

מתכונת 2014

שאלה 1

סעיף א

המהירות ההתחלתית של אחד הגופים, לפי הגרף היא 1.5 מטר לשניה.
את התאוצה נחשב לפי השינוי במהירות. אחרי 0.2 שניות המהירות היא 1 מטר לשניה:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{1 - 1.5}{0.2 - 0} = -2.5 \frac{m}{s^2}$$

נבדוק כמה זמן עד עצירת הגוף עם תאוצה זו:

$$\begin{aligned} 0 &= v_0 + at \\ 0 &= 1.5 - 2.5t \\ t &= 0.6s \end{aligned}$$

סעיף ב

נגדיר את מקומה של הדיסקית (1) כראשית הצירים:

עבור הדיסקית (1)

$$x = 1.5t - \frac{1}{2} \times 2.5t^2$$

עבור דיסקית (2)

$$x = 1 - 1.5t + \frac{1}{2} \times 2.5t^2$$

סעיף ג

נשווה בין הפונקציות:

$$\begin{aligned} 1.5t - \frac{1}{2} \times 2.5t^2 &= 1 - 1.5t + \frac{1}{2} \times 2.5t^2 \\ 2.5t^2 - 3t + 1 &= 0 \end{aligned}$$

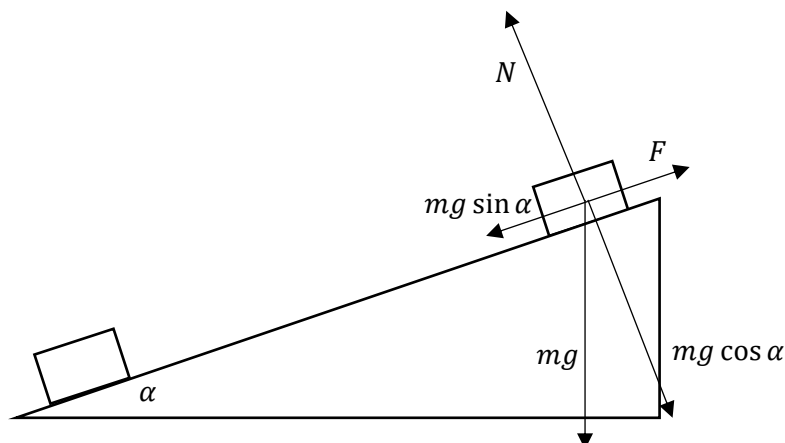
למשוואה זו אין פתרון, כלומר הדיסקיות לא נפגשות.

אפשר לראות גם שאם מציבים את הזמן $t = 0.6s$ (שבו הדיסקיות נעצרות) בנוסחאות המקום זמן, מתקבל מרחק קטן ממחצית המרחק בין הדיסקיות ולכן הן נעצרות לפני המפגש:

$$x = 1.5 \times 0.6 - \frac{1}{2} \times 2.5 \times 0.6^2 = 0.45m$$

סעיף ד

(1)



(2)

הערה חשובה: לא מצוין כי החיכוך ניתן להזנחה, אבל אם לא נזניח את החיכוך, אי אפשר לפתור את התרגיל כי יש יותר מדי משתנים. לכן, צריך להניח שאת כוח הכבידה בכיוון התנועה מאזן הכוח שהביא לתאוצה של דיסקית (2) כפי שמתואר בתחילת התרגיל.

$$\Sigma F = mg \sin \alpha - F = 0$$

$$F = ma = 2.5m$$

$$mg \sin \alpha = 2.5m$$

$$\alpha = 14.48^\circ$$

שאלה 2

סעיף א

לפני תחילת התנועה שקול הכוחות הוא 0:

שקול הכוחות על המסה התלויה:

$$mg - T = 0$$

$$T = mg$$

עם תחילת התנועה, שקול הכוחות אינו 0, כי המערכת נעה:

$$mg - T = ma$$

כלומר:

$$T < mg$$

ניתן לראות כי המתיחות קטנה.

