



אוניברסיטת בן גוריון בנגב  
מדור בחינות

תאריך הבוחן : 4/8/2016  
שם המרצה: פרופ' אהוד מירון  
שנה: תשע"ו סמ' ב'  
מס' הקורס: 0-203-1-1361  
בחינת מועד ב' בפיסיקה 1

משך הבחינה: 3 שעות  
חומר עזר: מחשבון

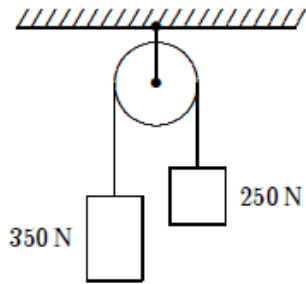
מס' נבחן: \_\_\_\_\_

- בשאלות פתוחות יש לרשום פתרון באמצעות אותיות, להגיע לנוסחה סופית ולהציב מספרים רק בה.
- בשאלות אמריקאיות רק תשובות סופיות (בטופס) נבדקות

**חלק א': שאלות אמריקאיות: כל שאלה שווה 5 נק'. יש לסמן את התשובה הנכונה על ידי X תחת האות המתאימה בטבלה בלבד.**

ה	ד	ג	ב	א	תשובה שאלה
					1
					2
					3
					4
					5
					6
					7
					8

1. שני גופים שמשקלם 250N ו 350N תלויים בעזרת חוט על גלגלת חסרת מסה (ראה שרטוט). המתוחות בחוט שווה ל:



- א. 210N  
 ב. 290N  
 ג. 410N  
 ד. 500N  
 ה. 490N

2. תיבה מחליקה במורד מדרון שנטוי  $35^\circ$  מעל הכיוון האופקי. אם מקדם החיכוך הקינטי הוא 0.4, תאוצת התיבה היא:

- א. 0  
 ב.  $2.4 \text{ m/s}^2$   
 ג.  $5.8 \text{ m/s}^6$   
 ד.  $8.8 \text{ m/s}^2$   
 ה.  $10.3 \text{ m/s}^2$

3. על חלקיק שנע לאורך ציר  $x$  פועל כוח יחיד  $F = F_0 e^{-kx}$ , כאשר  $F_0$  ו-  $k$  הם קבועים. החלקיק משוחרר ממנוחה ב-  $x = 0$ . החלקיק ישיג אנרגיה קינטית מקסימלית של:

- א.  $F_0/k$   
 ב.  $F_0 e^{-k}$   
 ג.  $kF_0$   
 ד.  $(kF_0)^2/2$   
 ה.  $ke^k F_0$

4. שתי דיסקות בעלות אותה מסה ואותו עובי עשויות מחומרים שונים. הדיסקה עם מומנט ההתמד הקטן יותר היא:

א. זו שעשויה מחומר יותר צפוף.

ב. זו שעשויה מחומר פחות צפוף.

ג. לא א' ולא ב' – שני מומנטי ההתמד זהים.

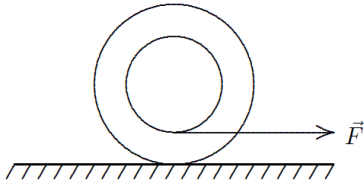
ד. הדיסקה עם המהירות הזוויתית הגדולה יותר.

ה. הדיסקה עם מומנט הכח היותר גדול.

5. גליל חלול בעל מסה  $m$  ורדיוס  $R$  מתגלגל ללא החלקה על פני מישור אופקי. מומנט ההתמד של הגליל ביחס לצירו הוא  $mR^2$ . היחס ( $K_L : K_R$ ) בין האנרגיה הקינטית הקווית של  $K_L$  של הגליל (אנרגיה קינטית של מרכז המסה) לבין האנרגיה הקינטית הסיבובית שלו  $K_R$  (ביחס לציר העובר דרך מרכז המסה) הוא:

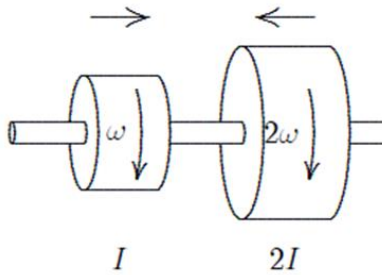
- א. 1:1  
 ב. 1:2  
 ג. 2:1  
 ד. 4:1  
 ה. 1:4

6. צעצוע יויו נמצא במנוחה על משטח אופקי חסר חיכוך. כשמושכים את החוט של היויו, כמתואר בשרטוט, היויו:



- א. נע שמאלה ומסתובב נגד כיוון השעון  
 ב. נע ימינה ומסתובב נגד כיוון השעון  
 ג. נע שמאלה ומסתובב עם כיוון השעון  
 ד. נע ימינה ומסתובב עם כיוון השעון  
 ה. נע ימינה ואינו מסתובב

