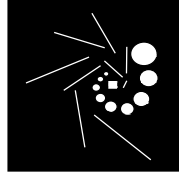


הקיפו את מספרי השאלות שפתרתם

6 5 4 3 2 1



החמד"ו

30.05.2022

מתכונת בפיזיקה

מכניקה

הוראות לנבחן

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון רבים ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחת.

- א. משך הבחינה: שתיים ורבע.
- ב. מבנה השאלון ומפתח הערכה:
בשאלון זה שש שאלות, ומהן עליכם 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
(2) נספח נוסחאות ונתונים בפיזיקה המצורף לשאלון.
- ד. הוראות מיוחדות:
(1) ענו על מספר שאלות כפי שנתבקשתם. תשובות לשאלות נוספות לא ייבדקו. (התשובות ייבדקו לפי סדר הופעתן במחברות הבחינה.)
(2) בפתרון שאלות שנדרש בהן חישוב, רשמו את הנוסחאות שאתם משתמש בהן. כאשר אתם משתמשים בסימן שאינו מופיע בדפי הנוסחאות, כתבו במילים את פירוש הסימן. לפני שאתם מבצעים פעולות חישוב, הציבו את הערכים המתאימים בנוסחאות. רשמו את התוצאה שקבלתם ביחידות המתאימות. אי-רישום הנוסחה או אי-ביצוע ההצבה או אי רישום היחידות עלולים להפחית נקודות מן הציון.
(3) כאשר אתם נדרשים להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, רשמו ביטוי מתמטי הכולל את נתוני השאלה או חלקם; במידת הצורך אפשר להשתמש גם בקבועים בסיסיים, כגון תאוצת הנפילה החופשית g או G .
- (4) בחישוביכם השתמשו בערך של 10 מ' לשנייה² עבור תאוצת הנפילה החופשית.
- (5) כתבו את תשובותיכם בעט. כתיבה בעיפרון או מחיקה בטיפקס לא יאפשרו ערעור. מותר להשתמש בעיפרון לסרטוטים בלבד.
- כתבו במחברת הבחינה בלבד, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונכם לכתוב כטיוטה (ראשי פרקים, חישובים וכדומה). רשמו "טיוטה" בראש כל עמוד טיוטה. רישום טיוטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלול לגרום לפסילת הבחינה!

בהצלחה!

שאלה 1

דורותי והקוסם הגדול רוצים לחזור מארץ עוץ לארצות הברית בעזרת הכדור הפורח של הקוסם. תאוצת הנפילה החופשית בארץ עוץ זהה לזו שבארצות הברית.

הם נכנסים לסל של הכדור הפורח שממריא מהקרקע במהירות קבועה $v_0=1 \text{ m/s}$.

1.2 שניות לאחר תחילת עליית הכדור הפורח, נפער חור בתחתית הסל של הכדור בדיוק מתחת למקום מושבו של טוטו, כלבה של דורותי, והוא מתנתק מהכדור.

ציר המקום בשאלה זו נקבע כך שראשיתו בקרקע, וכיוונו כלפי מעלה.

א. (1) הסבירו מדוע ברגע בו נפער החור וטוטו מתנתק מהכדור יש לו מהירות התחלתית כלפי מעלה.
(2) מה הגובה המקסימלי מעל לקרקע אליו מגיע טוטו? פרטו והסבירו את חישוביכם. (8.33 נק')

ב. מה מהירותו של טוטו ברגע פגיעתו בקרקע? פרטו והסבירו את חישוביכם. (5 נק')

ג. מיד לאחר פתיחת החור, איזו מבין האפשרויות הבאות נכונה לגבי טוטו? הסבירו. (4 נק')

(a) התאוצה חיובית, גודל המהירות גדל.

(b) התאוצה שלילית, גודל המהירות גדל.

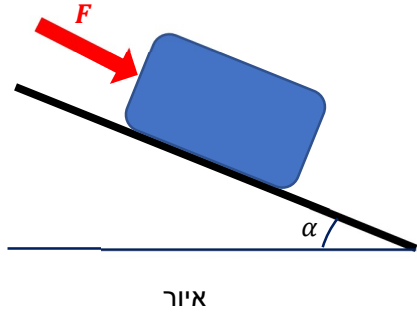
(c) התאוצה חיובית, גודל המהירות קטן.

(d) התאוצה שלילית, גודל המהירות קטן.

ד. (1) שרטטו גרף של מהירותו של טוטו כפונקציה של הזמן **מרגע המראת הסל** ועד לפגיעתו בקרקע. הסבירו שיקוליכם.

