

מאת: פרופ' שלמה דדו, הפקולטה לפיסיקה
אחראי בחינת הסווג בפיסיקה בטכניון.

הבחינה מורכבת משני חלקים: חלק א' – מכניקה, וחלק ב' – חשמל, מגנטיות ואופטיקה.
כל חלק נמשך בדרך כלל כ- 150 דקות.

בבחינה אסור להשתמש בחומר עזר כלשהו, פרט למחשב כיס פשוט. דף נוסחאות, שדוגמתו תמצא בסוף קובץ דפים זה, מצורף לבחינה.

מתקיימים שלושה מועדי בחינה בכל שנה: בינואר, ביוני, ובספטמבר (בדרך כלל ביום חמישי של השבוע האחרון ללימודים בסמסטר). בכל מועד, יכול הנבחן לגשת לחלק כלשהו משני החלקים הנ"ל, או לשניהם. **על הנבחן להרשם מראש לכל בחינה במועד שיבחר.** הרישום נעשה דרך האינטרנט.

נבחן שיגש לבחינה מבלי להרשם לה, עשוי לא להיות מורשה להשתתף בה.

בעוד בחינת הסיווג בפיסיקה אינה מהווה תנאי קבלה לטכניון, על הסטודנט שחייב בה לסיים אותה לא יאוחר משלושת הסמסטרים הראשונים ללימודיו. אי עמידה בבחינה, חוסמת בפני מי שחייב בה את לימודי מקצועות היסוד בפיסיקה בטכניון: "פיסיקה 1" ו-"פיסיקה 2", וכן מקצועות נוספים הדורשים מקצועות אלה כמקצועות קדם. על כן, וכדי לא לשבש את מהלך הלימודים הסדיר של הסטודנט בטכניון, מומלץ מאד לכל מי שחייב בבחינת הסיווג לסיים אותה לפני תחילת לימודיו בטכניון. **המדור ללמודים קדם אקדמיים בטכניון** ("המכינה" של הטכניון) מקיים בזמנים נוחים, בשעות הערב, קורסי הכנה לבחינת הסיווג, הניתנים על ידי מורים מקצועיים מנוסים. קורסים אלה מומלצים מאד לכל החייב בבחינה, והם מהווים לו לעזר רב לא רק בבחינת הסיווג אלא גם בלימודים הסדירים של מקצועות הפיסיקה בטכניון.

שלא כבחינות רגילות בטכניון, בחינת הסיווג בפיסיקה נבדקת **פעמיים** על ידי שני בודקים בלתי תלויים, ולעתים היא נבדקת גם **פעם שלישית** (במקרה של אי התאמה בין תוצאות שתי הבדיקות הראשונות, או במקרה של ציון גבולי על סף מעבר). מסיבה זו **אין ערעורים** על תוצאות הבדיקה. במקרים יוצאי דופן של חשש לטעות **טכנית** (כגון טעות ברישום התוצאה, שיבוש בזיהוי שם הנבחן או מספרו שגרם לאי קליטת הציון, וכו...), יוכל הנבחן לבקש לבדוק אם חלה טעות כזו. בקשה **מנומקת** כזו תוגש **בכתב** אל האחראי לבחינה, לכתובת המצוינת לעיל. בקשה כזו **לא** מיועדת למקרים גבוליים של ביצועי הנבחן, ושמטרתה להביא בעקיפין לבדיקה שלישית או רביעית של הבחינה (לא תהיה בדיקה כזו, כי היא נעשתה כבר אוטומטית עבור מקרים גבוליים, כאמור לעיל). תשובה לבקשה, יקבל הנבחן לאחר כשבוע דרך מזכירות לימודי הסמכה בפקולטה לפיסיקה.

רצוף בזה תמצא דוגמאות משאלות שניתנו בשתי בחינות סיווג בפיסיקה בטכניון. **קרא בעיון את ההוראות. סגנון הבחינה יכול להשתנות מדי פעם.**

שים לב: למרות שהבחינות הנ"ל נראות כמו "בחינות אמריקאיות", הן **אינן** כאלה, כלל וכלל. **דרוש פתרון מלא רגיל**, והתשובות המסופקות (אחת מהן, ורק אחת, נכונה) באות כדי **לעזור לך** לגלות טעות אפשרית בטרם תמסור את בחינתך למשגית.

לנוחיותך, אנו מביאים בדוגמאות הנ"ל את התשובות הנכונות לבחינה אחת, ואף פתרון מלא לבחינה השניה. אנו ממליצים מאד **לא** לעיין בתשובות או בפתרון **אלא לאחר** שתפתור **בעצמך** (או לפחות תנסה לפתור) את הבחינות.

בחינת סיווג בפיסיקה, חלק א
מכניקה

שם משפחה: _____ שם פרטי: _____
מס' סטודנט (תעודת זהות): _____ פקולטה: _____

הוראות לנבחן:

1. הבחינה מכילה 10 שאלות, הכוללות 20 סעיפים. כולן חובה.
2. בכל שאלה תמצא מספר תשובות, אשר אחת מהן (ורק אחת) נכונה. הקף בעיגול את האות שליד התשובה הנכונה. (בחישובים מספריים, סמן את התשובה הקרובה ביותר).
3. **עליך לבסס את תשובתך על חישוב, או על נימוק קצר.** תשובה סתמית ללא ביסוס מתאים, עשויה בהחלט לא להתקבל! **אין לסמן תשובה סתם ללא פתרון מפורש או הנמקה בגליון הבחינה.**
- סימון **המבוסס על חישוב מפורש או הנמקה** – מזכה במלוא הנקודות אם הוא נכון, ואינו מוריד נקודות אם הוא לא נכון. סימון סתמי, **ללא פתרון או הנמקה, יוריד נקודות.**
4. אסור להשתמש בכל חומר עזר, פרט למחשבון כיס.
דף נוסחאות מצורף לבחינה. **אין לתלוש את הדף מגוף הבחינה.**
אין להעביר כל חומר בין הנבחנים בעת הבחינה, כולל מחשבוניס.
5. **כתוב את כל פתרונך, כולל טיוטה, על דפי השאלות.** אל תכתוב דבר מחוץ לדפי השאלות.
יש להחזיר למשגיח על הבחינה את גליון הבחינה בשלמותו.
6. משך הבחינה 2.5 שעות.

בהצלחה!

העתק לטבלה שכאן את תשובותיך הסופיות

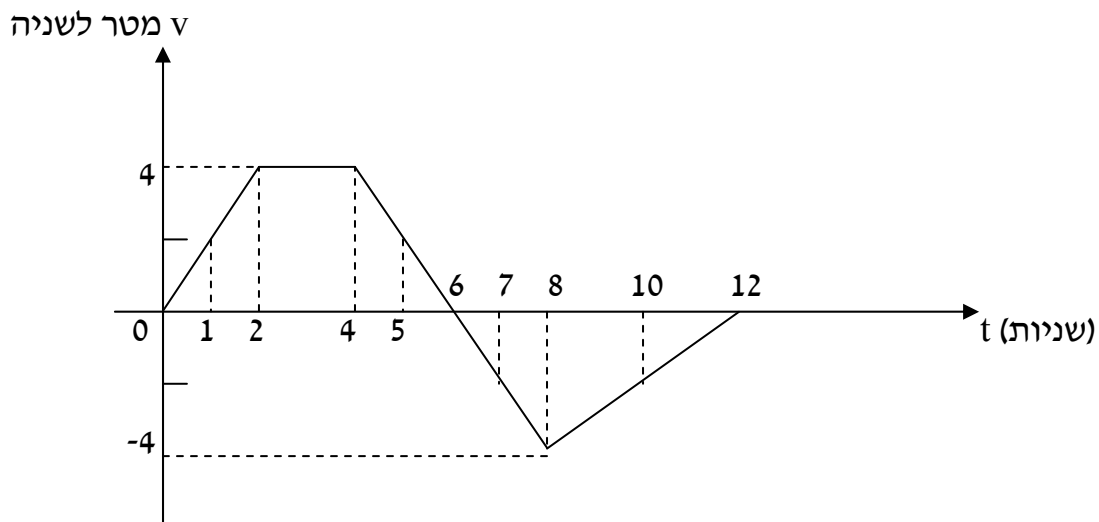
כלומר: סמן את הפתרון שלך ע"י x במשבצת המתאימה

שאלה	סעיף	א	ב	ג	ד	ה
1	I		x			
2	I	x				
	II				x	
3	I				x	
	II					x
4	I		x			
	II					
5	I		x			
	II			x		
6	I				x	
7	I		x			
	II					
	III					
8	I					
	II					
9	I					x
	II					x
10	I					
	II				x	
	III			x		

שאלה מס' 1

מהירותו של גוף הנע לאורך קו ישר נתונה, כפונקציה של הזמן העובר מתחילת התנועה, על ידי הגרף שבציר. אזי:

- א. תאוצתו של הגוף בזמן שניות $t=1$ שווה בגודלה ובכוונה לתאוצתו בזמן שניות $t=5$.
- ב. בזמן שניות $t=10$ מרחק הגוף מנקודת מוצאו גדול יותר מאשר בזמן שניות $t=2$.
- ג. תאוצת הגוף בזמן שניות $t=5$ שווה בגודלה אך הפוכה בכיוונה לתאוצתו בזמן שניות $t=7$.
- ד. המרחק של הגוף מנקודת מוצאו יהיה מקסימלי בזמן שניות $t=12$.
- ה. בזמן שניות $t=8$, מרחק הגוף מנקודת מוצאו גדול יותר ממרחקו בזמן שניות $t=5$.



שאלה מס' 2

I סעיף

אבן נופלת ממצב של מנוחה מגג של בנין וחולפת ליד חלון של אחד הדיירים. אם גובה החלון הוא מטר $d = 2$ והאבן חולפת לידו במשך פרק זמן של שניות $t_0 = 0.2$ (פרק הזמן מרגע שהאבן נראית ליד ראש החלון ועד שהיא נראית בתחתית החלון), מהו גובה הגג, H , מראש החלון (ראה ציור)?

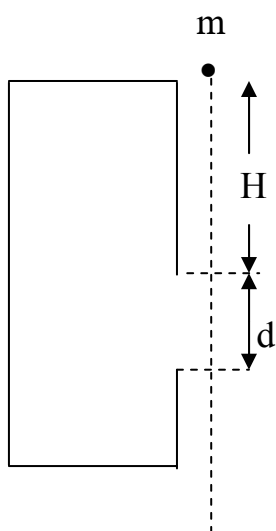
נתון: $g = 10 \text{ m/s}^2$

- א. מטר $H=4.05$ ב. מטר $H=8.1$ ג. מטר $H=2.05$
 ד. מטר $H=2$ ה. מטר $H=10$

II סעיף

זורקים את האבן כלפי מטה במהירות התחלתית מטר לשניה $v_0 = 5$ מגובה אחר, h . מה ערכו של h כדי שהאבן תחלוף לאורך החלון במשך אותו פרק זמן של 0.2 שניות (כלומר חזור על הבעיה בסעיף I, ללא שינוי בנתונים, פרט לנתון שהאבן לא משוחררת ממנוחה אלא נזרקת מטה במהירות התחלתית נתונה: מטר לשניה $v_0 = 5$)?

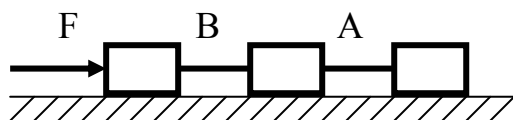
- א. מטר $h=2.1$ ב. מטר $h=1.45$ ג. מטר $h=0.6$
 ד. מטר $h=2.8$ ה. מטר $h=10.2$



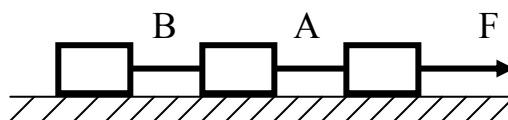
שאלה מס' 3

סעיף I

שלוש תיבות, בעלות מסה M כל אחת, מחוברות ביניהן במוטות A ו- B ומונחות על משטח אופקי. התיבות נמשכות (ציור מס' 1) או נדחפות (ציור מס' 2) על ידי כוח אופקי קבוע F . בין התיבות והמשטח יש חיכוך בעל מקדם μ .



ציור מס' 2



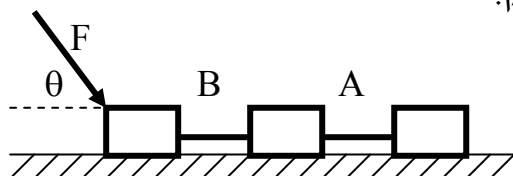
ציור מס' 1

ציין את המשפט הנכון:

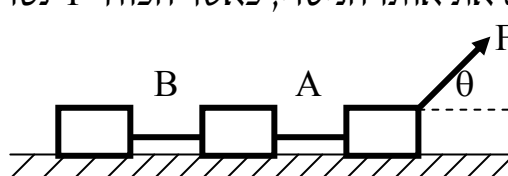
- א. המתיחויות במוטות A ו- B כאשר התיבות נמשכות (ציור 1) שוות. כלומר $T_{A1}=T_{B1}$
- ב. המתיחויות במוטות A ו- B כאשר התיבות נדחפות (ציור 2) שוות. כלומר $T_{A2}=T_{B2}$
- ג. $T_{A1}=T_{A2}$
- ד. $T_{B1}=T_{A2}$
- ה. כל התשובות הנ"ל אינן נכונות.

סעיף II

עורכים את אותו הניסוי, כאשר הכוח F נטוי בזווית θ לאופק.



ציור מס' 2



ציור מס' 1

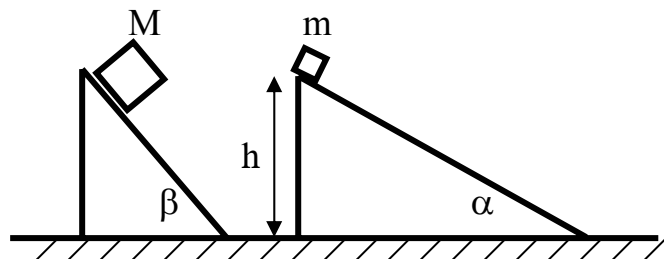
ציין את המשפט הנכון:

- א. $T_{A1}=T_{B1}$
- ב. $T_{A2}=T_{B2}$
- ג. $T_{A1}=T_{A2}$
- ד. $T_{B1}=T_{A2}$
- ה. תאוצת המערכת בציור 1, גדולה מתאוצתה בציור 2.

