

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 שבחרתם ואת הסעיף.

(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 המידה.

(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 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. הטלת כידון היא מקצוע ספורט שבו יתחרו, בין השאר, גם במכביה ה-22 שתתקיים בישראל בקיץ תשפ"ה (2025). הספורטאי הישראלי אריאל אטיאס, שזכה במכביה ה-21 במדליית זהב בהטלת כידון, הטיל את הכידון פעמיים במהלך אימון. מערכת ממוחשבת העוקבת אחר תנועת הכידון החל מן הרגע שהוא בשיא הגובה ועד לרגע פגיעתו בקרקע סיפקה נתונים על תנועת הכידון.

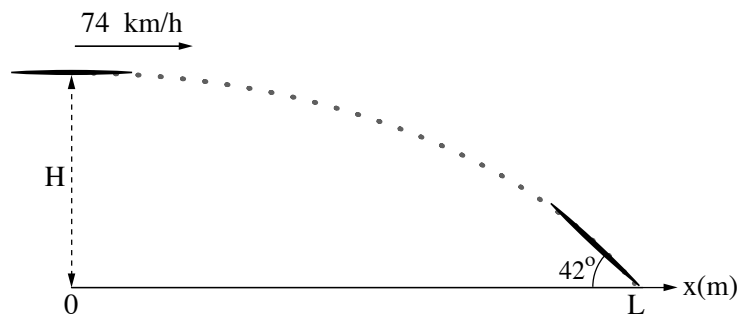
בהטלה הראשונה:

המערכת הממוחשבת התחילה לדגום את תנועת הכידון ברגע $t = 0$; ברגע זה היה הכידון בשיא הגובה, H מטרים מעל לנקודה על הקרקע שהוגדרה כראשית ציר המקום $x = 0$.

נתון: בשיא הגובה, H , הייתה מהירותו האופקית של הכידון 74 km/h .

הכידון ננעץ בקרקע בנקודה $x = L$ במהירות שגודלה אינו ידוע, ובזווית של 42° (ראו תרשים).

החיכוך של הכידון עם האוויר בעת תנועתו ניתן להזנחה. בחישובכם הניחו שהכידון הוא גוף נקודתי.



- א. תארו במילים את מאפייני תנועת הכידון מן הרגע שהמערכת התחילה לעקוב אחר תנועתו (הרגע שבו היה הכידון בשיא הגובה) ועד רגע פגיעתו בקרקע. בתשובתכם התייחסו לכל אחד משני צירי התנועה בנפרד. (8 נקודות)
- ב. חשבו את גודל מהירות הכידון ברגע פגיעתו בקרקע. (8 נקודות)
- ג. חשבו את H , הגובה המרבי (המקסימלי) של מסלול הכידון. (7 נקודות)

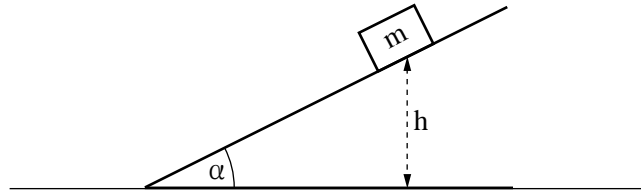
בהטלה השנייה:

שיא הגובה של הכידון היה נמוך ב-1 מטר משיא הגובה של הכידון בהטלה הראשונה (הגובה שחישבתם בסעיף ג), ומהירותו הייתה שונה מ- 74 km/h . עם זאת, המרחק האופקי, L , שעבר הכידון בזמן שחלף מן הרגע שהיה בשיא הגובה ועד רגע הפגיעה בקרקע היה זהה בשתי ההטלות.

- ד. חשבו את גודל המהירות האופקית של הכידון בשיא הגובה בהטלה השנייה. (6 נקודות)
- ה. קבעו, ללא חישוב, אם בהטלה השנייה זווית הפגיעה בקרקע הייתה קטנה מזווית הפגיעה בהטלה הראשונה, גדולה ממנה או שווה לה. נמקו את קביעתכם. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

2. גוף קטן שמסתו m מונח בגובה h על גבי מישור משופע שזוויתו α ניתנת לשינוי (ראו תרשים). כאשר הזווית היא α_0 הגוף נמצא במנוחה.

מקדם החיכוך הסטטי בין הגוף למישור הוא μ_s , ומקדם החיכוך הקינטי הוא μ_k .



