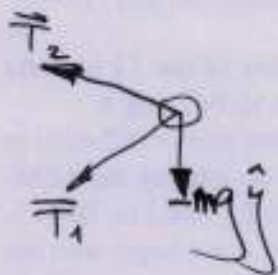
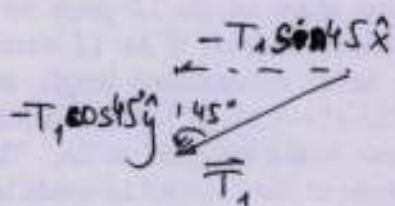


מבין מוסר לו גשר ז"ל מכרתי

פירוק



ל.ד



פירוק ל- T_1

פירוק ל- T_2

$$\vec{T}_2 = -T_2 \sin 45^\circ \hat{x} + T_2 \cos 45^\circ \hat{y}$$

משוואה בגובה כביים \hat{y} :

$$m \ddot{y} = T_2 \cos 45^\circ - T_1 \cos 45^\circ - mg$$

אין תאוצה כביים \hat{y} , אכן:

$$(T_2 - T_1) \cos 45^\circ = mg$$

משוואה בתנועה כביים \hat{x} :

$$m \ddot{x} = -(T_1 + T_2) \sin 45^\circ$$

אבל התאוצה כביים היא $\omega^2 r$ (באור, כביים $-\hat{x}$)

שם - מהירות - צלילים היא: $\omega^2 r$, כגור

$r = l \sin 45^\circ$ ← גודל התאוצה.

$$\begin{cases} -m \omega^2 l \sin 45^\circ = -(T_1 + T_2) \sin 45^\circ \\ T_2 - T_1 = \frac{mg}{\cos 45^\circ} \end{cases}$$

$$T_1 + T_2 = + m\omega^2 l$$

$$\begin{cases} T_1 = -T_2 + m\omega^2 l \\ T_2 = T_1 + \frac{mg}{\cos 45^\circ} \end{cases}$$

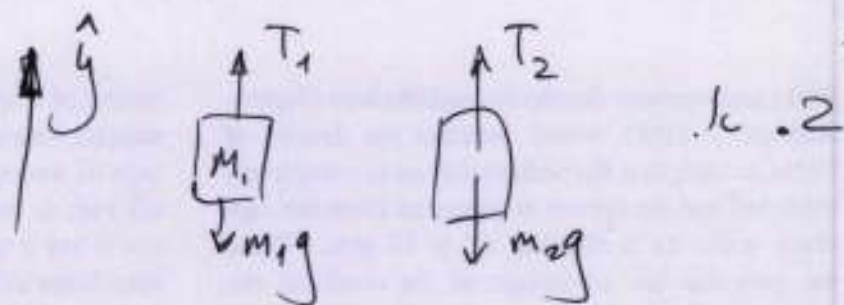
$$T_1 = -T_1 - \frac{mg}{\cos 45^\circ} + m\omega^2 l$$

התחבן $\rightarrow T_1 = + \frac{M}{2} \left[\omega^2 l - \frac{g}{\cos 45^\circ} \right]$

לדגיתו $\rightarrow T_2 = T_1 + \frac{Mg}{\cos 45^\circ} = \frac{M}{2} \left[\omega^2 l + \frac{g}{\cos 45^\circ} \right]$

$$T_2 = \frac{1}{2} \left[10^2 \cdot \frac{1}{2} + \frac{9.8}{\frac{\sqrt{2}}{2}} \right] = \dots$$
$$= \frac{1}{4} 10^2 + 6.93 \approx \underline{\underline{32 \text{ N}}}$$

$$T_1 = \frac{1}{2} \left[10^2 \cdot \frac{1}{2} - \frac{9.8}{\frac{\sqrt{2}}{2}} \right] = 25 - 6.93 \approx \underline{\underline{18 \text{ N}}}$$



$$\begin{cases} T_1 - m_1 g = m_1 \ddot{y}_1 \\ T_2 - m_2 g = m_2 \ddot{y}_2 \end{cases} \quad \text{: כוחות נורמליים}$$

