

## פיזיקה מכניקה הוראות

- א. משך הבחינה: שעתיים.
- ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה:  
בשאלון זה שש שאלות, ומהן יש לענות על שלוש שאלות בלבד.  
לכל שאלה –  $33\frac{1}{3}$  נקודות;  $100 = 33\frac{1}{3} \times 3$  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) יש לענות על שלוש שאלות בלבד. אם תענו על יותר משלוש שאלות, ייבדקו 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 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 מתאים של ספרות משמעותיות וכן יחידות המדידה.  
(3) את הגרפים יש לסרטט בגודל של חצי עמוד לפחות. יש להשתמש בסרגל לסרטוט קווים ישרים.  
(4) כאשר 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  $g$ .  
(5) בחישובים יש להשתמש בערך  $10 \text{ m/s}^2$  לגודל של  $g$  – תאוצת הנפילה החופשית (בסמוך לפני כדור הארץ).  
(6) יש לכתוב את התשובות בעט. מותר להשתמש בעיפרון לסרטוטים וגרפים בלבד.  
(7) במקרה של טעות, אפשר להסתפק בהעברת קו חוצה כפול על המילים או המשפטים השגויים.

יש לכתוב במחברת הבחינה בלבד. יש לרשום "טיוטה" בראש כל עמוד המשמש טיוטה.  
כתיבת טיוטה בדפים שאינם במחברת הבחינה עלולה לגרום לפסילת הבחינה.

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

**בהצלחה!**

## השאלות

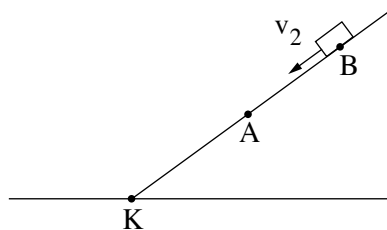
ענו על שלוש מן השאלות 1-6.

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

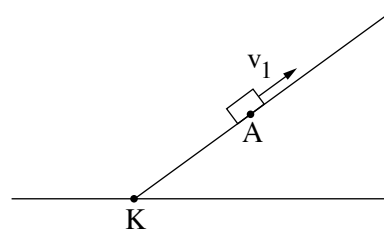
1. עורכים שני ניסויים באמצעות גוף קטן ומישור משופע חלק. תחתית המישור המשופע מסומנת באות K, כמתואר בתרשים 1 שלפניכם.

בניסוי הראשון הגוף מוחזק במנוחה בנקודה A על המישור המשופע. ברגע מסוים מקנים לגוף מהירות התחלתית שגודלה  $v_1$  בכיוון מעלה המישור (ראו תרשים 1 – ניסוי ראשון).

בניסוי השני הגוף מוחזק במנוחה בנקודה B על המישור המשופע. ברגע מסוים מקנים לגוף מהירות התחלתית שגודלה  $v_2$  בכיוון מורד המישור (ראו תרשים 1 – ניסוי שני).