א. סרטטו תרשים של הכוחות הפועלים על הגוף. ליד כל כוח רשמו את שמו וציינו מי מפעיל אותו. (6 נקודות)

הקטינו את זווית השיפוע של המישור המשופע לזווית α_1 המקיימת $\alpha_0 > \alpha_1$.

ב. קבעו אם לאחר הקטנת הזווית גודלו של כוח החיכוך הפועל על הגוף גדל, קטן או לא השתנה. נמקו את קביעתכם. (7 נקודות)

הגדילו את זווית השיפוע של המישור המשופע לזווית α_2 , שבה הגוף נמצא על סף תנועה.

ג. (1) רשמו את שתי המשוואות של הכוחות הפועלים על הגוף במצב של סף תנועה.

(2) בטאו את גודל הזווית α_2 כתלות בנתוני השאלה.

(8 נקודות)

הגדילו שוב את זווית השיפוע של המישור המשופע, לזווית α_3 שבה הגוף נע במורד המישור המשופע.

נתון: $\mu_k = 0.24$

$\alpha_3 = 22^\circ$

$h = 0.3\text{m}$

ד. חשבו את גודל מהירות הגוף ברגע הגיעו לתחתית המישור המשופע. (8 נקודות)

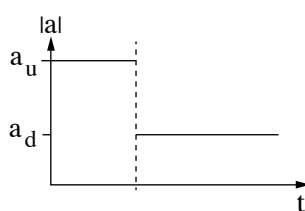
מעניקים לגוף מהירות התחלתית בכיוון מעלה המישור המשופע. נסמן ב- a_u את גודל תאוצת הגוף כאשר הוא נע

במעלה המישור המשופע ונסמן ב- a_d את גודל תאוצתו כאשר הוא נע במורד המישור המשופע.

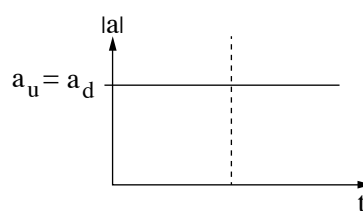
ה. בתרשימים 1–3 שלפניכם מוצגים גרפים איכותיים של גודל תאוצות הגוף בעלייה ובירידה כפונקציה של הזמן, t .

קבעו מהו התרשים שמתאר נכון את גודל תאוצות הגוף בעלייה ובירידה.

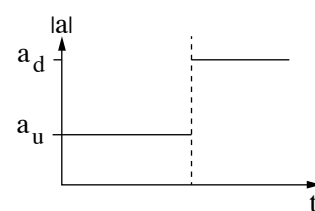
($4\frac{1}{3}$ נקודות)



תרשים 3

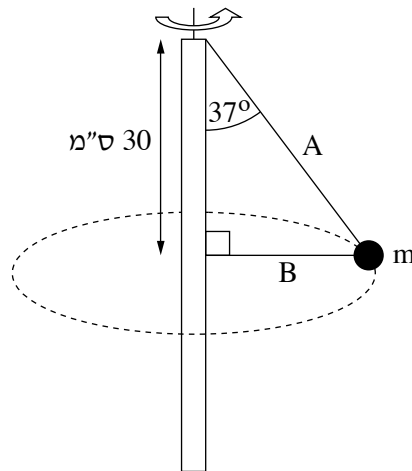


תרשים 2



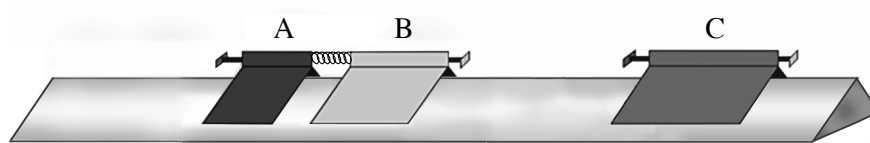
תרשים 1

3. כדור קטן שמסתו $m = 0.2\text{kg}$ מחובר באמצעות שני חוטים A ו-B למוט אנכי. חוט A קשור לראש המוט, וחוט B קשור למוט בנקודה הנמצאת 30 ס"מ מתחת לנקודה שבה קשור חוט A. מסובבים את המוט האנכי כך שהכדור מבצע תנועה מעגלית במישור אופקי, וחוט B נמצא כל זמן התנועה במצב אופקי (ראו תרשים).