(2) הסבירו כיצד אפשר, באמצעות הגרף ששרטטתם, למצוא את הגובה מעל לקרקע בו היה הסל ברגע ההתנתקות של טוטו. **אין צורך לעשות את החישוב.** (10 נק')

ה. עשירית שנייה לאחר שטוטו מתנתק מהכדור, דורותי קפצה אחריו כדי להצילו. מה צריכה להיות מהירותה המינימלית (גודל וכיוון) ביחס לקרקע ברגע הקפיצה כדי שתוכל לתפוס אותו לפני שיפגע בקרקע? פרטו והסבירו את חישוביכם. (6 נק')

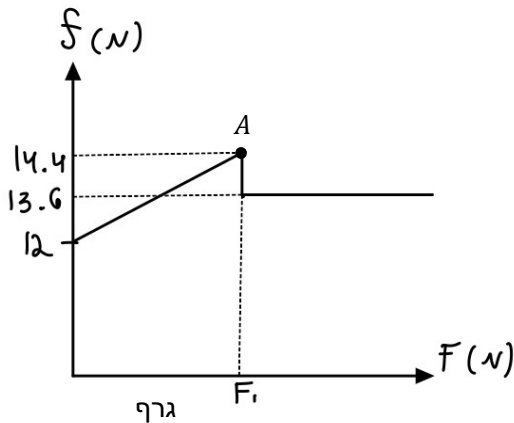
שאלה 2

בחברה לציוד מדעי פיתחו משטח חכם היודע למדוד את כוח החיכוך הסטטי והקינטי הפועל בין המשטח לגוף המונח עליו. החוקרים הניחו על המשטח גוף שמסתו m , והגביהו קצה אחד של המשטח כך שהמשטח יוצר זווית $\alpha = 37^\circ$ ביחס לשולחן האופקי. החוקרים הפעילו כוח F שכיוונו במורד המשטח המשופע ובמקביל למשטח (ראו איור), ותכננו למדוד את כוח החיכוך f שהמשטח יפעיל על הגוף.

בשאלה זו העזרו בקירובים: $\sin(37^\circ) = 0.6$, $\cos(37^\circ) = 0.8$

א. (1) שרטטו תרשים כוחות לניסוי המתואר למעלה, עבור המצב בו הגוף נשאר במנוחה על המשטח, והוסיפו מערכת צירים לשרטוט.

(2) בעזרת חוקי ניוטון, פתחו ביטוי פרמטרי לכוח החיכוך f כתלות בכוח F שהפעילו החוקרים (במצב בו הגוף נשאר במנוחה). היעזרו בפרמטרים α , m וקבועים פיזיקליים ידועים אם יש בהם צורך. נמקו. (8.33 נק')



על מנת לבדוק את המוצר, החוקרים ביצעו את הניסוי הבא: הם הפעילו כל פעם כוח שונה F , ומדדו את כוח החיכוך f שהפעיל המשטח על הגוף. בהמשך, הם יצרו גרף המראה את f כתלות ב- F (ראו גרף).

היעזרו בסעיף א' ובגרף וענו על הסעיפים הבאים:

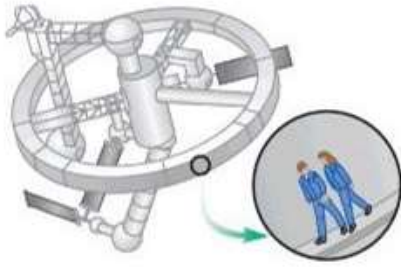
ב. מצאו את מסת הגוף המונח על המשטח. פרטו שיקוליכם. (5 נק')
ג. (1) הסבירו במילים באיזה מצב פיזיקלי נמצא הגוף, כשנמדדה הנקודה A שעל הגרף.

(2) מצאו את מקדם החיכוך הסטטי בין הגוף למשטח. פרטו שיקוליכם. (9 נק')

ד. מצאו מהו הערך של הכוח F_1 המסומן על הציר האופקי באיור ב'. פרטו שיקוליכם. (5 נק')

ה. כאשר החוקרים מפעילים על הגוף כוח קבוע שגודלו $F = 15.6 \text{ N}$, האם הגוף יבצע תנועת שוות תאוצה? אם לא- נמקו, אם כן- חשבו את תאוצתו. נמקו שיקוליכם וחישוביכם. (6 נק')