7. שתי דיסקות חפשיות להסתובב ללא חיכוך על ציר משותף העובר במרכזן כמתואר באיור. לדיסקה הראשונה יש מומנט התמד  $I$  ביחס לציר והיא מסתובבת עם מהירות זוויתית  $\omega$ . לדיסקה השנייה מומנט התמד  $2I$  והיא מסתובבת באותו הכיוון כמו הדיסקה הראשונה עם מהירות זוויתית  $2\omega$ . בשלב מסויים מתחיל לפעול בין שתי הדיסקות כוח משיכה המקרב אותן זו לזו עד שהן נצמדות ומסתובבות כגוף אחד. המהירות הזוויתית המשותפת שלהן לאחר ההצמדות היא:



- א.  $5\omega/3$   
 ב.  $\omega\sqrt{3}$   
 ג.  $\omega\sqrt{\frac{7}{3}}$   
 ד.  $\omega$   
 ה.  $3\omega$

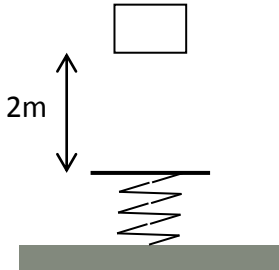
8. מסה מחוברת לקפיץ ומתנוודת באמפליטודה  $A$ . האנרגיה הקינטית שווה לאנרגיה הפוטנציאלית רק כאשר התארכות הקפיץ היא:

- א. 0  
 ב.  $\pm A/4$   
 ג.  $\pm A/\sqrt{2}$   
 ד.  $\pm A/2$   
 ה.  $-A \leq x \leq A$

### חלק ב': שאלות פתוחות – כל שאלה 20 נק'

שאלה 1 (20 נקודות)

גוף בעל מסה  $0.2 \text{ [kg]}$  נופל ממנוחה מגובה  $2 \text{ [m]}$  על קפיץ אנכי בעל קבוע קפיץ  $16 \text{ [N/m]}$  ונצמד אליו. הקפיץ חסר מסה ורפוי (לפני פגיעת הגוף). ראו ציור.



א. מהי מהירות הגוף בעת הפגיעה בקפיץ?

ב. מהי ההתכווצות המקסימלית של הקפיץ?

תשובה:

א. שימור אנרגיה:

$$E_i = mgh$$

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

$$gh = \frac{1}{2}v^2 \rightarrow v = \sqrt{2gh} = 6.26 \text{ m}$$

ב. שימור אנרגיה לאחר ההצמדות:

$$E_i = \frac{1}{2}mv^2 + mg\Delta x$$

$$E_f = \frac{1}{2}k\Delta x^2$$

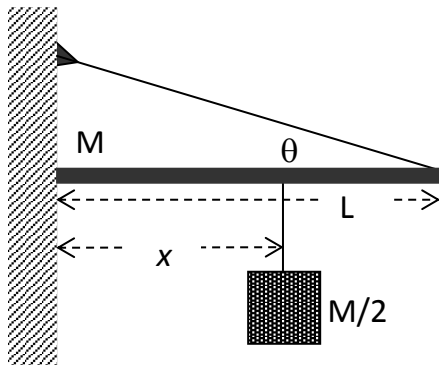
$$mgh + mg\Delta x = \frac{1}{2}k\Delta x^2$$

$$\Delta x^2 - \frac{2mg}{k}\Delta x - \frac{2mgh}{k} = 0$$

$$\Delta x = \frac{mg}{k} + \sqrt{\frac{m^2g^2}{k^2} + \frac{2mgh}{k}} = \frac{mg}{k} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{2kh}{mg}} \right) = 0.83 \text{ m}$$

שאלה 2 (20 נקודות)

נתון מוט אחיד שאורכו  $L = 1 \text{ m}$  ומסתו  $M$ . קצהו האחד מוצב כנגד קיר אנכי וקצהו השני קשור לחוט חסר משקל המוצמד לקיר כך שהמוט אופקי ויוצר זווית של  $\theta = 30^\circ$  עם החוט כמתואר בציור. מקדם החיכוך הסטטי בין המוט והקיר הוא  $\mu_s = 0.60$ . במרחק  $x$  מהקיר מצמידים למוט משקולת שמסתה מחצית ממסת המוט.



א. חשבו את כוח החיכוך שמפעיל

הקיר על המוט בתנאים של שווי

משקל כתלות ב- $x$ .

ב. מהו המרחק  $x$  המינימלי עבורו

יישאר המוט בשווי משקל?

תשובה :

א. שיווי המשקל של המוט יתקיים כאשר שקול הכוחות והמומנטים מתאפס.

