסלה בחבל העובר על פני הגלגלת (ראה תרשים 1).



תרשים 1

- החיכוך עם האוויר, מסת החבל ומסת הגלגלת זניחים. בתחילת הניסוי המערכת נמצאה במנוחה. התלמידים הוסיפו בהדרגה וברציפות חול לתוך הסלסלה, וברגע מסוים המערכת התחילה לנוע. בתרשים 2 מוצג גרף של גודל כוח החיכוך, f , שהפעיל המשטח האופקי על התיבה M כפונקציה של משקל הסלסלה והחול שבתוכה, W .



תרשים 2

א. בלי להסתמך על תרשים 2, הסבר מדוע העקומה של הגרף חייבת לעבור בראשית הצירים.

(2 נקודות)

נתון: $M = 0.8 \text{ kg}$

ב. חשב את מקדמי החיכוך (הסטטי והקינטי) בין התיבה M לבין המשטח. (6 נקודות)

ג. חשב את הגודל של תאוצת המערכת כאשר $W = 6 \text{ N}$. (8 נקודות)

ד. כאשר המערכת עברה ממצב מנוחה למצב תנועה, האם המתוחות בחבל גדלה, קטנה או

לא השתנתה? הסבר את תשובתך, אין צורך לחשב. (4 נקודות)

3. שתי תיבות A ו-B שמסותיהן $m_A = 300\text{gr}$ ו- $m_B = 100\text{gr}$ נמצאות במנוחה על משטח אופקי חלק. בין התיבות מצוי קפיץ מכווץ. בראשי התיבות מחוברים מוטות, וחוט הקשור לשני המוטות מונע מן התיבות לנוע (ראה תרשים 1). נתון: קבוע הקפיץ $k = 480 \frac{\text{N}}{\text{m}}$, אורך הקפיץ כשהוא מכווץ בין התיבות הוא 10 cm . מסת הקפיץ זניחה.

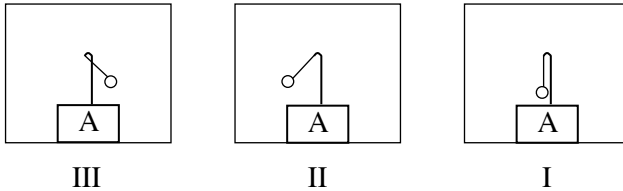


תרשים 1

- ברגע מסוים החוט נקרע. בעקבות זאת הקפיץ השתחרר, ובתוך כדי כך הוא הדף את התיבות לכיוונים מנוגדים. לאחר ההדיפה נעו התיבות A ו-B על פני המשטח האופקי במהירויות קבועות שהגדלים שלהן u_A ו- u_B , והקפיץ נפל אנכית ארצה. אורך הקפיץ המשוחרר (הרפוי) הוא 20 cm . בסעיפים א-ב נדון במערכת שתי התיבות והקפיץ, בפרק הזמן שחלף מן הרגע שבו החוט נקרע עד לרגע שבו התיבות התנתקו מן הקפיץ.
- א. קבע אם בפרק הזמן הזה נשמר התנע של המערכת. נמק את קביעתך. (3 נקודות)
- ב. קבע אם בפרק הזמן הזה נשמרה האנרגיה המכנית הכוללת של המערכת. נמק את קביעתך. (3 נקודות)
- ג. חשב את גודלי המהירויות u_A ו- u_B . (6 נקודות)
- בשלב מסוים של תנועתה הגיעה התיבה A למדרון משופע. התיבה עלתה עד הנקודה C שגובהה מעל למשטח האופקי $h_c = 0.1\text{m}$ (ראה תרשים 1), וירדה בחזרה.
- ד. הוכח שהמדרון אינו חלק. (5 נקודות)

במהלך תנועתה של התיבה A על פני המשטח האופקי לאחר נפילת הקפיץ, תלו מטוטלת קטנה על המוט המחובר לתיבה זו. תליית המטוטלת נעשתה באופן שלא השפיע על תנועת התיבה.

