

בחינת מתכונת במכניקה

6 ביוני 2024

כ"ט אייר תשפ"ד

44 ימים לעומר שהם 6 שבועות ו-2 ימים

6	5	4	3	2	1

הוראות

א. משך הבחינה: 135 דקות.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה:

בשאלון זה שש שאלות, ומהן יש לענות על שלוש שאלות בלבד.

לכל שאלה - $33\frac{1}{3}$ נקודות; $3 \times 33\frac{1}{3} = 100$ נקודות.

ג. חומר עזר מותר בשימוש: (1) מחשבון לא גרפי, אין להשתמש באפשרויות תכנות במחשבון שיש בו אפשרויות תכנות.

(2) דפי נוסחאות ונתונים (מצורפים).

ד. הוראות מיוחדות:

(1) יש לענות על שלוש שאלות בלבד. אם תענו על יותר משלוש שאלות, יבדקו רק שלוש התשובות הראשונות שבמחברת.

יש לציין באופן ברור את מספר השאלה והסעיף שבחרתם.

(2) בשאלות שבפתרון שלהן נדרש חישוב, יש להציג את השלבים האלה: רישום ביטוי מתמטי כפי שהוא כתוב בדפי נוסחאות והנתונים המצורפים, פיתוח מתמטי ושינוי נושא נוסחה בהתאם לבעיה, הצגה מפורשת של הנתונים בביטוי שהתקבל, הצגת תוצאות החישוב באמצעות שבר עשרוני בו מספר סביר של ספרות משמעותיות ויחידות המדידה המתאימות.

(3) בשאלות שהתשובה עליהן מילולית, יש לענות בקצרה אך ורק בנוגע למה שנשאלתם.

(4) בגרפים, יש לסרטט קווים ישרים באמצעות סרגל.

(5) כאשר אתם נדרשים להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, יש לרשום ביטוי מתמטי הכולל את נתוני השאלה או את חלקם; במידת הצורך אפשר להשתמש גם בקבועים בסיסיים מתוך הטבלה שבדפי הנוסחאות והנתונים או בגודל תאוצת הנפילה החופשית g .

(6) בחישובים יש להשתמש בערך 10 m/s^2 לגודל תאוצת הנפילה החופשית (בסמוך לפני כדור הארץ).

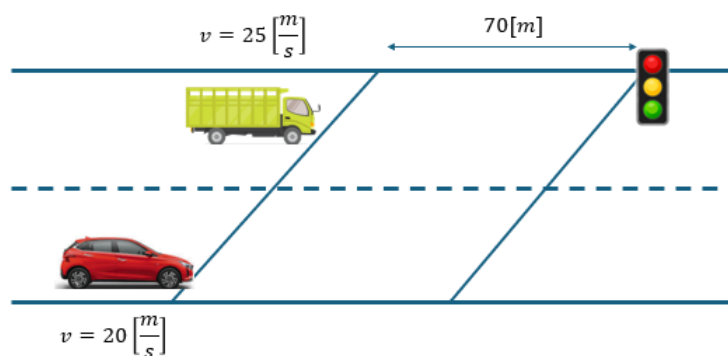
(7) יש לכתוב את התשובות בעט. אם תכתבו בעפרון או תמחקו בטיפקס לא תוכלו לערער. מותר להשתמש בעפרון לסרטטים וגרפים בלבד.

השאלות בשאלון זה מנוסחות בלשון רבים, אף על פי כן על כל תלמידה וכל תלמיד להשיב עליהן באופן אישי.

בהצלחה!

(שרי, שמוליק ומיכאל)

שאלה 1



מצלמה המותקנת לצד הכביש עוקבת אחר תנועת שני רכבים המתקרבים לרמזור: משאית ומכונית פרטית. (ראו תרשים).

כאשר הרכבים נמצאים במרחק של 70 [m] מקו העצירה שלפני הרמזור, האור הירוק ברמזור מתחיל להבהב.