התאוצה של שתי המסות זהה, אבל בכיוונים הפוכים:

$$\ddot{y}_2 = -\ddot{y}_1 \equiv a$$

רדיוס
 מנוחה
 30°
 התאוצה a

$$\begin{cases} T_1 - m_1 g = -m_1 a \\ T_2 - m_2 g = m_2 a \end{cases}$$

כאן התאוצה של המסה השנייה היא הפוכה של התאוצה של המסה הראשונה, ולכן:

$$T_1 = T_2 \equiv T$$

$$\begin{cases} T - m_1 g = -m_1 a \\ T - m_2 g = m_2 a \end{cases}$$

$$0 = m_1 g - m_1 a - m_2 g - m_2 a$$

~~$$(m_1 + m_2) a = (m_1 - m_2) g$$~~

$$(m_1 + m_2) a = (m_1 - m_2) g$$

$$a = \frac{(m_1 - m_2)}{m_1 + m_2} g$$

$$\ddot{y}_1 = -\left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\right) g$$

$$\ddot{y}_2 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} g$$

התאוצה
 של המסה
 השנייה

ד. המינימום, קורה ב- $t = 0$ (אם $m_1 > m_2$)

ז. המינימום, קורה ב- $t = \frac{m_1 - m_2}{2b}$ (אם $m_1 < m_2$)

ח. המינימום, קורה ב- $t = \frac{m_1 - m_2}{2b}$ (אם $m_1 < m_2$)

אם יבוא המינימום ממשווא: $\ddot{y}_1 = -\frac{(m_1 - bt) - m_2}{(m_1 - bt) + m_2} g$; לפי:

אם יבוא המינימום ממשווא: $\ddot{y}_2 = \frac{(m_1 - bt) - m_2}{(m_1 - bt) + m_2} g$

המסה המעולה של המינימום השמאלית; לאורך פנינת המוט בתחתית.

ט. למעשה לא נותן לבעיה T_1 ו- T_2 שונה

$$\begin{cases} T_1 - \tilde{m}_1 g = -\tilde{m}_1 a \\ T_2 - m_2 g = m_2 a \end{cases}$$

אם המינימום השמאלית, המוט.

שקול המינימום של המוט: $|\bar{c}| = |(T_1 - T_2)R|$

$$\begin{cases} I\dot{\omega} = (T_1 - T_2)R \\ R\omega = v \Rightarrow R\dot{\omega} = a \end{cases}$$

$$\begin{cases} I \frac{a}{R^2} = T_1 - T_2 \\ T_1 - \tilde{m}_1 g = -\tilde{m}_1 a \\ T_2 - m_2 g = m_2 a \end{cases}$$

$$I \frac{a}{R^2} = \tilde{m}_1 g - \tilde{m}_1 a - m_2 g - m_2 a$$

$$a \left[\tilde{m}_1 + m_2 + \frac{I}{R^2} \right] = \tilde{m}_1 g - m_2 g$$

$$a = \frac{(m_1 - bt) - m_2}{(m_1 - bt) + m_2 + \frac{I}{R^2}} g$$

$$\tilde{m}_1 = m_1 - bt$$

$$\ddot{y}_1 = - \frac{(m_1 - bt) - m_2}{(m_1 - bt) + m_2 + \frac{I}{R^2}} g$$

$$\ddot{y}_2 = \frac{(m_1 - bt) - m_2}{(m_1 - bt) + m_2 + \frac{I}{R^2}} g$$

$$\ddot{y}_1 = - \frac{(2 - 0.05 \cdot 10) - 1}{(2 - 0.05 \cdot 10) + 1 + \frac{1}{2} \cdot 4} \cdot 10 = - \frac{\frac{10}{2}}{4.5} = - \frac{10}{9} \approx -1.1 \frac{m}{s^2}$$

$$\ddot{y}_2 = \frac{10}{9} \approx 1.1 \frac{m}{s^2}$$

3. א. נקבע את הסקלה של האנרגיה הפוטנציאלית

באם אנרגיית ההתנודה של מסלול הקוביה.