ה. בתרשים 2 שלפניך מוצגים איורים III-I. קבע איזה מבין האיורים מתאר נכון את מצב המטוטלת במהלך התנועה של התיבה A על פני המשטח האופקי. הסבר את קביעתך. (3 נקודות)



תרשים 2

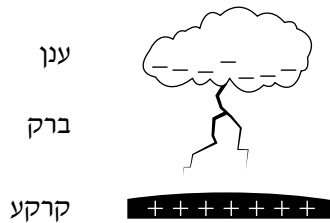
פרק שני – חשמל

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

(לכל שאלה – 20 נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.)

4. ברק הוא תופעת טבע מרשימה. זוהי התפרקות חשמלית פתאומית המתרחשת במקרים רבים בין ענן לבין הקרקע.

לעתים בתוך כדי תנועת הענן נוצרת הפרדה של מטענים חשמליים עקב חיכוך של חלקיקי קרח. על פי רוב היונים החיוביים מצטברים בפסגת הענן והיונים השליליים – בבסיסו, ובמקביל מתרחשת הפרדת מטענים גם בקרקע שמתחת לענן (ראה איור). בשאלה זו נדון בענן מסוג זה.



א. הסבר מדוע הקרקע מתחת לענן נטענת במטען חיובי. (3 נקודות)

נתייחס לאזור שבין הקרקע לבין בסיס הענן כאל אזור שנוצר בו שדה חשמלי אחיד.

ב. תאר את קווי השדה האלקטרוסטטי ואת הקווים שווי הפוטנציאל באזור שבין הענן לקרקע. לווה את תשובתך בסרטוט סכמטי של קווים אלה. (4 נקודות)

בטבלה שלפניך מוצגים הערכים של הפוטנציאל החשמלי בכמה גבהים (שים לב ליחידות). בגובה הקרקע $y = 0$.

500	400	300	200	100	0	$y(m)$
-101	-79.4	-60.8	-39	-20.6	0	$V(kV)$

ג. סרטט במחברתך גרף של הפוטנציאל החשמלי כפונקציה של הגובה. (5 נקודות)
הקשר בין עוצמת שדה חשמלי אחיד ובין הפרש הפוטנציאלים שבין שתי נקודות שבתוכו,

$$E = - \frac{\Delta V}{\Delta x} \text{ מוגדר כך:}$$

ד. מצא באמצעות הגרף את עוצמת השדה החשמלי. (4 נקודות)

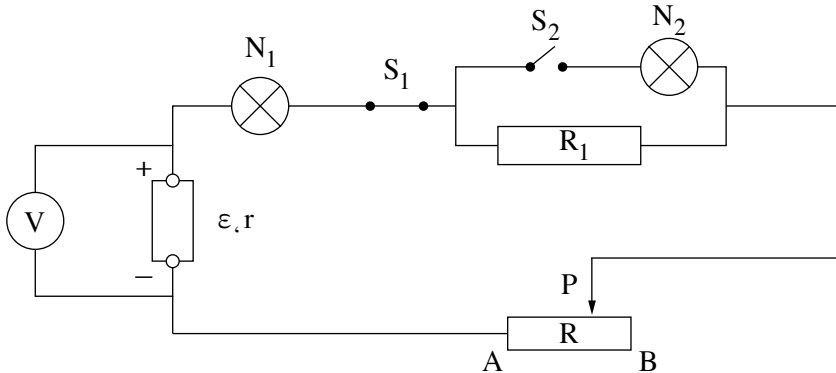
נתון כי המרחק בין בסיס הענן המתואר לבין הקרקע $d = 500m$.

ה. האם פרוטון שעוזב את בסיס הענן במהירות $2 \cdot 10^5 \frac{m}{s}$ יצליח להגיע לקרקע? נמק.