שאלה 4

I סעיף

נתונים שני מישורים משופעים חלקים בעלי גבהים שווים. גובה המישורים הוא h ושיפועיהם α ו- β . שתי מסות m ו- M מחליקות ממנוחה מהקצוות העליונים של המישורים כמוראה בציר. נתון $M > m$ וכן $\beta > \alpha$. נסמן ב- v_m ו- v_M את מהירויות המסות בהגיען לקצוות התחתונים של המישורים. כמו כן נסמן ב- t_m ו- t_M את משך הזמן החלקה של המסות על המישורים.



מתקיים (ציין את המשפט הנכון):

א. $v_M > v_m$

ב. $v_M = v_m$

ג. $t_M > t_m$

ד. $t_M = t_m$

ה. כל התשובות הנ"ל אינן נכונות.

II סעיף

כמו בסעיף I, אך כאשר יש חיכוך בין המסות למישורים, עם מקדם μ . מתקיים (ציין את המשפט הנכון):

א. $v_M > v_m$

ב. $v_M = v_m$

ג. $t_M > t_m$

ד. $t_M = t_m$

ה. כל התשובות הנ"ל אינן נכונות.

שאלה מס' 5

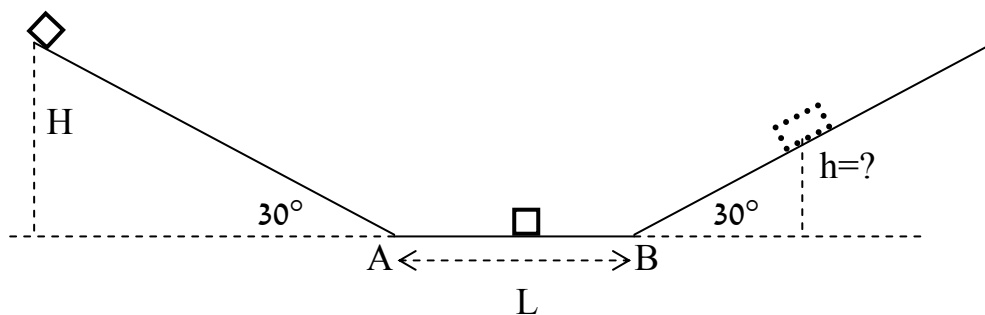
שני מישורים משופעים בזווית של 30° כל אחד, מחוברים ביניהם על ידי מסילה אופקית שאורכה מטר $L=5$ כמתואר בציור. גוף שמסתו m משתחרר ממנוחה בגובה מטר $H=5$ על המישור השמאלי (ראה ציור), יורד ומתנגש בגוף זהה לו המונח במרכז המסילה האופקית. בעקבות ההתנגשות הגופים נצמדים, נעים כגוף אחד על המסילה האופקית ועולים על המישור הימני עד לגובה מקסימלי h .

הזנח כוחות חיכוך ואיבוד אנרגיה בנקודות החיבור A ו-B. נתון: $g = 10 \text{ m/s}^2$.

סעיף I

כעבור כמה זמן מרגע שחרור הגוף שעל המישור השמאלי תתרחש ההתנגשות בין שני הגופים?

- א. 5 שניות
- ב. 2.25 שניות
- ג. 4.75 שניות
- ד. $1 + 4\sqrt{2}$ שניות
- ה. 1.25 שניות



סעיף II

מהו ערכו של h ?

- א. 5 מטר
- ב. $5/2$ מטר
- ג. $5/4$ מטר
- ד. $5/\sqrt{2}$ מטר
- ה. כל התשובות הנ"ל אינן נכונות.

שאלה מס' 6

מסה m מונחת על מישור אופקי חסר חיכוך וקשורה לקפיצים זהים (בעלי קבוע כוח k , כל אחד) באופנים שונים כמתואר בציורים השונים. כאשר מוציאים את המסה ממצב שיווי משקל, בכל אחד מהמקרים ומרפים ממנה, היא מבצעת תנודות בזמני מחזור T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 בהתאם לציורים המתאימים להם.

קיים הקשר הבא בין זמני המחזור הנ"ל:

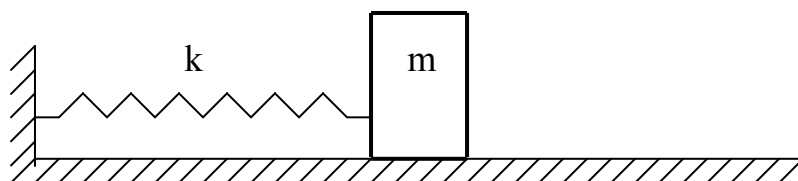
א. $T_1 > T_2$

ב. $T_2 < T_3$

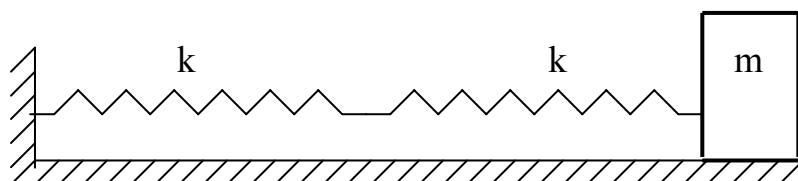
ג. $T_3 = T_2$

ד. $T_4 = T_3$

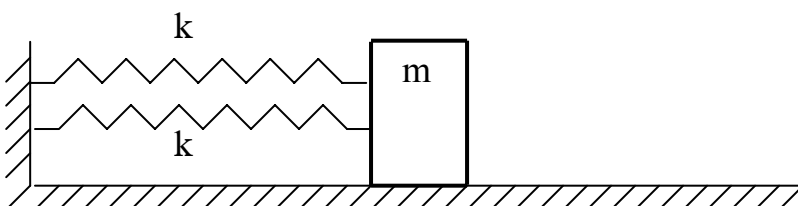
ה. $T_5 = 3T_1$



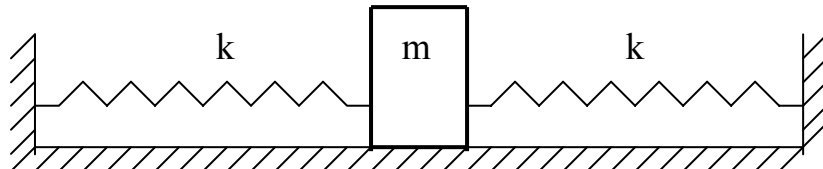
ציור 1



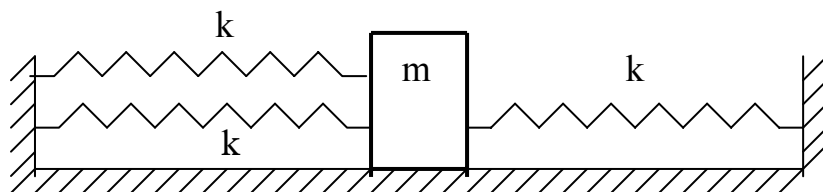
ציור 2



ציור 3



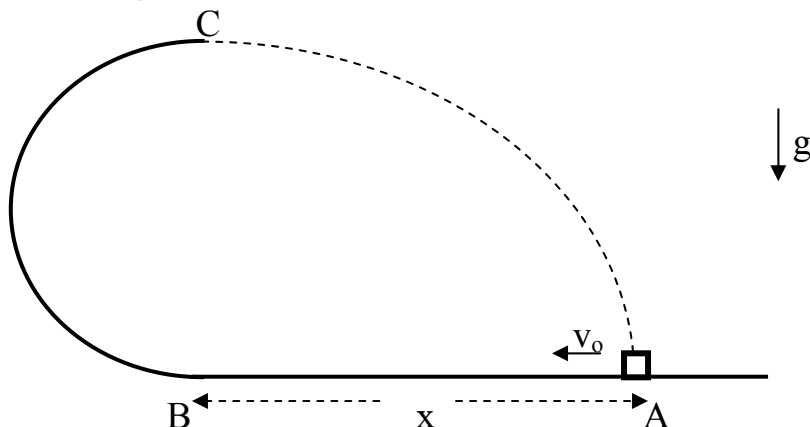
ציור 4



ציור 5

שאלה מס' 7

מסילה חסרת חיכוך מורכבת מחלק אופקי AB, וחלק BC בצורת חצי עיגול זקוף שרדיוסו R. מניחים גוף קטן שמסתו m על החלק האופקי ומקנים לו מהירות v_0 . הגוף נע לאורך המסילה ABC, ממשיך במסלול המקווקו וחוזר לנקודת הזריקה שלו A. נתונה תאוצת הכובד g.



I סעיף

איזה כוח מפעילה המסילה המעגלית על הגוף בנקודה הנמוכה ביותר שלה, B?

- א. mg
- ב. $mg + mv_0^2 / R$
- ג. $mg - mv_0^2 / R$
- ד. mv_0^2 / R
- ה. $mg - 2mv_0^2 / R$

II סעיף

מהו הערך המינימלי של v_0 , כדי שבהגיע הגוף לנקודה C, הכוח שהמסילה מפעילה עליו יהיה אפס?

- א. $\sqrt{5Rg}$
- ב. $\sqrt{4Rg}$
- ג. \sqrt{Rg}
- ד. $\sqrt{2Rg}$
- ה. $\sqrt{(5/2)Rg}$

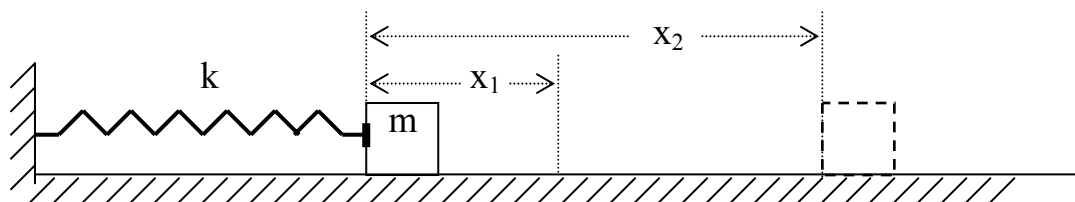
III סעיף

עבור המקרה שבסעיף II, מהו המרחק x של A מ-B כדי שהכדור יחזור למסילה בנקודת הזריקה שלו A כמתואר לעיל?

- א. R
- ב. 2R
- ג. $(5/2)R$
- ד. 3R
- ה. $(7/2)R$

שאלה מס' 8

בול שמסתו $m=0.3$ קג"ם נלחץ אל קפיץ אופקי ומכווץ את הקפיץ ב- מטר $x_1=0.1$ כמוראה בציוור. לאחר שחרורו, נע הבול מרחק $x_2=0.4$ מטר על שולחן אופקי עד עומדו (הבול אינו מחובר לקפיץ, הוא מנתק מגע עם הקפיץ כאשר הוא נע מרחק x_1 והקפיץ מגיע לאורכו הרפוי). קבוע הכוח של הקפיץ הוא ניוטון למטר $k=12$. נתון: $g = 10 \text{ m/s}^2$.



סעיף I

מצא את מקדם החיכוך שבין הבול והשולחן.

- א. 0.05
- ב. 0.10
- ג. 0.25
- ד. 0.50
- ה. 0.75

סעיף II

מהי מהירות הבול ברגע שהוא עוזב את הקפיץ (מנתק את המגע אתו) ?

- א. 0.14 מטר לשניה
- ב. 0.55 מטר לשניה
- ג. 0.63 מטר לשניה
- ד. 0.87 מטר לשניה
- ה. 1.41 מטר לשניה

שאלה מס' 9

- בול שמסתו m מונח על משטח אופקי חלק וקשור אל קפיץ אופקי בעל קבוע כוח k . הקצה השני של הקפיץ קשור אל נקודה קבועה בקיר. מושכים את הבול למרחק A מנקודת שיווי המשקל ועוזבים.

סעיף I

- הזמן הדרוש לבול כדי להגיע חזרה לנקודת שיווי המשקל, בפעם הראשונה, מקיים:
- יהיה גדול יותר ככל ש- A גדול יותר.
 - יהיה קטן יותר ככל ש- A גדול יותר.
 - יהיה גדול יותר ככל שמסת הבול קטנה יותר.
 - יהיה גדול יותר ככל שקבוע הקפיץ גדול יותר.
 - כל התשובות הנ"ל אינן נכונות.

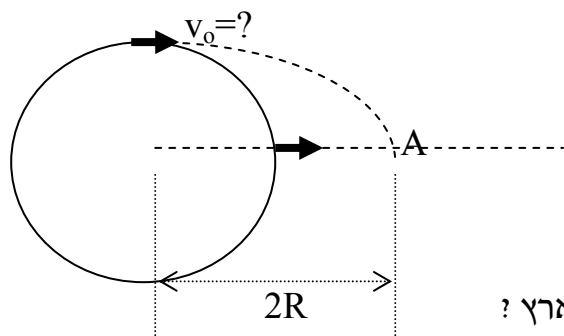
סעיף II

- מבצעים את הניסוי הנ"ל על הירח. ידוע שמשקלו של גוף על הירח קטן פי 6 ממשקלו על הארץ. הזמן הדרוש לבול כדי להגיע חזרה לנקודת שיווי המשקל, בפעם הראשונה, מקיים:
- יהיה גדול פי 6 מהזמן על פני הארץ.
 - יהיה קטן פי 6 מהזמן על פני הארץ.
 - יהיה גדול פי $\sqrt{6}$ מהזמן על פני הארץ.
 - יהיה קטן פי $\sqrt{6}$ מהזמן על פני הארץ.
 - יהיה שווה לזמן על פני הארץ.

שאלה 10

טיל משולח מנקודה על פני כדור הארץ (נתון רדיוס הארץ, R) ומגיע למרחק מקסימלי של $2R$, ממרכז כדור הארץ. בהגיע הטיל לשיא מסלולו, בנקודה A, שווה מהירותו למחצית המהירות שהייתה לו ברגע השילוח.