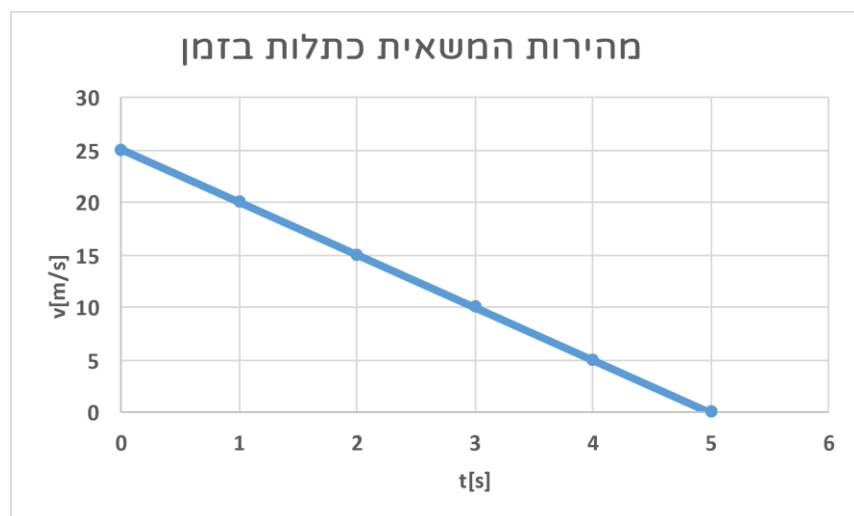
המשאית החלה להאט על מנת לעצור לפני קו העצירה, והמכונית הפרטית מאיצה כדי לעבור את קו העצירה לפני שהאור ברמזור יתחלף לצהוב.

התמונות מועברות מהמצלמה למחשב, ומהנתונים מתקבל גרף מהירות כתלות בזמן עבור המשאית. עבור המכונית הפרטית מתקבלות שתי מדידות מהירות בלבד.

כל אחד מהרכבים נע בתאוצה קבועה.

נתוני המהירות עבור המכונית הפרטית

$v \left[\frac{m}{s} \right]$	$t [s]$
20	0
23	3



א. חשבו תאוצת כל אחת מהמכוניות. (6 נקודות)

ב. קבעו האם המשאית הספיקה לעצור לפני הרמזור. פרטו חישובכם. (6 נקודות)

ג. מרגע שהרמזור הירוק מתחיל להבהב ועד שהוא מתחלף לצהוב עוברות 3 שניות. חשבו האם המכונית הפרטית הספיקה לעבור את הרמזור לפני שהאור התחלף לצהוב.

(6 נקודות)

ד. הראו כי הרכבים חולפים זה על פני זה לפני שהמשאית נעצרה, ומצאו היכן.

(7 נקודות)

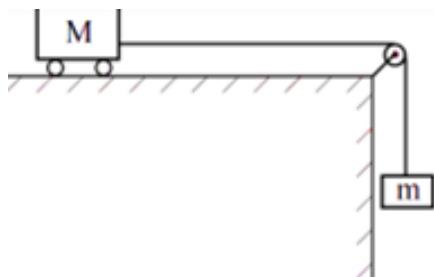
ה. שרטטו גרף מיקום – זמן, שיתאר תנועתן של שני הרכבים, על אותה מערכת צירים,

במהלך 5 שניות מרגע שהתחיל הרמזור הירוק להבהב. הסבירו צורתו של כל אחד מן הגרפים.

(8 נקודות)

שאלה 2

בתרשים שלפניכם מתוארת קרונית שמסתה M , הנעה לאורך משטח אופקי מחוספס, וקשורה למשקולת שמסתה m באמצעות חוט הכרוך על גלגלת (ראו איור).



החיכוך בין החוט לגלגלת ניתן להזנחה.

נתון כי כאשר משחררים את המערכת ממנוחה, המשקולת נעה

אנכית מטה. מסת החוט זניחה, הוא מתוח ואורכו קבוע לאורך התנועה.

א. שרטטו תרשים כוחות על הקרונית ועל המשקולת. (6 נקודות)

ב. התייחסו לפרק הזמן מהרגע בו המערכת משוחררת ממנוחה וקבעו:

1. האם גודל התאוצה של המשקולת קטן, גדול או שווה לגודל תאוצת הקרונית. נמקו.