בחישובך הזנח את השינויים באנרגייה הפוטנציאלית הכובדית. (4 נקודות)

/המשך בעמוד 9/

5. לפניך תרשים של מעגל חשמלי המורכב מן הרכיבים האלה: מקור מתח שהכא"מ שלו ε והתנגדותו הפנימית r ; שתי נורות, N_1 ו- N_2 ; שני מפסקים, S_1 ו- S_2 ; נגד קבוע $R_1 = 200\Omega$; נגד משתנה R ; וולטמטר אידאלי ותילים אידאליים. על הנורה N_1 כתוב $100V, 40W$.

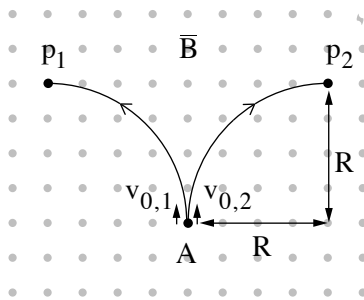


- בשלב הראשון מפסק S_1 סגור ומפסק S_2 פתוח, כמתואר בתרשים. במצב זה הוריית הוולטמטר היא $V = 220V$ והנורה N_1 דולקת בהתאם לכתוב עליה.
- א. חשב את עוצמת הזרם בנגד הקבוע R_1 . (3 נקודות)
- ב. מה צריכה להיות ההתנגדות של הנגד המשתנה R כדי שהנורה N_1 תדלוק בהתאם לכתוב עליה? (4 נקודות)
- ג. נתון: הנצילות החשמלית במעגל היא 88% . חשב את הכא"מ ואת ההתנגדות הפנימית של מקור המתח. (5 נקודות)

- בשלב השני סגרו גם את המפסק S_2 (עתה שני המפסקים סגורים). שום נורה לא נשרפה.
- ד. קבע אם בעקבות סגירת מפסק S_2 , עוצמת האור בנורה N_1 גדלה, קטנה או לא השתנתה. הסבר את קביעתך. (5 נקודות)
- ה. האם בעקבות סגירת המפסק S_2 השתנתה הוריית הוולטמטר? אם לא – הסבר מדוע. אם כן – קבע לאיזה כיוון – לעבר A או לעבר B – יש להזיז את הגרר P של הנגד המשתנה R כדי שהוריית הוולטמטר תחזור להיות $V = 220V$. הסבר את קביעתך.

6. הנקודה A נמצאת בתוך שדה מגנטי אחיד שעוצמתו $B = 6.8 \cdot 10^{-4} T$ וכיוונו מסומן בתרשים. מחלקיק שנמצא בנקודה A נוצרו ברגע t_0 שני חלקיקים, 1 ו-2, בתהליך הנקרא יצירת זוגות. (תהליך של יצירת זוגות מוסבר בקצרה בסוף השאלה. הבנה שלו אינה חיונית לפתרון שאלה זו.) מיד לאחר היווצרותם, שני החלקיקים נעו באותו כיוון (ראה $v_{0,1}$ ו- $v_{0,2}$ בתרשים).

נתון: מסתו של כל אחד מן החלקיקים היא $m = 9.11 \cdot 10^{-31} kg$. הנח כי במרחב שהחלקיקים נעים בו שורר ריק.



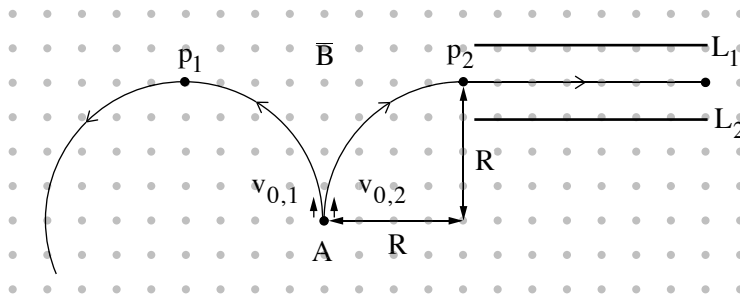
תרשים 1

מרגע $t_0 = 0$ עד רגע $t_1 = 1.3 \cdot 10^{-8} s$ נע כל אחד משני החלקיקים לאורך רבע מעגל. ברגע t_1 הגיע חלקיק 1 לנקודה P_1 , וחלקיק 2 הגיע לנקודה P_2 (ראה תרשים).
א. הסבר מדוע מסלולי החלקיקים עד רגע t_1 הם מעגליים. (3 נקודות)

