

פיזיקה

מכניקה

הוראות

א. משך הבחינה: שעותיים.

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 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 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 בעיפרון או תמחקו בטיפקס, לא תוכלו לערער.

מותר להשתמש בעיפרון לסרטטים וגרפים בלבד.

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.

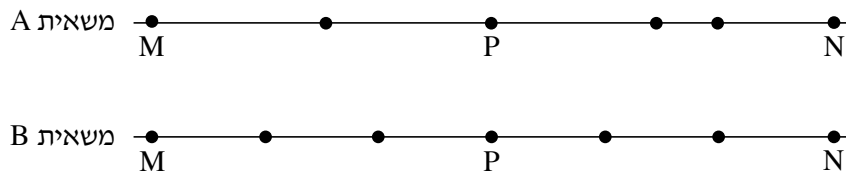
בהצלחה!

השאלות

ענו על שלוש מן השאלות 1-6.

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

1. שתי משאיות A ו-B נכנסות באותו הזמן לשני מסלולים מקבילים זה לזה בקטע כביש ישר. בכל אחת מן המשאיות מותקן מכשיר המחשב בהפרשי זמן שווים את מיקומה (GPS). הנקודות בתרשים שלפניכם מייצגות את מיקומי המשאיות A ו-B, לאורך הקטע MN שאורכו 189 ק"מ. הנקודה P היא האמצע של הקטע MN.

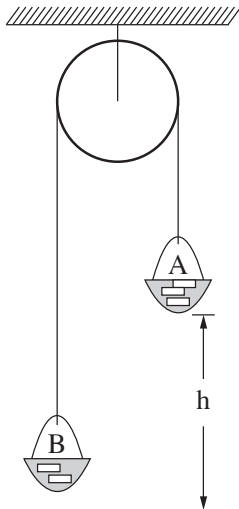


היעזרו בתרשים וענו על הסעיפים א-ה שלפניכם.

- א. נתון כי זמן הנסיעה של משאית B מנקודה M לנקודה N היה 3 שעות. חשבו את מהירות הנסיעה הממוצעת של משאית זו בקטע MN. בטאו את התשובה ביחידות של $\frac{\text{קילומטר}}{\text{שעה}}$ וגם של $\frac{\text{מטר}}{\text{שנייה}}$. (7 נקודות)
- ב. קבעו אם מהירות הנסיעה הממוצעת של משאית A בקטע MN גדולה ממהירות הנסיעה הממוצעת של משאית B בקטע זה, קטנה ממנה או שווה לה. נמקו בלי לחשב. (7 נקודות)
- ג. חשבו את מהירות הנסיעה הממוצעת של משאית A במחצית הראשונה של קטע הנסיעה (הקטע MP). (7 נקודות)
- נתון כי גודל מהירות הנסיעה של משאית A בקטע השלישי של נסיעתה קבוע, והוא שווה למהירות הממוצעת שחישבתם בסעיף ג. כמו כן נתון כי גודל מהירות הנסיעה של משאית A בקטע האחרון של נסיעתה קבוע, והוא שווה למהירות הממוצעת של משאית B בקטע האחרון של נסיעתה (ראו תרשים).
- ד. חשבו את התאוצה הממוצעת של משאית A בקטע הרביעי של נסיעתה. (7 נקודות)
- ה. קבעו אם יש רגע שבו המהירות הרגעית של שתי המשאיות שווה. נמקו. (5 $\frac{1}{3}$ נקודות)

2. לפניכם שני קטעים (קטע א וקטע ב) של דוח מעבדה שהגיש צוות תלמידים. עליכם לקרוא כל אחד מן הקטעים ולענות על סעיפי השאלה שאחרי כל קטע.