כלומר, האנרגיה בהוא במסלול הוא $U_p = 0$

האנרגיה במחנה המסלול הוא $U_p = -mgR$
 הפוטנציאלית

כוח נורמל, המופעל על הקוביה ע"י המשטח

המשטח, מאונך למסלול ולא משנה את האנרגיה של הקוביה. לכן, האנרגיה הכוללת של הקוביה

נשמרת: $E_T(\theta) = E_T(\theta)$ (שני הצדדים)

כאשר θ מונקדת ברגל המסלול.

$$E_T(\theta) = U_p(\theta) + \frac{1}{2}mv^2(\theta) =$$

$$= -mgR \cos \theta + \frac{1}{2}mv^2(\theta)$$

אבל האנרגיה בשיא הנקודה מנקבת להיות אפס, לכן:

$$v^2(\theta) = 2gR \cos \theta$$

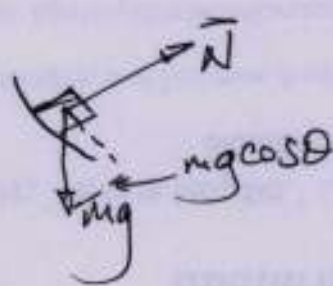
מאידך, במסלול מעגלי:

$$v = \omega R$$

יובא אבטל:

$$\boxed{\omega^2(\theta) = \frac{2g \cos \theta}{R}}$$

(הרשום את משוואת הכוחות הפועלים על



הקוביה:

$$-N \hat{r} + mg \cos \theta \hat{r} = m \left(\ddot{r} \hat{r} + \dot{\theta}^2 \hat{r} \right)$$

הרכיב ה- \hat{r} של המשוואה:

$$\ddot{r} = \left(\ddot{r} - r \dot{\theta}^2 \right) \hat{r} + (2\dot{r}\dot{\theta} + r\ddot{\theta}) \hat{\theta}$$

לכן $\ddot{r} = 0$, לכן:

$$-N \hat{r} + mg \cos \theta \hat{r} = -mR \dot{\theta}^2 \hat{r}$$

$$N - mg \cos \theta = mR\omega^2(\theta)$$

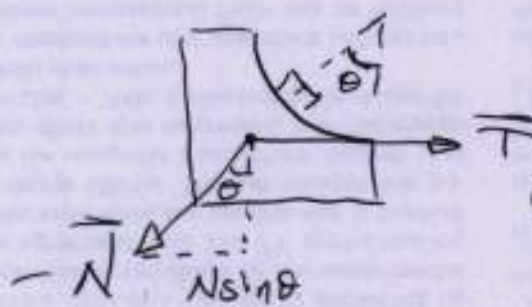
$$N = mg \cos \theta + mR\omega^2(\theta) =$$

$$= m [g \cos \theta + 2g \cos \theta] = 3mg \cos \theta$$

עם התקן החדש, נניח, שהוא

הכוח המוחלט של המסתובבת, הן,

הכוח המוחלט:



הכוח המוחלט של המסתובבת הוא:

$$T = N \sin \theta = \underline{\underline{3mg \cos \theta \sin \theta}}$$

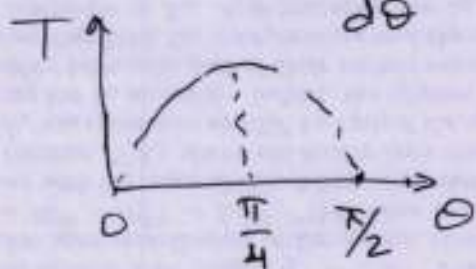
$$T = 3mg \cos \theta \sin \theta$$

$$\frac{dT}{d\theta} = \frac{d}{d\theta} \left[\frac{3}{2} mg \sin 2\theta \right] =$$

$$= 3mg \cos 2\theta$$

$$\frac{dT}{d\theta} = 0 \Rightarrow 2\theta = \frac{\pi}{2}$$

$$\theta = \frac{\pi}{4} = \underline{\underline{45^\circ}}$$



$$T_{\max} = T(\theta = \frac{\pi}{4}) = \frac{3}{2} mg$$

$$T_{\max} = \frac{3}{2} \cdot 2 \cdot 10 = 30 \text{ N}$$

$$U(r_a) - U(r_b) = \int_a^{r_b} \vec{F} \cdot d\vec{r} \quad \text{ל. 4}$$

$$U(r) - \underbrace{U(\infty)}_0 = \int_r^\infty \vec{F} \cdot d\vec{r}$$

כל בה מרכזי המנוחה, אכן מסלול
האינטגרציה - אלו משנה.

$$U(r) = \int_r^\infty \frac{kq_1q_2}{r^2} dr = - \frac{kq_1q_2}{r} \Big|_r^\infty = \frac{kq_1q_2}{r} = - \frac{k|q_1q_2|}{r}$$

$$\dot{\vec{L}} = \vec{r} \times \vec{F}$$

ק. שניה גודל:

