

פיזיקה מכניקה הוראות לנבחן

א. משך הבחינה: שעה וארבעים וחמש דקות.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה:

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

כל שאלה – $33\frac{1}{3}$ נקודות; $3 \times 33\frac{1}{3} = 100$ נקודות

ג. חומר עזר מותר בשימוש: (1) מחשבון.

(2) נספח נוסחאות ונתונים בפיזיקה המצורף לשאלון.

ד. הוראות מיוחדות:

(1) ענה על מספר שאלות כפי שהתבקשת. תשובות לשאלות נוספות לא ייבדקו.

(התשובות ייבדקו לפי סדר הופעתן במחברת הבחינה.)

(2) בפתרון שאלות שנדרש בהן חישוב, רשום את הנוסחאות שאתה משתמש בהן.

כאשר אתה משתמש בסימן שאינו בדפי הנוסחאות, כתוב במילים את פירוש הסימן.

לפני שאתה מבצע פעולות חישוב, הצב את הערכים המתאימים בנוסחאות.

רשום את התוצאה שקיבלת ביחידות המתאימות. אי־רשום הנוסחה או אי־ביצוע ההצבה או אי־רשום היחידות

עלולים להפחית נקודות מן הציון.

(3) כאשר אתה נדרש להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, רשום ביטוי מתמטי הכולל את נתוני השאלה או חלקם;

במידת הצורך אפשר להשתמש גם בקבועים בסיסיים, כגון תאוצת הנפילה החופשית g או המטען היסודי e .

(4) בחישוביך השתמש בערך 10 m/s^2 לתאוצת הנפילה החופשית.

(5) כתוב את תשובותיך בעט. כתיבה בעיפרון או מחיקה בטיפקס לא יאפשרו ערעור.

מותר להשתמש בעיפרון לסרטוטים בלבד.

כתוב במחברת הבחינה בלבד, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונך לכתוב בטייטה (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).
רשום "טייטה" בראש כל עמוד טייטה. רשום טייטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלול 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. בעבודת חקר של תלמידי מגמת פיזיקה בבית ספר תיכון, החליטו התלמידים לבחון את מאפייני התנועה של גופים

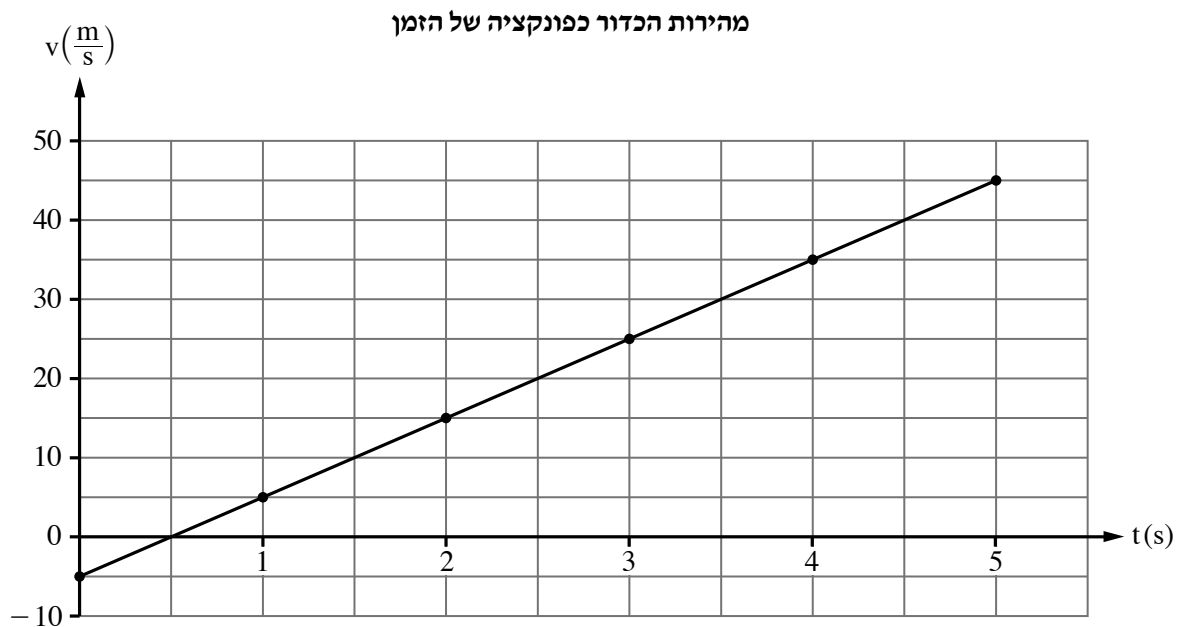
הנזרקים אנכית. לשם כך הם עלו על מגדל שגובהו H וזרקו באותו רגע שלושה כדורים זהים: A, B ו- C.