– קטע א –



נושא הניסוי: יישום החוק השני של ניוטון

בתרשים מוצגת מערכת ("מכונת אטווד") המורכבת מגלגלת מקובעת לתקרה, ועליה כרוך חוט. בשני קצות החוט קשורים סלים A ו-B, ובתוכם מונחות משקולות. מסת הסל A עם המשקולות שבתוכו היא m_A , ומסת הסל B עם המשקולות שבתוכו היא m_B . הסלים יכולים לנוע מעלה ומטה. בתחילת הניסוי הסל A (הכבד יותר) נמצא במנוחה בגובה h מעל הרצפה (ראו תרשים).

במערכת זו מסת החוט והגלגלת וכל כוחות החיכוך זניחים. במהלך הניסוי משחררים את המערכת ממנוחה. באמצעות שעון עצר מודדים את זמן התנועה t של המערכת מרגע שחרורה ועד פגיעת הסל A ברצפה. על פי מדידת הגובה והזמן מחשבים את התאוצה a של הסל A.

ניסוי 1

מטרת הניסוי: לאמת את ההשערה שהסל A יורד בתאוצה קבועה.

מהלך הניסוי: שחררנו את הסל A כמה פעמים, בכל פעם מגובה אחר, בלי לשנות את מסות הסלים. אחר כך חישבנו את התאוצה a . התוצאות והחישובים של שלוש מדידות מוצגים בטבלה.

h (m)	t (s)	a ($\frac{m}{s^2}$)
0.5	1.01	0.98
1.0	1.40	1.02
1.5	1.72	1.01

- א. הסבירו בקצרה מדוע על פי חוקי ניוטון נכון להניח שהסל A יורד בתאוצה קבועה. בתשובתכם על סעיף זה אין להתבסס על תוצאות המדידות. (5 נקודות)
- ב. הראו כיצד חישבו התלמידים את התאוצה בניסוי זה. (4 נקודות)
- ג. קבעו אם הממצאים המוצגים בטבלה אכן מאמתים את ההשערה שהסל A יורד בתאוצה קבועה. נמקו את קביעתכם. (5 נקודות)

(שימו לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

– קטע ב –

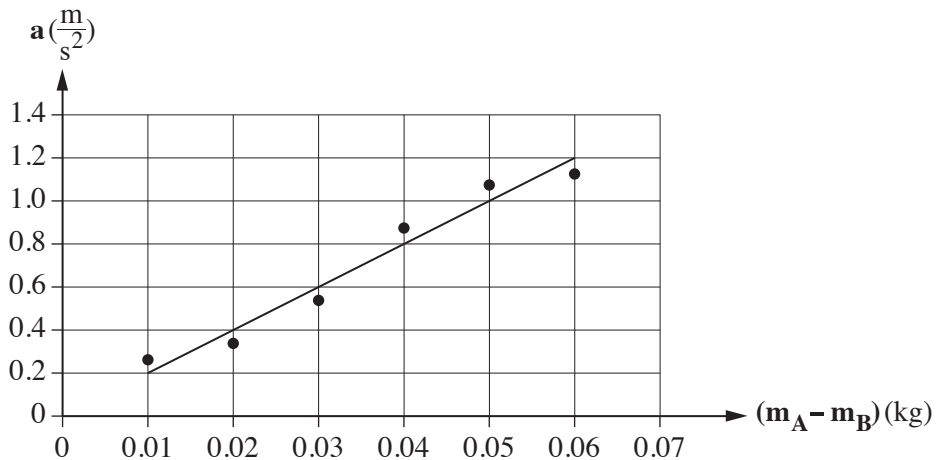
ניסוי 2

מטרת הניסוי: בדיקת התלות של התאוצה בהפרש המסות של הסלים, בעוד המסה הכוללת של המערכת

נשארת קבועה.

מהלך הניסוי: חזרנו על המדידות שבניסוי 1 כמה פעמים, ובכל פעם העברנו משקולת מן הסל B לסל A.

תוצאות המדידות וקו המגמה מוצגים להלן.