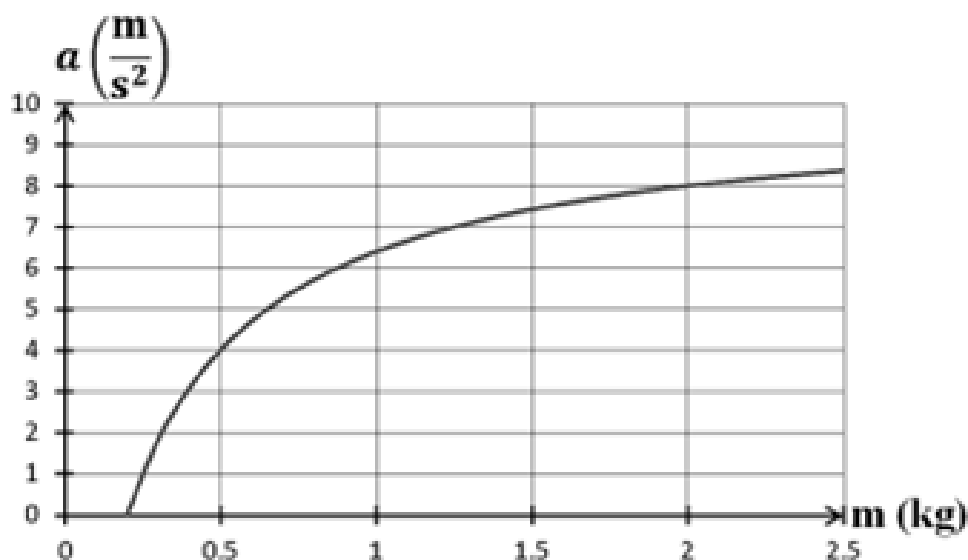
2. האם גודל המתיחות של החוט קטן, גדול או שווה לגודל כוח הכובד על המשקולת. נמקו.

(6 נקודות)

ג. בטאו תאוצת המערכת במהלך תנועתה באמצעות μ , g , M , m . (8 נקודות)

רוני, תלמידת פיזיקה, ערכה סדרת ניסויים למדידת מקדם החיכוך בין הקרונית והמשטח האופקי.

בכל חזרה של הניסוי, היא שינתה מסת המשקולת m , ומדדה תאוצת הקרונית M באמצעות חיישן תנועה. תוצאות הניסוי נתונות בגרף הבא:

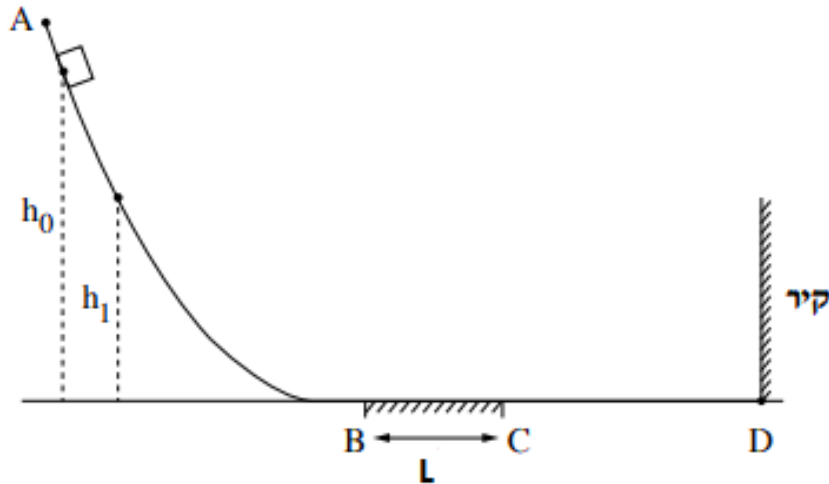


נתון: מסת הקרונית הינה $M = 0.25 \text{ [Kg]}$ ומקדם החיכוך הקינטי שווה למקדם החיכוך הסטטי בין הקרונית למשטח. היעזרו בגרף וחשבו:

- ד. 1. מקדם החיכוך בין הקרונית והמשטח האופקי. (7 נקודות)
2. מסת המשקולת m הקטנה ביותר, המאפשרת תנועה של הקרונית. (3 1/6 נקודות)

שאלה 3

גוף קטן שמסתו m מחליק על גבי מסילה ABCD המחוברת לקיר בנקודה D (ראו תרשים). הקטעים AB ו-CD של המסילה הם חלקים (הקטע AB אינו מסילה ישרה). אורכו של הקטע האופקי הוא L ומקדם החיכוך הקינטי בינו לבין הגוף הוא μ . שחררו את הגוף ממנוחה מגובה h_0 (ראו תרשים). הגוף נע על גבי המסילה לכיוון הקיר, התנגש בו בנקודה D התנגשות אלסטית לחלוטין (הגוף מוחזר מהקיר באותו גודל מהירות בה פגע בו) וחזר חזרה על גבי המסילה. בדרכו חזרה הגיע הגוף לגובה h_1 מרבי.