$\vec{r} \parallel \vec{F}$
(מקביל)

אבל, $\vec{r} \times \vec{F} = 0$, כי

$$\dot{\vec{L}} = 0$$

אכן

$$\vec{L} = \text{const}$$

אם היינו של \vec{L} קבוע, זה אומר

שהיחס של $\vec{v} \times \vec{r}$ קבוע אף הוא (שהרי: $\vec{L} = m\vec{r} \times \vec{v}$)

אם כן, \vec{L} ממוצע למישור התנועה שהוא המישור

המנוחה \vec{r} ו- \vec{v} . אם \vec{L} קבוע כיוונו -

הכיוון של ציר ~~המנוחה~~ של המסלול נשאר
באלו מישור.

$$\vec{L} = m_1 \vec{r} \times \vec{v} \quad .2$$

$$\vec{v} = \dot{r} \hat{r} + r \dot{\theta} \hat{\theta}$$

$$\vec{L} = m_1 r \hat{r} \times (\dot{r} \hat{r} + r \dot{\theta} \hat{\theta}) = m_1 r^2 \dot{\theta} \hat{z}$$

$$v_{\theta} = r \dot{\theta} = \frac{|\vec{L}|}{m_1 r}$$

$$E_T = \frac{1}{2} m_1 (\vec{v})^2 + U_p = \quad .3$$

$$= \frac{1}{2} m_1 (\dot{r} \hat{r} + r \dot{\theta} \hat{\theta}) \cdot (\dot{r} \hat{r} + r \dot{\theta} \hat{\theta}) + U_p =$$

$$= \frac{1}{2} m_1 \dot{r}^2 + \underbrace{\frac{1}{2} m_1 r^2 \dot{\theta}^2}_{\frac{|\vec{L}|^2}{2 m_1 r^2}} - \frac{k |q_1 q_2|}{r}$$

$$E_T = \frac{1}{2} m_1 \dot{r}^2 + \frac{|\vec{L}|^2}{2 m_1 r^2} - \frac{k |q_1 q_2|}{r}$$

התנאי של המסלול (באלטר, היכן
שהמרחק של M_2 הוא הגדול או הקטן ביותר):

$$\frac{1}{2} m_1 \dot{r}^2 = 0$$

$$E_T = \frac{|\vec{L}|^2}{2 m_1 r^2} - \frac{k |q_1 q_2|}{r}$$

מאזכר, האנרגיה הכוללת נשמרת, כלומר $E_T = E_0$

$$E_T = E_0 \quad \text{כל כוח מרכזי, לפי:}$$

$$\frac{|\vec{L}|^2}{2 m_1 r^2} - \frac{k |q_1 q_2|}{r} = E_0$$

$$2 m_1 E_0 r^2 + 2 m_1 k |q_1 q_2| r - |\vec{L}|^2 = 0$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{התנאי של} \\ \text{המסלול} \end{array} \right\} \rightarrow L_0 = |\vec{L}|$$

$$\Gamma_{1,2} = \frac{\pm \sqrt{4m_1^2 k^2 q_1^2 q_2^2 + 8m_1 E_0 L_0^2} - 2m_1 k |q_1 q_2|}{4m_1 E_0}$$

כי $E_0 < 0$

$$\Gamma_{1,2} = \frac{\pm \sqrt{4m_1^2 k^2 q_1^2 q_2^2 - 8m_1 |E_0| L_0^2} + 2m_1 k |q_1 q_2|}{4m_1 |E_0|}$$

היחסים בין המסות והקבועים

$$M_2 = \frac{1}{2} M_1$$

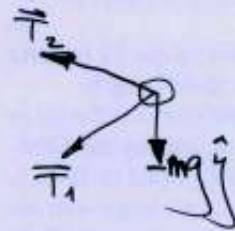
$$\Gamma_{1,2} = \frac{\pm \sqrt{4 \cdot 10^{-10} \cdot 81 \cdot 10^{18} \cdot 10^{-12} - 8 \cdot 10^{-5} \cdot 1.25} + 2 \cdot 10^{-5} \cdot 9 \cdot 10^{-6}}{4 \cdot 10^{-5} \cdot 1}$$

$$= \frac{\pm \sqrt{0.0324 - 0.002} + 0.18}{4 \cdot 10^{-5}} = \frac{\pm 0.174 + 0.18}{4 \cdot 10^{-5}} =$$