קליע, שמסתו שווה למסת הטיל, משולח אנכית, מפני כדור הארץ, במהירות המילוט, ופוגע בטיל הראשון ברגע שהוא בנקודה A. ההתנגשות בין הקליע והטיל היא פלסטית (כלומר שני הגופים צמודים יחד אחרי ההתנגשות). הזנח את סיבוב כדור הארץ סביב צירו וסביב השמש. בטא תשובותיך בעזרת רדיוס כדור הארץ, R , ותאוצת הכובד על פני כדור הארץ g_0 .



סעיף I

מהי מהירות הטיל, v_0 , ברגע שילוחו מפני הארץ ?

- א. $\sqrt{(4/3)g_0R}$
- ב. $\sqrt{(3/4)g_0R}$
- ג. $\sqrt{(1/3)g_0R}$
- ד. $\sqrt{g_0R}$
- ה. $\sqrt{(8/9)g_0R}$

סעיף II

באיזו מהירות v_A פוגע הקליע בטיל ?

- א. $\sqrt{(16/9)g_0R}$
- ב. $\sqrt{(3/4)g_0R}$
- ג. $\sqrt{(1/3)g_0R}$
- ד. $\sqrt{g_0R}$
- ה. $\sqrt{(8/9)g_0R}$

סעיף III

מהו הערך של מהירות הטיל והקליע (הצמודים), מיד לאחר ההתנגשות ?

- א. $\sqrt{(2/9)g_0R}$
- ב. $\sqrt{(3/4)g_0R}$
- ג. $\sqrt{(1/3)g_0R}$
- ד. $\sqrt{g_0R}$
- ה. $\sqrt{(9/8)g_0R}$

בחינת סיווג בפיסיקה, חלק ב
חשמל, מגנטיות, ואופטיקה

שם משפחה: _____ שם פרטי: _____

מס' סטודנט (תעודת זהות): _____ פקולטה: _____

הוראות לנבחן:

1. הבחינה מכילה 10 שאלות, הכוללות 20 סעיפים. כולן חובה.
2. בכל שאלה תמצא מספר תשובות, אשר אחת מהן (ורק אחת) נכונה. הקף בעיגול את האות שליד התשובה הנכונה. (בחישובים מספריים, סמן את התשובה הקרובה ביותר).
3. עליך לבסס את תשובתך על חישוב, או על נימוק קצר. תשובה סתמית ללא ביסוס מתאים, עשויה בהחלט לא להתקבל! אין לסמן תשובה סתם ללא פתרון מפורש או הנמקה בגליון הבחינה.
- סימון המבוסס על חישוב מפורש או הנמקה – מזכה במלוא הנקודות אם הוא נכון, ואינו מוריד נקודות אם הוא לא נכון. סימון סתמי, ללא פתרון או הנמקה, יוריד נקודות.
4. אסור להשתמש בכל חומר עזר, פרט למחשבון כיס.
- דף נוסחאות מצורף לבחינה. אין לתלוש את הדף מגוף הבחינה.
- אין להעביר כל חומר בין הנבחנים בעת הבחינה, כולל מחשבוניס.
5. כתוב את כל פתרונך, כולל טיוטה, על דפי השאלות. אל תכתוב דבר מחוץ לדפי השאלות. יש להחזיר למשגיח על הבחינה את גליון הבחינה בשלמותו.
6. משך הבחינה 2.5 שעות.

בהצלחה!

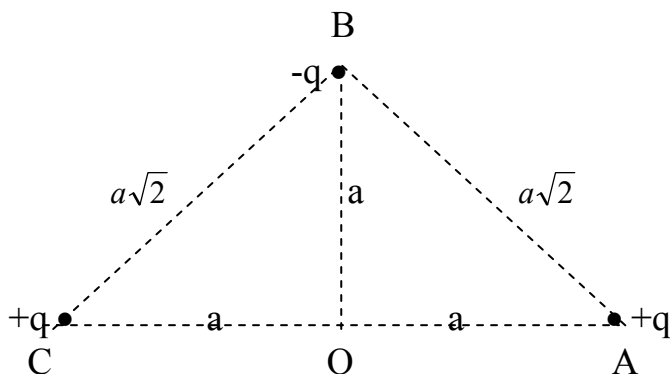
העתק לטבלה שכאן את תשובותיך הסופיות

כלומר: סמן את הפתרון שלך ע"י x במשבצת המתאימה

שאלה	סעיף	א	ב	ג	ד	ה
1	I		x			
	II			x		
	III		x			
2	I	x				
	II	x				
3	I		x			
	II	x				
4	I				x	
	II			x		
5	I					x
	II					
	III					
	IV					
6	I	x				
	II					x
	III		x			
	IV				x	
7	I					x
	II	x				
8	I				x	
	II					x
9	I			x		
10	I					x

שאלה מס' 1

שלוש מסות זהות, m , כל אחת, טעונות במטענים $+q$ או $-q$ (ראה ציור) ומחוזקות בקודקודי משולש ישר זווית ABC שמידותיו נתונות בציור. התייחס לכוחות חשמליים בלבד.



סעיף I

מצא את גודלו של הכוח החשמלי הפועל על המטען B.

- א. $F_B = \frac{kq^2}{a^2}$ ב. $F_B = \frac{kq^2}{a^2\sqrt{2}}$ ג. $F_B = \frac{kq^2\sqrt{2}}{a^2}$
- ד. $F_B = \frac{kq^2}{2a^2\sqrt{2}}$ ה. $F_B = \frac{2kq^2\sqrt{2}}{a^2}$

סעיף II

מהי האנרגיה הפוטנציאלית החשמלית של מערכת שלושת המטענים ?

- א. $W = \frac{3kq^2}{2a}$ ב. $W = \frac{3\sqrt{2}kq^2}{2a}$ ג. $W = \frac{kq^2}{2a}(1-2\sqrt{2})$
- ד. $W = \frac{kq^2}{2a}(1+2\sqrt{2})$ ה. $W = \frac{kq^2}{2\sqrt{2}a}(1-\sqrt{2})$

סעיף III

משחררים את המסה B ומחזיקים את שתי המסות האחרות במקומן. מה תהיה מהירות המסה B בעוברה דרך הנקודה O (מרכז הצלע AC) ?

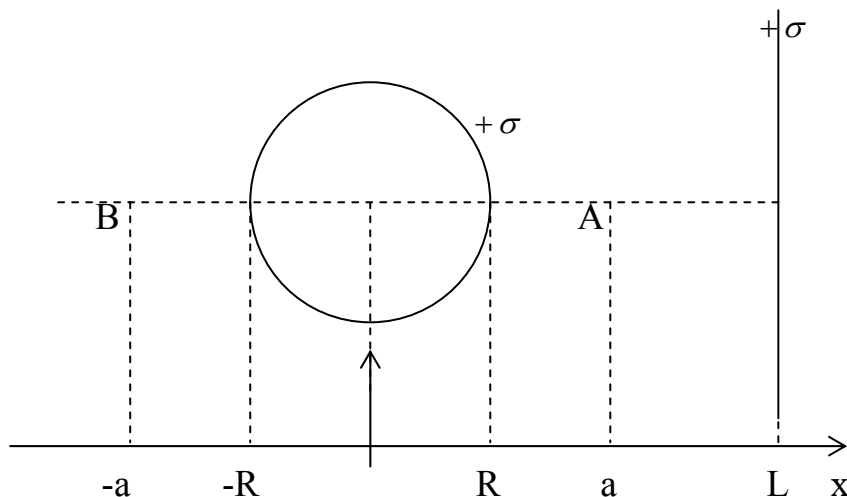
- א. $v = \sqrt{\frac{4kq^2}{ma}\left(1+\frac{1}{\sqrt{2}}\right)}$ ב. $v = \sqrt{\frac{4kq^2}{ma}\left(1-\frac{1}{\sqrt{2}}\right)}$ ג. $v = \sqrt{\frac{4kq^2}{ma}\left(1+\frac{2}{\sqrt{2}}\right)}$
- ד. $v = \sqrt{\frac{2kq^2}{ma}\left(1-\frac{1}{2\sqrt{2}}\right)}$ ה. $v = \sqrt{\frac{2kq^2}{ma}\left(1+\frac{1}{2\sqrt{2}}\right)}$

שאלה מס' 2

משטח מישורי אין סופי הטעון בצפיפות מטענים $+\sigma$ קולון למטר מרובע נמצא במרחק L ממרכזה של קליפה כדורית דקה בעל רדיוס R . הקליפה הכדורית טעונה אף היא בצפיפות מטענים $+\sigma$ קולון למטר מרובע.

סעיף I

השדה החשמלי בנקודה A , בין הקליפה הכדורית למשטח המישורי, במרחק a ממרכז הקליפה הכדורית יהיה (משתמשים במערכת הצירים שבציור לקביעת הכיוון החיובי):



א. $\frac{\sigma}{\epsilon_0} \left(\frac{R^2}{a^2} - \frac{1}{2} \right)$

ב. $\frac{\sigma}{\epsilon_0} \left(\frac{R^2}{a^2} - 1 \right)$

ג. $\frac{\sigma}{\epsilon_0} \left(\frac{R^2}{a^2} + \frac{1}{2} \right)$

ד. $\frac{\sigma}{\epsilon_0} \left(\frac{R^2}{a^2} - \frac{R^2}{L^2} \right)$

ה. $\frac{\sigma}{\epsilon_0} \left(\frac{R^2}{a^2} + \frac{R^2}{L^2} \right)$

סעיף II

מהי העבודה הדרושה כדי להעביר מטען חיובי קטן q מהנקודה B לנקודה A שבציור?

א. $\frac{\sigma qa}{\epsilon_0}$

ב. $\frac{\sigma qa}{\epsilon_0} \left(1 - \frac{R}{a} \right)$

ג. $\frac{\sigma qa}{\epsilon_0} \left(1 + \frac{R}{a} \right)$

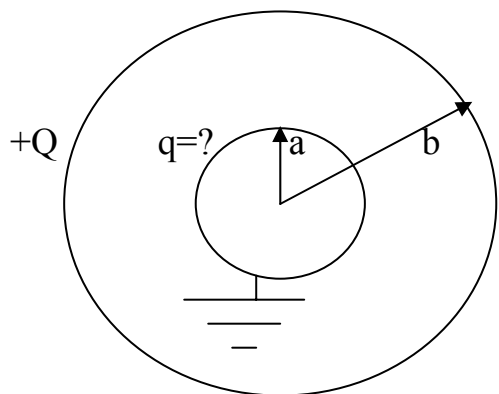
ד. $\frac{\sigma qa}{\epsilon_0} \left(\frac{1}{2} - \frac{R}{a} \right)$

ה. $\frac{\sigma qa}{\epsilon_0} \left(\frac{1}{2} + \frac{R}{a} \right)$

שאלה מס' 3

סעיף I

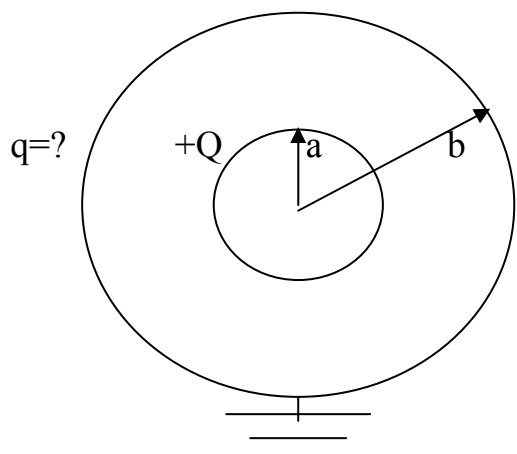
קליפה כדורית מוליכה ודקה בעלת רדיוס b טעונה במטען $+Q$. במרכז הקליפה נמצא כדור מוליך בעל רדיוס a המוארק לאדמה. מהו מטענו של הכדור (הנח כי פוטנציאל כדור הארץ הוא אפס)?



- א. $-Q$
- ב. $-Q \frac{a}{b}$
- ג. $-Q \frac{b}{a}$
- ד. $-Q \frac{a^2}{b^2}$
- ה. $-Q \frac{b-a}{b+a}$

סעיף II

כנ"ל, אך הכדור טעון במטען $+Q$, והקליפה החיצונית מוארקת. מהו מטענה של הקליפה המוארקת?



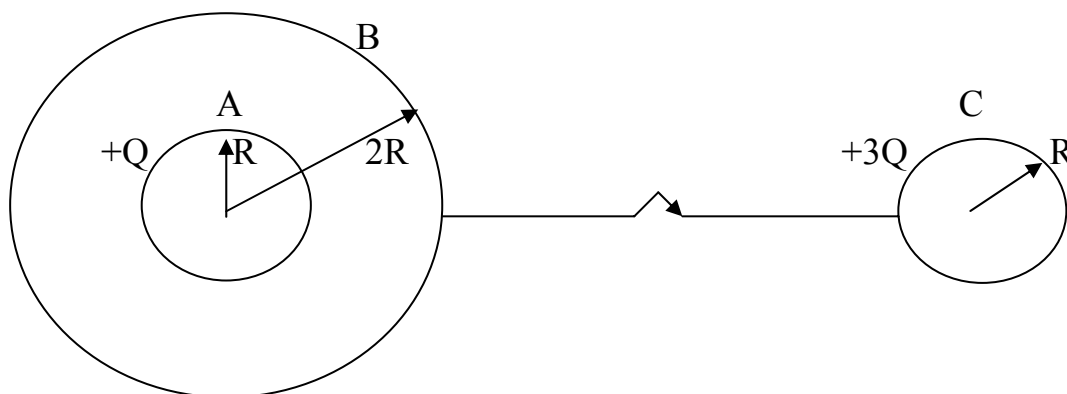
- א. $-Q$
- ב. $-Q \frac{a}{b}$
- ג. $-Q \frac{b}{a}$
- ד. $-Q \frac{a^2}{b^2}$
- ה. $-Q \frac{b-a}{b+a}$

שאלה מס' 4

נתונה קליפה כדורית B דקה ומוליכה, בעלת רדיוס $2R$, ובתוכה כדור מוליך A בעל רדיוס R . הקליפה והכדור הם בעלי מרכז משותף. הכדור A טעון במטען $+Q$ והכדור B ניטרלי (אינו טעון). כדור שלישי C, שרדיוסו R ומטענו $+3Q$ נמצא רחוק משני הראשונים. מחברים את הכדורים B ו-C בתיל מוליך.