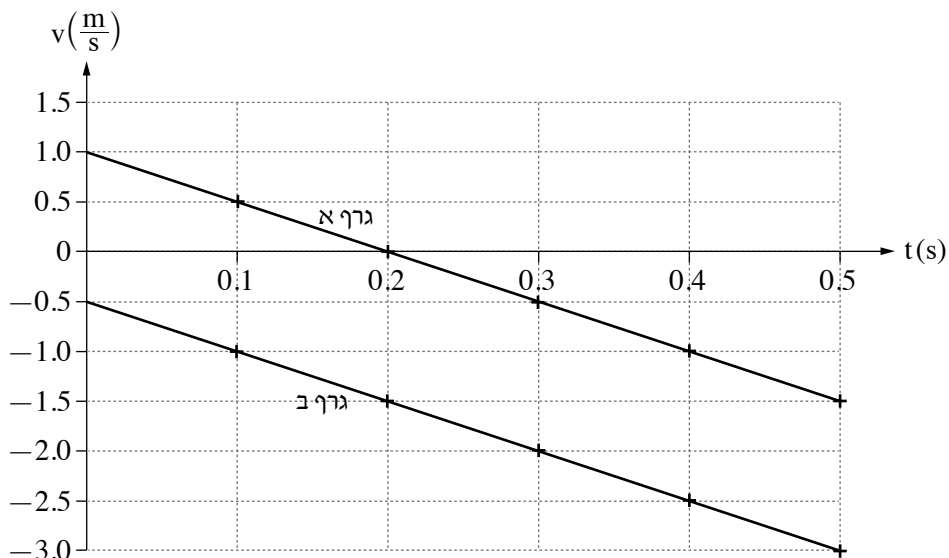
תרשים 1 – ניסוי שני



תרשים 1 – ניסוי ראשון

הגרפים א-ב בתרשים 2 שלפניכם מתארים את מהירות הגוף בכל אחד מן הניסויים במשך חצי השנייה הראשונה של התנועה.  $t = 0$  הוא רגע תחילת התנועה של הגוף בכל אחד משני הניסויים.

מהירות הגוף בשני הניסויים כפונקצייה של הזמן



תרשים 2

א. קבעו אם הכיוון החיובי של המהירות נקבע במעלה המישור המשופע או במורדו. נמקו את קביעתכם. (6 נקודות)

(שימו לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

בניסוי הראשון הגיע הגוף לנקודה K (הנקודה התחתונה של המישור המשופע), ברגע  $t = 0.5s$ .

ב. חשבו את המרחק בין הנקודה הגבוהה ביותר שאליה הגיע הגוף בניסוי הראשון לבין הנקודה K. (7 נקודות)

ג. חשבו את המרחק AK. (7 נקודות)

בניסוי השני הגיע הגוף לנקודה K ברגע  $t = 0.62s$ .

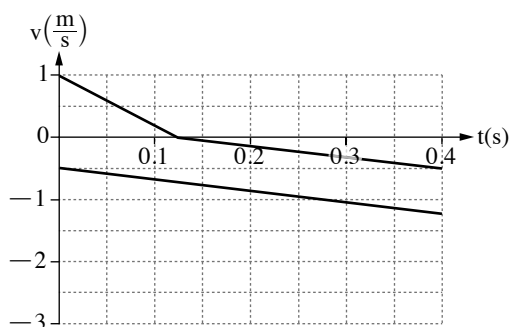
ד. חשבו את AB (המרחק בין מיקומי הגוף ברגע תחילת התנועה בכל אחד משני הניסויים). (8 נקודות)

חוזרים על שני הניסויים במערכת דומה לזו המתוארת בתרשים 1, אך הפעם יש חיכוך בין הגוף ובין המישור המשופע.

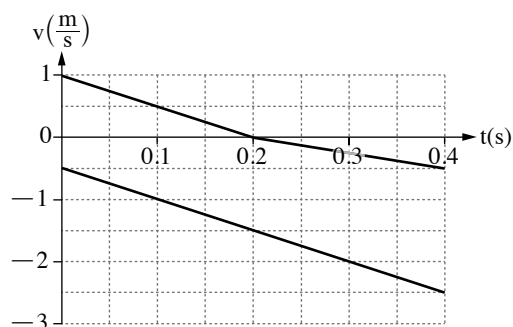
אחד מן התרשימים א-ד שלפניכם מתאר נכון את מהירות הגוף בשני הניסויים האלה כפונקציה של הזמן עבור חלק מזמן התנועה.

ה. קבעו איזה מן התרשימים א-ד מתאר נכון את תנועת הגוף בשני הניסויים הנוספים בהשפעת החיכוך. נמקו את קביעתכם.

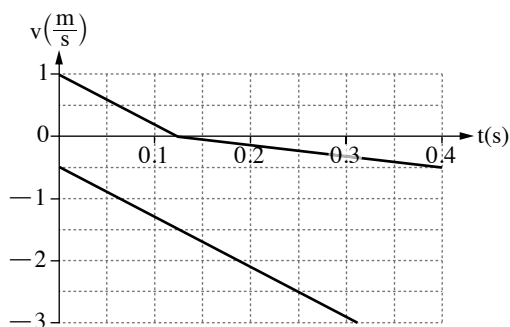
( $5\frac{1}{3}$  נקודות)