הרדיוס של כל אחד משני המסלולים המעגליים הוא $R = 5 cm$.

- ב.** חשב את גודל המהירות של כל אחד מן החלקיקים. (4 נקודות)
- ג.** חשב את גודל המטען החשמלי של כל אחד מן החלקיקים. (4 נקודות)

בהגיעו לנקודה P_2 נכנס חלקיק 2 אל בין הלוחות L_1 ו- L_2 היוצרים שדה חשמלי אחיד. הלוחות מקבילים זה לזה ומאונכים למישור הדרך. החלקיק המשיך לנוע בין הלוחות לאורך קו ישר (ראה תרשים 2). חלקיק 1 המשיך לנוע במסלול מעגלי.



תרשים 2

- ד. (1) מהי עוצמתו של השדה החשמלי האחיד בין הלוחות?
- (2) מהו כיוונו של השדה החשמלי האחיד בין הלוחות – מלוח L_1 לעבר לוח L_2 או מ- L_2 לעבר L_1 ? נמק.
(6 נקודות)
- ה. מה תהיה צורת המסלול של חלקיק 2 אם השדה המגנטי ייעלם (כאשר החלקיק נמצא עדיין בין הלוחות)? הסבר את תשובתך. (3 נקודות)

הערה: "יצירת זוגות" היא תהליך פיזיקלי שבו נכחד חלקיק, ובאותו הרגע נוצרים במקומו שני חלקיקים. למשל פוטון נכחד ובמקומו נוצרים החלקיקים אלקטרון ופוזיטרון. החלקיק פוזיטרון דומה לאלקטרון, אך מטענו החשמלי של הפוזיטרון הוא חיובי, ולכן הוא מכונה גם "אנטי-אלקטרון".

פרק שלישי – נושאים נוספים במכניקה וחשמל

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

(לשאלה – 20 נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו).

תנועה הרמונית

7. קרונית נמצאת במנוחה על משטח אופקי בנקודה O. קפיץ אופקי רפוי קשור בקצהו האחד לקרונית ובקצהו האחר לנקודה קבועה.

נתון: מסת הקרונית היא 1.2 kg , קבוע הקפיץ הוא $\frac{N}{m}$ 30. מסת הקפיץ זניחה.

מסיטים את הקרונית מהנקודה O לנקודה A, בתוך כדי מתיחת הקפיץ בשיעור 10 cm , ומשחררים אותה ממנוחה. כוחות החיכוך במערכת זניחים.

א. קבע מהו האופי של תנועת הקרונית במהלכה מ־A ל־O – שוות־מהירות, שוות־תאוצה או שונת־תאוצה. הסבר את קביעתך. (3 נקודות)

ב. חשב כמה זמן חלף מהרגע ששחררו את הקרונית בנקודה A עד שהיא חלפה לראשונה בנקודה O. (4 נקודות)

לאחר שהקרונית הגיעה לנקודה O היא המשיכה לנוע עד שנעצרה לרגע בנקודה B, ואז התחילה לנוע שוב לעבר O.