כדור A נזרק כלפי מטה במהירות התחלתית שגודלה v_0 , כדור B נזרק כלפי מעלה במהירות התחלתית שגודלה זהה

לגודל המהירות ההתחלתית של כדור A, וכדור C שוחרר ממנוחה. שלושת הכדורים לא התנגשו במהלך תנועתם.

התלמידים קבעו את כיוון הצייר האנכי החיובי כלפי מטה.

הם סרטטו גרף מהירות-זמן של אחד הכדורים מרגע זריקתו עד לסף פגיעתו בקרקע, כמתואר בתרשים שלפניך.



בסעיפים א-ד הנח כי כוח החיכוך בין הכדורים לאוויר ניתן להזנחה.

א. קבע אם הגרף מתאר את מהירותו של כדור A, כדור B או כדור C. נמק את קביעתך. (6 נקודות)

ב. חשב את גובה המגדל, H. (6 נקודות)

ג. חשב את המרחק האנכי בין מיקומו של כדור A לבין מיקומו של כדור B, בזמן $t = 2s$. (8 נקודות)
התלמידים הוסיפו לאותה מערכת צירים את הגרפים המתאימים לשני הכדורים האחרים.

ד. הסבר מהי המשמעות הפיזיקלית של כל אחד מן הערכים (1)-(3) שלפניך, וקבע לאילו מן הערכים האלה יש גדלים מספריים זהים לכל שלושת הגרפים.

(1) שיפוע הגרף

(2) נקודת חיתוך הגרף עם ציר המהירות

(3) השטח הכלוא בין הגרף לציר הזמן

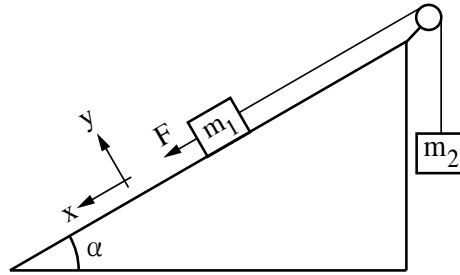
(9 נקודות)

ה. בסעיף זה הנח שבין כל כדור לאוויר פעל כוח חיכוך שגודלו קבוע וקטן ממשקל הכדור. להזכירך, כל הכדורים זהים.

קבע אם גודל המהירות של כדור A ברגע פגיעתו בקרקע קטן מגודל המהירות של כדור B ברגע פגיעתו בקרקע, גדול ממנו או שווה לו. נמק את קביעתך באמצעות שיקולי אנרגייה או שיקולי קינמטיקה.

($4\frac{1}{3}$ נקודות)

2. במעבדה לפיזיקה הרכיבה תלמידה את המערכת המתוארת בתרשים.



המערכת מורכבת משני גופים שהמסות שלהם m_1 ו- m_2 . גוף m_1 מונח על מדרון חלק הנטוי בזווית α . גוף m_2 תלוי וקשור לגוף m_1 בחוט העובר דרך גלגלת חסרת חיכוך (ראה תרשים). אורך החוט קבוע, והגופים אינם מגיעים אל הגלגלת בשום שלב. התנגדות האוויר, מסת הגלגלת ומסת החוט ניתנים להזנחה.