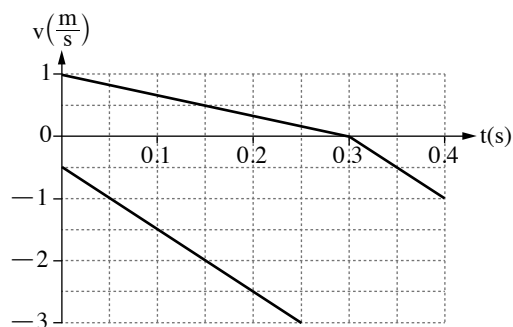
תרשים ב



תרשים א

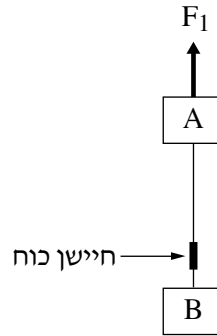


תרשים ד



תרשים ג

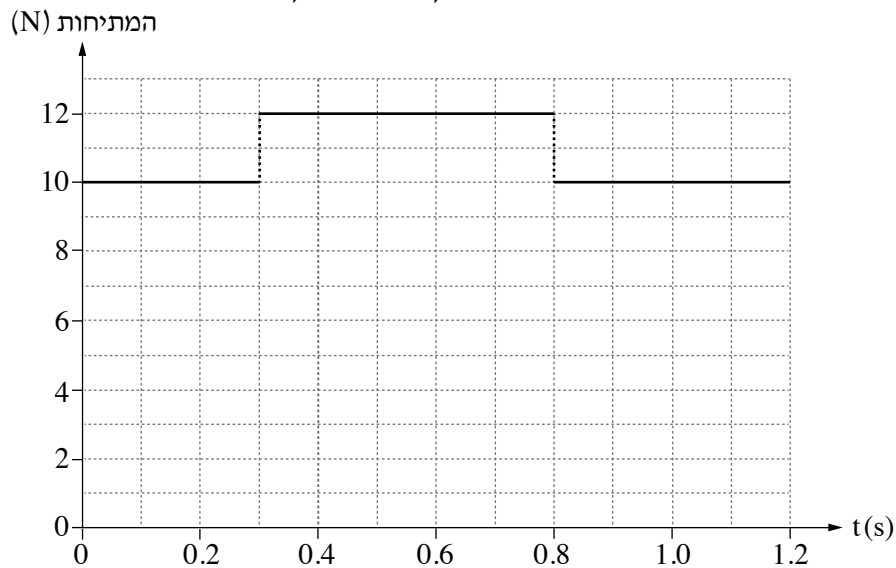
2. שני גופים, A ו- B, שהמסות שלהם  $m_A$  ו-  $m_B$  בהתאמה, קשורים זה לזה בחוט, כמתואר בתרשים 1 שלפניכם. גוף A נמשך אנכית כלפי מעלה על ידי כוח חיצוני  $F_1$  שגודלו יכול להשתנות. על החוט המחבר את שני הגופים מותקן חיישן כוח המודד את המתיחות בחוט. בכל השאלה יש להניח כי מסת החוט, מסת החיישן וכוחות החיכוך הפועלים על הגופים זניחים. הכיוון החיובי של הציר האנכי מוגדר כלפי מעלה.



תרשים 1

- א. סרטטו את תרשימים הכוחות הפועלים על הגוף A ואת תרשימים הכוחות הפועלים על הגוף B. ליד כל כוח ציינו את שמו ומה מפעיל אותו (עבור הכוח  $F_1$  רשמו "כוח חיצוני"). (4 נקודות)
- ב. רשמו את משוואת הכוחות עבור כל אחד משני הגופים, ופתחו באמצעותן ביטוי לתאוצת המערכת כתלות בפרמטרים  $m_B$ ,  $m_A$ ,  $F_1$  וקבועים פיזיקליים ידועים. (6 נקודות)
- לפניכם גרף המתאר את המתיחות שנמדדה על ידי החיישן, כפונקצייה של הזמן, מן הרגע  $t = 0$  ועד  $t = 1.2s$ . להזכירכם, גודל הכוח  $F_1$  אינו בהכרח קבוע בזמן.

המתיחות כפונקצייה של הזמן



(שימו לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

נתון כי עד לרגע  $t = 0.3s$  הייתה המערכת במנוחה. מסת הגוף A היא  $m_A = 3 \text{ kg}$ .

