

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			

1. אם שני הגופים זהים אז המסות שלהם שוות. אם לגוף השני פי-4 אנרגיה קינטית בהתחלה אז המהירות שלו גדולה פי-2 בהתחלה מזו של שהגוף הראשון. לכן ייקח לו פי-2 יותר זמן.

2.

$$\frac{mv_{max}^2}{R} = f_{s,max} = \mu_s mg$$

3.

$$N_1 x = N_2 (l - x)$$

4. אם תנע המערכת נשמר אז סכום כל הכוחות החיצוניים  $\vec{F}_{ext} = 0$ . בתנאי זה תנע זוויתי של מרכז המסה נשמר כי

$$\frac{d\vec{J}_{cm}}{dt}$$

5. לגלגל שמחליק ללא חיכוך כל האנרגיה הפוטנציאלית הופכת לאנרגיה קינטית של מרכז המסה. לגלגל שמתגלגל ללא החלקה האנרגיה מתחלקת שווה בשווה בין אנרגית מרכז המסה לבין אנרגית הסיבוב. לכן לגלגל המתגלגל מהירות תהיה בקטנה בפקטור  $\sqrt{2} \approx 1.4$ .

6. התארכות כל קפיץ היא שליש מההתארכות הכולל. לכן אנרגית כל קפיץ היא  $k(l/3)^2/2$ . האנרגיה הכוללת הי פי שלושה.

7. כדי שמרכז המסה לא יזוז ממקומו מהירות שלו ותאוצה שלו חייבות להיות אפס.

8.

$$K \propto v^2 \propto t^3 \rightarrow P = \frac{dK}{dt} \propto t^2$$

9.

$$\begin{aligned} m\vec{v}_0 &= m\vec{u}_1 + m\vec{u}_2 \\ \frac{mv_0^2}{2} &> \frac{mu_1^2}{2} + \frac{mu_2^2}{2} \\ (\vec{u}_1 + \vec{u}_2)^2 &> \vec{u}_1^2 + \vec{u}_2^2 \\ \vec{u}_1 \cdot \vec{u}_2 &> 0 \rightarrow \widehat{\vec{u}_1 \vec{u}_2} < 90 \end{aligned}$$

10.

$$\begin{aligned} x_1 &= A \rightarrow A \cos(\omega t + \phi_1) = A \rightarrow \omega t + \phi_1 = 2n\pi \\ v_{x,2} &= -\omega A \sin(\omega t + \phi_2) = -\omega A \sin(\omega t + \phi_1 + \pi/2) \\ v_{x,2} &= -\omega A \sin(2n\pi + \pi/2) = -\omega A \sin \pi/2 = -\omega A \end{aligned}$$

1.

$$m_1 \vec{v}_0 = m_1 \vec{u}_1 + m_2 \vec{u}_2 \quad (1)$$

$$\frac{m_1 v_0^2}{2} = \frac{m_1 u_1^2}{2} + \frac{m_2 u_2^2}{2} \quad (2)$$

$$m_1^2 v_0^2 = (m_1 \vec{u}_1 + m_2 \vec{u}_2)^2 = m_1^2 u_1^2 + m_2^2 u_2^2 + 2m_1 m_2 u_1 u_2 \cos \theta \quad (3)$$

$$m_1(m_1 u_1^2 + m_2 u_2^2) = m_1^2 u_1^2 + m_2^2 u_2^2 + 2m_1 m_2 u_1 u_2 \cos \theta \quad (4)$$

$$m_1^2 u_1^2 + m_1 m_2 u_2^2 = m_1^2 u_1^2 + m_2^2 u_2^2 + 2m_1 m_2 u_1 u_2 \cos \theta \quad (5)$$

$$(m_1 - m_2)m_2 u_2^2 = 2m_1 m_2 u_1 u_2 \cos \theta \quad (6)$$

$$u_2 = X u_1, \quad X = \frac{2m_1 \cos \theta}{m_1 - m_2} \quad (7)$$

$$m_1 v_0^2 = m_1 u_1^2 + m_2 X^2 u_1^2 \quad (8)$$

$$u_1 = v_0 \sqrt{\frac{m_1}{m_1 + m_2 X}} \quad (9)$$

$$u_2 = X u_1 \quad (10)$$

2. במדרון המחוּספס הגוף מאבד אנרגיה, לכן בדרך חזרה בלולאת המוות בכל גובה מהירות הגוף קטנה מזו שבפעם הראשונה.  
בנקודת העליונה של הלולאה בדרך חזרה

$$N + mg = \frac{mv^2}{R} \quad (11)$$

$$N \geq 0 \rightarrow \frac{mv^2}{R} \geq mg \quad (12)$$

$$v^2 \geq gR \quad (13)$$

אם זה מתקיים בדל חזרה, זה מתקיים גם בפעם הראשונה.  
נסמן ב  $H$  את הגובה שממנו הגוף מתחיל להחליק וב-  $h$  את הגובה המקסימלי שאליו הוא מגיע במדרון. לפי משפט עבודה-אנרגיה

$$mgh - mgH = W_k \quad (14)$$

כאשר  $W_k$  היא עבודה של כוח חיכוך קינטי שגודלו  $|f_k| = \mu N = \mu mg \cos \alpha$  קבוע וכיוונו נגד התנועה. לאורך המדרון הגוף עובר מרחק  $h/\sin \alpha$  לכן

$$W_k = -\mu mg \cos \alpha h / \sin \alpha \quad (15)$$

$$mgh - mgH = -\mu mgh \cot \alpha \quad (16)$$

$$h = \frac{H}{1 + \mu \cot \alpha} \quad (17)$$

$$W_k = -mgH \left( \frac{\mu \cot \alpha}{1 + \mu \cot \alpha} \right) \quad (18)$$

כאשר הגוף חוזר לתחתית המדרון

$$E - mgh = W_k \quad (19)$$

$$E = mgH + 2W_k = mgH \left( \frac{1 - \mu \cot \alpha}{1 + \mu \cot \alpha} \right) \quad (20)$$

לפי שימור האנרגיה, בנקודה העליונה של הלולאה

$$\frac{mv^2}{2} + 2mgR = E = mgH \left( \frac{1 - \mu \cot \alpha}{1 + \mu \cot \alpha} \right) \quad (21)$$

$$v^2 = 2gH \left( \frac{1 - \mu \cot \alpha}{1 + \mu \cot \alpha} \right) - 4gR \geq gR \quad (22)$$

$$H \geq \frac{5}{2}R \left( \frac{1 + \mu \cot \alpha}{1 - \mu \cot \alpha} \right) \quad (23)$$

3.

מומנט הפיתול של כוח החיכוך הוא שמשנה את המהירות הזוויתית:

$$I_{cm} \frac{d\omega}{dt} = -\mu NR \quad (24)$$

$$mgl - NL = 0 \quad (25)$$

$$N = \frac{mgl}{L} \quad (26)$$

$$\frac{d\omega}{dt} = -\frac{mglR}{I_{cm}L} = \text{const} \quad (27)$$

$$\omega = \omega_0 - \frac{mglR}{I_{cm}L} t \quad (28)$$

$$\omega = 0 \rightarrow t = \frac{I_{cm}L\omega_0}{mglR} \quad (29)$$