סעיף I

מה יהיה מטענה של הקליפה הכדורית B, אחרי שהמערכת הגיעה למצב של שיווי משקל?



- א. $\frac{3}{2}Q$
- ב. $2Q$
- ג. Q
- ד. $\frac{5}{3}Q$
- ה. $\frac{4}{3}Q$

סעיף II

מהו פוטנציאל הכדור A לאחר שהמערכת הגיעה למצב שיווי משקל?

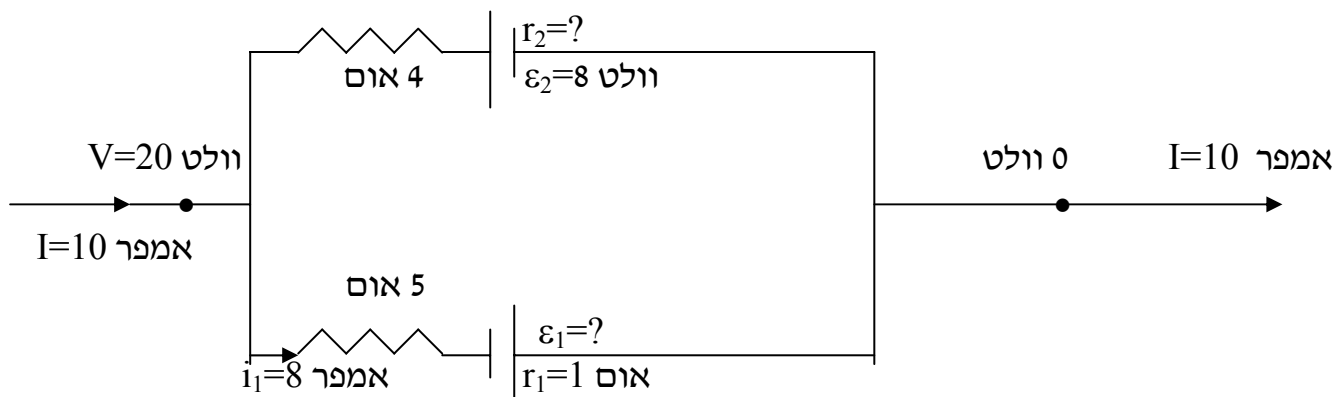
- א. $\frac{kQ}{R}$
- ב. $\frac{5kQ}{6R}$
- ג. $\frac{11kQ}{6R}$
- ד. $\frac{5kQ}{3R}$
- ה. $\frac{8kQ}{3R}$

שאלה מס' 5

- הנפח שבין לוחותיו של קבל לוחות מישורי, מלא בחומר בעל מקדם דיאלקטרי של $3\epsilon_0$ (הוא המקדם הדיאלקטרי של הריק). הקבל טעון במטען Q ומנותק מכל מגע חשמלי. מוציאים את החומר הדיאלקטרי מבין לוחות הקבל. כתוצאה מכך:
- א. השדה החשמלי בין לוחות הקבל יקטן פי 3.
 - ב. הפרש הפוטנציאלים בין לוחות הקבל לא ישתנה.
 - ג. קיבול הקבל יגדל פי 3.
 - ד. האנרגיה האלקטרוסטטית האצורה בקבל תגדל פי 9.
 - ה. הפרש הפוטנציאלים בין לוחות הקבל יגדל פי 3.

שאלה מס' 6

שתי סוללות (מקורות מתח) ε_1 ו- ε_2 , בעלות התנגדויות פנימיות r_1 ו- r_2 מחוברות במעגל חשמלי כמוראה בציור. המעגל מחובר להפרש פוטנציאלים קבוע וולט $V=20$ וזרם דרכו זרם אמפר $I=10$. הזרם דרך החלק התחתון של המעגל הוא 8 אמפר, כמוראה בציור. r_1 ו- ε_2 נתונים בציור.



סעיף I

מה ערכה של הסוללה ε_1 ?

- א. 28 וולט ב. 12 וולט ג. 20 וולט ד. 10 וולט ה. 14 וולט

סעיף II

מהי ההתנגדות הפנימית r_2 של מקור המתח ε_2 ?

- א. 4 אום ב. 10 אום ג. 8 אום ד. 1 אום ה. 2 אום

סעיף III

מה ערכו של מתח ההדקים (הפרש הפוטנציאלים) על פני הסוללה מספר 1 ?

- א. 36 וולט ב. 20 וולט ג. 10 וולט ד. 60 וולט ה. 14 וולט

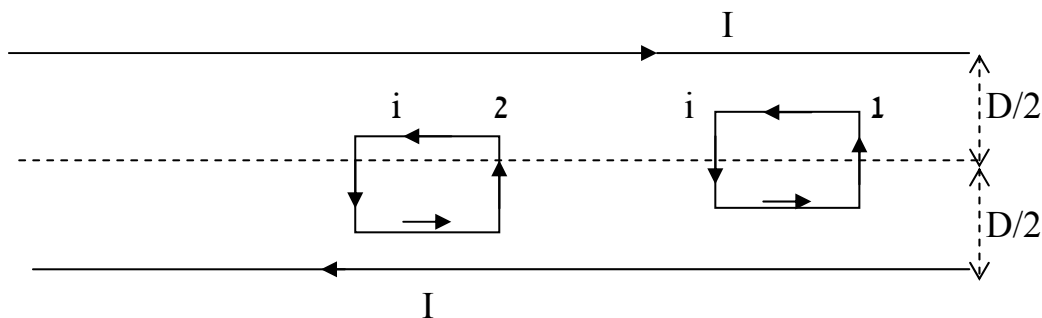
סעיף IV

מה ערכו של מתח ההדקים (הפרש הפוטנציאלים) על פני הסוללה מספר 2 ?

- א. 8 וולט ב. 28 וולט ג. 4 וולט ד. 12 וולט ה. 16 וולט

סעיף I

שני תיילים ארוכים ומקבילים, נושאים זרם I כל אחד, במגמות המוראות בציר. התיילים קבועים במישור הציר במרחק D זה מזה. מסגרת ריבועית מספר 1 ששתיים מצלעותיה מקבילות לתיילים נושאת זרם i במגמה המוראית בציר, ונמצאת במישור הציר, באמצע בין התיילים בצורה סימטרית (ראה ציור).



- הכוח המגנטי השקול הפועל על המסגרת הנ"ל (מס' 1) מקיים :
- אינו 0 וכיוונו כלפי מעלה, במישור הציר.
 - אינו 0 וכיוונו כלפי מטה, במישור הציר.
 - אינו 0 וכיוונו ימינה, במישור הציר.
 - אינו 0 וכיוונו **ניצב** למישור הציר.
 - שווה לאפס.

סעיף II

מסגרת ריבועית מספר 2 זהה למסגרת מספר 1 ונושאת זרם i באותה מגמה, נמצאת אף היא בין התיילים, אך היא קרובה יותר לתייל התחתון (ראה ציור).

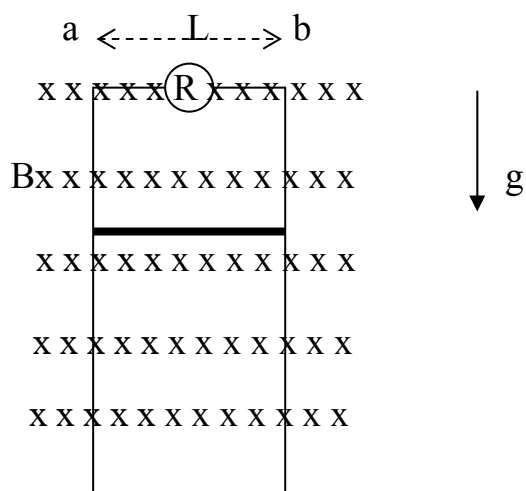
- הכוח המגנטי השקול הפועל על המסגרת הנ"ל (מס' 2) מקיים :
- אינו 0 וכיוונו כלפי מעלה, במישור הציר.
 - אינו 0 וכיוונו כלפי מטה, במישור הציר.
 - אינו 0 וכיוונו ימינה, במישור הציר.
 - אינו 0 וכיוונו **ניצב** למישור הציר.
 - שווה לאפס.

שאלה מס' 8

מסילה ארוכה, עשויה משני תיילים מקבילים שהתנגדותן החשמלית זניחה ונמצאת במישור אנכי. המרחק בין זרועות המסילה הוא L . הקצוות העליונים של המסילה מחוברים לנורה חשמלית שהתנגדותה R . המסילה נמצאת בשדה מגנטי B הניצב למישורה. מוט מוליך שאורכו L , כרוחב המסילה, מסתו m והתנגדותו החשמלית זניחה, משוחרר ממנוחה ומחליק ללא חיכוך לאורך שתי הזרועות האנכיות של המסילה. נתונה תאוצת הכובד g .

סעיף I

מהי המהירות הסופית אליה יגיע המוט לאחר זמן רב, בהנחה שזרועות המסילה ארוכות מאד ?



א. \propto (אינסוף)

ב. $\frac{mgR}{BL}$

ג. $\frac{mgB^2 L^2}{R}$

ד. $\frac{mgR}{B^2 L^2}$

ה. $\frac{BL}{mgR}$

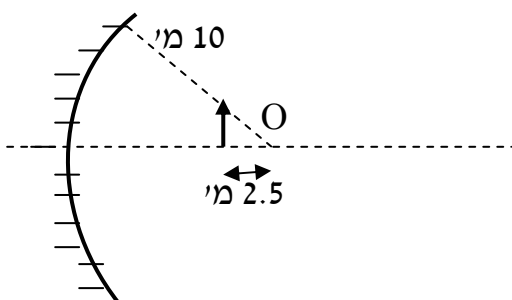
סעיף II

ציין את המשפט הנכון.

- א. בנורה החשמלית יזרום זרם שמגמתו מ- b אל a (מימין לשמאל) וערכו יעלה ללא גבול, עד שהנורה תשרף.
- ב. הזרם בנורה ילך ויקטן ככל שהמוט מתרחק מהנורה כך שכאשר המוט מגיע למהירות הגבולית שבסעיף I, הזרם בנורה יהיה 0.
- ג. בנורה יזרום כל הזמן זרם במגמה מ- a אל b (משמאל לימין).
- ד. המוט מאיץ כל הזמן, לכן מהירותו תגדל ללא הגבלה על ערכה.
- ה. כל התשובות הנ"ל אינן נכונות.

שאלה מס' 9

על הציר של מראה כדורית קעורה שרדיוסה 10 מטר, מוצב גוף קטן בין מרכז הכדור O לבין המראה עצמה, במרחק 2.5 מטר מהמרכז O. תמונת הגוף המתקבלת היא:

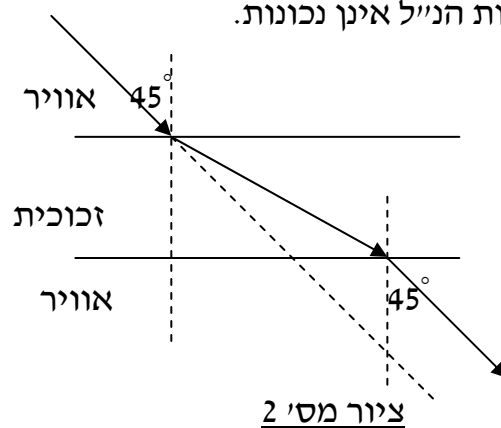
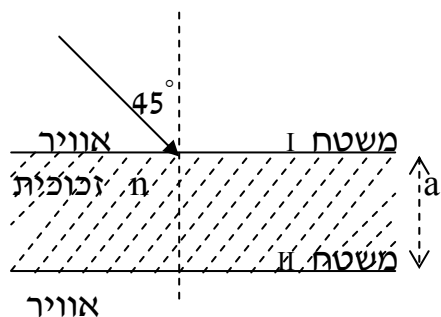


- א. מדומה, ישרה ומוקטנת פי 2 .
- ב. מדומה, ישרה ומוגדלת פי 3 .
- ג. ממשית, הפוכה ומוגדלת פי 2 .
- ד. ממשית, הפוכה ומוגדלת פי 3 .
- ה. ממשית, הפוכה ומוקטנת פי 2 .

שאלה מס' 10

כאשר קרן אור פוגעת בלוח זכוכית, בעל עובי a ומקדם שבירה $n = 1.5$ (ביחס לאוויר), בזווית 45° כלפי האנך (ראה ציור מספר 1):

- א. תהיה החזרה מלאה מהמשטח העליון (I).
- ב. תהיה החזרה מלאה מהמשטח התחתון (II).
- ג. הקרן היוצאת לאוויר דרך משטח II יוצרת זווית בת 28° עם האנך למשטח.
- ד. הקרן היוצאת לאוויר דרך משטח I, מקבילה לקרן הפוגעת ומוסחת לפי ציור מספר 2.
- ה. כל התשובות הנ"ל אינן נכונות.



