

## פיזיקה מכניקה הוראות לנבחן

- א. משך הבחינה: שעתיים.
- ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה:  
בשאלון זה שש שאלות, ומהן עליך 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 התכנות במחשבון שיש בו אפשרות תכנות.  
(2) דפי נוסחאות ונתונים (מצורפים).
- ד. הוראות מיוחדות:
- (1) ענה על שלוש שאלות בלבד. אם תענה על יותר משלוש שאלות, ייבדקו רק שלוש התשובות הראשונות שבמחברתך.  
ציין באופן ברור את מספר השאלה והסעיף שבחרת.
- (2) בשאלות שבפתרון שלהן נדרש חישוב, הצג את השלבים האלה:  
רישום הביטוי המתמטי כפי שהוא כתוב בדפי הנוסחאות והנתונים המצורפים, פיתוח מתמטי ושינוי נושא נוסחה בהתאם לבעיה, הצגה מפורשת של הנתונים בביטוי שהתקבל, הצגת תוצאות החישוב באמצעות שבר עשרוני ובו מספר סביר של ספרות משמעותיות ויחידות המדידה המתאימות.
- (3) בשאלות שהתשובה עליהן מילולית, עליך לענות בקצרה אך ורק בנוגע למה שנשאלת.
- (4) בגרפים, יש לסרטט קווים ישרים באמצעות סרגל.
- (5) כאשר אתה נדרש להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, רשום 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) בחישוביך השתמש בערך  $10 \text{ m/s}^2$  לגודל תאוצת הנפילה החופשית (בסמוך לפני כדור הארץ).
- (7) כתוב את תשובותיך בעט. אם תכתוב בעיפרון או תמחק בטיפקס לא תוכל לערער.  
מותר להשתמש בעיפרון לסרטטים וגרפים בלבד.

כתוב במחברת הבחינה בלבד. רשום "טיוטה" בראש כל עמוד המשמש טיוטה.  
כתיבת טיוטה בדפים שאינם במחברת הבחינה עלולה לגרום לפסילת הבחינה.

**ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.**

**בהצלחה!**

## השאלות

ענה על שלוש מן השאלות 1-6.

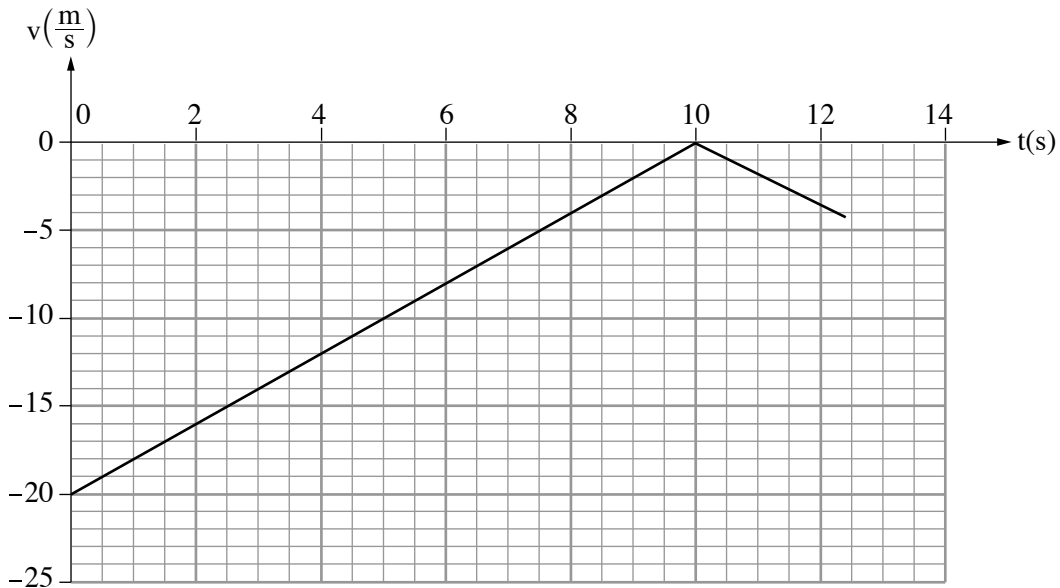
(לכל שאלה –  $33\frac{1}{3}$  נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו).

