

No.	A	B	C	D	E
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

No.	A	B	C	D	E
1		X			
2		X			
3		X			
4				X	
5			X		
6			X		
7		X			
8				X	
9				X	
10				X	

החוברת נמצאת באתר הקורס בקישור:

[http://physweb.bgu.ac.il/COURSES/Physics1B/16A\\_Physics1B\\_IE/Physics1B-Lectures.pdf](http://physweb.bgu.ac.il/COURSES/Physics1B/16A_Physics1B_IE/Physics1B-Lectures.pdf)

1. גובה העליה המקסימלי קשור לרכיב אנכי  $v_y$  של מהירות הטיפה ברגע ההתנתקות (חוברת, עמוד 23):

$h = v_y^2/2g$ . גודל המהירות של כל נקודת החישוק הגלגל ביחס למרכזו היא (חוברת, עמוד 19)  $\omega R$ . כדי לקבל מהירות ביחס לקרקע צריך להוסיף את מהירות מרכז הגלגל, אשר אופקית. החיבור הזה לא משפיע על רכיב אנכי של המהירות, לכן המהירות האנכית המירבית של הטיפה היא  $\omega R$ . הגלגל מתגלגל ללא החלקה, לכן (חוברת, עמוד 111)  $\omega R = v_c$ , כאשר  $v_c$  היא מהירות מרכז הגלגל. מכאן:  
 $h = v_c^2/2g$

2. גודל המהירות קבוע לכן יש רק תאוצה הנטריפטלית וגודלה קבוע ושווה  $\omega^2 l$  (חוברת, עמוד 20). סכום וקטורי של כוח הכבידה והמתחיות מספק את התאוצה הזו (החוק השני של ניוטון). בנקודה התחתונה שני הכוחות מנוגדים ומתיחות בכיוון התאוצה, לכן בנקודה זו המתחיות מקסימלית:

$$T = mg + m\omega^2 l \rightarrow \omega_{max} = \sqrt{\frac{T - mg}{ml}}$$

3. הכוח המינימלי הוא (ראו חוברת, עמודים 41-40):

$$F = \mu mg / \sqrt{1 + \mu^2}$$

4. בתהנגשות אי-אלסטית אנרגיה קינטית של הגופים המתנגשים לא נשמרת (חוברת, עמוד 80), היא יכולה לקטון (אם חלק מהאנרגיה הופך לאנרגיה פנימית) או לגדול (אם אנרגיה פנימית משתחררת, כמו בפיצוץ).

5. אין כוחות חיצוניים, לכן תנע המערכת נשמר (חוברת, עמוד 72). זה יכול לקרות אם, למשל, הגופים נעים בכיוונים הפוכים ויחס המסות  $m_A/m_B = 2$ . המרחק בין הגופים לא השתנה, לכן אנרגיה פוטנציאלית של פעולת גומלין לא השתנתה (עמוד 78). אנרגיה קינטית של השניים ביחד קטנה, כי מהירות של כל אחד מהם קטנה. לכן אנרגיה מכנית, קינטית ופוטנציאלית ביחד, קטנה.

6. מיכוון שהתנע הכולל הוא אפס מרכז המסה לא נע (חוברת, עמוד 71), הגופים מסתובבים סביב מרכז המסה שנמצא במרחק (עמוד 72)

$$l_1 = m_2 L / (m_1 + m_2)$$

מהגוף 1.

7.

$$\omega = \alpha t$$

$$K = \frac{I\omega^2}{2} = \frac{I\alpha^2}{2} t^2$$

$$P = \frac{dK}{dt} = (I\alpha^2)t$$

$$P/t = \text{const}$$

8. לכל אחד מהגופים

$$s = at^2/2$$

כאשר (ראו חוברת, עמוד 112)

$$a = \frac{g \sin \theta}{1 + I_{cm}/mR^2}$$

לגליל מלא (נתון בשאלה)  $I_{cm}/mR^2 = 1/2$ , לגליל חלול (כל המסות במאותו מרחק  $R$  מציר הסיבוב)  $I_{cm}/mR^2 = 1$ .