כוחות :

ציר x

$$N - T \cos \theta = 0$$

ציר y

$$f + T \sin \theta - Mg - \frac{M}{2}g = 0$$

מומנטים :

נבחר את ציר הסיבוב ב  $x = L$  ונקבל

$$(L - x) \frac{M}{2}g + \frac{L}{2}Mg - Lf = 0$$

הנורמל מהקיר לא תורם למומנט כי הזרוע שלו מקבילה לכוח. מתוך המשוואה

$$f = Mg \left(1 - \frac{x}{2L}\right)$$

ב. x מינימלי כאשר  $f = f_{max} = \mu_s N$ 

$$N = T \cos \theta$$

$$f_{max} = \mu_s T \cos \theta$$

$$\frac{3Mg}{2} - f_{max} = T \sin \theta$$

נחלק את שתי המשוואות האחרונות

$$\frac{3Mg}{2f_{max}} - 1 = \frac{1}{\mu_s \cot \theta}$$

$$f_{max}(1 + \mu_s \cot \theta) = \frac{3Mg}{2} \mu_s \cot \theta$$

$$f_{max} = \frac{3Mg \mu_s \cot \theta}{2(1 + \mu_s \cot \theta)} = Mg \left(1 - \frac{x_{min}}{2L}\right)$$

$$3\mu_s \cot \theta = 2(1 + \mu_s \cot \theta) \left(1 - \frac{x_{min}}{2L}\right)$$

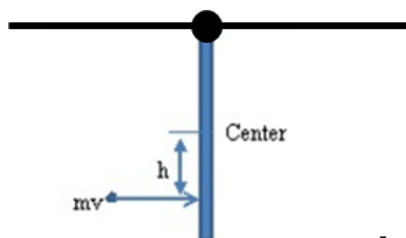
$$3\mu_s \cot \theta = 2 + 2\mu_s \cot \theta - \frac{x_{min}}{L} (1 + \mu_s \cot \theta)$$

$$\frac{x_{min}}{L} (1 + \mu_s \cot \theta) = 2 - \mu_s \cot \theta$$

$$x_{min} = \frac{2 - \mu_s \cot \theta}{1 + \mu_s \cot \theta} L = 0.47 m$$

שאלה 3 (20 נקודות)

מוט בעל צפיפות אחידה באורך  $L$  ומסה  $M$  תלוי על ציר מהתקרה ונמצא במצב מנוחה. כדור (נקודתי) בעל מסה  $m = 4M/9$  נע אפקית במהירות  $v$  ומתנגש פלסטית במוט בגובה  $h = L/4$  ממרכז המוט (נתקע במוט).



a. אילו גדלים פיזיקליים נשמרים בהתנגשות?

b. מהי מהירות הזוויתית של המוט והכדור (מחברים יחד) לאחר ההתנגשות?

c. מהי הזווית המקסימאלית אליה יגיע המוט?

נתון: מומנט ההתמד של מוט בעל צפיפות אחידה שאורכו  $L$  ומסתו  $M$  ביחס לציר ניצב לו העובר במרכזו הוא  $I = ML^2/12$ .

פתרון :

א. בהתנגשות פלסטית האנרגיה לא נשמרת. סכום המומנטים במערכת הנ"ל הוא 0 ולכן התנע הזוויתי של מערכת הכדור והמוט נשמר. התנע הקווי אינו נשמר משום שהציר מפעיל כוח שמונע מהמוט לבצע תנועה קווית. (מי שכתב שהתנע הקווי נשמר – לא הורדו לו נקודות על כך).

ב. שימור תנע זוויתי :

$$mv \left( \frac{L}{2} + \frac{L}{4} \right) = I\omega \rightarrow \omega = \frac{3mvL}{4I}$$

מומנט התמד אחרי ההתנגשות :

$$I = \frac{ML^2}{12} + M \left( \frac{L}{2} \right)^2 + m \left( \frac{3L}{4} \right)^2 = \frac{ML^2}{3} + \frac{4}{9}M \left( \frac{3L}{4} \right)^2 = \frac{7}{12}ML^2$$

ולכן המהירות הזוויתית היא

$$\omega = \frac{\frac{3mvL}{4}}{\frac{7}{12}ML^2} = \frac{4MvL}{7ML^2} = \frac{4v}{7L}$$

ג. בכמה השתנה מרכז המסה כאשר הכדור נוסף למוט

$$l_{cm} = \frac{M \frac{L}{2} + m \frac{3}{4}L}{m + M} = \frac{\frac{5}{6}ML}{\frac{13}{9}M} = \frac{15}{26}L$$

שימור אנרגיה מלאחר הפגיעה עד ההגעה לגובה המקסימלי

$$\frac{I\omega^2}{2} = (m + M)gl_{cm}(1 - \cos \theta)$$

$$1 - \cos \theta = \frac{I\omega^2}{2(m + M)gl_{cm}} = \frac{\frac{7}{12}ML^2 \left( \frac{\frac{3}{4}mvL}{\frac{7}{12}ML^2} \right)^2}{\frac{26}{9}Mg \frac{15}{26}L} = \frac{\left( \frac{MvL}{3} \right)^2}{\frac{5}{3}MgL \frac{7}{12}ML^2}$$

$$\cos \theta = 1 - \frac{\frac{v^2}{9}}{\frac{35}{36}gL} = 1 - \frac{4v^2}{35gL}$$

**בהצלחה!**