א. שרטטו תרשים כוחות בכל אחד מקטעי המסלול: AB, BC, CD בתנועת הגוף מ-A ל-D.

(2 1/3 נקודות)

נתון: $\mu = 0.4$, $m = 0.5$ [kg], $L = 0.25$ [m], $h_1 = 1.3$ [m]

ב. חשבו הגובה ההתחלתי h_0 שממנו שוחרר הגוף. (7 נקודות)

ג. בתנועת הגוף מ h_0 ל- h_1 , חשבו עבודת הכוחות הבאים:

1. כוח הכובד. 2. הכוח השקול. 3. כוח החיכוך. 4. כוח הנורמל (11 נקודות)

ד. במהלך התנגשות הגוף בקיר, מרגע הפגיעה עד לרגע ההנחתות ממנו, האם הכוח שהפעיל הקיר על הגוף:

1. ביצע עבודה? אם לא, נמקו. אם כן - חשבו העבודה שביצע. (3 נקודות)

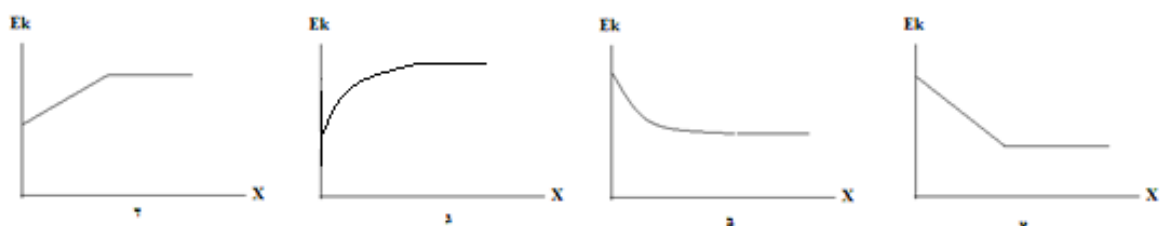
2. הפעיל מתקף על הגוף? אם לא - נמקו. אם כן - חשבו המתקף (גודל + כיוון). (7 נקודות)

(7 נקודות)

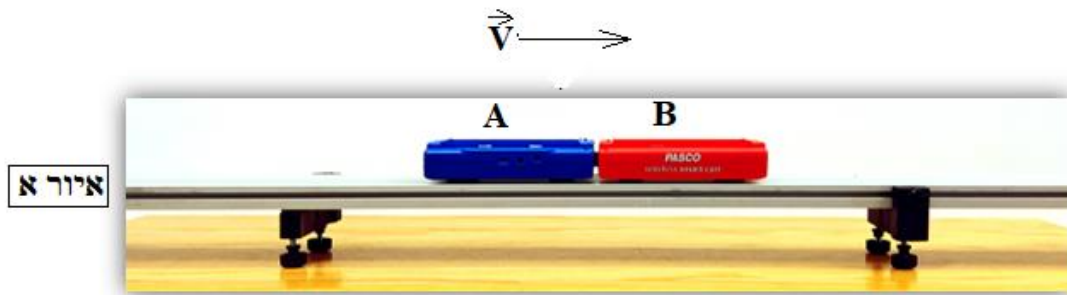
ה. בתנועת הגוף מ B ל-C ל-D רגע לפני פגיעתו בקיר:

איזה מהגרפים הבאים מתאר נכונה את האנרגיה הקינטית של הגוף כתלות במרחק? נמקו.

(4 נקודות)



תלמיד ערך ניסוי עם שתי עגלות תנועה המחוברות זו לזו באמצעות מנגנון פנימי. **העגלות נעות ימינה כמוראה בתרשים על גבי מסילה.** כאשר הן חולפות על פני נקודה מסוימת במסילה המנגנון הפנימי מופעל והעגלות נרתעות זו מזו.



לאורך המסילה יש מערכת ממוחשבת שמודדת ומחשבת את התנע של אחת העגלות כפונקציה של הזמן (התלמיד לא זכר על איזו עגלה בוצעה המדידה).

גרף התנע שהתקבל מהמערכת נראה באיור

2. כתוצאה מבעיה במערכת המדידה לא נמדד התנע של העגלה בין זמן $t = 3\text{sec}$ ל $t = 3.5\text{sec}$.

נתון כי מסת העגלה B גדולה פי 2 ממסת העגלה A.

א. קבעו האם הגרף מתאר התנע של העגלה A או B, נמקו.