ג. היעזרו בגרף וחשבו את  $m_B$ , המסה של גוף B. (5 נקודות)

ד. היעזרו בגרף וחשבו את גודל הכוח החיצוני  $F_1$  בכל אחד משלושת פרקי הזמן המתוארים בגרף:  $0 < t < 0.3s$ ,

$0.3s < t < 0.8s$  (8 נקודות) .  $0.8s < t < 1.2s$

ה. קבעו בעבור כל אחד משני פרקי הזמן  $0.3s < t < 0.8s$  ו-  $0.8s < t < 1.2s$ , מהו סוג התנועה (מנוחה / תנועה קצובה /

תנועה בתאוצה). הסבירו את קביעותיכם. (6 נקודות)

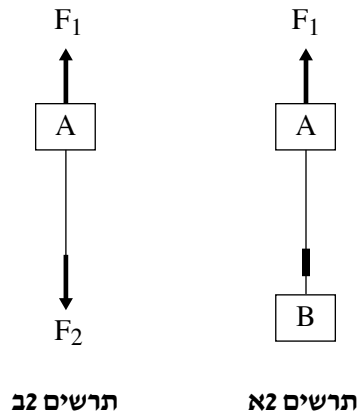
לאחר ביצוע המדידות האלה, ערכו באמצעות המערכת שני ניסויים:

בניסוי הראשון הפעילו על המערכת כוח  $F_1$  מסוים ומצאו כי תאוצת המערכת היא  $a_1 \neq 0$  כלפי מעלה (ראו תרשים א2).

בניסוי השני ניתקו את גוף B ואת חיישן הכוח מן החוט, והפעילו על קצהו התחתון של גוף A כוח  $F_2$  אנכית כלפי מטה,

נוסף על הכוח  $F_1$  הזה לזה שבניסוי הראשון (ראו תרשים ב2).

מדדו ומצאו כי גם בניסוי השני הייתה התאוצה  $a_1$  (כלפי מעלה).



ו. קבעו מהו ההיגד הנכון מבין ההיגדים 1-4 שלפניכם, ונמקו את קביעתכם. (4  $\frac{1}{3}$  נקודות)

1.  $F_2 < m_B g$

2.  $F_2 = m_B g$

3.  $F_2 > m_B g$

4. אי אפשר לקבוע את הקשר בין  $F_2$  ו-  $m_B g$  מן הנתונים.

3.

רחפן צעצוע מסוגל לשחרר כדורים קטנים תוך כדי תנועתו באוויר.

הרחפן נע אופקית בגובה 6 מטרים מעל קרקע מישורית במהירות שגודלה  $3 \frac{m}{s}$  ושחרר שלושה כדורים, בזה אחר זה.

הזמן בין שחרור כדור לשחרור הכדור הבא אחריו היה 0.5s.

בשאלה זו יש להזניח את התנגדות האוויר לתנועת הכדורים.

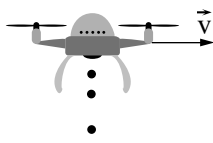
א. חשבו כמה זמן עבר מרגע השחרור של אחד הכדורים ועד לרגע פגיעתו בקרקע. (7 נקודות)

ב. חשבו את מהירות הפגיעה של הכדור בקרקע (גודל וכיוון). (9 נקודות)

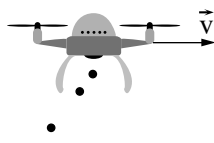
ג. קבעו מהו המרחק בין נקודות הפגיעה בקרקע של שני כדורים ששחררו זה אחר זה. פרטו את שיקוליםכם. (7 נקודות)

ד. קבעו איזה מן האיורים 1-4 שלפניכם מתאר בצורה הטובה ביותר את מיקומי הרחפן והכדורים לאחר שחרור

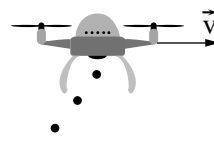
הכדור השלישי. נמקו את קביעתכם. (5 נקודות)