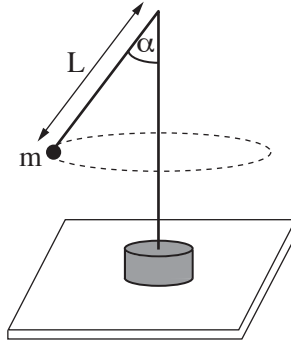
ד. סרטטו במחברתכם את תרשים הכוחות הפועלים על כל אחד מן הסלים. כתבו ליד כל כוח את שמו. (5 נקודות)

ה. התבססו על חוקי ניוטון, ופתחו משוואה המקשרת בין התאוצה ובין הפרש המסות של הסלים. (8 נקודות)

ו. על פי הגרף שבקטע ב והמשוואה שפיתחתם בסעיף ה, חשבו את המסה הכוללת $(m_A + m_B)$ של הסלים

במערכת. פרטו את חישוביכם. $(6\frac{1}{3}$ נקודות)

3. אסף ערך ניסוי עם מנוע חשמלי שיש לו ציר אנכי. הוא חיבר לראש הציר חוט שאורכו L , ולקצה החוט קשר כדור קטן שהמסה שלו m . רדיוס הכדור קטן מאוד ביחס לאורך החוט. כאשר המנוע פועל, הכדור נע בתנועה מעגלית אופקית (ראו תרשים). אסף שינה כמה פעמים את תדירות הסיבוב f של הציר, ומדד בעבור כל תדירות את זווית הנטייה α של החוט.



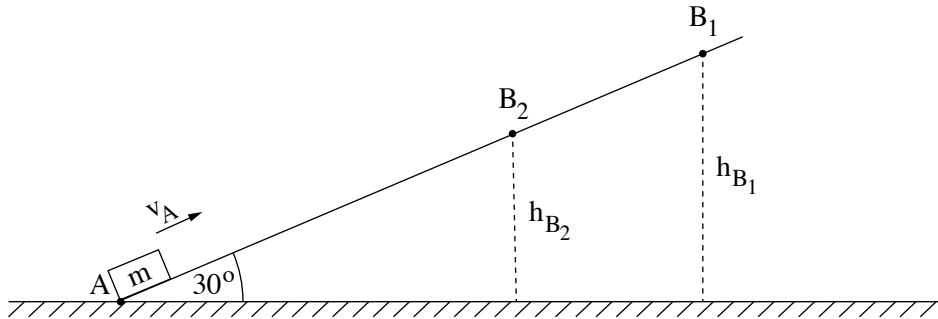
תוצאות המדידות מוצגות בטבלה.

מדידה	1	2	3	4	5
$f(\text{Hz})$	0.45	0.5	0.6	0.7	1
$\alpha(^{\circ})$	32	45	63	70	80
$\frac{1}{f^2} (\text{s}^2)$					
$\cos \alpha$					

- א. סרטטו את תרשים הכוחות הפועלים על הכדור, ופתחו בעזרתו ביטוי המתאר את $\cos \alpha$ כפונקצייה של $\frac{1}{f^2}$. (10 נקודות)
- ב. העתיקו את הטבלה למחברתכם, השלימו אותה (יש לעגל את תוצאות החישוב עד שלוש ספרות משמעותיות), וסרטטו גרף של $\cos \alpha$ כפונקצייה של $\frac{1}{f^2}$. (14 נקודות)
- ג. חשבו בעזרת שיפוע הגרף את אורך החוט, L . (6 נקודות)
- ד. קבעו על פי הגרף מהי התדירות המינימלית של סיבוב הציר שבה ינוע הכדור בתנועה מעגלית. $(\frac{1}{3})$ (3 נקודות)

4. תלמיד ערך שני ניסויים בזה אחר זה. בכל אחד מן הניסויים, גוף קטן שמסתו m היה מונח בנקודה A, בתחתית מדרון הנטוי בזווית 30° לאופק.