סעיף ב

המתיחות לפי הגרף העליון:

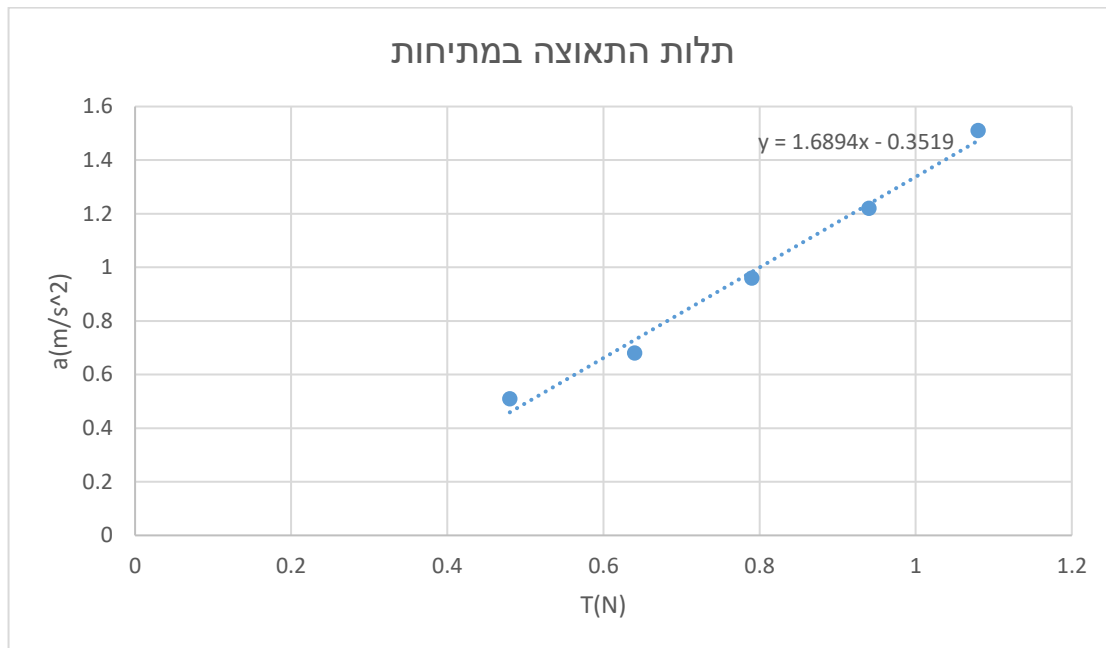
$$T = 0.79N$$

את התאוצה נחשב לפי השיפוע של הגרף התחתון:

$$a = \frac{0.3 - 0.05}{0.88 - 0.62} = 0.96 \frac{m}{s^2}$$

סעיף ג

(1)



(2)

שיפוע הגרף הוא 1.6894. יחידות השיפוע הן:

$$\frac{\left[\frac{m}{s^2}\right]}{[N]} = \frac{1}{kg}$$

סעיף ד

(1)

$$\Sigma F = T - \mu mg = ma$$
$$a = \frac{T - \mu mg}{m} = \frac{T}{m} - \mu g$$

הנוסחה שהתקבלה השל התלות של התאוצה במתיחות, היא נוסחת קו ישר. השיפוע של הישר הוא

$$\frac{1}{m}$$

והקבוע המספרי הוא $-\mu g$

(2)

נשווה את הערך שקיבלנו בגרף לשיפוע:

$$\frac{1}{m} = 1.6894$$

$$m = 0.59Kg$$

סעיף ה

כאמור, הקבוע המספרי הוא $-\mu g$. בגרף זוהי נקודת החיתוך של הישר עם ציר ה- y :