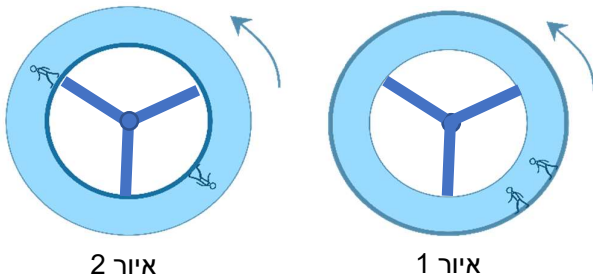
שאלה 3



ב- NASA מתכננים תחנת חלל לחקר החלל העמוק. תחנת החלל תשוגר לאזורים המרוחקים של מערכת השמש, בהם ניתן להזניח את כוחות הכבידה של השמש ושאר כוכבי הלכת.

אזור המגורים והעבודה של התחנה יהיה בנוי כגלגל, כמתואר באיור משמאל. באמצעות סיבוב התחנה סביב צירה במהירות זוויתית קבועה ניתן ליצור תנאים דומים לתחושת הכבידה שחש אדם על פני כדור"א. (תחושת הכבידה על פני כדור הארץ נובעת מהכוח הנורמלי שפועל על אדם בגלל משקלו).

א. באיורים 1 ו-2 מתוארות, במבט על, שתי הצעות שקיבלתם מארכיטקט התחנה, כאשר החץ מייצג את כיוון

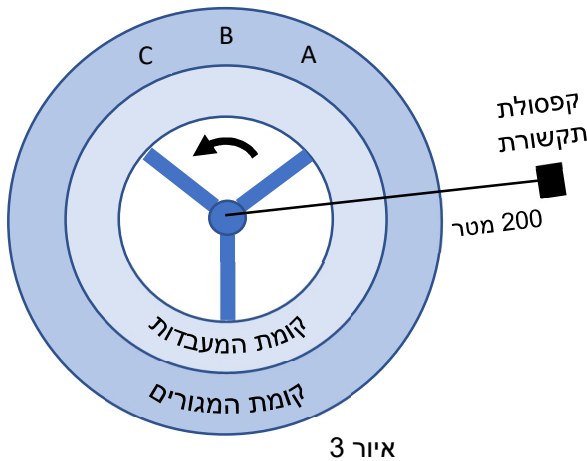


סיבוב התחנה. באיור 1 רצפת התחנה הינה בהיקף החיצוני של התחנה, ובאיור 2 הרצפה צמודה להיקף הפנימי (שימו לב לאנשים שבתמונה). איזה מבין שני האיורים אפשרי מבחינה פיזיקלית? הסבירו תשובתכם באמצעות תרשים כוחות מתאים. (6 נק')

בניסויים נמצא שבני אדם יכולים לתפקד בנוחות כאשר התחנה מסתובבת בקצב מקסימלי של 3 סיבובים לדקה.

ב. (1) מהי המהירות הזוויתית של תחנת החלל המסתובבת בקצב מקסימלי זה? פרטו חישוביכם.

(2) מה צריך להיות רדיוס רצפת התחנה על מנת שמשקלו של אדם שעומד עליה, יהיה זהה למשקלו על פני כדור"א? פרטו שיקוליכם וחישוביכם. (9 נק')



בתחנה שנבנתה בסופו של דבר יש שתי קומות (ראו איור 3). התחנה מסתובבת בקצב 3 סיבובים לדקה, ומשקלו של האדם בקומת המגורים הוא כפי שנדרש בסעיף ב' (2).

ג. האם משקל האסטרונאוט בזמן שהוא שוהה בקומת המעבדות יהיה גדול, קטן או שווה למשקלו בקומת המגורים? הסבירו. (6 נק')

קפסולת תקשורת שמסתה $m = 50 \text{ kg}$ וגודלה זניח, הותקנה בתחנה והיא חוברת לציר הסיבוב של התחנה בכבל שמסתו זניחה ואורכו 200 מטר, כמתואר באיור 3.

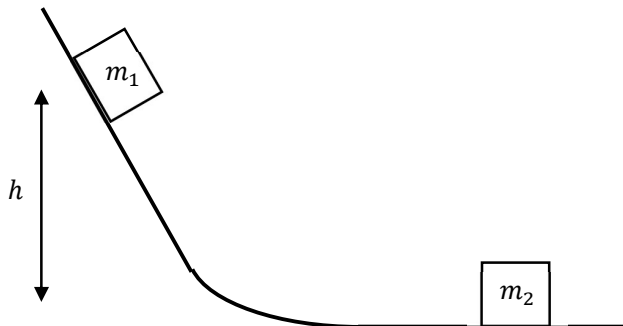
ד. מהי המתיחות בכבל? פרטו חישוביכם. (6 נק')

אסטרונאוטית עומדת בקומת המגורים בנקודה A ומתחילה לרוץ לכיוון נקודה C, תוך שהיא מגבירה את מהירותה במשך כל תנועתה (כמתואר באיור 3).