### 1. שאלה זו אינה עוסקת בנושא כבידה.

"בראשית" היא הגשושית (חללית) הראשונה מתוצרת ישראל שהייתה אמורה לנחות על הירח בנחיתה רכה. נחיתה רכה היא הגעה לקרקע במהירות נמוכה מספיק כדי שלא ייגרם נזק. לשם כך, מנועי הגשושית אמורים לפעול במהלך הנחיתה באופן שיאט את מהירותה, וכך כשהיא תהיה בגובה של מטרים אחדים מעל פני הירח מהירותה תהיה אפס. מרגע זה הגשושית אמורה לנוע בנפילה חופשית אל פני הירח.

השאלה שלפניך מבוססת על נתוני הדמיה (סימולציה) של גשושית דמיונית, שנחתה נחיתה רכה אנכית על פני הירח. על הגשושית הותקן חיישן מהירות. בגרף שלפניך מוצגת מהירות הגשושית כפונקציה של הזמן. בזמן  $t = 0$  הגשושית הייתה בגובה  $H$  מעל פני הירח, ובזמן  $t = 12.45$  היא נחתה על פני הירח. בשלב האחרון של תנועת הגשושית היא נעה בנפילה חופשית.

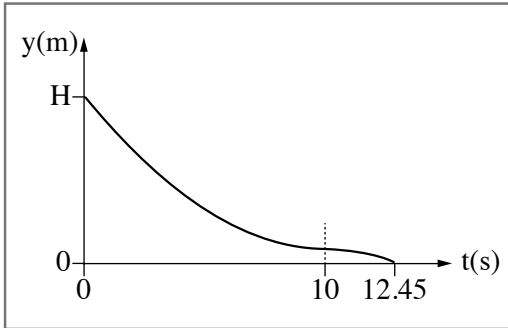
הנח כי מסת הגשושית קבועה,  $m = 164\text{kg}$ , וכי גודל תאוצת הנפילה החופשית בקרבת הירח  $g_M = 1.67\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .



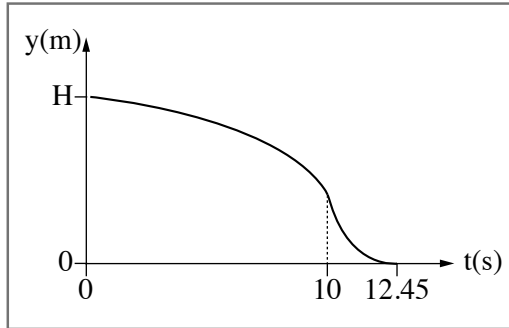
בשאלה זו יש להתייחס רק לכוחות המופעלים על ידי הירח ולא על ידי גרמי שמיים אחרים.

- א. הגדר את המושג "נפילה חופשית". (4 נקודות)
- ב. סרטט את תרשים הכוחות הפועלים על הגשושית הדמיונית מרגע  $t = 0$  עד  $t = 10$  s. ליד כל כוח רשום את שמו. (5 נקודות)
- ג. חשב את גודל הכוח שמנועי הגשושית מפעילים. (7 נקודות)
- ד. חשב את הגובה מעל פני הירח שבו התאפסה מהירות הגשושית. (6 נקודות)
- ה. חשב את  $H$ , הגובה מעל פני הירח ברגע  $t = 0$ . (6 נקודות)

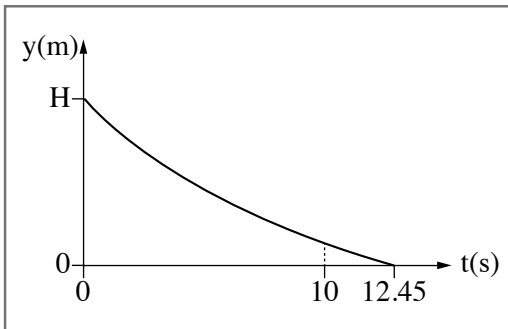
1. קבע איזה מן התרשימים 1-4 שלפניך מתאר נכון את גובה הגשושית מעל פני הירח כפונקציה של הזמן. נמק את קביעתך. (5  $\frac{1}{3}$  נקודות)