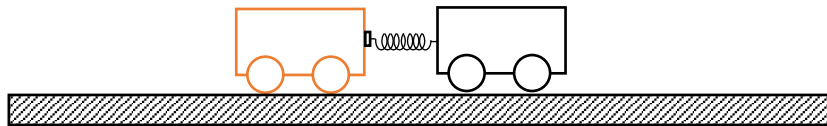
$$-\mu g = -0.3519$$

$$\mu = 0.035$$

שאלה 3

סעיף א

(1)



בזמן $t = 0.85s$ העגלות כבר נוגעות זו בזו, מכיוון שניתן לראות לפי גרף המהירות שהמהירות שלהן מתחילה להשתנות ובגרף הכוח ניתן לראות כי חיישן הכוח מצביע על כוח שנובע מהמתקף של העגלות זו על זו.

(2)

עגלה 2 נעה שמאלה לכיוון השלילי של ציר ה- x , שכן מהירותה שלילית וגודלה $v_2 = -0.36 \frac{m}{s}$.
עגלה 1 נמצאת במנוחה $v_1 = 0 \frac{m}{s}$

סעיף ב

(1)

כיוון המתקף שפעל על עגלה 2 הוא ימינה. לפי הגרף ניתן לראות כי הכוח שקלט חיישן הכוח הוא חיובי. כמו כן המהירות של עגלה 2 עולה, זאת משום שפועלת עליה תאוצה חיובית שמעידה על כוח חיובי.

(2)

כל משבצת מייצגת 0.1 ניוטון על 0.01 שניות. לכן, גודל המתקף הוא:

$$J = 241 \times 0.01 \times 0.1 = 0.241 \frac{N}{s}$$

סעיף ג

(1)

נשווה את המתקף לשינוי בתנע של עגלה 2. המהירות ההתחלתית שלה לפי הגרף היא

$$v_2 = -0.36 \frac{m}{s}$$

המהירות הסופית לפי הגרף היא:

$$u_2 = -0.09 \frac{m}{s}$$

$$\Delta p = mu - mv$$

$$\Delta p = m(-0.09 + 0.36) = 0.27m$$

נשווה למתקף:

$$0.241 = 0.27m$$

$$m = 0.89 \text{ kg}$$

(2)

נבדוק את השינוי בתנע של עגלה 1. המהירות ההתחלתית היא 0 והמהירות הסופית היא

$$u_1 = -0.43 \frac{m}{s}$$

השינוי בתנע הוא:

$$\Delta p = -0.43m_1$$

השינוי בתנע אצל שתי העגלות צריך להיות שווה בגודלו ושונה בכיוונו. לכן:

$$-0.43m_1 = -0.27 \times 0.89$$

$$m_1 = 0.56 \text{ kg}$$

המסות אינן שוות. מסה 1 קטנה ממסה 2

סעיף ד

המתקפים הפועלים על שתי המסות שווים. כאשר התאוצות הן מקסימליות, הן אינן שוות בשתי המסות. אם הכוחות שווים אבל המסות שונות, אז לפי החוק השני של ניוטון, התאוצות אינן שוות. התאוצה על מסה 1, הקטנה יותר, היא תאוצה גדולה יותר.

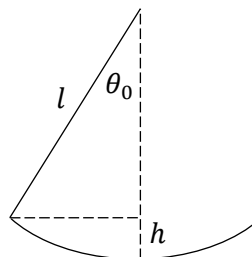
שאלה 4

סעיף א

מהתרשים ניתן להסיק כי ככל שהנדנדה מתקרבת לקצוות, המהירות קטנה ואילו בנקודת שיווי המשקל המהירות היא מקסימלית.