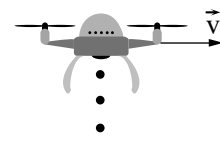
איור 4



איור 3

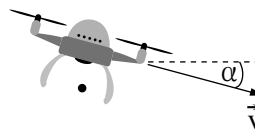


איור 2



איור 1

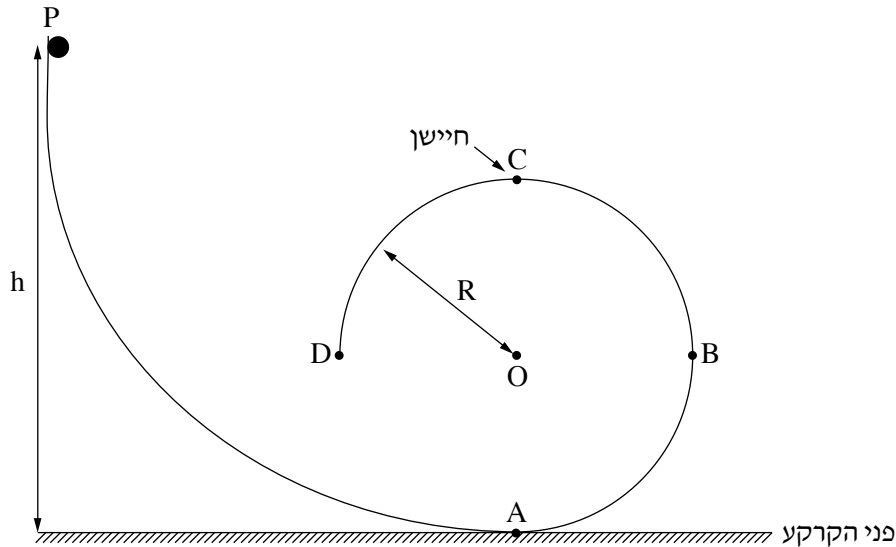
במקרה שני הרחפן נע במהירות שגודלה זהה לגודל הנתון במקרה הראשון, אך הפעם הוא לא נע אופקית אלא בזווית  $\alpha$  מתחת לאופק (ראו תרשים). גם במקרה זה שחרר הרחפן כדור מגובה 6 מטר מעל פני הקרקע.



יוסף טוען כי במקרה השני, גודל מהירות הפגיעה של הכדור בקרקע גדול מגודל מהירות פגיעתו במקרה הראשון, ואילו דנה טוענת כי בשני המקרים גודל מהירות הפגיעה זהה.

ה. קבעו מי מהם צודק ונמקו את תשובתכם. תוכלו להיעזר בשיקולי אנרגייה. ( $5 \frac{1}{3}$  נקודות)

4. בתרשים שלפניכם מוצגת מערכת המורכבת ממסילה חלקה PABCD. קטע המסילה ABCD הוא חלק ממעגל אנכי שרדיוסו R. בנקודה C, הנקודה הגבוהה ביותר במסילה, יש חיישן, וברגע שמופעל עליו כוח שגודלו לפחות  $N_{C, \min}$  נסגר מעגל חשמלי שמדליק נורה. בשאלה זו יש להזניח את התנגדות האוויר.

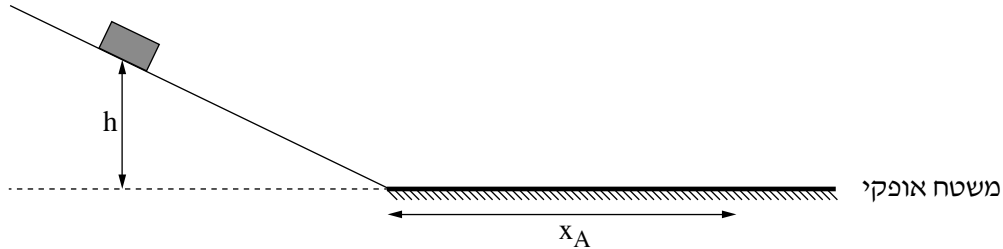


- מחזיקים כדור קטן שמסתו m על המסילה בגובה h מעל פני הקרקע, ומשחררים אותו ממנוחה. הכדור נע על המסילה וברגע שהוא מגיע לנקודה C החיישן מציג את ערך הכוח המופעל עליו,  $N_C$ .
- א. (1) סרטטו את תרשים הכוחות הפועלים על הכדור בחולפו בנקודה C. ליד כל כוח ציינו את שמו ומה מפעיל אותו.  
 (2) בטאו את גודל הכוח  $N_C$  המופעל על החיישן כפונקצייה של הגובה h. השתמשו בפרמטרים  $R$ ,  $m$  ו- $g$ . (9 נקודות)
- ב. חוזרים ומשחררים את הכדור ממנוחה כמה פעמים, בכל פעם מגובה h אחר, ורושמים את ערכי הכוח שמציג החיישן,  $N_C$ . תוצאות המדידות מוצגות בטבלה שלפניכם.