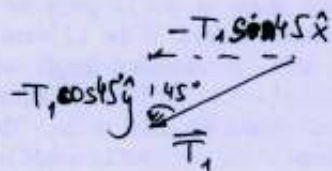
$$= \begin{cases} 8850 \text{ m} \\ \approx 150 \text{ m} \end{cases} \quad \left(\begin{array}{l} \text{כל } 142 \text{ מ } 13 \text{ י} \\ \text{לוקחים ספרות (100)} \\ \text{במקום העשרים הימניים} \end{array} \right)$$

מכתב מוסר לו גשר נכנס

פירוק



ל.ד.



פירוק ל- T_1

פירוק ל- T_2

$$\vec{T}_2 = -T_2 \sin 45^\circ \hat{x} + T_2 \cos 45^\circ \hat{y}$$

לשם כתיבת דינאמיקה

$$m \ddot{y} = T_2 \cos 45^\circ - T_1 \cos 45^\circ - mg$$

אין מרחב דינאמיקה \hat{y} , אכן:

$$(T_2 - T_1) \cos 45^\circ = mg$$

לשם כתיבת דינאמיקה

אבל המשוואה כתיבת המוט (כאן, כתיבת \hat{x})

$$m \ddot{x} = -(T_1 + T_2) \sin 45^\circ$$

שם - מהירות - זווית היא: $\omega^2 r$, כאשר

$$r = l \sin 45^\circ$$

$$\begin{cases} -m \omega^2 l \sin 45^\circ = -(T_1 + T_2) \sin 45^\circ \\ T_2 - T_1 = \frac{mg}{\cos 45^\circ} \end{cases}$$

$$T_1 + T_2 = + m\omega^2 l$$

$$\begin{cases} T_1 = -T_2 + m\omega^2 l \\ T_2 = T_1 + \frac{mg}{\cos 45^\circ} \end{cases}$$

$$T_1 = -T_1 - \frac{mg}{\cos 45^\circ} + m\omega^2 l$$

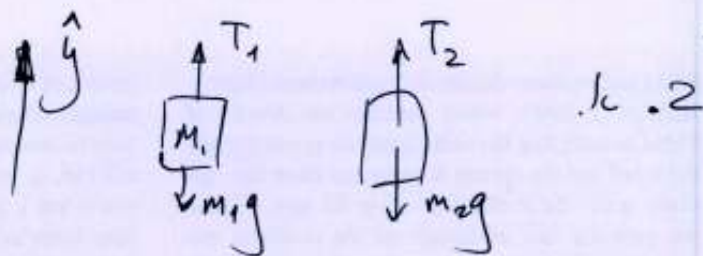
פירוק הסימן $\rightarrow T_1 = + \frac{m}{2} \left[\omega^2 l - \frac{g}{\cos 45^\circ} \right]$

פירוק הסימן $\rightarrow T_2 = T_1 + \frac{mg}{\cos 45^\circ} = \frac{m}{2} \left[\omega^2 l + \frac{g}{\cos 45^\circ} \right]$

$$T_2 = \frac{1}{2} \left[10^2 \cdot \frac{1}{2} + \frac{9.8}{\frac{\sqrt{2}}{2}} \right] = \quad \cdot 2$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 10^2 + 6.93 \approx \underline{\underline{32 \text{ N}}}$$

$$T_1 = \frac{1}{2} \left[10^2 \cdot \frac{1}{2} - \frac{9.8}{\frac{\sqrt{2}}{2}} \right] = 25 - 6.93 \approx \underline{\underline{18 \text{ N}}}$$



$$\begin{cases} T_1 - m_1 g = m_1 \ddot{y}_1 \\ T_2 - m_2 g = m_2 \ddot{y}_2 \end{cases} \quad \text{כוחות נורמליים}$$