9. אנרגיה קינטית כוללת היא אנרגיה קינטית של מרכז המסה + אנרגיה קינטית פנימית (חוברת, עמוד 77) שהיא אנרגיה של תנועת חלקי המערכת ביחס למרכז המסה. במקרה של גוף קשיח זאת אנרגיית הסיבוב סביב מרכז המסה  $I_{cm}\omega^2/2$ . ללא החלקה:  $v_{cm} = \omega R$ .

10. ראו חוברת, עמוד 117:

$$x = A \cos(\omega t + \phi)$$

$$x_0 = A \cos \phi$$

1. (להשוואה: תרגיל בית 5.4)

נסמן ב-  $T$  את מתיחות החוט, ב-  $N_2$  את הנורמל בין  $M$  לשולחן, ב-  $f_2$  את כוח החיכוך בין  $m$  לבין  $M$ . נקבל

$$T - m_0g = 0 \quad (1)$$

$$N_1 - mg = 0 \rightarrow N_1 = mg \quad (2)$$

$$N_2 - Mg - N_1 = 0 \rightarrow N_2 = (M + m)g \quad (3)$$

$$f_1 = m\omega^2d \quad (4)$$

$$T - f_1 - f_2 = M\omega^2d \quad (5)$$

$$T - f_2 = (M + m)\omega^2d \quad (6)$$

$$f_2 = m_0g - (M + m)\omega^2d \quad (7)$$

$$|f_1| \leq \mu_1 N_1 \rightarrow m\omega^2d \leq \mu_1 mg \Rightarrow \omega^2 \leq \frac{\mu_1 g}{d} \quad (8)$$

$$|f_2| \leq \mu_2 N_2 \rightarrow |m_0g - (M + m)\omega^2d| \leq \mu_2(M + m)g \rightarrow \quad (9)$$

$$-\mu_2(M + m)g \leq m_0g - (M + m)\omega^2d \leq \mu_2(M + m)g \Rightarrow \quad (10)$$

$$\frac{g}{d} \left( \frac{m_0}{M + m} - \mu_2 \right) \leq \omega^2 \leq \frac{g}{d} \left( \frac{m_0}{M + m} + \mu_2 \right) \quad (11)$$

התנאים (8), (11) צריכים להתקיים בו זמנית

2. בפיצוץ אין כוחות חיצוניים ותנע המערכת נשמר (חוברת, עמוד 81). שימור התנע נותן:

$$m_L v_L - m_R v_R = 0 \quad (12)$$

כאשר אלה הגדלים של המהירויות, כיווניהן הפוכים. לפי משפט עבודה-אנרגיה (חוברת, עמוד 62) לכל חלק בנפרד,

$$\frac{m_L v_L^2}{2} = \mu_L m_L g d_L \rightarrow v_L = \sqrt{2\mu_L g d_L} \quad (13)$$

$$\frac{m_R v_R^2}{2} = \mu_R m_R g d_R \rightarrow v_R = \sqrt{2\mu_R g d_R} \quad (14)$$

$$m_R = m_L \frac{v_L}{v_R} = m_L \sqrt{\frac{\mu_L d_L}{\mu_R d_R}} \quad (15)$$

$$M = m_L + m_R = m_L \left[ 1 + \sqrt{\frac{\mu_L d_L}{\mu_R d_R}} \right] \quad (16)$$

3. תנועת המוט היא סיבוב סביב נקודת המגע עם הרצפה. אין כוחות לא משמרים, לכן אנרגיה נשמרת. אנרגיה פוטנציאלית של כוח הכבידה שייכת למרכז המסה (חוברת, עמוד 78) ואנרגיה קינטית היא אנרגיית הסיבוב סביב נקודת המגע (עמודים 103, 104)

$$mgh_{cm} = \frac{I\omega^2}{2}, \quad h_{cm} = l/2, \quad I = I_{cm} + m\left(\frac{l}{2}\right)^2 = \frac{ml^2}{3}$$

$$\omega = \sqrt{3g/l}, \quad v = \omega l = \sqrt{3gL}$$

הערה: אפשר לבטא את האנרגיה הקינטית גם כאנרגיית הסיבוב סביב מרכז המסה בתוספת אנרגיית מרכז המסה (עמודים 103, 104):

$$K = \frac{I_{cm}\omega^2}{2} + \frac{mv_{cm}^2}{2} \quad (17)$$

## טעויות עיקריות:

1.