h (m)	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
$N_C$ (N)	0.20	0.55	0.75	0.95	1.20

- ב. (1) סרטטו את דיאגרמת הפיזור של הכוח  $N_C$  כפונקצייה של הגובה h.  
 (2) הוסיפו קו מגמה לדיאגרמת הפיזור שסרטטתם. (8 נקודות)
- ג. היעזרו בגרף וחשבו את רדיוס המעגל R ואת מסת הכדור m. (8 נקודות)
- ד. נתון: הכוח המינימלי שצריך להפעיל על החיישן כדי שהנורה תידלק הוא  $N_{C, \min} = 0.6N$ . קבעו או חשבו את הגובה המינימלי  $h_{\min}$  שממנו יש לשחרר את הכדור כדי שהנורה תידלק. (4 נקודות)
- ה. מסמנים ב- $h_1$  את שיעור ה-x של נקודת החיתוך בין קו המגמה לבין הציר האופקי. אילו היו משחררים את הכדור מגובה  $h_1$ , האם גודל מהירות הכדור בנקודה C היה שווה לאפס? אם כן – נמקו את תשובתכם, אם לא – חשבו את גודל המהירות של הכדור בנקודה זו. ( $\frac{1}{3}$  נקודות)

5. בתרשים 1 שלפניכם מתוארת מערכת המורכבת ממישור משופע חלק וממשטח אופקי מחוספס. משחררים ממנוחה גוף מנקודה כלשהי על גבי המישור המשופע. הגוף נע במורד המישור ונעצר על גבי המשטח האופקי. בשאלה זו יש להזניח את התנגדות האוויר.



תרשים 1

- א. (1) קבעו אם האנרגייה המכנית של הגוף נשמרת בכל אחד משני קטעי התנועה (המישור המשופע והמשטח האופקי). נמקו את קביעותיכם.
- (2) קבעו אם תנע הגוף נשמר בכל אחד משני קטעי התנועה (המישור המשופע והמשטח האופקי). נמקו את קביעותיכם. (6 נקודות)

נתונים שני גופים: גוף A שמסתו  $m_A = 0.4\text{kg}$  וגוף B שמסתו  $m_B = 1.2\text{kg}$ . נתון כי מקדם החיכוך בין כל אחד מן הגופים לבין המשטח האופקי הוא זהה.

משחררים את גוף A מגובה  $h = 0.6\text{m}$ . הגוף נעצר על המשטח האופקי לאחר שעבר על גביו מרחק  $x_A = 1.5\text{m}$ .

- ב. חשבו את מקדם החיכוך בין המשטח האופקי לבין הגוף A. (8 נקודות)
- ג. אילו היו משחררים את גוף B מאותו הגובה, האם המרחק שהוא היה עובר על פני המשטח האופקי היה גדול מ- $x_A$ , שווה לו או קטן ממנו? נמקו את תשובתכם. (6 נקודות)

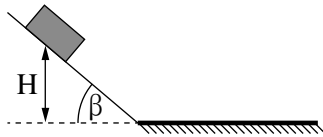
- משאירים את גוף A על המשטח האופקי ומשחררים את גוף B מנקודה כלשהי על המישור המשופע. גוף B מתנגש בגוף A התנגשות אלסטית לחלוטין. גודל המהירות של גוף B רגע לפני ההתנגשות הוא  $4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . הניחו כי זמן ההתנגשות קצר מאוד וכי הכיוון החיובי נקבע בכיוון ימין.
- ד. מהו המתקף (גודל וכיוון) שפעל על גוף B בהתנגשות זו? (8 נקודות)

(שימו לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

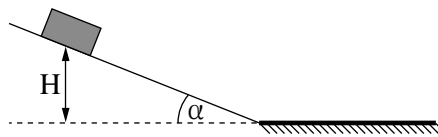


במקרה אחר משחררים את גוף A פעמיים:

בפעם הראשונה משחררים את גוף A ממנוחה מגובה מסוים H במעלה המישור המשופע כעת בזווית  $\alpha$  (ראו תרשים א2). בפעם השנייה מגדילים את זווית הנטייה של המישור המשופע לזווית  $\beta$ , ומשחררים את גוף A ממנוחה מאותו הגובה H כמו בפעם הראשונה (ראו תרשים ב2). בשתי הפעמים הגוף נע על המסלול בלי להתנגש בגופים אחרים.