בניסוי הראשון העניק התלמיד לגוף מהירות התחלתית v_A , בכיוון מעלה המדרון ובמקביל אליו (ראו תרשים 1).



תרשים 1

הגוף עלה עד הנקודה B_1 , נעצר לרגע, וירד חזרה לנקודה A. הגוף הגיע לנקודה A במהירות שגודלה v_{A_1} .

נתון: $|v_A| = |v_{A_1}|$, גובה הנקודה B_1 מעל הקרקע $h_{B_1} = 0.45m$.

א. התבססו על שיקולי עבודה ואנרגיה, וחשבו את המהירות v_A . (7 נקודות)

בניסוי השני החליף התלמיד את המדרון הנתון במדרון הנטוי באותה זווית אך עשוי מחומר אחר, וחזר על הניסוי.

התלמיד העניק לאותו הגוף את אותה המהירות v_A (שחישבתם בסעיף א). הפעם עלה הגוף רק עד הנקודה B_2 ,

נעצר לרגע, וירד חזרה לנקודה A. הגוף הגיע לנקודה A במהירות שגודלה v_{A_2} .

נתון: מסת הגוף $m = 0.2\text{kg}$, גובה הנקודה B_2 מעל הקרקע $h_{B_2} = 0.3m$, $|v_A| \neq |v_{A_2}|$.

התייחסו לניסוי השני וענו על סעיפים ב-ד שלפניכם.

ב. (1) קבעו או חשבו את האנרגייה הקינטית ואת האנרגייה הפוטנציאלית בנקודות A ו- B_2 במהלך עליית הגוף.

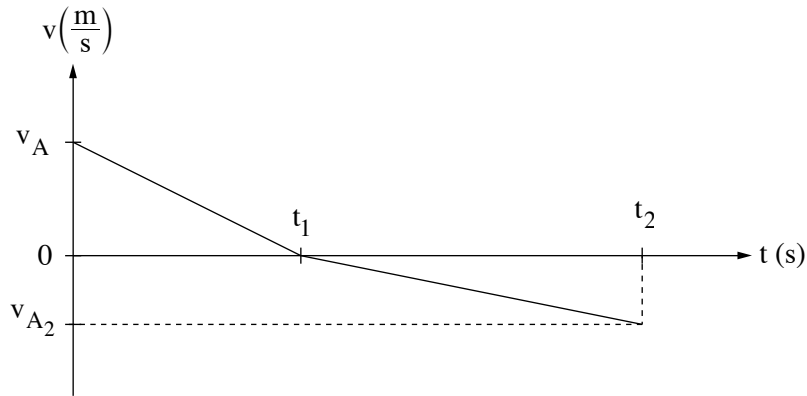
(2) חשבו את העבודה של כוח החיכוך במהלך עליית הגוף מהנקודה A עד הנקודה B_2 .

(3) חשבו את כוח החיכוך f שפעל על הגוף במהלך עלייתו.

(12 נקודות)

(שימו לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

ג. בתרשים 2 נתון גרף המתאר את גודל מהירות הגוף כפונקצייה של הזמן בכל מהלך תנועתו.



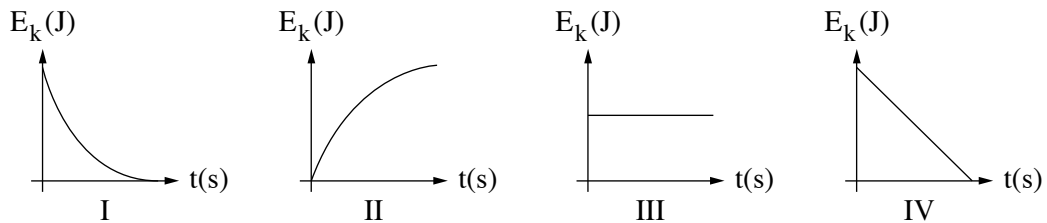
תרשים 2

(1) קבעו איזה גודל פיזיקלי מייצג השטח הכלוא בין הגרף ובין הציר האופקי (ציר הזמן).