כוחות נורמליים, כוחות כובד, כוחות:

$$\ddot{y}_2 = -\ddot{y}_1 \equiv a$$

כוחות נורמליים
כוחות כובד
כוחות

$$\begin{cases} T_1 - m_1 g = -m_1 a \\ T_2 - m_2 g = m_2 a \end{cases}$$

כוחות נורמליים, כוחות כובד, כוחות:

$$T_1 = T_2 = T$$

$$\begin{cases} T - m_1 g = -m_1 a \\ T - m_2 g = m_2 a \end{cases}$$

$$0 = m_1 g - m_1 a - m_2 g + m_2 a$$

~~$$(m_1 + m_2) a = (m_1 - m_2) g$$~~

$$(m_1 + m_2) a = (m_1 - m_2) g$$

$$a = \frac{(m_1 - m_2)}{m_1 + m_2} g$$

$$\begin{cases} \ddot{y}_1 = -\left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\right) g \\ \ddot{y}_2 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} g \end{cases} \quad \text{כוחות נורמליים}$$

ד. המיני, קרע יציב-אמא, (עזר דמאיר) זכה לכו של המיני. לכן, יציב-אמא לכו משם למ המע של המיני. כמובן, אמא המיני קרע

עז יציב המיני ממנו המיני, :

$$\tilde{m}_1(t) = m_1 - bt$$

לכן:

$$\ddot{y}_1 = - \frac{(m_1 - bt) - m_2}{(m_1 - bt) + m_2} g$$

$$\ddot{y}_2 = \frac{(m_1 - bt) - m_2}{(m_1 - bt) + m_2} g$$

המסה המעל המיני השמאל; לאור פניות החו בתנועת האנטי-הקאס-פ.

ע. עמה לא נטל לכו ע; T_1 שונה ל- T_2 .

$$\begin{cases} T_1 - \tilde{m}_1 g = -\tilde{m}_1 a \\ T_2 - m_2 g = m_2 a \end{cases}$$

אמה קרע-המיני השמאל.

שקל המובן של המעל:

$$|\bar{c}| = |(T_1 - T_2)R|$$

$$\begin{cases} I\dot{\omega} = (T_1 - T_2)R \\ RW = v \Rightarrow R\dot{\omega} = a \end{cases}$$

$$\begin{cases} I \frac{a}{R} = T_1 - T_2 \\ T_1 - \tilde{m}_1 g = -\tilde{m}_1 a \\ T_2 - m_2 g = m_2 a \end{cases}$$

$$I \frac{a}{R^2} = \tilde{m}_1 g - \tilde{m}_1 a - m_2 g - m_2 a$$

$$a \left[\tilde{m}_1 + m_2 + \frac{I}{R^2} \right] = \tilde{m}_1 g - m_2 g$$

$$a = \frac{(m_1 - bt) - m_2}{(m_1 - bt) + m_2 + \frac{I}{R^2}} g$$

$$\tilde{m}_1 = m_1 - bt$$

$$\ddot{y}_1 = - \frac{(m_1 - bt) - m_2}{(m_1 - bt) + m_2 + \frac{I}{R^2}} g$$
$$\ddot{y}_2 = \frac{(m_1 - bt) - m_2}{(m_1 - bt) + m_2 + \frac{I}{R^2}} g$$

$$\ddot{y}_1 = - \frac{(2 - 0.05 \cdot 10) - 1}{(2 - 0.05 \cdot 10) + 1 + \frac{1}{2} \cdot 4} \cdot 10 = - \frac{\frac{10}{2}}{4.5} = - \frac{10}{9} \approx -1.1 \frac{m}{s^2}$$

$$\ddot{y}_2 = \frac{10}{9} \approx 1.1 \frac{m}{s^2}$$

3. א. נקבע א-ה הסקרה של האנרגיה הסטטיסטית

בזמן ארוך ההתנהגות של מסלול הקוביה.

כאשר האנרגיה בתהום המסלול היא $U_p = 0$

האנרגיה בתהום המסלול היא $U_p = -mgR$ הסטטיסטית

כוח נורמלי המופעל על הקוביה \vec{N} המשטח המגנטי, מאונך למסלול ולא משנה את האנרגיה של הקוביה. לכן, האנרגיה הכוללת של הקוביה

$$E_T(\theta) = E_T(\theta) \quad (\text{שטח הקוביה})$$

כאשר θ מונקה כרוך המסלול.