תרשים ב2



תרשים א2

נסמן ב-  $J_1$  את גודל המתקף שפעל על הגוף מרגע תחילת התנועה ועד תחתית המישור המשופע בפעם הראשונה. נסמן ב-  $J_2$  את גודל המתקף שפעל על הגוף מרגע תחילת התנועה ועד תחתית המישור המשופע בפעם השנייה. ה. קבעו מהו הביטוי הנכון מבין הביטויים 1-4 שלפניכם. נמקו את קביעתכם. ( $5\frac{1}{3}$  נקודות)

1.  $J_1 > J_2$

2.  $J_1 = J_2$

3.  $J_1 < J_2$

4. אי אפשר לדעת איזה מתקף גדול יותר ללא ערכים מספריים של הזוויות.

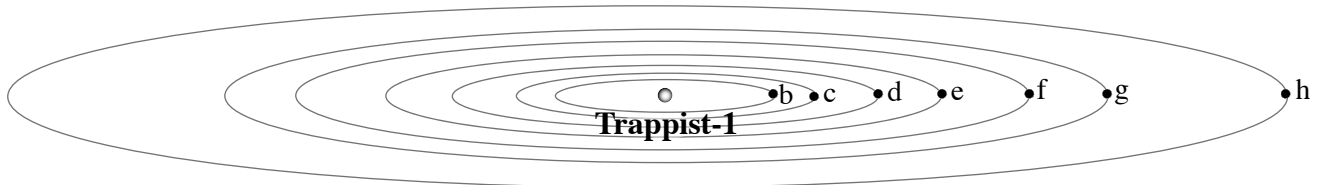
6. בשנים 2016–2017 התגלו שבעה כוכבי לכת המקיפים כוכב ננסי בשם Trappist-1 ודומים בגודלם לגודל כדור הארץ.

נכנה את כוכבי הלכת שהתגלו b, c, d, e, f, g, h. כוכב הלכת b הוא הקרוב ביותר לכוכב הננסי Trappist-1

ו־ h הוא הרחוק ביותר ממנו.

לצורך החישובים בשאלה יש להניח שהמסלולים של כוכבי הלכת מעגליים וכי ההשפעה של שבעת כוכבי הלכת זה על זה זניחה.

### מערכת TRAPPIST-1



בטבלה שלפניכם מוצגים חלק מן הנתונים של רדיוס המסלול ושל זמן המחזור עבור שלושת כוכבי הלכת הקרובים ביותר לכוכב Trappist-1.

כוכב הלכת	רדיוס מסלול $r$ ( $10^9$ m)	T זמן מחזור (ימים)
b	1.73	1.51
c	2.36	
d		4.05

א. חשבו את הערכים החסרים בטבלה. (7 נקודות)

איתן, תלמיד במגמת פיזיקה, טוען כי ככל שכוכב הלכת רחוק יותר מן הכוכב הננסי Trappist-1 כך מהירותו גדולה יותר.

ב. האם איתן צודק? נמקו את תשובתכם. (6 נקודות)

ג. (1) בטאו את  $g_b$ , תאוצתו של כוכב הלכת b הנגרמת על ידי Trappist-1.

השתמשו בפרמטרים  $r, T$  ובקבועים בסיסיים.

(2) האם משקלו של גוף שמסתו  $m$  הנמצא על פני כוכב הלכת b הוא  $mg_b$ ? נמקו את תשובתכם.

(8 נקודות)

ד. חשבו את מסת הכוכב Trappist-1. (7 נקודות)

נתונות שתי חלליות שהמסות שלהן שוות,  $m_g$ . חללית I מקיפה את השמש שלנו, וחללית II מקיפה את הכוכב Trappist-1, במסלולים מעגליים שהרדיוס שלהם זהה.

תוספת האנרגייה הדרושה לחללית I כדי להימלט מהשפעת הכבידה של השמש שלנו היא  $\Delta E_I$ , ותוספת האנרגייה הדרושה

לחללית II כדי להימלט מהשפעת הכבידה של Trappist-1 היא  $\Delta E_{II}$ .

ה. חשבו את היחס  $\frac{\Delta E_I}{\Delta E_{II}}$ . (5  $\frac{1}{3}$  נקודות)

### בהצלחה!