- נתון כי במהלך התנועה המעגלית המתיחות בחוט B היא $T_B = 3\text{N}$, והזווית בין חוט A לבין המוט היא 37° .
- סרטטו את תרשים הכוחות הפועלים על הכדור במהלך התנועה המעגלית. (5 נקודות)
 - חשבו את המתיחות בחוט A, T_A . (5 נקודות)
 - חשבו את תדירות הסיבוב (f) . (7 נקודות)
 - קבעו אם המתיחות T_A מבצעת עבודה על הכדור במהלך התנועה לאורך רבע מעגל. נמקו את קביעתכם. (6 נקודות)
 - רוצים לאפס את המתיחות בחוט B ($T_B = 0$) ועם זאת לשמור על תנועה מעגלית של הכדור כך שהזווית בין חוט A לבין המוט תישאר 37° .
 - קבעו אם לשם כך יש להגדיל את תדירות הסיבוב (f) , להקטין אותה או לא לשנותה. נמקו את קביעתכם. (6 נקודות)
 - הגדילו את תדירות הסיבוב כך שהכדור ביצע תנועה מעגלית באותו המסלול אך במהירות גדולה יותר.
 - קבעו אם לאחר ההגדלה של תדירות הסיבוב, השתנה גודל המתיחות T_A . נמקו את קביעתכם. (4 $\frac{1}{3}$ נקודות)

4. נתונה מערכת המורכבת ממסילה אופקית חלקה, ועליה מונחים שלושה גופים A, B ו-C שמסותיהם m_A , m_B ו- m_C בהתאמה. גופים A ו-B מוצמדים זה לזה באמצעות קפיץ מכווץ שמחבר ביניהם (ראו תרשים). בתשובותיכם אין צורך להתייחס לאנרגיית הקפיץ. כוחות החיכוך בין הגופים למסילה ניתנים להזנחה. נתון: $m_B = 0.2\text{kg}$, $m_A = 0.1\text{kg}$, מסת הקפיץ זניחה. הגופים הצמודים A ו-B והקפיץ המכווץ ביניהם נעו יחד כגוף אחד ימינה במהירות $v = 0.6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.



- א. הסבירו מדוע גוף A, גוף B והקפיץ שביניהם מהווים מערכת סגורה. (6 נקודות)
- ברגע מסוים הקפיץ השתחרר, ניתק מן הגופים, והפעיל בשחרורו כוח על שני הגופים כך שהם התנתקו זה מזה: גוף A נעצר וגוף B המשיך לנוע.
- ב. חשבו את המהירות u_B של גוף B (גודל וכיוון) מייד לאחר ההתנתקות של שני הגופים A ו-B. (8 נקודות)
- ג. חשבו את העבודה שהתבצעה על גוף A במהלך ההתנתקות. (8 נקודות)
- לאחר ההתנתקות גוף B המשיך לנוע, והתנגש התנגשות אלסטית חד-ממדית עם גוף C שנמצא במנוחה על המסילה. לאחר ההתנגשות גוף B נע בכיוון ההפוך מכיוון תנועתו לפני ההתנגשות, וגודל מהירותו קטן פי 2.
- ד. חשבו את u_C , גודל מהירותו של גוף C, לאחר התנגשותו עם גוף B. (7 נקודות)
- ה. חשבו את m_C , המסה של גוף C. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

5. תנועה הרמונית פשוטה היא תנועה מחזורית שמקיימת את התבנית $\Sigma \vec{F} = -c\vec{x}$.

א. קבעו אם כל תנועה מחזורית היא תנועה הרמונית פשוטה.

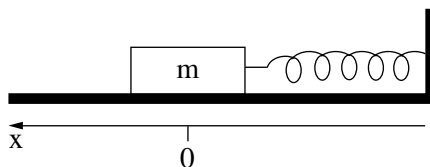
אם כן – נמקו את קביעתכם.

אם לא – הביאו דוגמה לתנועה מחזורית שאינה תנועה הרמונית פשוטה. (5 נקודות)

תלמידים ערכו שני ניסויים עם גוף שמסתו $m = 0.5\text{kg}$. הגוף מונח על שולחן אופקי חסר חיכוך ומחובר לקיר באמצעות קפיץ אופקי (ראו תרשים).

בניסוי הראשון הסיטו התלמידים את הגוף שמאלה, בכיוון החיובי של ציר המקום, x , למרחק של 60cm מנקודת שיווי המשקל ($x = 0$).

הם שחררו את הגוף כך שהוא התנדנד ימינה ושמאלה בתנועה הרמונית פשוטה, ומדדו באמצעות חיישן את גודל הכוח F שהקפיץ הפעיל על הגוף כתלות במיקומו x .