$$E_T(\theta) = U_p(\theta) + \frac{1}{2}mv^2(\theta) =$$

$$= -mgR \cos \theta + \frac{1}{2}mv^2(\theta)$$

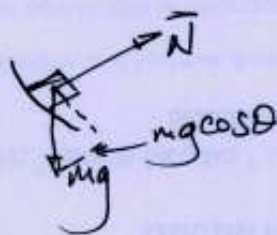
אבל האנרגיה בשטח הקוביה מוגבלת להיות \leq לפי:

$$v^2(\theta) = 2gR \cos \theta$$

מאיזון במסלול מעגלי: $v = \omega R$ יורד אטל:

$$\boxed{\omega^2(\theta) = \frac{2g \cos \theta}{R}}$$

נרשום את משוואת הכוחות הכוללים \vec{F}



$$-N \hat{r} + mg \cos \theta \hat{r} = m \underbrace{(\ddot{\vec{r}} \cdot \hat{r})}_{\text{הרכיב ה-radial של האצה}} \hat{r}$$

לכן $\ddot{r} = 0$, לכן:

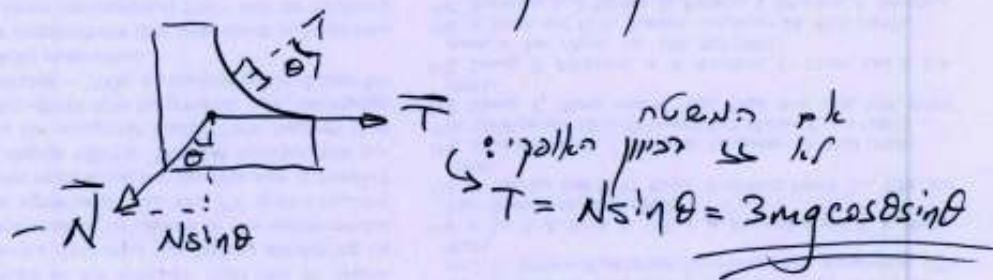
$$-N \hat{r} + mg \cos \theta \hat{r} = -mR\dot{\theta}^2 \hat{r}$$

$$\ddot{\vec{r}} = \underbrace{(\ddot{r} - r\dot{\theta}^2)}_{\text{המרכיב ה-radial}} \hat{r} + (2\dot{r}\dot{\theta} + r\ddot{\theta}) \hat{\theta}$$

$$N - mg \cos \theta = mR\omega^2(\theta)$$

$$\begin{aligned} N &= mg \cos \theta + mR\omega^2(\theta) = \\ &= m \{ g \cos \theta + 2g \cos \theta \} = 3mg \cos \theta \end{aligned}$$

ע"כ, כיוון הכוח הנורמלי, נוסף על כוח הכובד, היות הרוח היא הנורמלית למסלול, קיבלנו:

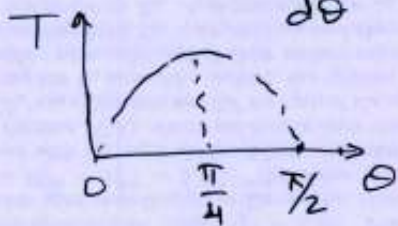


$$T = 3mg \cos \theta \sin \theta$$

$$\begin{aligned} \frac{dT}{d\theta} &= \frac{d}{d\theta} \left[\frac{3}{2} mg \sin 2\theta \right] = \\ &= 3mg \cos 2\theta \end{aligned}$$

$$\frac{dT}{d\theta} = 0 \Rightarrow 2\theta = \frac{\pi}{2}$$

$$\theta = \frac{\pi}{4} = 45^\circ$$



$$T_{\max} = T(\theta = \frac{\pi}{4}) = \frac{3}{2} mg$$

$$T_{\max} = \frac{3}{2} \cdot 2 \cdot 10 = 30 \text{ N}$$

$$U(r_a) - U(r_b) = \int_a^{r_b} \vec{F} \cdot d\vec{r} \quad \text{ל. 4}$$

$$U(r) - \underbrace{U(\infty)}_0 = \int_r^\infty \vec{F} \cdot d\vec{r}$$

כל כח מרכזי הוא כח משמר, ולכן המסלול הוא אליפטי-צירי-אלה משנה.

$$U(r) = \int_r^\infty \frac{kq_1q_2}{r^2} dr = -\frac{kq_1q_2}{r} \Big|_r^\infty = \frac{kq_1q_2}{r} = -\frac{k|q_1q_2|}{r}$$

$$\dot{\vec{L}} = \vec{r} \times \vec{F}$$

ה. שומר תנע:

$\vec{r} \parallel \vec{F}$
(מקביל)