בחינת סיווג בפיסיקה, חלק א
מכניקה

שם משפחה: _____ שם פרטי: _____

מס' סטודנט (תעודת זהות): _____ פקולטה: _____

הוראות לנבחן:

1. הבחינה מכילה 7 שאלות, הכוללות 20 סעיפים. כולן חובה.
2. בכל סעיף תמצא מספר תשובות, אשר אחת מהן (ורק אחת) נכונה. הקף בעיגול את האות שליד התשובה הנכונה. (בחישובים מספריים, סמן את התשובה הקרובה ביותר).
3. עליך לבסס את תשובתך על חישוב, או על נימוק קצר. תשובה שתמית ללא ביסוס מתאים, עשויה בהחלט לא להתקבל! אין לסמן תשובה שתם ללא פתרון מפורש או הנמקה בגליון הבחינה.
- סימון המבוסס על חישוב מפורש או הנמקה – מזכה במלוא הנקודות אם הוא נכון, ואינו מוריד נקודות אם הוא לא נכון. סימון שתמי, ללא פתרון או הנמקה, יוריד נקודות.
4. אסור להשתמש בכל חומר עזר, פרט למחשבון כיס.
- דף נוסחאות מצורף לבחינה. אין לתלוש את הדף מגוף הבחינה.
- אין להעביר כל חומר בין הנבחנים בעת הבחינה, כולל מחשבוניס.
5. כתוב את כל פתרונך, כולל טיוטה, על דפי השאלות. אל תכתוב דבר מחוץ לדפי השאלות. יש להחזיר למשגיח על הבחינה את גליון הבחינה בשלמותו.
6. משך הבחינה 2.5 שעות.

בהצלחה!

העתק לטבלה שכאן את תשובותיך הסופיות

כלומר: סמן את הפתרון שלך ע"י x במשבצת המתאימה

שאלה	סעיף	א	ב	ג	ד	ה
1	I					
	II					
2	I					
	II					
3	I					
	II					
4	I					
	II					
	III					
	IV					
5	I					
	II					
	III					
	IV					
6	I					
	II					
	III					
	IV					
7	I					
	II					
	III					

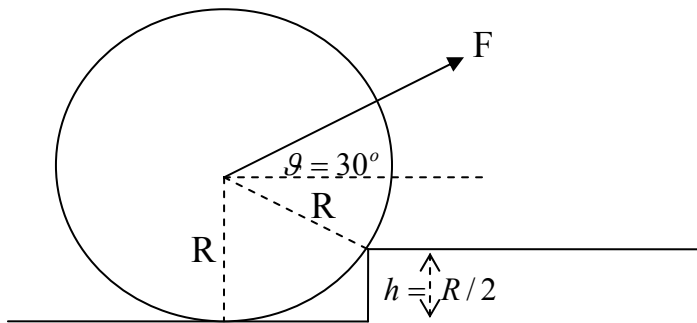
שאלה מס' 1

יש להעלות גליל שמסתו M ורדיוסו R על מדרגה שגובהה $h = 0.5 R$ על ידי כוח F הפועל במרכז הגליל ונטוי בזווית $\vartheta = 30^\circ$ מעל האופק, כמוראה בציור.

סעיף I

מה ערכו המינימלי, F_{\min} , של הכוח הדרוש לכך ?

- (א) Mg ב. $\frac{1}{2}Mg$ ג. $\frac{\sqrt{3}}{2}Mg$ ד. $2Mg$ ה. $\sqrt{3}Mg$



פתרון

הגליל יתחיל להתרומם ולנתק מגע עם הרצפה, כאשר המומנט של F סביב הפינה של המדרגה יהיה גדול יותר מהמומנט של משקל הגליל (Mg) סביב אותה נקודה. כלומר:

$$(F \cos \vartheta) \cdot \frac{R}{2} + (F \sin \vartheta) \cdot \frac{R\sqrt{3}}{2} > (Mg) \cdot \frac{R\sqrt{3}}{2} \quad \Rightarrow \quad F > Mg$$

שאלה מס' 2

חוט כרוך סביב שתי גלגילות קטנות שיכולות להסתובב סביב שני צירים אפקיים חלקים A ו- B שהמרחק ביניהם הוא $2D$ ונמצאים בגובה שווה מעל הרצפה. לקצות החוט קשורים שני גופים בעלי מסה m כל אחד, ונמצאים בגובה שווה מעל הרצפה. מסת החוט זניחה. בנקודת האמצע, C, של קטע החבל שבין הצירים, קשור גוף שלישי בעל מסה $M=m$. משחררים את המערכת ממנוחה במצב המתואר בציור.

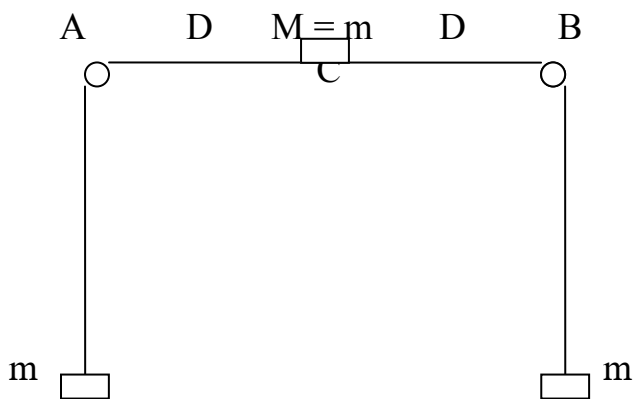
סעיף I

בהזנחת החיכוך, מצא לאיזה מרחק מקסימלי H מתחת לנקודת שחרורה, תרד המסה M.
 א. $0.5D$ ב. $1.33D$ ג. $2.35D$ ד. $1.67D$ ה. D

סעיף II

בגלל החיכוך עם האוויר, תעצר המסה M לאחר שתבצע תנודות רבות מטה-מעלה. באיזה מרחק H' מתחת לנקודת שחרורה, תעצר המסה M?

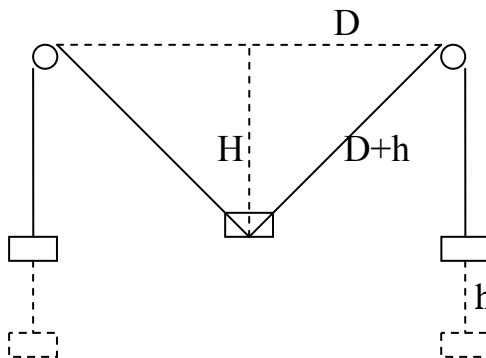
א. $0.58D$ ב. $0.71D$ ג. $0.87D$ ד. $1.41D$ ה. D



פתרון I: נניח שכל אחת מהמסות הצדדיות תעלה מרחק h, כאשר M יורדת מרחק H. אזי, משקולי אנרגיה נקבל:

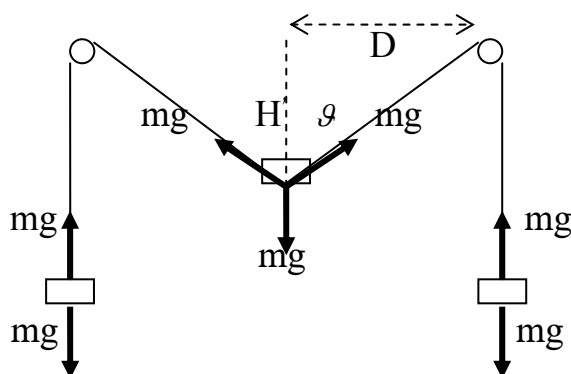
$$MgH = 2mgh \Rightarrow h = H/2$$

$$D^2 + H^2 = (D + \frac{H}{2})^2 \Rightarrow H = \frac{4}{3}D$$



$$2mg \cos \vartheta = mg \Rightarrow \vartheta = 60^\circ$$

$$\frac{H'}{D} = \cot \vartheta \Rightarrow H' = 0.577D$$



.II

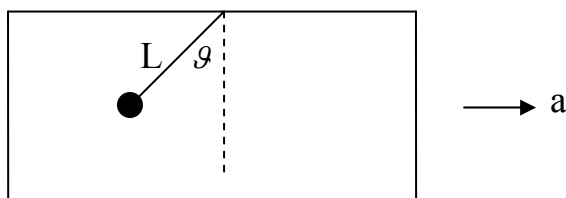
שאלה מס' 3

I סעיף I

- כדור קטן בעל מסה $m=0.2$ ק"ג , תלוי לתקרה של קרונית בעזרת חוט בעל אורך L . כאשר הקרונית נעה בתאוצה a , משמשת זווית הנטיה ϑ של החוט כמד תאוצה. מהי תאוצת הקרונית כאשר $\vartheta = 40^\circ$? נתונה תאוצת הכובד $g=10$ מטר לשנייה².
- א. 7.7 מטר לשנייה² ב. 6.4 מטר לשנייה² **ג.** 8.4 מטר לשנייה²
 ד. 15.6 מטר לשנייה² ה. 13.1 מטר לשנייה²

II סעיף II

- הכדור תלוי לתקרת הקרונית בעזרת קפיץ בעל קבוע כוח $k=220$ ניוטון למטר. כאשר הקרונית נעה בתאוצה a , משמשת מידת ההתארכות של הקפיץ, ΔL , ממצבו הרפוי, כמד תאוצה. מהי תאוצת הקרונית כאשר $\Delta L = 0.01$ מטר?
- א. 5.0 מטר לשנייה² ב. 8.4 מטר לשנייה² ג. 2.7 מטר לשנייה²
 ד. 9.3 מטר לשנייה² **ה.** 4.6 מטר לשנייה²

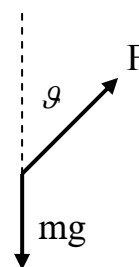


פתרון

$$F \sin \vartheta = ma$$

$$F \cos \vartheta = mg$$

$$\tan \vartheta = \frac{a}{g} \Rightarrow a = g \tan \vartheta = 10 \cdot \tan 40^\circ = 8.39$$



I.

$$F = m\sqrt{a^2 + g^2}$$

$$k\Delta L = m\sqrt{a^2 + g^2} \Rightarrow a = \sqrt{\left(\frac{k\Delta L}{m}\right)^2 - g^2} = 4.58$$

II.

שאלה 4

שתי אבנים זהות נזרקות מהקרקע בו זמנית, ברגע $t = 0$, במישור אנכי. אבן אחת (הימנית בציור) נזרקה אנכית במהירות מטר לשניה $v_{01} = 100$. האבן השנייה נזרקה בזווית של 30° מעל האופק, במהירות v_{02} (לא נתונה), במטרה לפגוע באבן הראשונה. המרחק בין האבנים ברגע זריקתן הוא $L = 600$ מטר. הנח כי תאוצת הכובד על פני כדור הארץ היא: מטר לשניה $g = 10^2$.

סעיף I

מה צריך להיות הערך v_{02} (במטרים לשניה) של המהירות ההתחלתית של האבן השנייה כדי שתפגע באבן הראשונה, בשלב העלייה שלהן?

- א. 150 ב. 173 ג. 314 ד. 200 ה. 300

סעיף II

מה ערכה (במטרים לשניה) של המהירות היחסית, $\vec{v}_{21} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$, בין שתי האבנים בעת ההתנגשות (זמן קצר ביותר לפני ההתנגשות)? התייחס למערכת הצירים שבציור.

- א. 200 ב. 173 ג. 314 ד. 150 ה. 300

סעיף III

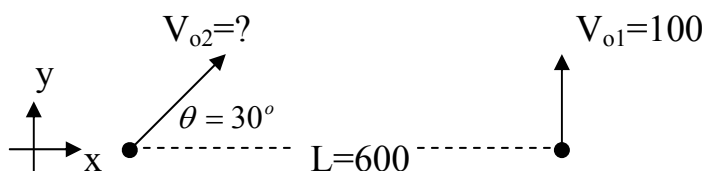
כשהאבנים מתנגשות כמתוכנן, הן נצמדות ונעות כגוש אחד. לאיזה גובה מקסימלי (במטרים) מעל הקרקע מגיע הגוש?

- א. 314 ב. 173 ג. 500 ד. 150 ה. 300

סעיף IV

באיזה זמן t (בשניות) יגיע גוש האבנים הצמודות לקרקע?

- א. 10 ב. 33 ג. 14 ד. 150 ה. 20



פתרון

$$(I) \quad v_{02} \sin 30^\circ = v_{01} \quad \Rightarrow \quad v_{02} = 2v_{01} = 2 \cdot 100 = 200$$

$$(II) \quad v_{21,y} = 0$$

$$v_{21,x} = v_{2,x} - v_{1,x} = v_{2,x} - 0 = v_{02} \cos 30^\circ = 200 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 173.2$$

$$(III) \quad \frac{m}{2} v_{01}^2 = mgh \quad \Rightarrow \quad h = \frac{v_{01}^2}{2g} = \frac{100}{2 \cdot 10} = 500$$

$$(IV) \quad h = 0 = v_{01}t - \frac{g}{2}t^2 \quad \Rightarrow \quad t = \frac{2v_{01}}{g} = \frac{2 \cdot 100}{10} = 20$$

שאלה מס' 5

עגלה שמסתה $3m$ נחה על משטח אופקי חלק. גוף שמסתו m נזרק על המשטח האופקי AB של העגלה במהירות אופקית v_0 . הגוף נע על העגלה ללא חיכוך. נתונה תאוצת הכובד g .

I סעיף

מהי המהירות המשותפת, V , של הגוף והעגלה כאשר הגוף מגיע לגובהו המכסימלי על העגלה?
 א. $v_0/5$ ב. v_0 ג. $v_0/3$ ד. $v_0/4$ ה. $3v_0$

II סעיף

מהו הגובה המקסימלי H , מעל המשטח האופקי AB, אליו יגיע הגוף?