(4 נקודות)

ב. חשבו שינוי התנע של העגלה שהתנע שלה לא נמדד במערכת המדידה.

(6 נקודות)

ג. העתיקו הגרף למחברת והוסיפו לו גרף התנע של העגלה שהתנע שלה לא נמדד באותם פרקי הזמן שהמערכת מדדה נתונים. הסבירו כיצד קבעתם את הערכים על פיהם ציירתם את הגרף.

הערה: רצוי לפנות לשם כך עמוד שלם במחברת.

(8 נקודות)

ד. בהינתן שמהירות העגלה B לאחר הניתוק היא 3m/sec חשבו מסתה.

(5 נקודות)

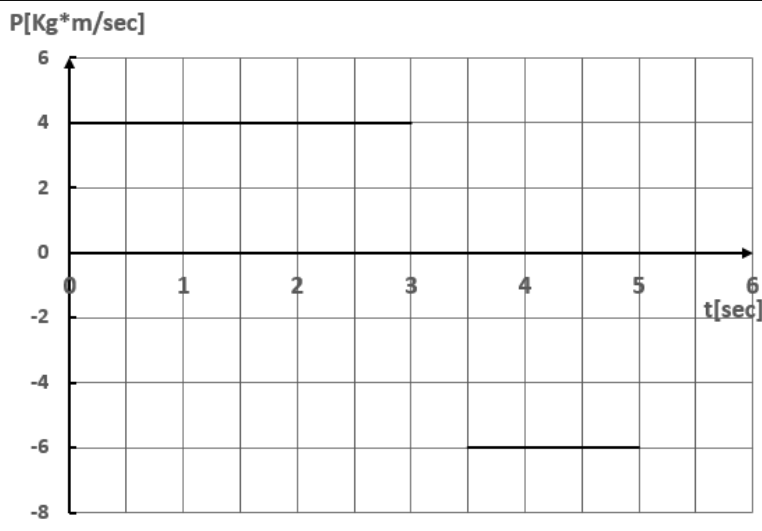
ה. חשבו המהירות ההתחלתית של העגלות רגע לפני הפעלת המנגנון הפנימי.

(5 נקודות)

ו. התלמיד חזר על אותו הניסוי (אותן עגלות ואותו תנע התחלתי) עם מנגנון פנימי שונה. במקרה זה, התלמיד הבחין כי העגלה A נעצרה מייד אחרי הפעלתו. האם במקרה זה מהירות העגלה B גדולה/קטנה/שווה ל- 3m/sec ? נמקו (אין צורך בחישוב מספרי).

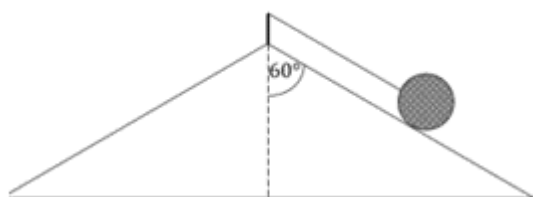
(5 1/3 נקודות)

איור 2



שאלה 5

לטורניר הכספות פיתחו תלמידי פיזיקה מכשיר למדידת מסה של גופים.



המכשיר הינו חרוט **חלק לחלוטין** בעל זווית 60° בין ציר החרוט לבין היקפו (ראו תרשים).

לקדקוד החרוט קושרים את הגוף הנבדק על ידי חוט באורך L המחובר לקדקוד החרוט.

ניתן לגרום לגוף הנבדק לנוע בתנועה סיבובית בתדירויות קבועות. חיישנים בדפנות החרוט מציינים מהו **גודל הכוח הנורמלי** המופעל על הגוף.

א. ציירו תרשים כוחות על הגוף הנבדק, שרטטו מערכת צירים הכוללת ציר רדיאלי וכתבו שתי משוואות כוחות תוך שימוש בזווית הנתונה, במסת הגוף m , ואורך החוט L , בתדירות f , ובכוחות אותם ציינת. **(אין לפתור את המשוואות)**. (8 נקודות)

פתרון המשוואות מראה כי הקשר בין הכוח הנורמלי לבית התדירות נתון על ידי:

$$N = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot mg - \sqrt{3} \cdot m \cdot \pi^2 \cdot L \cdot f^2$$

בסדרת מדידות עבור דגימת חומר מסוים התקבלו התוצאות הבאות:

f [Hz]	0.4	0.8	1.2	1.6	2	2.4	2.8
N [N]	1.7	1.6	1.4	1.2	0.9	0.6	0.1

ב. עבור תוצאות המדידה, שרטטו **גרף לינארי**, המתאר קשר בין הכוח הנורמלי לבין התדירות. אם צריך, הוסיפו שורה לטבלה עם ערכי משתנה העזר לפי הגדרתך.