אבל $\vec{r} \times \vec{F} = 0$, כי

$$\dot{\vec{L}} = 0$$

לכן

$$\vec{L} = \text{const}$$

אם הכיכר של \vec{L} קבוע, זה אומר

שהכיכר של $\vec{r} \times \vec{v}$ קבוע אל תמיד (שהרי: $\vec{L} = m\vec{r} \times \vec{v}$)

אם כן, \vec{L} מתאר את המישור המנוחה שהוא תמיד

המנוחה: $\vec{r} \perp \vec{v}$. אם \vec{L} קבוע בזמן -

פירושו שצדק ~~הוא~~ שכל המסלול נמצא

באלו מישור.

$$\vec{L} = m\vec{r} \times \vec{v} \quad .2$$

$$\vec{v} = \dot{r}\hat{r} + r\dot{\theta}\hat{\theta}$$

$$\vec{L} = m r \hat{r} \times (\dot{r}\hat{r} + r\dot{\theta}\hat{\theta}) = m r^2 \dot{\theta} \hat{z}$$

$$v_{\theta} = r\dot{\theta} = \frac{|\vec{L}|}{m r}$$

$$E_T = \frac{1}{2} m v^2 + U_p = \quad .3$$

$$= \frac{1}{2} m (\dot{r}\hat{r} + r\dot{\theta}\hat{\theta}) \cdot (\dot{r}\hat{r} + r\dot{\theta}\hat{\theta}) + U_p =$$

$$= \frac{1}{2} m \dot{r}^2 + \underbrace{\frac{1}{2} m r^2 \dot{\theta}^2}_{\frac{|\vec{L}|^2}{2 m r^2}} - \frac{k |q_1 q_2|}{r}$$

$$E_T = \frac{1}{2} m \dot{r}^2 + \frac{|\vec{L}|^2}{2 m r^2} - \frac{k |q_1 q_2|}{r}$$

התנאי של המפגש עם המסלול (כאשר, היכן
 שהמרחק של M_2 הוא הגדול או הקטן ביותר):

$$\frac{1}{2} m \dot{r}^2 = 0$$

$$E_T = \frac{|\vec{L}|^2}{2 m r^2} - \frac{k |q_1 q_2|}{r}$$

מאזן, האנרגיה הכוללת נשמרת, כמו שזכרנו

$$E_T = E_0 \quad \text{כל כוח מרכזי, אכן:}$$

$$\frac{|\vec{L}|^2}{2 m r^2} - \frac{k |q_1 q_2|}{r} = E_0$$

$$2 m E_0 r^2 + 2 m k |q_1 q_2| r - |\vec{L}|^2 = 0$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{התנאי של המפגש} \\ \text{נשמר!} \end{array} \right\} \rightarrow L_0 = |\vec{L}|$$

$$\Gamma_{1,2} = \frac{\pm \sqrt{4m_1^2 k^2 q_1 q_2^2 + 8m_1 E_0 L_0^2} - 2m_1 k |q_1 q_2|}{4m_1 E_0}$$

$\therefore \Gamma > 0, E_0 < 0$

$$\Gamma_{1,2} = \frac{\pm \sqrt{4m_1^2 k^2 q_1 q_2^2 - 8m_1 |E_0| L_0^2} + 2m_1 k |q_1 q_2|}{4m_1 |E_0|}$$

הנתון: $M_2 = \frac{1}{2} M_1$ $\therefore M_1 = 2M_2$

$M_2 = \frac{1}{2} M_1$ $\therefore M_1 = 2M_2$

$$\Gamma_{1,2} = \frac{\pm \sqrt{4 \cdot 10^{-10} \cdot 81 \cdot 10^{18} \cdot 10^{-12} - 8 \cdot 10^{-5} \cdot 1 \cdot 25} + 2 \cdot 10^{-5} \cdot 9 \cdot 10 \cdot 10^{-6}}{4 \cdot 10^{-5} \cdot 1}$$

$$= \frac{\pm \sqrt{0.0324 - 0.002} + 0.18}{4 \cdot 10^{-5}} = \frac{\pm 0.174 + 0.18}{4 \cdot 10^{-5}} =$$

$$= \begin{cases} 8850 \text{ m} \\ \approx 150 \text{ m} \end{cases} \quad \left(\begin{array}{l} \text{לנתונים מסתובב (אסוף)} \\ \text{במרחק המרחק 131} \\ \text{מרחק המרחק 142 מ} \end{array} \right)$$