התלמידה החזיקה את המערכת במנוחה. ברגע מסוים היא שחררה את המערכת ממנוחה, ובאותו רגע התחילה להפעיל על הגוף m_1 כוח קבוע שגודלו F בכיוון מורד המדרון ובמקביל אליו, כמתואר בתרשים (כיוון זה מוגדר חיובי). הגוף m_1 נע במורד המדרון, והתלמידה מדדה את תאוצת המערכת.

א. סרטט במחברתך את תרשים הכוחות הפועלים על כל אחד משני הגופים במהלך התנועה. ליד כל כוח רשום את שמו. (5 נקודות)

ב. פתח ביטוי לינארי (מהצורה $y = Ax + B$) עבור גודל התאוצה a כפונקציה של גודל הכוח F . בטא את תשובתך באמצעות g , α , m_1 , m_2 ו- F . (8 נקודות)

התלמידה חזרה על הניסוי כמה פעמים. בכל פעם היא שינתה את גודל הכוח F ומדדה את גודל התאוצה a . התוצאות שהתקבלו מוצגות בטבלה שלפניך.

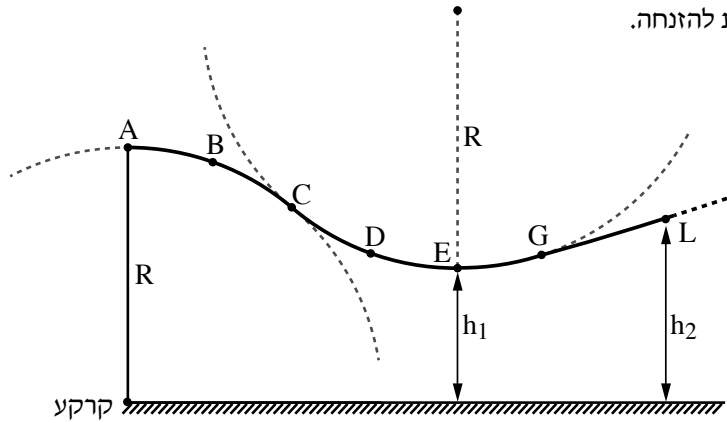
$F(N)$	20	30	40	50	60
$a\left(\frac{m}{s^2}\right)$	3.0	5.0	7.4	9.1	12.5

ג. סרטט במחברתך גרף של a (תאוצת המערכת) כפונקציה של הכוח F . (8 נקודות)
נתון: מסת שני הגופים שווה, $m_1 = m_2 = m$.

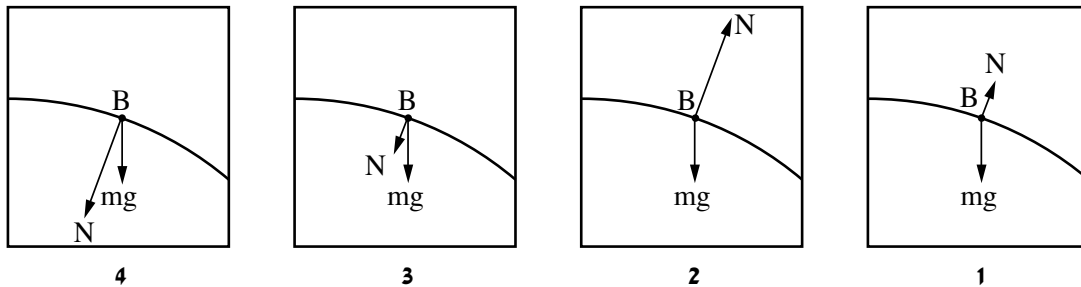
ד. התבסס על הגרף שסרטטת וחשב את המסה m . (7 נקודות)

ה. היעזר בגרף וקבע מהו גודל הכוח F שעבורו תנוע המערכת בתנועה קצובה (גודל המהירות קבוע). הסבר את קביעתך. (5 $\frac{1}{3}$ נקודות)

3. בתרשים שלפניך מוצג מסלול גלישה על קרח המורכב משלושה קטעים: AC, CG ו-GL. שני הקטעים הראשונים, AC ו-CG, הם קשתות מעגליות שרדיוסן R. הקטע השלישי, GL, הוא מסלול לא מעגלי. בקטעים AC ו-CG החיכוך בין גולש למסלול ניתן להזנחה, ואילו החל מן הנקודה G קיים חיכוך שלא ניתן להזנחה. גולש מתחיל לנוע ממנוחה בנקודה A. הוא נע בהחלקה בלבד ולא נעזר במקלות סקי. בכל מהלך תנועתו הגולש לא מתנתק מן המסלול. התנגדות האוויר ניתנת להזנחה.



