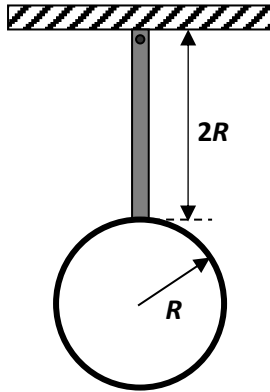


## שאלות פתוחות

.1



מטוטלת פיסיקלית מורכבת מ**מכדור מלא** אחיד בעל רדיוס  $R$  ומסה  $M$  שמחובר למוט אחיד בעל אורך  $2R$  ומסה  $M$ . המטוטלת יכולה להסתובב ללא חיכוך סביב ציר אופקי בקצה העליון של המוט, כמו שמתואר באיור.

א. מצאו את מיקומו של מרכז המסה של המערכת. יש לקחת את הקצה העליון של המוט כראשית הצירים. (10 נק')

ב. חשבו את התדירות של התנודות הקטנות של המטוטלת. (12 נק')

ג. המוט של המטוטלת הוא מוט טלסקופי (ניתן לקצר אותו או להאריך אותו). האם צריך לקצר את המוט הטלסקופי או להאריך אותו (ובכמה אחוזים), כדי להגדיל את זמן המחזור של המטוטלת ב-10%? (12 נק')

## פתרון:

א. מטעמי סימטריה  $X_{CM} = 0$ .

$$Y_{CM} = \frac{MR + M(2R + R)}{2M} = 2R$$

.ב

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I_{tot}}{M_{tot}gd}}$$

$$I_{\text{מט}} = \frac{1}{3}M(2R)^2 = \frac{4}{3}MR^2$$

$$I_{\text{כדור}} = \frac{2}{5}MR^2 + M(2R + R)^2 = \frac{47}{5}MR^2$$

$$I_{tot} = \left(\frac{4}{3} + \frac{47}{5}\right)MR^2 = \frac{161}{15}MR^2 = 10.73MR^2$$

$$d = Y_{CM} = 2R$$

$$M_{tot} = 2M$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{161MR^2}{15 \cdot 2Mg \cdot 2R}} = 2\pi \sqrt{\frac{161R}{60g}} = 3.27\pi \sqrt{\frac{R}{g}}; f = \frac{1}{T} = \frac{1}{3.27\pi} \sqrt{\frac{g}{R}} = 0.01 \sqrt{\frac{g}{R}}$$

ג. נניח שיש לשנות את אורכו של המוט בשיעור  $L$  (חיובי במקרה של הארכה או שלילי במקרה של קיצור). אז:

$$d' = Y'_{CM} = \frac{M(2R+L)/2 + M(2R+L+R)}{2M} = \frac{R + L/2 + 3R + L}{2} = 2R + \frac{3}{4}L$$

$$I'_{\text{נט}} = \frac{1}{3}M(2R+L)^2 = \frac{4}{3}MR^2 + \frac{1}{3}ML^2 + \frac{4}{3}MRL$$

$$I'_{\text{כדור}} = \frac{2}{5}MR^2 + M(3R+L)^2 = \frac{2}{5}MR^2 + 9MR^2 + ML^2 + 6MRL = \frac{47}{5}MR^2 + ML^2 + 6MRL$$

$$I'_{\text{tot}} = \frac{161}{15}MR^2 + \frac{4}{3}ML^2 + \frac{22}{3}MRL$$

$$T' = 2\pi \sqrt{\frac{M\left(\frac{161R^2}{15} + \frac{22RL}{3} + \frac{4L^2}{3}\right)}{2Mg \cdot (2R + \frac{3L}{4})}} = 2\pi \sqrt{\frac{\frac{161R^2}{15} + \frac{22RL}{3} + \frac{4L^2}{3}}{2g(2R + \frac{3L}{4})}} = 1.1T = 1.1 \cdot 2\pi \sqrt{\frac{161R}{60g}}$$

$$\Rightarrow \frac{\frac{161R^2}{15} + \frac{22RL}{3} + \frac{4L^2}{3}}{2(2R + \frac{3L}{4})} = 1.21 \cdot \frac{161R}{60}$$

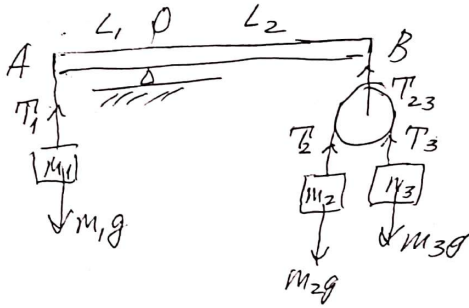
מכאן רואים שבמונה מופיע  $L^2$  בעוד שבמחנה  $L$  כך שלצורך הגדלת זמן המחזור יש להאריך את המוט.

$$20L^2 + 37RL - 34R^2 = 0$$

$$L_1 = 0.67R; L_2 = -2.52R$$

הפתרון השני לא פיסיקלי כי לא ניתן לקצר את המוט ביותר מאורכו המקורי שהוא  $2R$ . לכן יש להאריך את

$$\frac{0.67R}{2R} \cdot 100\% = 33.5\% \quad \text{המוט ב-}$$



$$T_3 = T_2 = T \quad .2$$

$$T_{23} = 2T_2 = 2T \quad (1)$$

$$T_1 = m_1 g$$

$$\begin{cases} m_2 g - T_2 = m_2 a \\ -m_3 g + T_3 = m_3 a \end{cases} \times \begin{matrix} m_3 \\ m_2 \end{matrix}$$

$$\begin{aligned} m_3(m_2 g - T_2) &= m_3 m_2 a \\ m_2(T_3 - m_3 g) &= m_2 m_3 a \end{aligned}$$

$$2 m_3 m_2 g - T_2 m_3 - T_3 m_2 = 0$$

$$2 m_2 m_3 g = (m_2 + m_3) T$$

תנאי 'ו' ע' סקן

$$T = \frac{2 m_2 m_3 g}{m_2 + m_3}$$

$$T_1 L_1 = 2T L_2 \quad m_1 g L_1 = \frac{4 m_2 m_3 g}{m_2 + m_3} L_2$$

$$m_1 (m_2 + m_3) L_1 = 4 m_2 m_3 L_2$$

$$N = T_1 + 2T = m_1 g + \frac{4 m_2 m_3 g}{m_2 + m_3} \quad (2)$$

3. שאלה 3 היא משיעורי הבית ופתרונה מופיע שם

אמריקאיות:

- ה .1
- ג .2
- ד .3
- ג .4
- א .5
- ג .6