

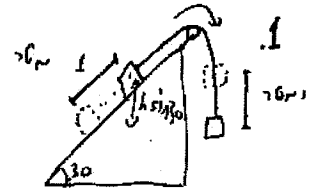
1)

$h = 1m$

מסוקות מיקום המעלה

(נניח מסוקים בסיכון המעלה)

5 מטר | 1 מטר

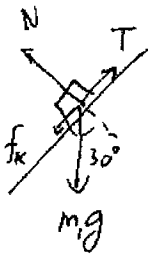


$$\begin{cases} \text{מכאן } E = m_2 g h \\ \parallel \\ \text{כאן } E = m_1 g h \sin 30 + \frac{1}{2} m_1 v^2 + \frac{1}{2} m_2 v^2 \end{cases}$$

(אנרגיה מוטורית למעלה) (אנרגיה פוטנציאלית)

$$v = \left[ \frac{2}{m_1 + m_2} (g h) (m_2 - m_1 \sin 30) \right]^{1/2} = \underline{\underline{8.85 \text{ m/s}}}$$

כיוון זה של המסה הזו יורד ויורד  
 המסה הזו יורד  $m_2 - m_1 \sin 30$  כיוון זה  
 יורד כי המסה הזו יורד למטה  
 כיוון המעלה (כיוון זה) יורד כי  
 זה כיוון המעלה כיוון המעלה



$\Delta E = \Delta E_{\text{pot}} + W_{fk}$  (אנרגיה פוטנציאלית, אנרגיה קינמטית)

$W_{fk} = -f_k \cdot h = -\mu_k N h = -\mu_k m_1 g \cos 30 \cdot h$

$\frac{1}{2} (m_1 + m_2) v^2 = (m_2 - m_1 \sin 30) g h - \mu_k m_1 g \cos 30 h$

$v = \underline{\underline{8.05 \text{ m/s}}}$

1.4117 - פתרון

$$F(x) = \begin{cases} 2x & 0 \leq x \leq 5 \\ 10 & 5 \leq x \leq 15 \\ 40-2x & 15 \leq x \leq 20 \end{cases} \quad \text{נתון:}$$

$$m = 5 \text{ kg}, \quad v_0 = 4 \text{ m/s.}$$

∴ נחשב את עבודת הכוחות השונים

$$W_1 = \int_{x=0}^{x=5} F_1(x) dx = \int_0^5 2x dx = [x^2]_0^5 = 25 \text{ J} \quad (1)$$

$$W_2 = \int_{x=5}^{x=15} F_2(x) dx = \int_5^{15} 10 \cdot dx = [10x]_5^{15} = 10(15-5) = 100 \text{ J} \quad (2)$$

$$W_3 = \int_{x=15}^{x=20} F_3(x) dx = \int_{15}^{20} (40-2x) dx = [40x - x^2]_{15}^{20} = (3) \\ = 40 \cdot 20 - 20^2 - 40 \cdot 15 + 15^2 = 25 \text{ J}$$

∴ עבודה מכללית של כוחות אלו היא  $\Delta E = 150 \text{ J}$

$$\Delta E = W_1 + W_2 + W_3 = 150 \text{ J}$$

$$\Delta E = \frac{1}{2} m v_1^2 - \frac{1}{2} m v_0^2$$

$$v_1^2 = v_0^2 + \frac{2 \Delta E}{m}$$

∴  $v_1 = \sqrt{v_0^2 + \frac{2 \Delta E}{m}} = \sqrt{16 + \frac{2 \cdot 150}{5}} \approx 8.72 \text{ m/s}$

## תנועה מעגלית זקופה

על מנת שהגוף יבצע תנועה מעגלית זקופה, נדרוש שהחוט יהיה מתוח בכל עת ( $T \geq 0$ ). הנקודה הקריטית ביותר היא כשהגוף בשיא הגובה. מהירותו שם היא  $v_0$ . לכן, תאוצתו הרדיאלית לכיוון מרכז המעגל היא  $\frac{v_0^2}{l}$ . נרשום את משוואת החוק השני של ניוטון עבור הנקודה הכי גבוהה:

$$\begin{aligned}T + mg &= m \frac{v_0^2}{l} \\ m \frac{v_0^2}{l} - mg &= T \geq 0 \\ v_0 &\geq \sqrt{gl}\end{aligned}$$