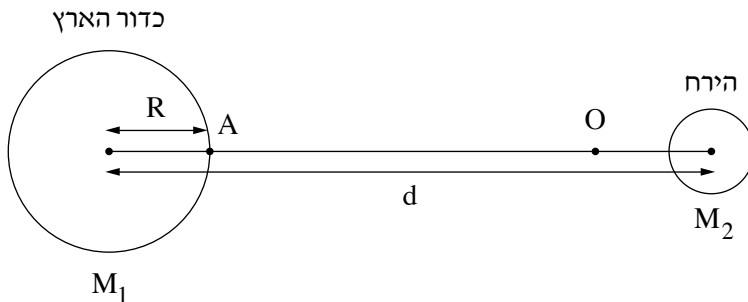
ג. קבע מהו כיוון המהירות של הקרונית ומהו כיוון תאוצתה – לעבר B או לעבר O – בתנועתה מן הנקודה B לעבר הנקודה O. נמק את שתי הקביעות. (5 נקודות)

ד. מצא את גודל מהירות הקרונית ואת גודל תאוצתה ברגע שהיא חלפה בנקודה O. (5 נקודות)

ה. האם ייתכן שבנקודה מסוימת מהירות הקרונית הייתה אפס, אך תאוצתה הייתה שונה מאפס? הסבר את תשובתך. (3 נקודות)

כבידה

8. שאלה זו עוסקת במערכת כדור הארץ והירח, אך מתעלמת מן התנועות שלהם ומן ההשפעות של גרמי שמים אחרים על מערכת זו. בתרשים שלפניך מוצגים חתכים של כדור הארץ ושל הירח. קנה המידה של התרשים אינו מדויק.



נסמן:

- M_1 – מסת כדור הארץ, M_2 – מסת הירח, R – רדיוס כדור הארץ,
 d – המרחק בין מרכז כדור הארץ לבין מרכז הירח
 g – גודל תאוצת הנפילה החופשית על פני כדור הארץ

נתון: $M_2 = \frac{M_1}{81}$; $d = 60R$.

על הישר המחבר בין מרכז כדור הארץ לבין מרכז הירח נמצאת הנקודה O (ראה תרשים). בנקודה זו גוף שמוצב במנוחה – יישאר במנוחה.

א. בטא באמצעות R את מרחק הנקודה O ממרכז כדור הארץ. (6 נקודות)

משגרים חללית שמסתה m מן הנקודה A (ראה תרשים), שעל פני כדור הארץ, לירח.

ב. בטא באמצעות R , m ו- g את האנרגייה המינימלית E שיש להעניק לחללית כדי להביאה לנקודה O.

שים לב: עליך להתחשב בהשפעות של כדור הארץ ושל הירח על החללית. (10 נקודות)

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

ב-21 בדצמבר 1968 שוגרה החללית אפולו 8, והצוות שנשאה היה הראשון שנע במסלול סביב הירח.

103 שנים לפני כן תיאר הסופר ז'ול ורן בספרו "מן הארץ אל הירח" מסע דומה לזה של אפולו 8. לשאלה "האם אפשר לשגר קליע עד הירח?", מוצגת בספרו של ז'ול ורן התשובה שלפניך (בתרגום חופשי).

"אפשר לשגר קליע עד הירח אם נותנים לו מהירות התחלתית שגודלה כ- $v = 11 \frac{\text{km}}{\text{s}}$.

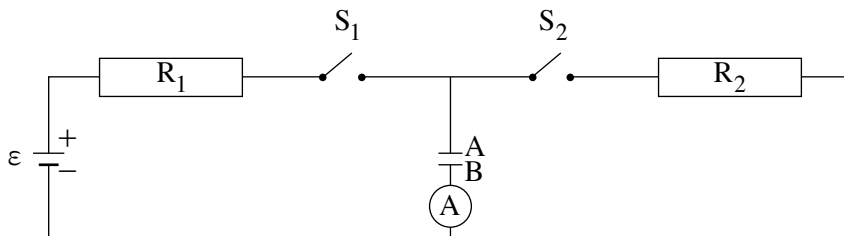
מהירות זו מספיקה כדי שהקליע יגיע לנקודה שבה הכוחות שכדור הארץ והירח מפעילים על הקליע שווים בגודלם. מעבר לנקודה זו כדור הארץ כבר אינו מושך את הקליע אלא רק הירח, ולכן אם הקליע יעבור את הנקודה הזאת בדרכו לעבר הירח, הוא יצליח להגיע אליו".