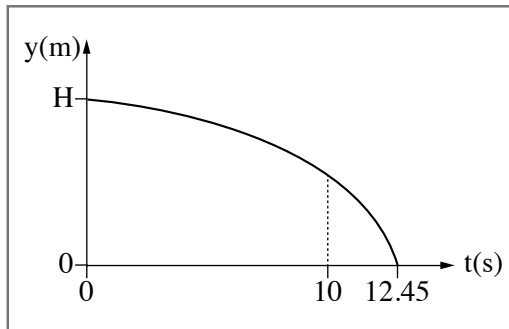
2



1



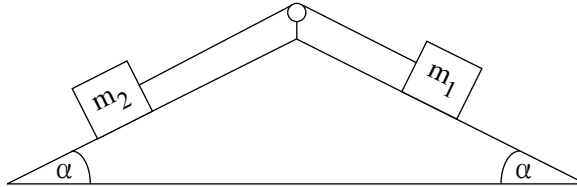
4



3

2. בתרשים שלפניך מוצגת מערכת ובה שני גופים שמסותיהם  $m_1$  ו-  $m_2$  המחוברים זה לזה בחוט העובר דרך גלגלת. הגופים מונחים על שני מישורים משופעים לא חלקים. זווית השיפוע  $\alpha$  של שני המישורים המשופעים שוות זו לזו. מקדמי החיכוך בין המישורים המשופעים לבין שני הגופים שווים. מסת החוט זניחה והגלגלת אידיאלית.

נתון:  $\alpha = 36.9^\circ$ ,  $m_1 = 1\text{kg}$ ,  $m_2 = 4\text{kg}$ .



משחררים את מערכת שני הגופים ממנוחה, והיא מתחילה לנוע בתאוצה קבועה שגודלה  $2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

א. סרטט את תרשים הכוחות הפועלים על הגוף  $m_1$  ואת תרשים הכוחות הפועלים על הגוף  $m_2$ . ליד כל כוח רשום את שמו. (7 נקודות)

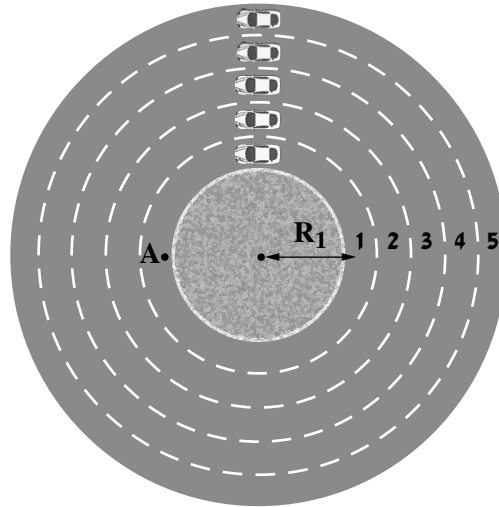
ב. רשום את משוואות הכוחות הפועלים על כל אחד מן הגופים  $m_1$  ו-  $m_2$ . (8 נקודות)

ג. חשב את מקדם החיכוך הקינטי. (9 נקודות)

במקרה אחר מעניקים למערכת מהירות התחלתית שגודלה  $2.6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ , וברגע זה הגוף  $m_1$  נע במורד המישור המשופע. לאורך כל התנועה שני הגופים אינם מגיעים לא לתחתית המישור המשופע ולא אל הגלגלת.

ד. חשב את התאוצה (גודל וכיוון) של גוף  $m_1$  במהלך תנועתו במורד המישור המשופע. (9  $\frac{1}{3}$  נקודות)

3. בעיר גדולה תכננו מעגל תנועה אופקי שיש לו חמישה נתיבים מעגליים (ראה תרשים). הרדיוס  $R$  של כל נתיב הוא המרחק ממרכז מעגל התנועה לאמצע הנתיב. הרדיוסים נתונים בטבלה שבהמשך השאלה.



מכונית נוסעת בנתיב 1 בתנועה מעגלית.

א. סרטט את תרשים הכוחות הפועלים על המכונית ברגע שבו היא עוברת בנקודה A (ראה תרשים). ליד כל כוח רשום את שמו. (5 נקודות)

ב. כתוב את משוואות הכוחות הפועלים על המכונית. (6 נקודות)

בשלב תכנונו של מעגל התנועה בדקו את  $v_{\max}$ , המהירות המרבית האפשרית בכל נתיב ללא חריגה מן המסלול המעגלי. המהירויות המרביות שהתקבלו נתונות בטבלה.

נתיב 5	נתיב 4	נתיב 3	נתיב 2	נתיב 1	
32	28	24	20	16	$R$ [m]
16	14.97	13.86	12.65	11.31	$v_{\max}$ $\left[\frac{m}{s}\right]$
256	224	192	160	128	$v_{\max}^2$ $\left[\frac{m^2}{s^2}\right]$

ג. בטא את ריבוע המהירות המרבית,  $v_{\max}^2$ , כפונקציה של רדיוסי הנתיבים,  $R$ . (5 נקודות)

ד. סרטט במחברתך גרף (דיאגרמת פיזור) של ריבוע המהירות המרבית,  $v_{\max}^2$ , כפונקציה של רדיוס המסלול  $R$ , והוסף בו את קו המגמה. (7 נקודות)

ה. (1) חשב את השיפוע של קו המגמה על פי שתי נקודות:  $R = 36m$ ,  $R = 18m$ .