(2) התבססו על תשובתכם על תת-סעיף (1), וחשבו את הזמן t_1 המוצג בגרף.
($8\frac{1}{3}$ נקודות)

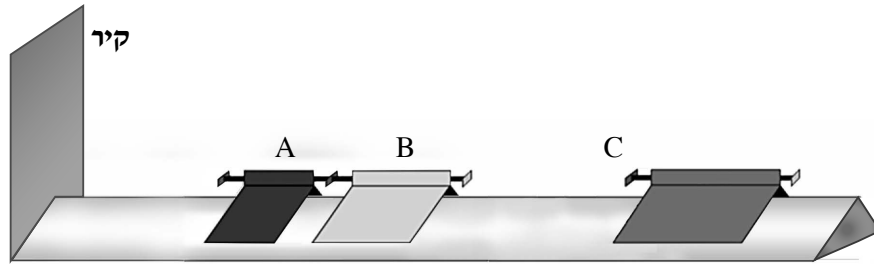
ד. קבעו איזה גרף מן הגרפים IV-I שלפניכם מתאר נכון את תלות האנרגייה הקינטית של הגוף בזמן, במהלך

עליית הגוף מנקודה A עד הנקודה B_2 בניסוי השני. נמקו את קביעתכם. (6 נקודות)



תרשים 3

5. בתרשים 1 שלפניכם מוצגת מסילה חלקה, ועליה שלושה גופים A, B ו- C היכולים לנוע על המסילה ללא חיכוך. בקצה המסילה יש קיר.



תרשים 1

הגופים A ו- B מחוברים זה לזה באמצעות קפיץ דרוך שמסתו זניחה.

$$m_A = 0.1 \text{ kg} \text{ נתון:}$$

$$m_B = 0.2 \text{ kg}$$

א. משחררים את הקפיץ, והגופים A ו- B מתחילים לנוע.

(1) מהו תנע המערכת של שני הגופים A ו- B מייד לאחר שחרור הקפיץ? הסבירו.

(2) מייד לאחר שחרור הקפיץ, גוף A נע לכיוון הקיר במהירות שגודלה $v_A = 0.7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

חשבו את המהירות של גוף B (גודל וכיוון) מייד לאחר שחרור הקפיץ.

($7\frac{1}{3}$ נקודות)

ב. גוף A מתנגש אלסטית בקיר שבקצה המסילה.

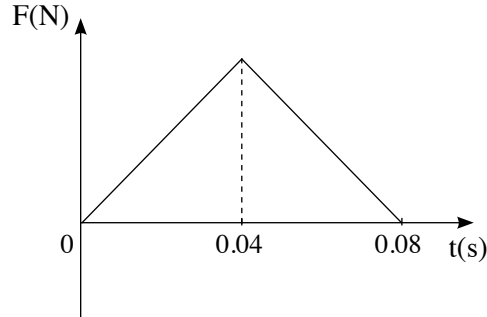
(1) מצאו את המהירות של גוף A (גודל וכיוון) מייד לאחר ההתנגשות בקיר. הסבירו.

(2) חשבו את גודל המתקף שמפעיל הקיר על גוף A, וציינו את כיוונו.

(8 נקודות)

(שימו לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

ג. הגרף שלפניכם מתאר את גודל הכוח שמפעיל הקיר על גוף A, כפונקצייה של הזמן.