מעניקים לכדור  $v_0 = 2\sqrt{gl}$ . אנחנו יודעים על פי הסעיף הראשון שהגוף אכן יבצע תנועה מעגלית זקופה. אפשר למצוא את מהירות הגוף בכל זווית בעזרת משוואת שימור האנרגיה. נקבע את האפס במרכז המעגל, ונקבל:

$$\begin{aligned}K_i + U_i &= K_f + U_f \\ \frac{mv_0^2}{2} + mgl &= \frac{mv^2}{2} + mgl \cos \theta \\ v^2 &= v_0^2 + 2gl(1 - \cos \theta) = 4gl + 2gl - 2gl \cos \theta = 2gl(3 - \cos \theta)\end{aligned}$$

אז יש לנו גוף שנע בתנועה מעגלית, ואנחנו יודעים את מהירותו בכל עת. על מנת לקבל את המתיחות בחוט, נרשום את משוואות החוק השני עבור הציר הרדיאלי:

$$\begin{aligned}T + mg \cos \theta &= ma_r = m \frac{v^2}{l} \\ T &= m \frac{v^2}{l} - mg \cos \theta = mg(6 - 2 \cos \theta) - mg \cos \theta = mg(6 - 3 \cos \theta)\end{aligned}$$

אומרים לנו שהחוט יקרע ב  $T_{max}$ . כלומר ב:

$$\begin{aligned}T &= mg(6 - 3 \cos \theta) = T_{max} \\ 6mg - T_{max} &= 3mg \cos \theta \\ \cos \theta &= \frac{6}{3} - \frac{T_{max}}{3mg} = 2 - \frac{3.6}{3} = 0.8\end{aligned}$$

את המהירות כפונקציה של הזווית כבר מצאנו מזמן, רק נציב את הזווית שחישבנו:

$$v_1 = \sqrt{gl(6 - 2 \cos \theta)} = \sqrt{4.4gl}$$

לסעיף האחרון אנחנו צריכים את הרכיב האנכי של המהירות, ואת גובה הגוף ברגע הניתוק. יש לנו את גודל המהירות ואת הזווית, ולכן הכל ידוע. גובה הנתק (ביחס לס שקבעתי במרכז המעגל) הוא:

$$y_1 = l \cos \theta = 0.8l$$

ורכיב ה  $y$  של המהירות:

$$v_{1y} = -v_1 \sin \theta = -v_1 \sqrt{1 - \cos^2 \theta} = -\sqrt{4.4gl} \sqrt{0.36} = -\sqrt{1.58gl}$$

נותר רק לרשום את משוואות התנועה של הגוף:

$$y = y_0 + v_0 t + a \frac{t^2}{2}$$

$$-3l = 0.8l - \sqrt{1.58gl}t - g \frac{t^2}{2}$$

$$\frac{g}{2}t^2 + \sqrt{1.58gl}t - 3.8l = 0$$

$$t_{1,2} = \frac{-\sqrt{1.58gl} \pm \sqrt{1.58gl + 4 \cdot 3.8l \cdot \frac{g}{2}}}{g}$$

$$t_+ \approx 0.56s$$

הזמן החיובי הוא הזמן הרלוונטי בבעיה שלנו.

## קפיץ וחיכוך

בתנועה  $A$  ל  $C$  פועלים כוחות הכובד, הנורמל, והחיכוך. הכובד משמר, הנורמל תמיד ניצב לתנועה ולכן אינו עושה עבודה, ואת עבודת החיכוך אנו יכולים לחשב. כוח החיכוך בקטע המדובר הוא:

$$f = \mu_k N$$

$$N - mg = 0$$

$$f = \mu_k mg$$

$$W = \int f dr = -\mu_k mgd$$

נסמן את גובה 0 במישור, ונשתמש במשפט עבודה אנרגיה:

$$K_i + U_i + W = K_f + U_f$$

$$mgR - \mu_k mgd = \frac{mv^2}{2}$$

$$v^2 = 2g(R - \mu_k d)$$

שימו לב שהמהירות בריבוע חייבת להיות חיובית, וזה נותן לנו תנאי לגבי האם בכלל הגוף יגיע לקפיץ. הקפיץ מתכווץ ב  $S$ , והשוואת האנרגיה מרגע הפגיעה בקפיץ ועד סיום ההתכווצות נותנת:

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{kS^2}{2}$$

$$2mg(R - \mu_k d) = kS^2$$

$$k = \frac{2mg(R - \mu_k d)}{S^2}$$

מכיוון שהחיכוך בהלוך ובחזור יעשה את אותה עבודה, ניתן פשוט לרשום את משפט העבודה-אנרגיה מתחילת התנועה ועד סופה:

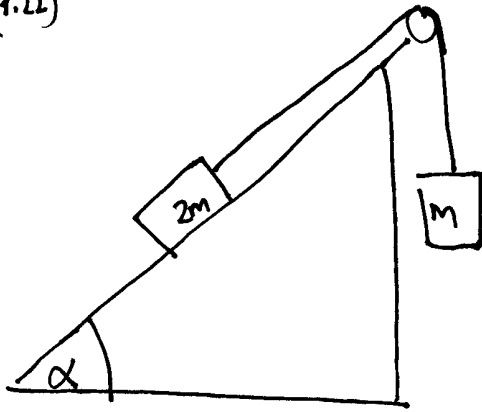
$$mgR + W = mgh$$

$$mgR - 2 \cdot \mu_k mgd = mgh$$

$$h = R - 2\mu_k d$$

יש לשים לב ש  $h > 0$ . אם מקבלים גובה קטן מאפס, זה אומר שהגוף בכלל לא יסיים את התנועה, והחיכוך יעצור אותו בדרך.

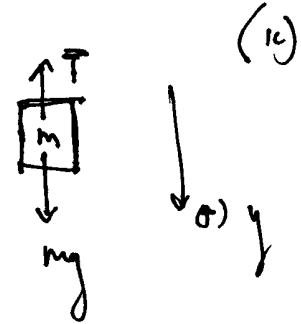
(4.22)



ex-09-04

..  
: אלו קור

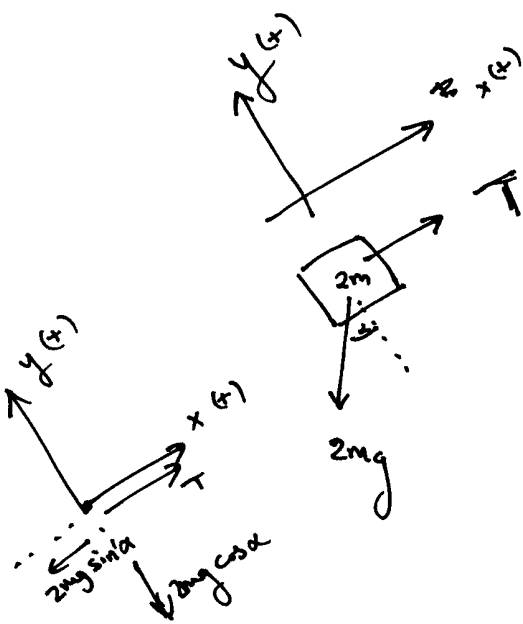
$$\Sigma F_y = 0$$



$$mg - T = 0$$

$$\Rightarrow \underline{mg = T} \quad (i)$$

סביר הנסה הישנה:



$$\Sigma F_x = 0$$

$$T - 2mg \sin \alpha = 0$$

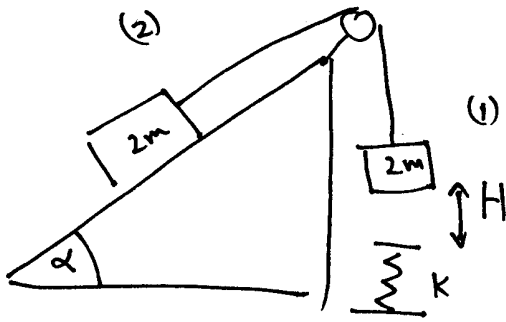
זי (ii)

נכנס (ii) ונקבל (i) ו- (ii) נכנס (iii)

$$mg - 2mg \sin \alpha = 0$$

$$1 = 2 \sin \alpha$$

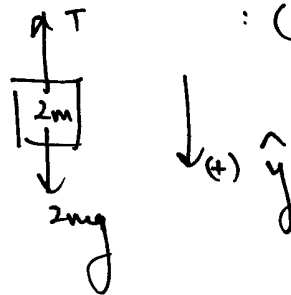
$$\alpha = 30^\circ /$$



(7)