תוצאות המדידות מוצגות בטבלה שלפניכם.

$x(\text{cm})$	60	40	20	0	-10	-30	-50
$F(\text{N})$	-9.4	-6.5	-3.0	0	1.7	5.0	7.8

ב. (1) סרטטו דיאגרמת פיזור (נקודות במערכת צירים) של הכוח F כפונקצייה של מיקום הגוף x .

(2) הוסיפו לדיאגרמת הפיזור את הישר המתאים לה ביותר (קו המגמה).
(8 נקודות)

ג. היעזרו בגרף שסרטטתם, וחשבו את המהירות הזוויתית, ω , שמאפיינת את תנועת הגוף. (8 נקודות)

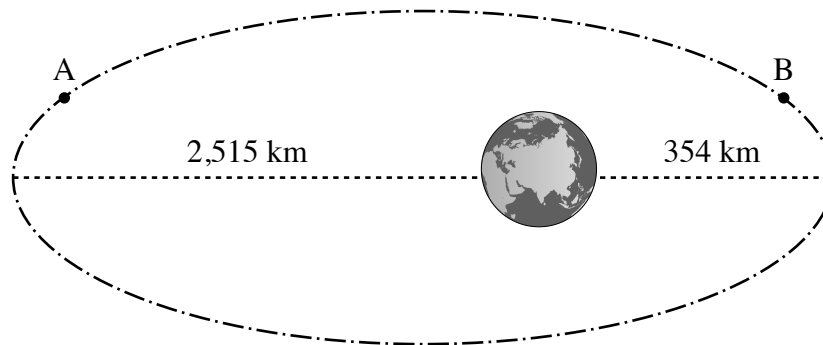
ד. קבעו מהו מיקום הגוף, x , בנקודה שבה מהירותו מרבית (מקסימלית), וחשבו את גודל המהירות בנקודה זו.
(8 נקודות)

הניסוי השני הגוף נמצא במנוחה בנקודת שיווי המשקל ($x = 0$). התלמידים העניקו לו מהירות התחלתית בכיוון שמאל, שגודלה פי 2 מגודל המהירות שחישבתם בסעיף ד.

ה. קבעו אם תדירות התנודות של הגוף בניסוי השני גדולה מן התדירות שלו בניסוי הראשון, קטנה ממנה או שווה לה.
נמקו את קביעתכם. $(4\frac{1}{3}$ נקודות)

כבידה

6. הלוויין אקספלורר 1 (Explorer1) הוא לוויין שפותח במעבדה להנעה סילונית בפסדינה שבקליפורנייה. הלוויין שוגר בשנת 1958 והוא נחשב ללוויין הראשון ששיגרה ארצות הברית בהצלחה לחלל. הלוויין, שמסתו הייתה 14 kg, נע סביב כדור הארץ במסלול אליפטי. במסלול זה הגובה המרבי (המקסימלי) מעל פני כדור הארץ היה 2,515 km, והגובה המזערי (המינימלי) מעל פני כדור הארץ היה 354 km (ראו תרשים). שימו לב: התרשים אינו בקנה מידה. הניחו כי הלוויין נע רק בהשפעת כוח הכבידה של כדור הארץ.



- א. A ו-B הן שתי נקודות שנמצאות על מסלול התנועה של הלוויין. קבעו אם כאשר הלוויין עובר בנקודה A של המסלול האליפטי המתואר, גודל המהירות שלו גדול מגודל מהירותו כאשר הוא עובר בנקודה B, שווה לו או קטן ממנו. נמקו את קביעתכם. (8 נקודות)
- ב. קבעו אם במהלך תנועתו של הלוויין בין הנקודה A לנקודה B מתבצעת עבודה על ידי כוח הכבידה. נמקו את קביעתכם. (8 נקודות)
- נתון לוויין אחר שמסתו זהה, והוא נע סביב כדור הארץ במסלול מעגלי, ומשלים הקפה שלמה במשך 100 דקות.
- ג. חשבו את רדיוס מסלולו של לוויין זה. (8 נקודות)
- ד. חשבו את העבודה הדרושה כדי להעביר לוויין זה למסלול מעגלי אחר, הגבוה ב-1,000 km ממסלולו הקודם. (5 נקודות)
- ה. קבעו אם זמן המחזור של לוויין זה במסלול האחר שווה ל-100 דקות, קצר יותר או ארוך יותר. נמקו את קביעתכם. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

בהצלחה!