- נשכח חוק שלישי של ניוטון, על הגוף התחתון פועלים שני כוחות חיכוך
- כוח החיכוך רשום כאילו זה חיכוך קינטי, בבלי התייחסות לכך שהוא לא להיות חייב מקסימלי (אינני מבין התעקשות זו, נאמר פעמים רבות שזה לא נכון).
- שימוש בגודל מקסימלי של חיכוך סטטי - לא מאפשר למצוא נכון את הגבולות, כי ישנם שני כוחות חיכוך ואינם חייבים להיות מקסימליים בו זמנית
- נשכח שגם על הגוף העליון פועל כוח חיכוך סטטי וגם עבורו קיים אותו תנאי
- חוק שני של ניוטון רשום בצורה לא נכונה (חסרים כוחות או אפילו נטען שסכום הכוחות הוא אפס)
- ביטויים סותרים למהירות זוויתית אשר הוצגו כתשובה ללא היסוס
- ערך אחד במקום טווח, לא יכול להיות מבחינה פיזיקלית
- ביטויים בלתי אפשריים מבחינה פיזיקלית (מהירות זוויתית אפסית לדוגמה)
- תנאי על כוח חיכוך סטטי מקסימלי ללא ערך מוחלט - מאפשר למצוא רק חלק מהנדרש

2.

- טעויות חוזרות ונשנות ברישום משפט עבודה-אנרגיה וסימן עבודת כוח החיכוך (גם את ההתעקשות הזאת אינני מבין)
- קבלת מסה שלילית ללא היסוס. הייתי צריך לפסול את כל הפתרון אבל לא עשיתי זאת. אלה שירצו לערער על הורדת ניקוד זאת, נדרשים להביא לי גוף שמסתו שלילית.
- טענה לשימור האנרגיה (לא נשמרת לא בפיצוץ ולא לאחר מכן בגלל החיכוך)
- הוספת איברים משונים למשפט עבודה-אנרגיה (כמו אנרגיה פוטנציאלית של כבידה)
- שימוש במשפט עבודה-אנרגיה לשני הגופים ביחד אמנם נכון אבל אינו מועיל, יש לרשום לכל גוף בנפרד כדי להתקדם
- עבודת חיכוך בצורות משונות (חסר מרחק, חסר נורמל)
- עבודת חיכוך גם בקטעים

3.

- חישוב אנרגיה פוטנציאלית כילו כל המסה בקצה
- חישוב אנרגיה קינטית באמצעות מומנט ההתמד ביחס למרכז המסה בלבד - זה רק חלק
- חישוב אנרגיה קינטית באמצעות מהירות הקצה - צריכה להיות מהירות מרכז המסה
- חישוב אנרגיה קינטית כסכום של אנרגית הסיבוב סביב הקצה ואנרגית מרכז המסה. צריך להיות או אנרגית הסיבוב סביב הקצה או אנרגית הסיבוב סביב מרכז המסה + אנרגית מרכז המסה
- רישום של חוק שני לתנועה סיבובית כאילו המוט כל הזמן במצב אופקי (רק בסוף כד)
- שימוש בתאוצה זוויתית כאילו היא קבועה
- טענה לשימור תנע זוויתי - אילו היה נשמר המוט לא היה נופל



- רישום חוק שני לתנועה סיבובית תוך כדי הוספת מומנט כוח שלא קיים (של  
חיכוך בקצה למשל)  
- משפט שטיינר רשום בצורה לא נכונה