ה. שרטטו איכותית את וקטור התאוצה השקולה של האסטרונאוטית כשהיא עוברת בנקודה B. פרטו שיקוליכם. (6.33 נק')

שאלה 4

בניסוי שנערך בחמד"ע גוף שמסתו $m_1 = m$ משוחרר מגובה h , מאיץ במורד מדרון, ומתנגש התנגשות אלסטית מצחית חד ממדית בגוף m_2 שמונח על משטח אופקי חלק, ומסתו אינה ידועה, כמתואר בשרטוט.



נסמן ב- v_1 את מהירות m_1 בתחתית המדרון לפני ההתנגשות, וב- u_2 את מהירות m_2 לאחר ההתנגשות.

נתון כי הגוף m_1 נעצר מיד לאחר ההתנגשות.

א. (1) הראו כי $u_2 = v_1$. פרטו שיקולכם.

(2) בטאו פרמטרית את m_2 כתלות ב- m . פרטו שיקולכם וחשוביכם. (7 נק')

התלמיד החליט למדוד את u_2 , מהירות הגוף m_2 לאחר ההתנגשות, כתלות בגובה h ממנו שוחרר הגוף m_1 . התלמיד חוזר על הניסוי וכל פעם משחרר את הגוף m_1 מגובה אחר h . תוצאות הניסוי מצורפות בטבלה:

$h(\text{cm})$	30	60	90	120	150
$u_2(\text{m/s})$	2.4	3.2	4.3	4.9	5.3

נתון כי $m_1 = 400\text{gr}$.

ב. עבור המדידה הראשונה (השמאלית) **בלבד**:

(1) חשבו את העבודה הכוללת שבוצעה על הגוף m_1 מרגע תחילת תנועתו ועד הגעתו לתחתית המדרון. פרטו חישוביכם.

(2) חשבו את המתקף הכולל (גודל וכיוון) שפעל על הגוף m_1 מרגע תחילת תנועתו ועד הגעתו לתחתית המדרון (לפני ההתנגשות). פרטו חישוביכם. (8 נק')

ג. פתחו ביטוי פרמטרי למהירות הגוף m_2 לאחר ההתנגשות, כתלות בגובה ההתחלתי ממנו שוחרר m_1 , וקבועים פיזיקליים ידועים אם יש בהם צורך. פרטו שיקולכם. (5 נק')

ד. הוסיפו למחברת המבחן משתנה חדש עבורו יתקבל גרף לינארי לתוצאות הניסוי, ושרטטו גרף זה. פרטו שיקולכם. (8 נק')

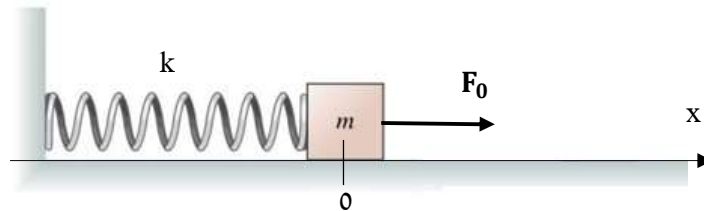
ה. היעזרו בגרף ששרטטתם ובנתוני השאלה, וחשבו בדרך המדויקת ביותר את g , תאוצת הנפילה החופשית. הסבירו שיקולכם. (5.33 נק')

שאלה 5

גוף שמסתו m הנמצא במנוחה על משטח אופקי חלק מחובר לקצה של קפיץ רפוי. קצהו השני של הקפיץ מחובר לקיר. קבוע האלסטיות של הקפיץ מסומן k .

במצב התחלתי זה הגוף נמצא ב- $x=0$.

מפעילים כוח אופקי קבוע שגודלו F_0 על הגוף ימינה. ראו ציור.