א. קבע איזה מן האירורים 1-4 שלפניך מייצג נכון את תרשימי הכוחות הפועלים על הגולש בנקודה B. נמק את קביעתך. (8 נקודות)



ב. (1) קבע אם לתאוצה של הגולש בנקודה D יש רכיב משיקי. נמק את קביעתך.
 (2) העתק למחברתך (באופן מקורב) את הקטע המעגלי CG, והוסף לתרשים חץ המתאר את התאוצה הכוללת של הגולש בנקודה D (אין צורך לחשב). (7 נקודות)

נתון: $R = 60\text{m}$, מסת הגולש עם ציוד הגלישה היא $m = 80\text{kg}$.

ג. הגובה של הנקודה E מעל לקרקע הוא $h_1 = 32\text{m}$ (הנקודה E היא הנקודה הנמוכה ביותר במסלול).

ד. חשב את גודל המהירות של הגולש בחולפו בנקודה E. (5 נקודות)

ה. חשב את הכוח (גודל וכיוון) שהגולש מפעיל על המסלול בנקודה E. (8 נקודות)

נתון: סך כל העבודה של כוח החיכוך מן הנקודה G ועד לנקודת עצירתו של הגולש הוא 20kJ .

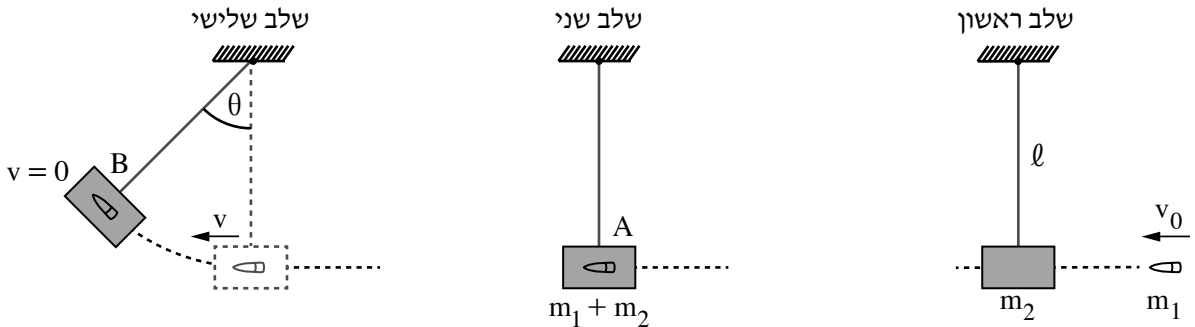
גובה הנקודה L מעל הקרקע הוא $h_2 = 36\text{m}$.

ו. קבע אם הגולש הגיע לנקודה L. הסבר את קביעתך באמצעות חישוב. (5 1/3 נקודות) המשך בעמוד 6/

4. עד המאה השמונה-עשרה לא היה אפשר למדוד את מהירותם של גופים מהירים כגון קליע של רובה. בשנת 1742 המציא המדען האנגלי בנג'מין רובינס שיטה למדידת מהירותם של קליעים באמצעות מטוטלת בליסטית. התרשים שלפניך מתאר שיטה זו בשלושה שלבים.

בשלב הראשון נורה קליע שמסתו m_1 לכיוון גוף שמסתו m_2 התלוי על חוט שאורכו ℓ . בשלב השני הקליע פוגע בגוף בנקודה A במהירות אופקית שגודלה v_0 , חודר לגוף ונעצר בתוכו. משך זמן החדירה של הקליע לתוך הגוף קצר ביותר ולכן תזוזת הגוף בזמן זה ניתנת להזנחה. בשלב השלישי הגוף (עם הקליע בתוכו) עולה עד לנקודה B ושם נעצר רגעית. בנקודה זו זווית הסטייה של החוט מהאנך היא θ .