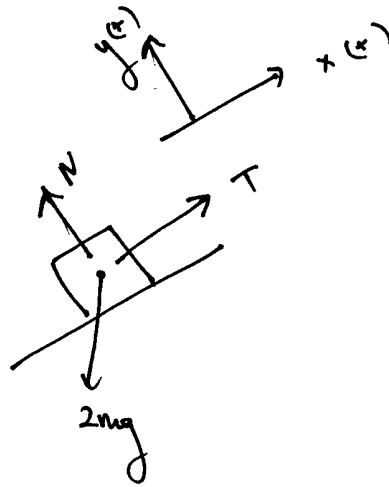
$\alpha$   $\rightarrow$   $30^\circ$   
 תנאי פירוק  
 $(\alpha = 30^\circ)$

$$\sum F_y = (2m) \cdot a$$



: (1) נורם לרוב ברוך

(i)  $2mg - T = 2m \cdot a$



: (2) נורם לרוב ברוך

$$\sum F_x = (2m) \cdot a$$

(ii)  $T - 2mg \sin \alpha = 2m \cdot a$

(ii)  $T - mg = 2m a$

תנאי  $\alpha = 30^\circ$

$$\left| \frac{mg}{4} = ma \right| \Rightarrow \left| a = \frac{g}{4} \right|$$

(iii) (i) נורם

$$V^2 = V_0^2 + 2a \cdot H$$

$$V^2 = 2 \cdot g/4 \cdot H$$

$$(V_0 = 0)$$

$$V = \sqrt{gH/2}$$

$$m_1^* = m_2^* = 2m$$

צדן נוסף - צדן של גורר אנרגיה.

$E_i = E_f$  שימור האנרגיה (כל שימור אנרגיה של המערכת)

$$E_{1i} + E_{2i} = E_{1f} + E_{2f}$$

$$\frac{1}{2} m_1^* V_{10}^2 + m_1^* g h_{10} + \frac{1}{2} m_2^* V_{20}^2 + m_2 g h_{20}$$

$$= \frac{1}{2} m_1^* V_{1f}^2 + m_1^* g h_{1f} + \frac{1}{2} m_2^* V_{2f}^2 + m_2 g h_{2f}$$

$h_{10} = h_{20} = 0$  ניקח לכתוב [למטה של אפס] וכן  $V_{10} = V_{20} = 0$  כיוון  $\alpha = 30^\circ$

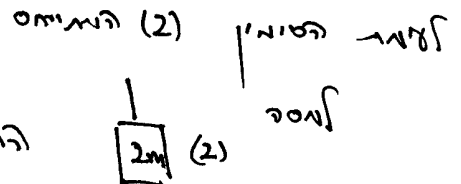
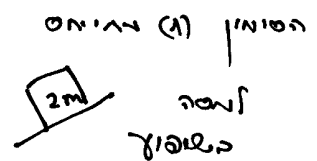
$$0 + 0 + 0 + 0 = \frac{1}{2} (2m) V^2 + 2mg (H \sin \alpha)$$

$$+ \frac{1}{2} (2m) V^2 + 2mg (-H)$$

$\alpha = 30^\circ$  : לכן

$$0 = -mgH + 2mV^2$$

$$V = \sqrt{gH/2}$$



$i = \text{initial}$  : התחלה

$f = \text{final}$  : סוף

שימור האנרגיה "כאשר" , אנרגיה קינטית



$$x = \frac{H}{\sin 30^\circ}$$

:(3) פרו

$$E_{el_i} + E_{i_i} + E_{2_i} = E_{1_f} + E_{2_f} + E_{el_i}$$

$$0 + (0+0) + (0+0) = \frac{1}{2} m_1^* v_{1_f}^2 + m_1^* g h_{1_f} + \frac{1}{2} m_2^* v_{2_f}^2$$

$$+ m_2^* g h_{2_f} + \frac{1}{2} k x^2$$

פירוש: משוואת אנרגיה שממנה נגזר כי המהירות של המסה 1 היא 0 והמהירות של המסה 2 היא 0.

$$0 = 0 + (2m)g(H+x) \sin 30^\circ + 0$$

$$v_{1_f} = v_{2_f} = 0$$

$$- 2mg(H+x) + \frac{1}{2} k x^2$$

$$0 = mgH + mgx - 2mgH - 2mgx + \frac{1}{2} k x^2$$

$$0 = +\frac{1}{2} k x^2 - mgx - mgH$$

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

$$x_{1,2} = \frac{mg}{k} \pm \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{4m^2 g^2}{k^2}\right) + \frac{8mgH}{k}}$$

$$x_{1,2} = \frac{mg}{k} \pm \sqrt{\left(\frac{mg}{k}\right)^2 + \frac{2mgH}{k}}$$