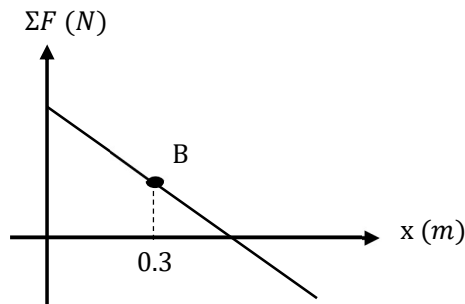
נתון: $F_0 = 5N$, $k = 10 \frac{N}{m}$, $m = 2Kg$

א. משיקולי עבודה ואנרגיה, הראו שהאנרגיה הקינטית E_k כתלות במקום x נתונה לפי הביטוי:

$$E_k(x) = -\frac{1}{2}kx^2 + F_0 \cdot x \quad (6 \text{ נק'})$$

ב. באיזה מקום x_{\max} מהירות הגוף מתאפסת? נמקו שיקוליכם וחשבוכם. (6 נק')

ג. בין $x=0$ ל- $x=x_{\max}$ ישנו מקום x_1 בו שקול הכוחות על הגוף שווה ל-0. מצאו מקום זה, פרטו שיקוליכם וחשבוכם. (6 נק')



תלמידה מדדה את הכוח **השקול** הפועל על הגוף כתלות ב- x , ושרטטה גרף מתאים. לפניכם גרף זה:

ד. הסבירו איזה גודל פיזיקלי מייצגים שיפוע הגרף ונקודות החיתוך שלו עם הצירים, ומצאו את ערכיהם המספריים. נמקו שיקוליכם. (6 נק')

ה. (1) הסבירו כיצד ניתן בעזרת הגרף לחשב את העבודה הכוללת שבוצעה על הגוף מרגע תחילת תנועתו, ועד הרגע בו חלף בנקודה B שעל הגרף.

(2) חשבו את מהירות הגוף בעת מעברו בנקודה B. פרטו שיקוליכם וחשבוכם. (9.33 נק')

שאלה 6

חללית מאוישת נשלחה מכדור"א כדי לחקור כוכב במערכת שמש רחוקה.

מסת הכוכב המכונה Tik11 נמדדה ונמצאה שווה לפעמיים מסת הארץ. לאחר מסע ארוך הגיעה החללית לקרבת Tik11 והתחילה להקיף אותו במסלול מעגלי. האסטרונוטים הצליחו להבין שתאוצת הנפילה החופשית בגובה פני השטח של הכוכב גדולה פי 1.6 מזו של כדור"א. בנוסף נתון שלכוכב Tik11 אין כלל אטמוספירה.

- א. חשבו את רדיוס הכוכב Tik11. פרטו חישוביכם. (5 נק')
- ב. החללית מקיפה את Tik11 במרחק בו תאוצת הנפילה החופשית היא רבע מגודלה על פני הקרקע. מצאו את הזמן בו החללית מקיפה את הכוכב. פרטו חישוביכם. (8 נק')
- ג. אסטרונוט הנמצא בחללית מחזיק נוצה בידו. הוא פותח פתח בחללית, מוציא יד החוצה ועוזב את הנוצה. מה נכון לגבי מסלול הנוצה? נמקו. (7 נק')
- (a) הנוצה תנוע במסלול אליפטי סביב הכוכב.
- (b) הנוצה תמשיך עם החללית במסלול מעגלי סביב הכוכב.
- (c) הנוצה תנוע במסלול פרבולי עד שתתנגש בפני הכוכב.
- (d) הנוצה תיפול אנכית עד שתתנגש בפני הכוכב.
- (e) אף אחת מהאפשרויות הקודמות אינה נכונה.

ד. האסטרונוטים גילו שהכוכב מסתובב סביב צירו. אחד מהם טען שמכיוון שכבר חישבנו את זמן המחזור של הקפת החללית את הכוכב בסעיף ב', ניתן לחשב בעזרת החוק השלישי של קפלר את הזמן בו משלים אסטרונוט שעומד על פני הכוכב סיבוב עם הכוכב. האם צדק האסטרונוט בטענתו? פרטו שיקוליכם. (6 נק')

כחלק מחקר הכוכב, האסטרונוטים ישגרו רקטה מפני הכוכב כלפי מעלה. מד משקל ברצפת הרקטה ימדוד את המשקל של מסה ידועה כפונקציה של הגובה. טיסת הרקטה מורכבת משלב בו מנועי הרקטה מאיצים אותה בתאוצה קבועה כלפי מעלה, ושלב שני בו המנועים מפסיקים פעולתם והחללית מאטה עד עצירה רגעית, ונופלת חזרה.

ה. איזה מהאפשרויות הבאות יכולה לתאר את גרף משקל המסה כפונקציה של הגובה עד להגעתה של הרקטה לשיא הגובה? נמקו בחירתכם. (7.33 נק')