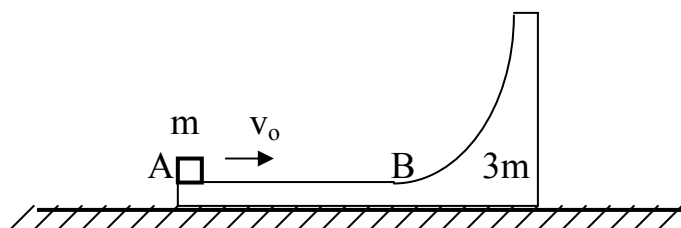
א. $\frac{3v_0^2}{4g}$ ב. $\frac{3v_0^2}{8g}$ ג. $\frac{5v_0^2}{8g}$ ד. $\frac{v_0^2}{2g}$ ה. $\frac{v_0^2}{g}$

III סעיף

באיזו מהירות v_1 יחסית לאדמה יעזוב הגוף את העגלה בעוברו דרך הנקודה A בדרכו חזרה?
 א. $v_0/2$ ב. v_0 ג. $v_0/3$ ד. $v_0/5$ ה. $3v_0$

IV סעיף

באיזו מהירות v_2 תנוע העגלה לאחר שהגוף עוזב אותה כמתואר בסעיף ג?
 א. $v_0/2$ ב. v_0 ג. $v_0/3$ ד. $v_0/5$ ה. $3v_0$



פתרון

$$(I) \quad mv_0 = (m + 3m)v \quad \Rightarrow \quad v = \frac{v_0}{4}$$

$$(II) \quad \frac{m}{2}v_0^2 = mgH + \frac{4m}{2}v^2$$

$$H = \frac{1}{g} \left(\frac{v_0^2}{2} - 2 \cdot \frac{v_0^2}{16} \right) = \frac{3}{8} \cdot \frac{v_0^2}{g}$$

נסמן ב- v_1 את מהירות המסה m שמאלה, וב- v_2 את מהירות העגלה ימינה. מחוקי השימור של התנע ושל האנרגיה נקבל:

$$(III, IV) \quad mv_0 = (3m)v_2 - mv_1$$

$$\frac{m}{2}v_0^2 = \frac{m}{2}v_1^2 + \frac{3m}{2}v_2^2$$

$$\Rightarrow \quad v_1 = \frac{v_0}{2} \quad ; \quad v_2 = \frac{v_0}{2}$$

שאלה מס' 6

גוף שמסתו 0.1 ק"ג נע בתנועה הרמונית אופקית לאורך ציר x, במשרעת של 0.24 מטר ובזמן מחזור של 2.5 שניות. בזמן $t = 0$ נמצא הגוף בקואורדינטה $x_0 = 0.12$ מטר, והוא נע בכיוון החיובי של הציר. הראשית ($x = 0$) היא נקודת שיווי המשקל של הגוף.

I סעיף

מה ערכו (בניוטונים) של הכח הפועל על הגוף בזמן $t = 0$?
 א. 9.58 ב. 1.12 ג. 0.005 ד. 0.08 ה. 0.4

II סעיף

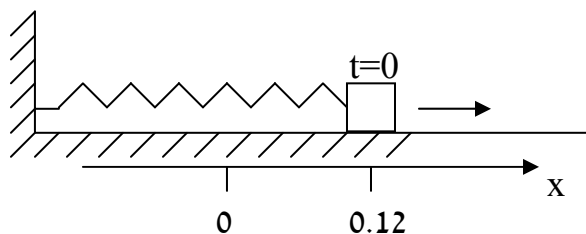
מהי מהירות הגוף (במטרים לשניה) בזמן $t = 0$?
 א. 10.2 ב. 1.5 ג. 0.04 ד. 2.6 ה. 0.5

III סעיף

מה ערכה של מהירות הגוף (במטרים לשניה) כשהוא עובר בנקודת שיווי המשקל ($x=0$) ?
 א. 0.8 ב. 0.3 ג. 0.6 ד. 3.5 ה. 0

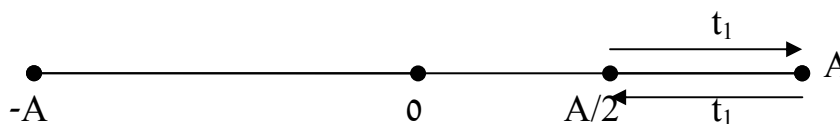
IV סעיף

כעבור כמה זמן (בשניות) ישוב הגוף למקומו ההתחלתי (x_0) בפעם הראשונה ?
 א. 0.83 ב. 0.63 ג. 1.25 ד. 0.42 ה. 0.50



פתרון

$$\begin{aligned}
 (I) \quad F &= kx = m\omega^2 x_0 = m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 x_0 \\
 &= 0.1\left(\frac{2\pi}{2.5}\right)^2 \cdot 0.12 = 0.076 \\
 (II) \quad v &= \omega\sqrt{A^2 - x_0^2} = \frac{2\pi}{T}\sqrt{A^2 - x_0^2} \\
 &= \frac{2\pi}{2.5}\sqrt{0.24^2 - 0.12^2} = 0.52 \\
 (III) \quad v(x=0) &= \omega A = \frac{2\pi}{2.5} \cdot 0.24 = 0.60
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 (IV) \quad x &= A\cos(\omega t) \\
 A/2 &= A\cos\left(\frac{2\pi}{T}t_1\right) \Rightarrow \frac{2\pi}{T}t_1 = \frac{\pi}{3} \Rightarrow t_1 = \frac{T}{6} \\
 2t_1 &= \frac{T}{3} = \frac{2.5}{3} = 0.83
 \end{aligned}$$

שאלה מס' 7

לווין שמסתו m מקיף את הארץ במסלול מעגלי שרדיוסו r_1 . לאחר זמן רב איבד הלווין גובה, ונמצא שהוא מקיף את הארץ במסלול מעגלי שרדיוסו $r_2=r_1/4$.

סעיף I

ציין את המשפט הנכון:

- א. זמן המחזור של הלווין במסלולו השני גדול פי 4 מזמן המחזור שלו במסלולו הראשון.
- ב. זמן המחזור של הלווין במסלולו השני גדול פי 2 מזמן המחזור שלו במסלולו הראשון.
- ג. זמן המחזור של הלווין במסלולו השני קטן פי 4 מזמן המחזור שלו במסלולו הראשון.
- ד.** זמן המחזור של הלווין במסלולו השני קטן פי 8 מזמן המחזור שלו במסלולו הראשון.
- ה. זמן המחזור של הלווין במסלולו השני קטן פי 2 מזמן המחזור שלו במסלולו הראשון.

סעיף II

ציין את המשפט הנכון:

- א. מהירות הלווין במסלולו השני קטנה פי 8 ממהירותו במסלולו הראשון.
- ב. מהירות הלווין במסלולו השני קטנה פי 4 ממהירותו במסלולו הראשון.
- ג. מהירות הלווין במסלולו השני קטנה פי 2 ממהירותו במסלולו הראשון.
- ד. מהירות הלווין במסלולו השני גדולה פי 4 ממהירותו במסלולו הראשון.
- ה.** מהירות הלווין במסלולו השני גדולה פי 2 ממהירותו במסלולו הראשון.

סעיף III

נתונים: מסת הלווין ק"ג $m=1000$, רדיוס המסלול הראשון ק"מ $r_1=36,000$,
מסת הארץ ק"ג $M=6 \cdot 10^{24}$, קבוע הכובד העולמי $G=6.67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2$,
מצא: כמה אנרגיה (בג'אולים) איבד הלווין בעברו ממסלולו הראשון למסלולו השני.
א. $2.4 \cdot 10^{11}$ **ב.** $1.7 \cdot 10^{10}$ ג. $5.3 \cdot 10^{12}$ ד. $3.8 \cdot 10^9$ ה. $9.9 \cdot 10^9$

פתרון

$$(I) \quad \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2 = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^3 \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^{3/2} = \left(\frac{1}{4}\right)^{3/2} = \frac{1}{8}$$

$$(II) \quad \frac{GmM}{r^2} = \frac{mv^2}{r} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{r_1}{r_2}} = \sqrt{4} = 2$$

$$(III) \quad E = -\frac{GmM}{2r}$$

$$\begin{aligned} E_1 - E_2 &= -\frac{GmM}{2r_1} - \left(-\frac{GmM}{2r_2}\right) = \frac{GmM}{2} \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1}\right) = \frac{GmM}{2} \cdot \frac{3}{r_1} \\ &= \frac{6.67 \cdot 10^{-11}}{2} \cdot \frac{1000 \cdot 6 \cdot 10^{24} \cdot 3}{36000 \cdot 10^3} = 1.668 \cdot 10^{10} \end{aligned}$$

בחינת סיווג בפיסיקה, חלק ב
חשמל, מגנטיות, ואופטיקה

שם משפחה: _____ שם פרטי: _____

מס' סטודנט (תעודת זהות): _____ פקולטה: _____

הוראות לנבחן:

1. הבחינה מכילה 7 שאלות, הכוללות 20 סעיפים. כולן חובה.
2. בכל סעיף תמצא מספר תשובות, אשר אחת מהן (ורק אחת) נכונה. הקף בעיגול את האות שליד התשובה הנכונה. (בחישובים מספריים, סמן את התשובה הקרובה ביותר).
3. עליך לבסס את תשובתך על חישוב, או על נימוק קצר. תשובה שתמית ללא ביסוס מתאים, עשויה בהחלט לא להתקבל! אין לסמן תשובה שתם ללא פתרון מפורש או הנמקה בגליון הבחינה.
- סימון המבוסס על חישוב מפורש או הנמקה – מזכה במלוא הנקודות אם הוא נכון, ואינו מוריד נקודות אם הוא לא נכון. סימון שתמי, ללא פתרון או הנמקה, יוריד נקודות.
4. אסור להשתמש בכל חומר עזר, פרט למחשבון כיס.
- דף נוסחאות מצורף לבחינה. אין לתלוש את הדף מגוף הבחינה.
- אין להעביר כל חומר בין הנבחנים בעת הבחינה, כולל מחשבוניס.
5. כתוב את כל פתרונך, כולל טיוטה, על דפי השאלות. אל תכתוב דבר מחוץ לדפי השאלות. יש להחזיר למשגיח על הבחינה את גליון הבחינה בשלמותו.
6. משך הבחינה 2.5 שעות.

בהצלחה!

העתק לטבלה שכאן את תשובותיך הסופיות

כלומר: סמן את הפתרון שלך ע"י x במשבצת המתאימה

שאלה	סעיף	א	ב	ג	ד	ה
1	I					
	II					
2	I					
	II					
3	I					
	II					
	III					
4	I					
	II					
	III					
	IV					
5	I					
	II					
	III					
	IV					
6	I					
	II					
	III					
7	I					
	II					

שאלה מס' 1

הפרש הפוטנציאלים בין ההדקים A ו-B של מערכת הקבלים שבציור I, הוא וולט $V_B - V_A = 10$. לאחר טעינתה, המערכת אינה מחוברת יותר למקור מתח. ערכי הקבלים במיקרופרדים נתונים בציור (פרד $1\mu F = 10^{-6}$).

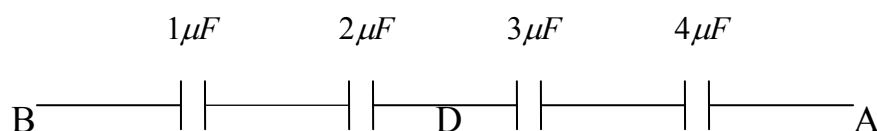
סעיף I

מהו הפרש הפוטנציאלים (בוולטים) על פני הקבל של $2\mu F$?
 א. 2 ב. 9.6 ג. 0.5 ד. 2.4 ה. 3.6

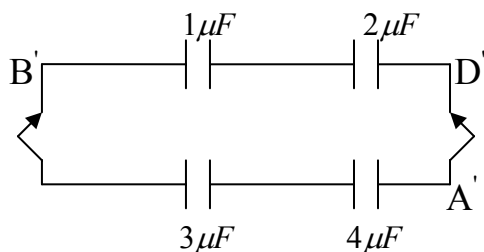
סעיף II

מנתקים את שני הקבלים הימניים משני הקבלים השמאליים, בנקודה D, ומחברים ביניהם כמוראה בציור II. ציין את המשפט הנכון:

- א. הפרש הפוטנציאלים $V_{B'} - V_{A'}$ **אינו משתנה** בהשוואה לערכו בסעיף I (כלומר $V_{B'} - V_{A'} = V_B - V_A$).
- ב. הפרש הפוטנציאלים $V_{B'} - V_{A'}$ **גדל** בהשוואה לערכו בסעיף I (כלומר $V_{B'} - V_{A'} > V_B - V_A$).
- ג. מטען הקבל של $2\mu F$ **אינו משתנה** בהשוואה לערכו בסעיף I.
- ד. מטען הקבל של $2\mu F$ **גדל** בהשוואה לערכו בסעיף I.
- ה. האנרגיה האלקטרוסטטית של המערכת **קטנה** בהשוואה לערכה בסעיף I.



ציור I



ציור II

פתרון

$$(I) \quad V_2 = \frac{Q}{C_2} = \frac{1}{C_2} CV = V \frac{\frac{1}{C_2}}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4}}$$

$$= 10 \frac{\frac{1}{2}}{\frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4}} = 2.4$$

II. תשובה ה'.

נימוק: המתח על זוג הקבלים הימניים שונה מזה שעל זוג הקבלים השמאליים. כשמחברים ביניהם כמו בציור II, תהיה זרימת מטענים כדי שהמתחים יהיו שווים. זרימת המטענים כרוכה באיבוד אנרגיה שמחממת את חוטי ההולכה.

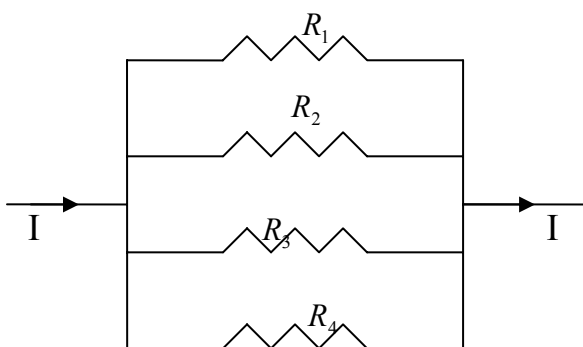
שאלה 2

סעיף I

זרם I זורם במערכת של ארבעה נגדים שבצירור. מהו הזרם שעובר דרך הנגד R_2 ?

א. $I \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}$ ב. $I \frac{R_2}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}}$

ג. $I \frac{\frac{1}{R_2}}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}$ ד. $I \frac{\frac{1}{R_2}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}}$ ה. $I \frac{R_1 R_3 R_4}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}$



סעיף II

נורה חשמלית שהספקה 100 וואט מיועדת לשימוש בארה"ב, שם מתח הרשת הוא 110 וולט (כלומר, הספק הנורה הוא 100 וואט כשהיא מחוברת למתח של 110 וולט). הנורה חוברת בטעות לרשת הארצית שלנו שבה, כידוע, המתח הוא 220 וולט. מהו הספק הנורה כשמשתמשים בה בארצנו?