סעיף ב

המהירות המירבית נקבעת משיקולי אנרגיה לפי הגובה המירבי של הנדנדה בקצוות.



$$h = l - l \cos \theta_0$$

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2$$

$$gh = \frac{1}{2}v^2$$

$$v = \sqrt{2gh}$$

$$v = \sqrt{2gl(1 - \cos \theta_0)}$$

סעיף ג

בנקודה C אין מהירות משיקית ולכן אין תאוצה רדיאלית לכיוון החוט. מתיחות החוט שווה לרכיב כוח הכבידה בכיוון ההפוך:

$$T = mg \cos \theta_0$$

התאוצה היחידה הפועלת על הנדנדה היא תאוצה משיקית שגודלה:

$$a = g \sin \theta_0$$

בנקודה B יש מהירות משיקית ולכן יש כוח רדיאלי לכיוון מעלה.

סעיף ד

בנקודה B

$$T - mg = ma_r$$

$$T = mg + ma_r$$

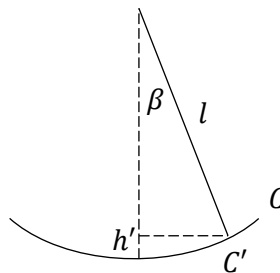
$$T = mg + \frac{mv^2}{l}$$

$$T = mg + \frac{m2gl(1 - \cos \theta_0)}{l}$$

$$T = mg + 2mg - 2mg \cos \theta_0$$

$$T = mg(3 - 2 \cos \theta_0)$$

סעיף ה



עבודת כוח ההתנגדות היא כמות האנרגיה שהנדנדה איבדה:

$$W = \Delta E = mgh - mgh'$$

$$W = mg(1 - \cos \theta_0 - (1 - \cos \beta))$$

$$W = mg(\cos \beta - \cos \theta_0)$$

שאלה 5

סעיף א

תאוצת הנפילה החופשית תלויה במרחק של המסה ממרכז הכדור:

$$g = \frac{GM}{R^2}$$

הסטודנט ערך את המדידות על פני הקרקע ואילו האסטרונוט ערך את המדידות במרחקים גדולים יותר והתרחק מפני הקרקע.

סעיף ב

(1)

כאמור, תאוצת הנפילה החופשית נתונה במשוואה:

$$g = \frac{GM}{R^2}$$

הערכים G ו-M הם קבועים ומכפלתם מהווה את הקשר בין התאוצה החופשית ובין הביטוי $\frac{1}{R^2}$

(2)

$$\begin{aligned}\frac{a}{\frac{1}{r^2}} &= \frac{1}{0.8 \times 10^{-14}} = 1.25 \times 10^{14} \\ 1.25 \times 10^{14} &= GM \\ M &= \frac{1.25 \times 10^{14}}{6.77 \times 10^{-11}} = 1.85 \times 10^{24} kg\end{aligned}$$

סעיף ג

(1)

האנרגיה הקינטית של לוויין במסלול מעגלי:

$$\begin{aligned}\frac{GMm}{2r} &= \frac{1}{2}mv^2 \\ v &= \sqrt{\frac{GM}{r}} = \sqrt{\frac{6.77 \times 10^{-11} \times 1.85 \times 10^{24}}{5 \times 10^6}} \\ v &= 5004.9 \frac{m}{s}\end{aligned}$$

(2)

לפי החוק השלישי של קפלר:

$$\begin{aligned}\left(\frac{r_1}{r_2}\right)^3 &= \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 \\ r_2 &= 2r_1 \\ \left(\frac{r_1}{2r_1}\right)^3 &= \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2\end{aligned}$$

$$\frac{1}{8} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \sqrt{\frac{1}{8}}$$

$$T_2 = T_1\sqrt{8}$$

כלומר, זמן המחזור היה גדול יותר פי $\sqrt{8}$

סעיף ד

האסטרונאוט לא יוכל לחשב את תאוצת הנפילה החופשית. כאשר הוא ישחרר את הגוף, תהיה לגוף אותה מהירות של החללית. הגוף ינוע בתנועה מעגלית סביב הכוכב בדיוק כמו שהחללית נעה סביב הכוכב. הכוח שהכוכב מפעיל על הגוף לא יביא לנפילה חופשית אלא להמשך התנועה המעגלית שלו.