ג. קבע אם כל התיאור הזה נכון. נמק את קביעתך. אין צורך לחשב. (4 נקודות)

קיבול

9.

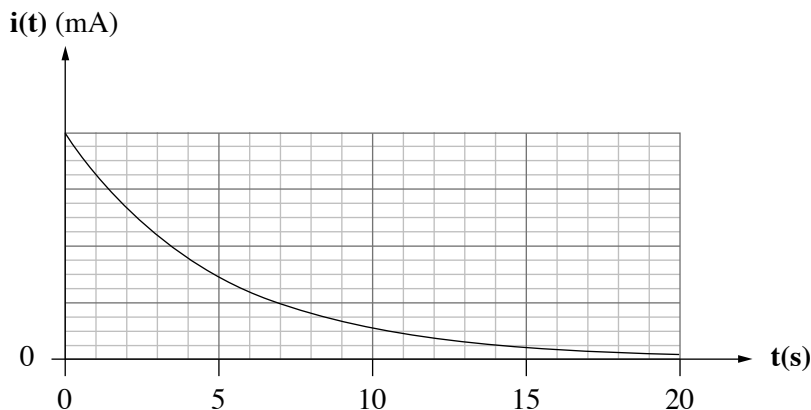
תלמיד הרכיב מעגל חשמלי המאפשר טעינה ופריקה של קבל לוחות. הרכיבים במעגל זה הם: מקור מתח אידאלי שהכא"מ שלו $\varepsilon = 8V$, שני נגדים, R_1 ו- R_2 ; שני מפסקים, S_1 ו- S_2 ; קבל שלוחותיו מסומנים באותיות A ו- B, אמפרמטר אידאלי ותילים אידאליים. המעגל מתואר בתרשים 1 שלפניך. נתון: התנגדותו של הנגד R_1 היא 1000Ω , והיא גדולה מהתנגדותו של הנגד R_2 .



תרשים 1

ברגע $t = 0$ התלמיד סגר את מפסק S_1 (מפסק S_2 נשאר פתוח) והקבל התחיל להיטען. א. חשב את עוצמת הזרם I_0 שזרם באמפרמטר ברגע סגירת המפסק. (3 נקודות)

בתרשים 2 שלפניך מוצג גרף של עוצמת הזרם i כפונקציה של הזמן t $[i(t)]$ במהלך טעינת הקבל.



תרשים 2

ב. מצא בעזרת הגרף את קבוע הזמן τ_1 של מעגל הטעינה (קבוע הזמן הוא $\tau = R \cdot C$). (4 נקודות)

(שים לב: המשך סעיפי השאלה בעמוד הבא.)

- ג. מצא את המטען Q (גודל וסימן) הנמצא על כל אחד מלוחות הקבל, A ו- B , כאשר הוא טעון במלואו. (6 נקודות)
- כעבור זמן רב, כאשר הקבל היה טעון במלואו, פתח התלמיד את המפסק S_1 וסגר את המפסק S_2 .
- ד. קבע אם τ_2 , קבוע הזמן בפריקה, גדול מ- τ_1 , קבוע הזמן בטעינה, קטן ממנו או שווה לו. הסבר את קביעתך. (3 נקודות)
- התלמיד סרטט גרף, המתאר את עוצמת הזרם i כפונקציה של הזמן t במהלך פריקת הקבל.
- ה. קבע אם השטח הכלוא בין העקומה לבין הציר האופקי בגרף שסרטט התלמיד גדול מן השטח הכלוא בין העקומה לבין הציר האופקי שבתרשים 2, קטן ממנו או שווה לו. הסבר את קביעתך. (4 נקודות)

בהצלחה!