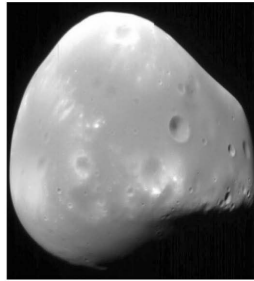


תרשים 2

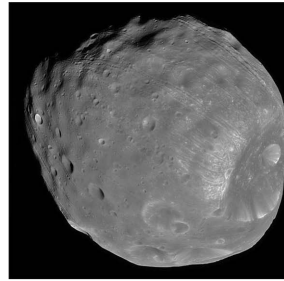
- (1) קבעו איזה גודל פיזיקלי מייצג השטח הכלוא בין הגרף ובין הציר האופקי (ציר הזמן).
 - (2) חשבו בעזרת הגרף את הגודל המרבי של הכוח שהפעיל הקיר על גוף A במהלך ההתנגשות בקיר. (8 נקודות)
- ד. גוף B, שאת מהירותו חישבתם בתת-סעיף א (2), מתנגש בגוף C שמסתו $m_C = 0.25 \text{ kg}$, הנע לקראתו במהירות שגודלה v_C . שני הגופים נצמדים זה אל זה.
- (1) נתון שהאנרגייה הקינטית של שני הגופים יחד אחרי ההתנגשות היא אפס. חשבו את v_C , המהירות של גוף C לפני ההתנגשות.
 - (2) אם גודל המהירות של גוף C לפני ההתנגשות יהיה קטן מגודל המהירות שחישבתם בתת-סעיף ד (1), לאיזה כיוון ינועו הגופים הצמודים B ו-C? קבעו והסבירו בלי חישוב. (10 נקודות)

כבידה

6. בשנת 1877 התגלו שני ירחים המקיפים את כוכב הלכת מאדים: פובוס (Phobos) ודימוס (Deimos).



דימוס



פובוס

(מקור: אתר האינטרנט של NASA)

זמן המחזור של פובוס בתנועתו סביב מאדים, T_p , הוא 0.3189 יממות ארציות, ורדיוס מסלולו הוא $r_p = 9.377 \cdot 10^6 \text{ m}$.

זמן המחזור של דימוס סביב מאדים, T_D , הוא 1.262 יממות ארציות.

א. (1) חשבו את רדיוס המסלול של דימוס (יש להזניח את השפעת הירחים זה על זה).

(2) נתון: זמן מחזור הירח של כדור הארץ בתנועתו סביב כדור הארץ, T_m , הוא 27.3 יממות.

האם על פי נתון זה, הנתונים שבפתיח וחוקי קפלר בלבד, אפשר לחשב את רדיוס המסלול של הירח בתנועתו סביב כדור הארץ? אם כן – חשבו אותו; אם לא – הסבירו מדוע אי אפשר לחשב.

(10 נקודות)

הניחו שצורתו של כוכב הלכת מאדים היא כדורית, וצפיפותו אחידה.

ב. חשבו את מסת כוכב הלכת מאדים, על פי נתוני השאלה בלבד. פרטו את חישוביכם. ($8\frac{1}{3}$ נקודות)

חללית קטנה שמסתה 53 kg נשלחה לחקור את מאדים, והיא ריחפה ללא נוע בגובה 20 m מעל נקודה מסוימת

על פני מאדים. הניחו שכוכב הלכת מאדים אינו מסתובב סביב צירו.

מטאוראיד שמסתו 1.3 kg נע במהירות קבועה שגודלה $12.5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ וכיוונו מקביל לקרקע המאדים, התנגש בחללית וחדר לתוכה.

לאחר ההתנגשות שני הגופים האלה נעו כגוף אחד (נכנה אותו "גוף מורכב") ופגעו בקרקע המאדים.

הרדיוס של כוכב הלכת מאדים הוא $R = 3.4 \cdot 10^6 \text{ m}$.

ג. חשבו את גודל המהירות של הגוף המורכב מייד אחרי ההתנגשות. (6 נקודות)

ד. (1) חשבו את גודל תאוצת הכובד סמוך לקרקע המאדים.

(2) כמה זמן אחרי ההתנגשות פגע הגוף המורכב בקרקע המאדים?

(9 נקודות)

בהצלחה!