(2) חשב את מקדם החיכוך הסטטי של המכונית עם הכביש, באמצעות השיפוע שחישבת.

(6 נקודות)

חמש מכוניות נעו בחמשת הנתיבים, כל אחת מהן נעה במהירות המרבית המתאימה למסלולה, כפי שמוצג בטבלה.  
כל אחת מן המכוניות ביצעה הקפה שלמה.

ו. קבע איזה מן ההיגדים 1-4 שלפניך נכון, ונמק את קביעתך. ( $4\frac{1}{3}$  נקודות)

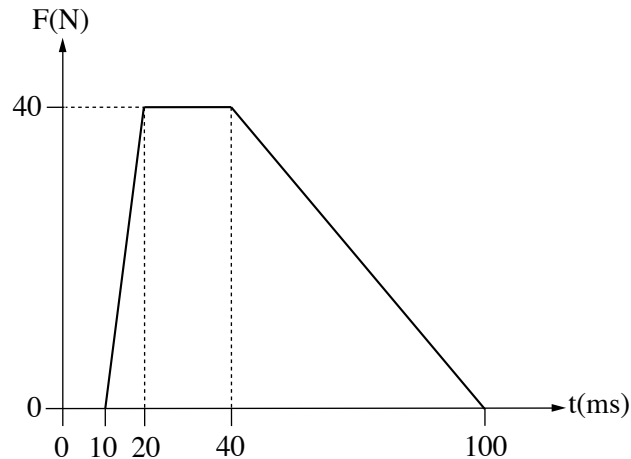
1. כל חמש המכוניות השלימו את ההקפה באותו פרק זמן.
2. המכונית בנתיב 1 (הפנימי ביותר) השלימה את ההקפה בפרק הזמן הקצר ביותר.
3. המכונית בנתיב 5 (החיצוני ביותר) השלימה את ההקפה בפרק הזמן הקצר ביותר.
4. על פי נתוני השאלה אי אפשר לדעת איזו מכונית השלימה את ההקפה בפרק הזמן הקצר ביותר.

4. תיבה שמסתה  $m = 2\text{kg}$  נעה ימינה על משטח חסר חיכוך במהירות שגודלה  $v = 0.8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . התיבה התנגשה בקיר שמותקן עליו חיישן כוח המחובר למחשב (ראה תרשים 1). נתון כי לאחר ההתנגשות התיבה נעה שמאלה וכי הציר החיובי נקבע בכיוון ימין.



תרשים 1

- לפניך גרף מקורב המתאר את הכוח שנמדד באמצעות החיישן במהלך ההתנגשות כפונקציה של הזמן. שים לב: יחידות הזמן נתונות במילי שניות.

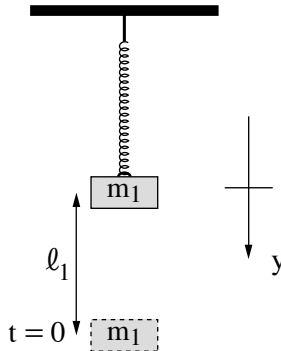


תרשים 2

- א. קבע מהו הגודל הפיזיקלי שמבטא השטח הכלוא בין הגרף לבין ציר הזמן, חשב את גודלו ורשום את כיוונו (ימינה או שמאלה). (6 נקודות)
- ב. סרטט במחברתך את התיבה וסמן את וקטור התנע של התיבה לפני ההתנגשות, ואת וקטור המתקף שפועל עליה בכל מהלך ההתנגשות. עליך להקפיד על היחס בין אורכי הווקטורים שסרטטת. (6 נקודות)
- ג. חשב את גודל המהירות של התיבה לאחר ההתנגשות. (8 נקודות)
- ד. סרטט גרף של תאוצת התיבה כפונקציה של הזמן בפרק הזמן שבין  $t = 0$  ובין  $t = 100\text{ms}$ . (8 נקודות)
- ה. חשב את גודלו של כוח קבוע, שיגרום לאותו השינוי במהירות התיבה אם הוא יפעל במהלך התנגשות זו. (5  $\frac{1}{3}$  נקודות)

## תנועה הרמונית

5. על קפיץ אידיאלי המחובר לתקרת המעבדה תלו משקולת שמסתה  $m_1 = 60g$ , וערכו שני ניסויים. בניסוי הראשון משכו את המשקולת ממצב שיווי המשקל של המערכת למרחק  $\ell_1 = 20cm$  (ראה תרשים). בזמן  $t = 0$  שחררו את המשקולת, והיא התחילה להתנדנד בתנועה הרמונית פשוטה שזמן מחזור הוא  $T_1 = 0.5s$ . קבעו את ראשית הצירים בנקודת שיווי המשקל של הקפיץ, ואת הכיוון החיובי של הציר האנכי  $y$ , כלפי מטה.