הסבירו כיצד הביטוי המוצג **בפתרון המשוואות** מתאים לגרף. (8 נקודות)

ג. **חשבו** שיפוע הגרף ו**ציינו** יחידותיו. (5 נקודות).

ד. באמצעות הגרף והשיפוע שקיבלתם, חשבו:

1. מסת הדגימה m

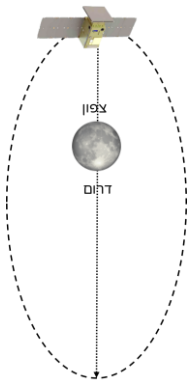
2. אורך החוט L .

(9 נקודות)

ה. אם ממשיכים את קו המגמה המתאר את סדרת המדידות אל עבר תדירויות גבוהות מאלו שנמדדו, מקבלים עבור תדירות של 4 [Hz] כוח נורמלי שלילי. אילו הייתה מבוצעת מדידה בתדירות זו, האם היה מתקבל כוח נורמלי שלילי? אם כן, הסבירו את משמעותו הפיזיקלית. אם לא, איזה כוח נורמלי נמדד? נמקו. (1/3 3 נקודות)

שאלה 6

ב-28 ביוני 2022 שוגר מניו זילנד לוויין ה-CAPSTONE של נאס"א, במסה של 25 ק"ג, למסלול סביב הירח. באמצעות הלוויין מתכוונים בנאס"א לאמת את החישובים על המסלול ועל צריכת הדלק בו, לקראת יישומה של תוכנית "ארטמיס" להנחתת בני אדם על הירח. בתוכנית זו נאס"א מתכננים להציב תחנת חלל במסלול סביב הירח, כך שהאסטרונאוטים יגיעו אליה מכדור הארץ, וייצאו ממנה לנחיתה על הירח עצמו. (ראה תרשים)



לוויין ה-CAPSTONE יבצע מסלול אליפטי סביב הירח. בנתיב אליפטי זה ינוע הלוויין בגובה של 1600 ק"מ מעל הקוטב הצפוני של הירח בנקודה הקרובה ביותר שלו, ובגובה 70 אלף ק"מ מעל הקוטב הדרומי של הירח בנקודה הרחוקה ביותר שלו.

לאורך כל השאלה, הנח כי הכוח היחיד הפועל על הלוויין הינו כוח המשיכה בינו לבין הירח.

- א. במעבר הלוויין מהנקודה הקרובה ביותר לזו הרחוקה ביותר מפני הירח חשבו:
1. הכוח הגרביטציוני המכסימלי והמינימלי המופעל על הלוויין.
 2. התאוצה הרדיאלית המכסימלית והמינימלית של הלוויין.
 3. המהירות המכסימלית והמינימלית של הלוויין. (18 נקודות)

- ב. במעבר הלוויין מהנקודה הקרובה ביותר לזו הרחוקה ביותר מפני הירח האם כוח הכובד ביצע עבודה על הלוויין: אם לא, נמקו. אם כן, חשבו העבודה. (4 נקודות)

- ג. חשבו הרדיוס הממוצע של סיבוב לוויין ה-CAPSTONE סביב הירח. (3 נקודות)
- ד. בהנחה שלווין ה-CAPSTONE נע במסלול מעגלי סביב הירח ברדיוס הממוצע שחישבתם בסעיף ג', חשבו: הזמן בו מבצע הלוויין סיבוב אחד סביב הירח. (4 נקודות)

בנוסף ללוויין ה-CAPSTONE הסובב את הירח סובב את הירח גם לוויין המעקב, LRO, והוא הלוויין הפעיל הוותיק ביותר סביב גוף פלנטרי שאינו כדור הארץ. בזכות מצבו הטכני המצוין הוא צפוי להמשיך לפעול עד 2026.

- ה. מבין ארבעת הגרפים הבאים, איזה מהם מתאר את תלות זמן המחזור של 2 הלוויינים הנ"ל סביב הירח ברדיוס r של מסלולם כפי שבא לידי ביטוי בחוק השלישי של קפלר (חוק ריבועי זמן המחזור)? נמקו. (4 1/3 נקודות)