יש להזניח את התנגדות האוויר ואת מסת החוט.

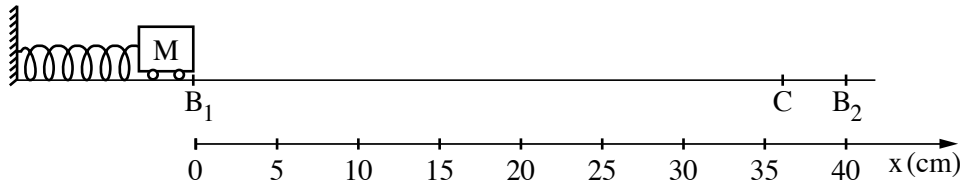


הסעיפים שלפניך מתייחסים למערכת גוף + קליע.

- א. קבע אם התנע והאנרגייה המכנית נשמרים בפרק הזמן שבין רגע פגיעת הקליע בגוף ועד לעצירתו בתוך הגוף. הסבר את קביעותיך. (6 נקודות)
 - ב. קבע אם התנע והאנרגייה המכנית נשמרים בפרק הזמן שבין תחילת תנועת הגוף ועד לעצירתו הרגעית בנקודה B. הסבר את קביעותיך. (6 נקודות)
- נתוני המערכת: מסת הקליע $m_1 = 0.015\text{kg}$, מסת הגוף $m_2 = 4.985\text{kg}$, אורך החוט $\ell = 0.6\text{m}$, זווית הסטייה המרבית של החוט $\theta = 12^\circ$.
- ג. חשב את האנרגייה הקינטית של המערכת, מיד לאחר שהגוף (עם הקליע בתוכו) התחיל את תנועתו בנקודה A. (9 נקודות)
 - ד. חשב את v_0 , מהירות הקליע ברגע פגיעתו בגוף. (7 נקודות)
 - ה. חשב את האנרגייה המכנית ש"אבדה" בגלל החיכוך. $(5\frac{1}{3}$ נקודות)

תנועה הרמונית

5. עגלה שמסתה M מונחת על משטח אופקי חלק. קפיץ המכווץ ב- 20cm ביחס למצבו הרפוי מחובר בצידו האחד אל העגלה ובצידו האחר אל קיר (ראה תרשים).



שחררו ממנוחה את העגלה, וצילמו אותה במצלמה מן הרגע שהיא התחילה לנוע בנקודה B_1 עד שהיא נעצרה רגעית בנקודה B_2 . לאחר מכן המשיכה העגלה לנוע בין הנקודות B_1 ו- B_2 בתנועה הרמונית פשוטה. מתוך סדרת תמונות שהפיקו בהפרישי זמן של 0.1s , מדדו את מיקום העגלה באמצעות סרגל המונח על המשטח (ראה תרשים). תוצאות המדידות מוצגות בטבלה שלפניך.

הנקודה	B_1								C		B_2
t(s)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
x(cm)	0	1.0	3.9	8.3	13.8	20.0	26.2	31.7	36.1	39.0	40.0

- א. קבע את זמן המחזור T ואת המשרעת (אמפליטודה) A של התנועה ההרמונית הפשוטה של העגלה. (3 נקודות)
- ב. על פי נתוני הטבלה, חשב את המהירות המרבית (המקסימלית) של העגלה. (7 נקודות)
- נתון: מסת העגלה היא $M = 3\text{kg}$.
- ג. חשב את קבוע הקפיץ k . (7 נקודות)
- העגלה חלפה בנקודה C בפעם הראשונה בזמן $t_1 = 0.8\text{s}$ מרגע שחרורה בנקודה B_1 (ראה טבלה).
- ד. (1) סרטט במחברתך את תרשים כל הכוחות הפועלים על העגלה בנקודה C.
- (2) חשב את הכוח השקול (גודל וכיוון) הפועל על העגלה.
- (3) בזמן t_2 , $(0.8\text{s} < t_2)$, שוב פעל על העגלה כוח הזהה (בגודל ובכיוון) לזה שחישבת בתת-סעיף (2).
- קבע מהו t_2 הקטן ביותר. הסבר את קביעתך.
- (10 נקודות)

(שים לב: סעיף ה של השאלה בעמוד הבא.)