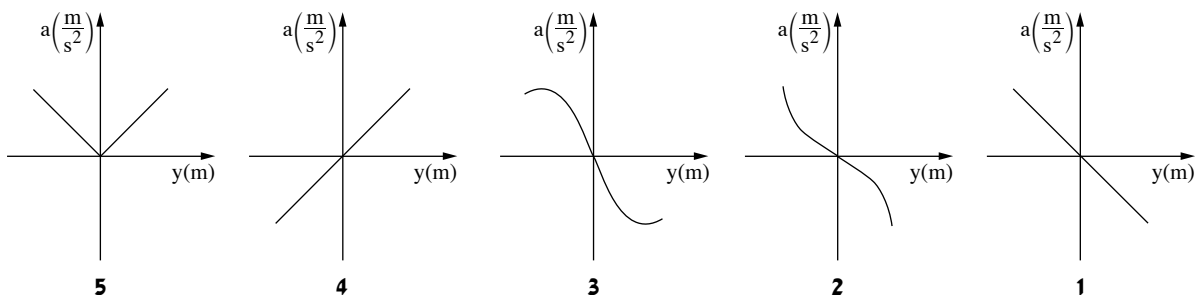


יש להזניח את התנגדות האוויר, את מסת הקפיץ ואת החיכוך בין חלקי המערכת.

- א. בטא את המיקום  $y$  של המשקולת כפונקציה של הזמן  $t$ , על פי נתוני השאלה. (6 נקודות)  
 ב. חשב את מהירות המשקולת (גודל וכיוון) ברגע שבו היא עוברת בפעם הראשונה דרך הנקודה  $y = \frac{\ell_1}{2}$ . (6 נקודות)

בניסוי השני הדביקו למשקולת התלויה משקולת נוספת, שמסתה  $m_2$ . גרמו למערכת להתנדנד שוב בתנועה הרמונית פשוטה, אך הפעם זמן המחזור גדל ב-20%.

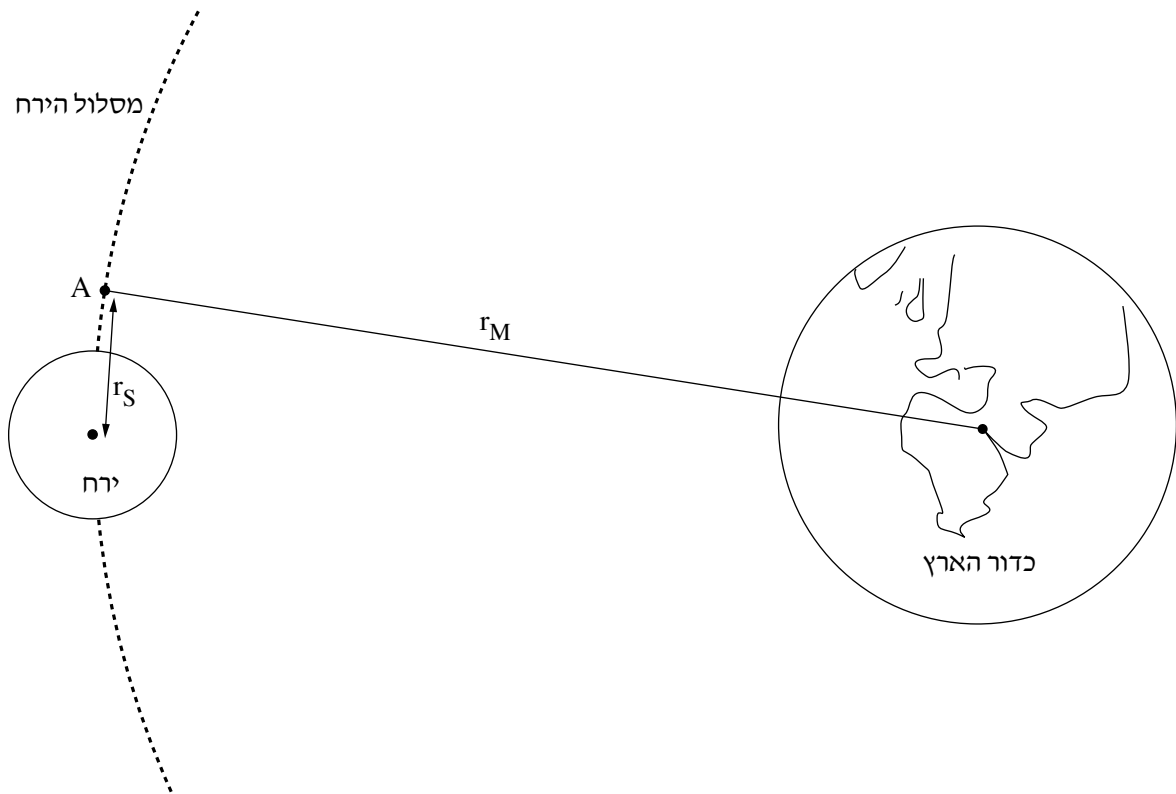
- ג. חשב את  $m_2$ , מסת המשקולת שנוספה בניסוי השני. (8 נקודות)  
 ד. חשב את המרחק בין נקודת שיווי המשקל בניסוי השני לבין נקודת שיווי המשקל בניסוי הראשון. (8 נקודות)  
 ה. קבע איזה מן הגרפים 1-5 שלפניך מתאר נכון את התאוצה  $a$  של המשקולת כפונקציה של ההעתק  $y$ . נמק את קביעתך. (5  $\frac{1}{3}$  נקודות)