- א. 200 וואט ב. 400 וואט ג. 50 וואט ד. 25 וואט
- ה. הספק הנורה הוא דבר המאפיין את הנורה בזמן שמתכננים-מיצרים אותה, ואינו תלוי במתח הרשת. כלומר הספק הנורה יהיה 100 וואט גם כשמחברים אותה למתח גבוה יותר, אך במקרה זה היא עלולה להשרף כי עובר דרכה יותר זרם.

פתרון

$$(I) \quad V = IR = I \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}}$$

$$I_2 = \frac{V}{R_2} = I \frac{\frac{1}{R_2}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}}$$

$$(II) \quad P = \frac{V^2}{R}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{V_2^2}{V_1^2} = \left(\frac{220}{110}\right)^2 = 4$$

$$P_2 = 4P_1 = 4 \cdot 100 = 400$$

שאלה מס' 3

כדור מוליך בעל רדיוס a טעון במטען חיובי $+3Q$ ונמצא בתוך קליפה כדורית מוליכה בעלת רדיוס פנימי b ורדיוס חיצוני c , הטעונה במטען $-Q$. לכדור ולקליפה הכדורית יש מרכז משותף.

I סעיף

מהו המטען על השפה החיצונית ($r=c$) של הקליפה הכדורית?

- א. 0 ב. $-Q$ ג. $-3Q$ ד. $+3Q$ ה. $+2Q$

II סעיף

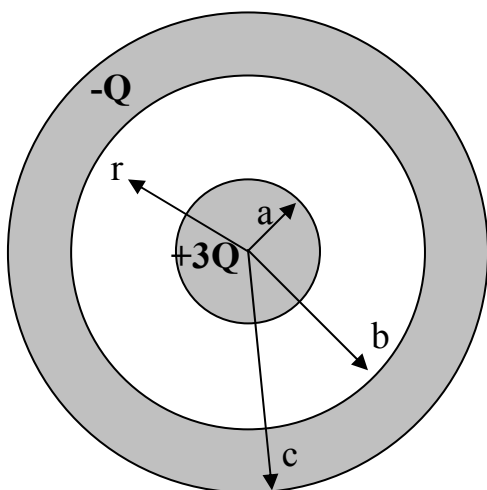
מהו הפוטנציאל החשמלי על השפה הפנימית ($r=b$) של הקליפה הכדורית? הנח שהפוטנציאל באינסוף הוא אפס.

- א. $k\frac{2Q}{c}$ ב. $k\frac{2Q}{b}$ ג. $k\frac{3Q}{b} - k\frac{Q}{c}$ ד. $k\frac{3Q}{a} - k\frac{Q}{c}$ ה. $k\frac{3Q}{a} - k\frac{Q}{b}$

III סעיף

מהו הפוטנציאל החשמלי במרכז הכדור ($r=0$)? הנח שהפוטנציאל באינסוף הוא אפס.

- א. 0 ב. $k\frac{2Q}{c}$ ג. $k\left(\frac{3Q}{a} - \frac{Q}{b}\right)$ ד. $k\left(\frac{3Q}{a} - \frac{Q}{c}\right)$ ה. $k\left(\frac{3Q}{a} - \frac{3Q}{b} + \frac{2Q}{c}\right)$



פתרון

I. תשובה ה'.

נימוק: השדה בתוך הקליפה הכדורית הוא אפס. לכן על שפתה הפנימית יהיה מטען $-3Q$. בגלל שימור המטען על הקליפה, יצטבר מטען $+2Q$ על שפתה החיצונית.

II. תשובה א'. נימוק: רק המטען $+2Q$ שעל השפה החיצונית יתרום לפוטנציאל הקליפה.

$$V_{\text{מז}} = k\left(\frac{2Q}{c} + \frac{-3Q}{b} + \frac{3Q}{a}\right) \quad \text{III}$$

שאלה מס' 4

נתונות שתי טבלאות I ו-II מישוריות, **מוליכות**, אינסופיות, בעלות עובי של 2 מילימטר כל אחת, ומקבילות זו לזו. המרחק בין הטבלאות הוא $D = 0.1$ מטר. הטבלה השמאלית (I) טעונה בצפיפות מטען חיובית קולון למטר² $\sigma_I = +10 \cdot 10^{-9}$ והטבלה הימנית (II) טעונה בצפיפות מטען שלילית קולון למטר² $\sigma_{II} = -6 \cdot 10^{-9}$. נסמן ב- **א** את המרחב שמשמאל לטבלה I, ב- **ב** את המרחב שבין שתי הטבלאות, וב- **ג** את המרחב שמימין לטבלה II (ראה ציור).

סעיף I

מהו ערכו של השדה החשמלי (ביחידות של וולט למטר) באיזור א ?

- א. $4 \cdot 10^{-9}$ ב. $16 \cdot 10^{-9}$ ג. 118 ד. **(ד)** 226 ה. 473

סעיף II

מהו הפרש הפוטנציאלים (בוולטים) בין שני הלוחות ?

- א. 22.6 ב. 47.3 ג. **(ג)** 90.5 ד. $4 \cdot 10^{-10}$ ה. $16.1 \cdot 10^3$

סעיף III

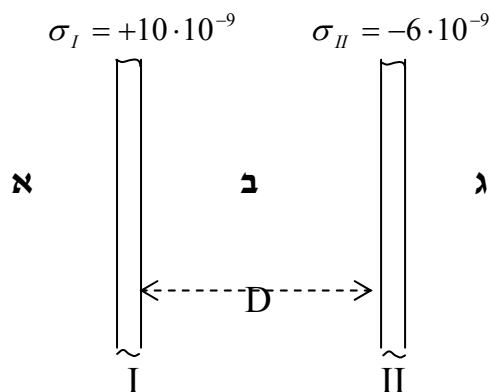
מהו הכוח החשמלי (בניוטונים) הפועל על יחידת שטח של לוח II ?

- א. $3.4 \cdot 10^{-6}$ ב. $1.7 \cdot 10^3$ ג. 57.3 ד. 0.1 ה. $9.8 \cdot 10^{-5}$

סעיף IV

מהי צפיפות המטענים (ביחידות של קולון למטר²) על השפה הימנית של לוח I ?

- א. $5 \cdot 10^{-9}$ ב. **(ב)** $8 \cdot 10^{-9}$ ג. $4 \cdot 10^{-9}$ ד. $10 \cdot 10^{-9}$ ה. $6 \cdot 10^{-9}$

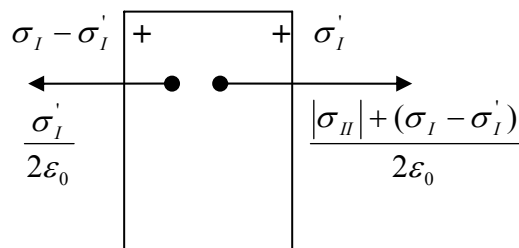


פתרון

(I) $E_s = \frac{|\sigma_I| - |\sigma_{II}|}{2\epsilon_0}$ שמאלה $= 2 \cdot \pi \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot (10 - 6) \cdot 10^{-9} = 226.2$

(II) $\Delta V = \frac{|\sigma_I| + |\sigma_{II}|}{2\epsilon_0} \cdot D = 2\pi \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot (10 + 6) \cdot 10^{-9} \cdot 0.1 = 90.48$

(III) $F = \frac{|\sigma_I|}{2\epsilon_0} \cdot |\sigma_{II}| = 2\pi \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot 10 \cdot 10^{-9} \cdot 6 \cdot 10^{-9} = 3.39 \cdot 10 \cdot 10^{-6}$



השדה בתוך לוח I הוא אפס. על כן:

(IV) $\sigma'_I = |\sigma_{II}| + \sigma_I - \sigma'_I$
 $\Rightarrow \sigma'_I = \frac{|\sigma_{II}| + \sigma_I}{2} = \frac{6 + 10}{2} \cdot 10^{-9} = 8 \cdot 10^{-9}$

שאלה מס' 5

מסילה עשויה משני פסים ישרים, מוליכים ומקבילים. רוחב המסילה הוא $L = 0.2$ מטר והתנגדותה החשמלית זניחה. כוח אלקטרומניע $\varepsilon_1 = 2$ וולט, שהתנגדותו הפנימית זניחה, מחובר לשני הפסים של המסילה כמוראה בציור.

המסילה נמצאת בשדה מגנטי אחיד $B = 2.5$ טסלה הניצב לשטחה וחודר למישור הציור. מוט מוליך ab בעל אורך L (כרוחב המסילה) והתנגדות חשמלית $R = 6$ אום, יכול לנוע על המסילה, ללא חיכוך.

סעיף I

מהו הכוח (בניוטונים) הדרוש להחזקת המוט **במנוחה** על המסילה?
 א. 0.33 **(ב.)** 0.17 ג. 0.67 ד. 5.74 ה. 9.3

סעיף II

מה יהיה הזרם במוט אם מניעים אותו **ימינה** במהירות קבועה של 2 מטר לשניה?
 א. 0.5 אמפר ב. 0.17 אמפר ג. 1 אמפר ד. 3.3 אמפר ה. 6 אמפר

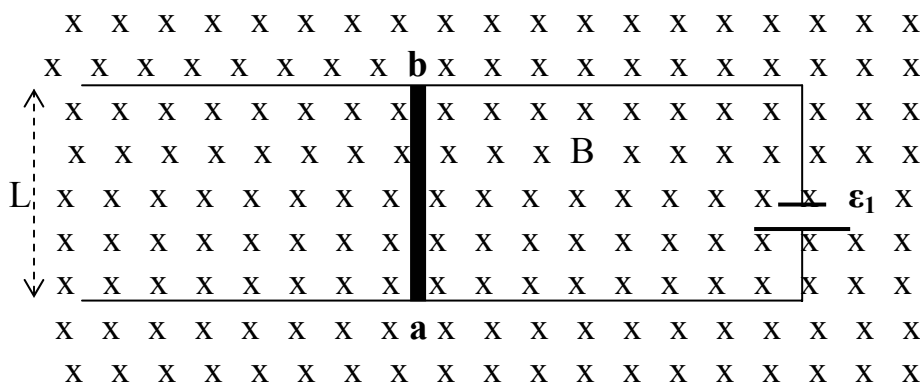
סעיף III

מה יהיה הזרם במוט אם מניעים אותו **שמאלה** במהירות קבועה של 16 מטר לשניה?
 א. 1 אמפר ב. 1.67 אמפר ג. 1.33 אמפר ד. 6.67 אמפר ה. 8 אמפר

סעיף IV

משחררים את המוט ממצב של מנוחה על המסילה. הנח שהמסילה ארוכה מאוד. ציין את המשפט הנכון:

- א. המוט ינוע ימינה בתאוצה קבועה.
- ב. המוט ינוע שמאלה בתאוצה קבועה.
- ג.** המוט ינוע שמאלה במהירות שתגדל בהדרגה עד לגבול מסוים שלא תוכל לעבור אותו.
- ד. המוט ינוע שמאלה במהירות שתגדל עד למקסימום מסוים, ואחר כך מהירותו תקטן עד שהוא למנוחה על הפסים.
- ה. המוט ינוע בתנועה מחזורית על הפסים: תחילה שמאלה, אחר כך ימינה, אחר כך שמאלה, וכך הלאה.



פתרון

$$(I) \quad i = \frac{\varepsilon_1}{R} \quad ; \quad F = iLB = \frac{\varepsilon_1}{R} LB = \frac{2}{6} \cdot 0.2 \cdot 2.5 = 0.17$$

$$(II) \quad \varepsilon = BLv = 2.5 \cdot 0.2 \cdot 2 = 1$$

$$i = \frac{\varepsilon + \varepsilon_1}{R} = \frac{1 + 2}{6} = 0.5$$

$$(III) \quad \varepsilon = BLv = 2.5 \cdot 0.2 \cdot 16 = 8$$

$$i = \frac{\varepsilon - \varepsilon_1}{R} = \frac{8 - 2}{6} = 1$$

שאלה מס' 6

בתוך סליל ארוך מאד בעל $n = 1000$ כריכות למטר וקוטר $D = 0.5$ מטר, מחזיקים כריכה מעגלית בעלת רדיוס $a = 0.1$ מטר והתנגדות חשמלית $R = 0.1$ אום. מישור הכריכה ניצב לציר הסליל.

בזמן $t = 0$ מתחילים להזרים דרך הסליל זרם חשמלי I העולה ליניארית עם הזמן t , לפי הקשר

$$I = I_0 \frac{t}{T}, \text{ כאשר } I_0 = 3 \text{ אמפר ו- } T = 20 \text{ שניות.}$$

עבור פרק הזמן $0 < t < T$ מצא:

סעיף I

מה ערכו (בוולטים) של הכוח האלקטרומניע המושרה המתפתח בכריכה ?

- (א) $6 \cdot 10^{-6}$ ב. $1 \cdot 10^{-4}$ ג. $2 \cdot 10^{-9}$ ד. $8 \cdot 10^{-2}$ ה. 4

סעיף II

מהי כמות החום הכוללת (בג'אולים) המתפתחת בכריכה, בפרק הזמן הנ"ל ?

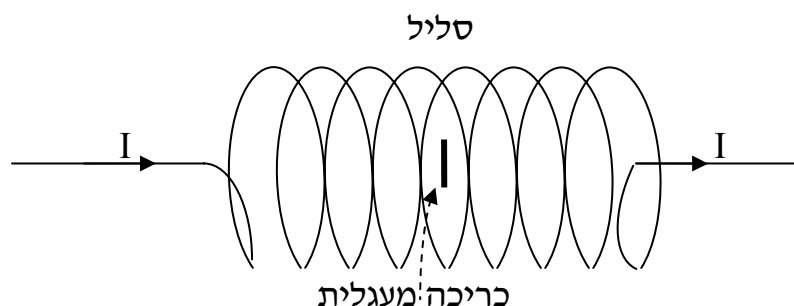
- א. $5 \cdot 10^{-10}$ ב. $7 \cdot 10^{-9}$ ג. $2 \cdot 10^{-8}$ ד. $8 \cdot 10^{-2}$ ה. 40

סעיף III

כמה מטען (בקולונים) עובר בסך הכל בכריכה, בפרק הזמן הנ"ל ?