ה. בכל אחד מן התת-סעיפים (1)-(3) שלפניך מתואר שינוי שעורכים במערכת המוצגת בתחילת השאלה. לאחר כל שינוי מחזירים את המערכת למצבה ההתחלתי. קבע בכל אחד מן התת-סעיפים (1)-(3), אם בעקבות השינוי זמן המחזור T של התנועה יגדל, יקטן או לא ישתנה. נמק את כל קביעותיך.

(1) מחליפים את העגלה בעגלה אחרת, M_1 , שמסתה כפולה, $M_1 = 2M$.

(2) בתחילת התנועה מכווצים את הקפיץ ב-10cm ביחס למצבו הרפוי (במקום ב-20cm).

(3) מחליפים את הקפיץ הקיים בקפיץ אחר, k_1 , שיש לו קבוע קפיץ גדול פי 2, $k_1 = 2k$.

($6\frac{1}{3}$ נקודות)

כבידה

6. סוכנות החלל הישראלית בשיתוף עם סוכנות החלל הצרפתית שיגרו באוגוסט 2017 לוויין זעיר שמכונה VENμS (Vegetation & Environment on a New Micro Satellite) למטרות תצפית ומחקר מדעי ייחודי. הלוויין מצויד באמצעים טכנולוגיים משוכללים, שחלקם פותחו ויוצרו בישראל. הלוויין יצלם מהחלל, בין השאר, שדות וחלקות אדמה, לצורך מחקרים של ניטור מצב הקרקע, הצמחייה ואיכות המים. הלוויין מצויד בשני מנועי סילון חדשניים שפותחו בישראל וייבחנו לראשונה בחלל.

הלוויין מתוכנן לשהות בחלל כשלוש שנים וחצי:

בשלב הראשון ינוע הלוויין בגובה של 720km מעל פני כדור הארץ.

בשלב השני ינוע הלוויין בגובה של 410km מעל פני כדור הארץ.

שים לב: — הנח כי הלוויין נע במסלול מעגלי.

— התייחס רק להשפעת כדור הארץ על תנועת הלוויין. השפעת גרמי שמיים אחרים ניתנת להזנחה.

א. חשב את תאוצת הנפילה החופשית של הלוויין במהלך תנועתו בשלב הראשון (גודל וכיוון). (7 נקודות)

ב. חשב את זמן המחזור של הלוויין ואת המהירות המשיקית שלו במסלולו בשלב השני. (10 נקודות)

ג. לפניך שלושה היגדים. התייחס לכל אחד מן ההיגדים וקבע אם הוא נכון, שגוי או שאי אפשר לקבוע.

(1) האנרגייה הפוטנציאלית הכובדית של הלוויין בשלב הראשון גדולה מן האנרגייה הפוטנציאלית הכובדית שלו בשלב השני.

(2) האנרגייה הקינטית של הלוויין בשלב הראשון גדולה מן האנרגייה הקינטית שלו בשלב השני.

(3) האנרגייה הכוללת של הלוויין בשלב הראשון שווה לאנרגייה הכוללת שלו בשלב השני.

נמק את כל קביעותיך.

(10 נקודות)

סעיף ד שלפניך עוסק בלוויין דמיוני.

נתון לוויין שנע סביב כדור הארץ במסלול מעגלי שרדיוסו 6900 km. מסת הלוויין היא 300 kg.

ד. חשב את התוספת המינימלית של האנרגייה הנדרשת כדי לגרום ללוויין להגיע למצב שבו הוא יתנתק מהשפעת

כוח המשיכה של כדור הארץ. ($6\frac{1}{3}$ נקודות)

בהצלחה!