## כבידה

6. בחודש פברואר 2019 שוגרה הגשושית (חללית) הישראלית "בראשית" אל הירח. במהלך תנועתה של בראשית מכדור הארץ אל הירח היא הגיעה לנקודה A. החל מנקודה זו בראשית נעה סביב הירח (ראה תרשים – קנה המידה אינו מדויק). בהמשך תנועתה הופעלו מנועיה של בראשית כדי שהיא תאט ותנחת נחיתה רכה על פני הירח (מהירות אפסית בקרבת פני הירח). בפועל, בשל תקלה טכנית, המהירות של בראשית בקרבת פני הירח הייתה גבוהה מן המתוכנן, והיא התרסקה על פני הירח. השאלה עוסקת בתנועתה של גשושית דמיונית, המבוססת על תוכנית הטיסה של הגשושית "בראשית".



$r_M$  – הרדיוס של מסלול הירח סביב כדור הארץ.

$r_S$  – מרחק הנקודה A ממרכז הירח.

נתון: גובה הנקודה A מפני הירח הוא  $h = 200\text{km}$ .

א. חשב את היחס בין הגודל של כוח הכבידה  $F_E$  שכדור הארץ מפעיל על הגשושית לבין הגודל של כוח הכבידה  $F_M$

שהירח מפעיל על הגשושית, ברגע שבו היא חולפת בנקודה A. (8 נקודות)

ב. חשב את גודל המהירות של הגשושית,  $v_A$ , במסלולה המעגלי  $r_S$  סביב הירח. (6 נקודות)

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

עומר, תלמיד מגמת פיזיקה, טוען כי  $r_M$  ו-  $T_M$  (זמן המחזור של הירח סביב כדור הארץ) ידועים, ולכן אפשר לחשב את זמן המחזור  $T_S$  של הגשושית במסלול המעגלי  $r_S$  בעזרת החוק השלישי של קפלר. דנה, הלומדת עם עומר באותה הכיתה, אינה מסכימה עם טענה זו. ג. קבע מי צודק, עומר או דנה. נמק את קביעתך. (6 נקודות)

הנח כי מסת הגשושית קבועה,  $m = 164\text{kg}$ , וכי הגשושית נחתה על פני הירח במהירות אפס. ד. חשב את העבודה  $W$  המבוצעת על הגשושית בעוברת מן המסלול  $r_S$  ועד נחיתתה הרכה על פני הירח. בחישובך הזנח את השפעת כדור הארץ על הגשושית. (8 נקודות)

נתון כי בשלב הנחיתה הרכה, המנועים של הגשושית פולטים גזים בכיוון תנועתה של הגשושית. ה. השתמש בשיקולים פיזיקליים והסבר מדוע המנועים פולטים את הגזים בכיוון זה. (5  $\frac{1}{3}$  נקודות)

**בהצלחה!**