- א. $5.4 \cdot 10^{-2}$ ב. $6 \cdot 10^{-5}$ ג. $3 \cdot 10^{-8}$ ד. $1.2 \cdot 10^{-3}$ ה. 10

פתרון



(I) $\Phi = BA = (\mu_0 In)\pi a^2$

$$|\mathcal{E}| = \left| \frac{d\Phi}{dt} \right| = \left(\mu_0 \frac{I_0}{T} n \right) \pi a^2 = 5.92 \cdot 10^{-6}$$

(II) $P = \frac{\mathcal{E}^2}{R} = \frac{(5.92 \cdot 10^{-6})^2}{0.1} = 3.5 \cdot 10^{-10}$

$$W = P \cdot T = (3.5 \cdot 10^{-10}) \cdot 20 = 7 \cdot 10^{-9}$$

(III) $|\Delta\Phi| = |i \cdot \Delta t| = \left| \frac{\mathcal{E}}{R} \Delta t \right| = \left| -\frac{\Delta\Phi}{R} \right| = \frac{\Phi(t=T) - \Phi(t=0)}{R}$

$$= \frac{1}{R} \left\{ \mu_0 n \pi a^2 [I(t=T) - I(t=0)] \right\} = \frac{1}{R} (\mu_0 n \pi a^2 I_0) = 1.18 \cdot 10^{-3}$$

שאלה מס' 7

סעיף I

גוף נמצא על ציר של עדשה מרכזת (חיובית) בעלת מרחק מוקד של 20 ס"מ. מתקבלת תמונה מדומה ומוגדלת פי 4. מצא את מרחק הגוף מהעדשה.

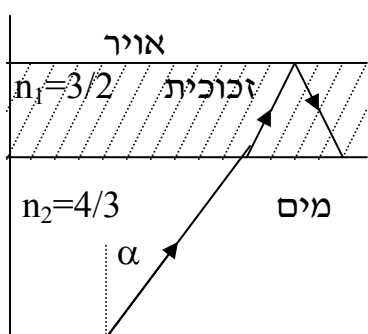
- א. 5 ס"מ ב. 15 ס"מ ג. 25 ס"מ ד. 80 ס"מ ה. 100 ס"מ

סעיף II

מיכל מים מכוסה בלוח זכוכית שמשטחיו מקבילים ומעליו אוויר. נתונות מנות השבירה, ביחס לאוויר, של הזכוכית $n_1 = 3/2$ ושל המים $n_2 = 4/3$.

שולחים אלומת אור מתוך המים, בזווית α ביחס לאנך (ראה ציור). האור הפוגע במשטח זכוכית-אוויר, יוחזר החזרה מלאה כאשר:

- א. $\sin \alpha < 8/9$ ב. $\sin \alpha > 8/9$ ג. $\sin \alpha > 3/4$ ד. $\sin \alpha < 3/4$
 ה. לא תתכן החזרה מלאה כנ"ל.



פתרון

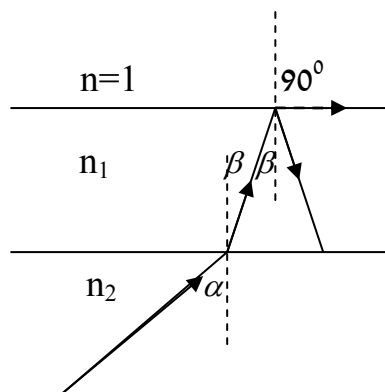
$$(I) \quad \frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f} ; \quad \frac{v}{u} = -4$$

$$\Rightarrow \frac{1}{u} - \frac{1}{4u} = \frac{1}{20} \Rightarrow u = 15$$

$$(II) \quad \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\frac{\sin \beta}{\sin 90^\circ} > \frac{n}{n_1}$$

$$\frac{\sin \alpha}{\sin 90^\circ} > \frac{n}{n_2} \Rightarrow \sin \alpha > \frac{1}{4/3} = \frac{3}{4}$$



$\vec{F} = -k\vec{x}$; $k = m\omega^2$	תנועה הרמונית פשוטה
$T = 2\pi / \omega = 2\pi\sqrt{m/k}$	זמן מחזור
$f = 1/T$	תדירות וזמן מחזור
$x(t) = A \cos(\omega t + \phi)$	
$v(t) = -A\omega \sin(\omega t + \phi)$	
$a = -\omega^2 A \cos(\omega t + \phi) = -\omega^2 x$	
$v_1 = \pm\omega\sqrt{A^2 - x^2}$	
$T = 2\pi\sqrt{L/g}$	מטוטלת מתמטית
$F = -kx$	כוח של קפיץ (חוק הוק)
כוח משיכת הכובד בין מסות נקודתיות	
$F = GmM / r^2$; $G = 6.67 \cdot 10^{-11} [Nm^2 / kg^2]$	
אנרגיה פוטנציאלית כבדית	
$U = -GmM / r$; $(U_\infty \equiv 0)$	
אנרגיה כוללת במסלול מעגלי או אליפטי	
$E = -G \frac{mM}{2a}$; $a = \frac{r_{\max} + r_{\min}}{2}$	רדיוס ממוצע =
$(T_1 / T_2)^2 = (a_1 / a_2)^3$	חוק המחזוריים של קפלר

$x(t) = v_o t + at^2 / 2$	תנועה שוות תאוצה
$x = (v_o + v_t) t / 2$	
$v_t = v_o + at$	
$v_t^2 = v_o^2 + 2ax$	
$x(t) = (v_o \cos \alpha) t$	זריקה בזווית
$y(t) = (v_o \sin \alpha) t - gt^2 / 2$	
$y = x \operatorname{tg} \alpha - \frac{g}{2v_o^2 \cos^2 \alpha} x^2$	משוואת המסלול
$f = \mu_s N$	חיכוך סטטי מקסימלי
$f = \mu_k N$	חיכוך קינטי
$a = g \sin \alpha$	תאוצה במדרון חלק
$a = g(\sin \alpha - \mu_k \cos \alpha)$	תאוצה בירידה עם חיכוך
$M = r F \sin \alpha$	מומנט של כוח
$(\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F})$	
$W = \int (F \cos \alpha) dx$	עבודה
$(W = \int \vec{F} \cdot d\vec{x})$	
$E_k = mv^2 / 2$	אנרגיה קינטית
$E_p = mgy$	אנרגיה כבדית בקרבת כדור הארץ
$U = kx^2 / 2$	אנרגיה אלסטית בקפיץ
$P = dW / dt = (F \cos \alpha) v$	הספק רגעי
$(P = \vec{F} \cdot \vec{v})$	
$\sum W_{\text{external}} = \Delta E_k$	קשר כללי בין עבודה ואנרגיה
$X_{C.G.} = \sum (x_i W_i) / \sum W_i$	מרכז כובד
$\omega = 2\pi f = 2\pi / T$	תנועה מעגלית
$v = \omega R$	מהירות משיקית ומהירות זוויתית
$a_c = v^2 / R = \omega^2 R$	תאוצה מרכזית
$\vec{p} = m\vec{v}$	תנע קווי
$\vec{F}\Delta t = \Delta\vec{p}$	מתקף ותנע
$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{u}_1 + m_2\vec{u}_2$	שמור תנע בהתנגשות
	מקדם תקומה בהתנגשות חד ממדית
$e = -(u_1 - u_2) / (v_1 - v_2)$	
$e = 0$, $\vec{u}_1 = \vec{u}_2$	בהתנגשות פלסטית
$e = 1$	בהתנגשות אלסטית לחלוטין
$m_1 v_1^2 / 2 + m_2 v_2^2 / 2 = m_1 u_1^2 / 2 + m_2 u_2^2 / 2$	
$x_{c.m.} = \sum (x_i m_i) / \sum m_i$	מרכז מסה

<u>מגנטיות (המשך)</u>	
$B = \mu_0 i / (2\pi r)$	שדה בקרבת תיל ישר אינסופי
$B = N\mu_0 i / (2r)$	שדה במרכז סליל מעגלי דק
$B = \mu_0 i (N/l)$	שדה בתוך סליל ארוך
$B = (\mu_0 i / 4\pi r)(\cos \alpha_1 + \cos \alpha_2)$	שדה תיל ישר ארוך
$F = \mu_0 i_1 i_2 l / (2\pi d)$	כוח בין 2 תילים ארוכים ומקבילים
$\varepsilon = -Nd\phi / dt$	כא"מ, חוק פאראדי (עבור N כריכות)
$\varepsilon = v_{\perp} B_{\perp} l$	כא"מ בין קצות מוליך הנע בשדה מגנטי
	כא"מ זרם מושרים בכריכה מסתובבת
$\varepsilon(t) = \varepsilon_{\max} \sin(\omega t)$	$\varepsilon_{\max} = NBS\omega$
$i(t) = i_{\max} \sin(\omega t)$	$i_{\max} = \varepsilon_{\max} / R$
$\bar{P} = i_{\max} V_{\max} / 2$	הספק חשמלי ממוצע בכריכה מסתובבת
$i_{\text{eff}} = i_{\max} / \sqrt{2}$	זרם יעיל בכריכה מסתובבת
$\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}$	מומנט כוח על כריכת זרם בשדה מגנטי
$(\tau = \mu B \sin \alpha)$	$\mu = iS$ = מומנט מגנטי של הכריכה
<u>אופטיקה גאומטרית</u>	
$\sin \theta_1 / \sin \theta_2 = n_2 / n_1 = v_1 / v_2$	חוק השבירה
$1/u + 1/v = 1/f$	נוסחת המראה והעדשה
$S_o S_i = f^2$	
$f = R/2$	עבור מראה
$1/f = (n-1)(1/R_1 + 1/R_2)$	עבור עדשה
$H = -v/u$	הגדלה ליניארית
$M = \text{tg} \alpha / \text{tg} \beta = \alpha / \beta$	הגדלה זוויתית
$1/f = 1/f_1 + 1/f_2$	שתי עדשות דקות בטור
	הגדלה זוויתית בזכוכית מגדלת עבור עין בלתי מאומצת
$M = x_{\min} / f$	x_{\min} = נקודה ברורה קרובה ביותר

$x(t) = v_o t + at^2 / 2$	תנועה שוות תאוצה
$x = (v_o + v_t) t / 2$	
$v_t = v_o + at$	
$v_t^2 = v_o^2 + 2ax$	
$\omega = 2\pi f = 2\pi / T$	תנועה מעגלית
$v = \omega R$	מהירות משיקית ומהירות זוויתית
$a_c = v^2 / R = \omega^2 R$	תאוצה מרכזית
$\vec{F} = -k\vec{x}$	$k = m\omega^2$ תנועה הרמונית פשוטה
$T = 2\pi / \omega = 2\pi \sqrt{m/k}$	זמן מחזור
$f = 1/T$	תדירות וזמן מחזור

<u>חשמל</u>	
$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$	חוק קולון בריק $k = 9 \cdot 10^9 [Nm^2 / C^2]$
$k = 1 / (4\pi \varepsilon_o)$	$\varepsilon_o = 8.85 \cdot 10^{-12} [C^2 / (Nm^2)]$
$\vec{F} = q\vec{E}$	כוח על מטען נקודתי q בשדה חשמלי
$\sum (E_n dS) = q_{in} / \varepsilon_o$	חוק גאוס
$E = kq / r^2$	שדה חשמלי של מטען נקודתי q
$V = kq / r$	$(V_{\infty} \equiv 0)$ פוטנציאל של מטען נקודתי q
$E = \sigma / 2\varepsilon_o$	שדה חשמלי של לוח אינסופי טעון
$E = \sigma / \varepsilon_o = V / d$	שדה בין שני לוחות קבל
$W_{a \rightarrow b} = q(V_b - V_a)$	עבודה חשמלית על מטען נקודתי
$E = -dV / dr$	קשר בין שדה ופוטנציאל חשמליים
$C = Q / V$	קיבול
$C = \varepsilon_r \varepsilon_o A / d$	קיבול של קבל לוחות (עבור ריק $\varepsilon_r = 1$)
$C = 4\pi \varepsilon_o \varepsilon_r Rr / (R - r)$	קיבול של קבל כדורים
$C = 4\pi \varepsilon_o R$	קיבול של כדור מוליך בודד בריק
$C = C_1 + C_2 + \dots$	חיבור קבלים במקביל
$1/C = 1/C_1 + 1/C_2 + \dots$	חיבור קבלים בטור
	האנרגיה האצורה בקבל טעון
$U = QV / 2 = CV^2 / 2 = Q^2 / 2C$	
$i = dQ / dt$	עצמת זרם חשמלי
$V = iR$	חוק אוהם
$R = \rho l / S$	התנגדות והתנגדות סגולית
$P = iV$	הספק חשמלי
$\sum i = 0$	חוקי קירכהוף
$\sum \varepsilon = \sum (iR)$	
$i(t) = i_o e^{-t/\tau}$	$\tau = RC$ זרם במעגל RC
$R = R_1 + R_2 + \dots$	חיבור נגדים בטור
$1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots$	חיבור נגדים במקביל
	הפרש פוטנציאלים בין שתי נקודות
$V_{a \rightarrow b} \equiv V_a - V_b = \sum (iR) - \sum \varepsilon$	
$(i \text{ ו- } \varepsilon \text{ חיוביים אם הם בכיוון ההתקדמות מ- } a \text{ ל- } b)$	
<u>מגנטיות</u>	
	כוח על מוליך נושא זרם בשדה מגנטי
$\vec{F} = i\vec{L} \times \vec{B}$	$(F = iLB \sin \alpha)$
$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$	$(F = qvB \sin \alpha)$ כוח לורנץ
$d\vec{B} = \frac{\mu_o}{4\pi} \frac{id\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}$	$(dB = \frac{\mu_o}{4\pi} \frac{i dl \sin \alpha}{r^2})$ חוק ביוסבר
$\mu_o = 4\pi \cdot 10^{-7} [N / A^2]$	
$\sum (\vec{B} \cdot d\vec{l}) = \mu_o I_{in}$	חוק אמפר