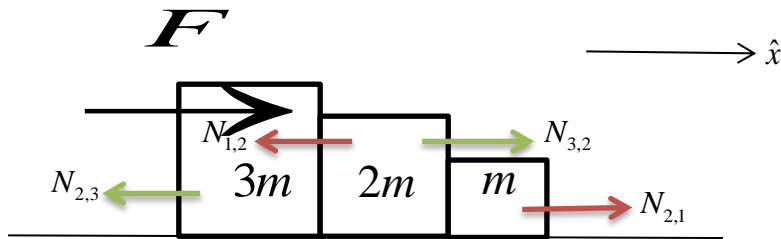


## פרק 7-חוקי ניוטון וכוחות

$$\sum \vec{F} = (1-0.3)\hat{x} + 3\hat{y} + (11.1-19.6-5.3)\hat{z} = 0.7\hat{x} + 3\hat{y} + -13.8\hat{z}$$

$$\vec{a} = \frac{\sum \vec{F}}{m} = \frac{0.7\hat{x} + 3\hat{y} + -13.8\hat{z}}{2} = (0.35\hat{x} + 1.5\hat{y} + -6.9\hat{z}) \frac{m}{s^2} \quad .1$$

2. נכתוב משוואת כוחות עבור כל מסה בנפרד, כאשר נתייחס לציר X בלבד (על ציר Y אין תאוצה). באשר רושמים משוואות כוחות עבור ציר מסוים- כלומר, עבור רכיבי ווקטורים, כל רכיב ייכתב עם מקדם של + או -, לפי הכיוון של הרכיב ביחס לציר: רכיבים שמכוונים לכיוון החיובי של הציר עם פלוס ורכיבים אשר מכוונים לכיוון השלילי עם מינוס. כל הגופים נעים יחד- ולכן כל התאוצות שוות זו לזו (נכון לשלב זה ניתן להניח זאת, בהמשך הלימודים שלכם תצטרכו להוכיח זאת):



$$1) 3m : F - N_{2,3} = 3m \cdot a$$

$$2) 2m : N_{3,2} - N_{1,2} = 2m \cdot a$$

$$3) m : N_{2,1} = m \cdot a$$

נשים לב כי קיבלנו 3 משוואות עם 5 נעלמים, כלומר, עלינו לייצר עוד 2 משוואות על מנת לפתור. לשם כך נשתמש בחוק השלישי של ניוטון-

$$4) N_{1,2} = N_{2,1}$$

$$5) N_{2,3} = N_{3,2}$$

כעת ניתן לחלץ את  $a$  :

$$a = \frac{F - N_{2,3}}{3m} = \frac{N_{3,2} - N_{1,2}}{2m} = \frac{N_{2,1}}{m} \Rightarrow N_{3,2} = 3N_{1,2}$$

$$F = 6N_{2,1} \Rightarrow N_{2,1} = \frac{F}{6}, N_{3,2} = \frac{F}{2}$$

$$a = \frac{N_{1,2}}{m} = \frac{F}{6m}$$

$$\vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow 2t\hat{x} = 0.5\vec{a}$$

$$\vec{a} = 4t\hat{x}$$

$$\vec{v} = \int \vec{a} dt = \hat{x} \int 4t dt = 2t^2\hat{x} + \vec{c}$$

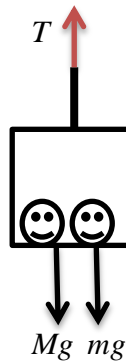
$$\vec{v}(t=0) = 0 \Rightarrow \vec{c} = 0, \vec{v}(t) = 2t^2\hat{x}$$

$$\vec{r} = \int \vec{v} dt = \hat{x} \int 2t^2 dt = \frac{2}{3}t^3\hat{x} + \vec{c}$$

$$\vec{r}(t=0) = 0 \Rightarrow \vec{c} = 0, \vec{r}(t) = \frac{2}{3}t^3\hat{x}$$

משוואת כוחות:

$$T - mg - Mg = (m + M)a$$



4. כוח הכבידה הפועל על המעלית עצמה

$$mg = 1000 \cdot 9.8 = 9800N \text{ : (כאשר היא ריקה)}$$

$$2.1 \cdot 10^4 - 9800 - Mg = (1000 + M) \cdot 1$$

$$M(g + 1) = 10,200$$

$$M = 944.44kg$$

$$\frac{M}{70} = 13.5$$

נציב את המספרים המקסימליים האפשריים:

קיבלנו כי המספר המקסימלי של אנשים שיכולים להשתמש במעלית במקביל הוא 13- מעגלים כמובן כלפי מטה.

5. א. התיבה מאיצה במשך 10 שניות וממשיכה במהירות קבועה.

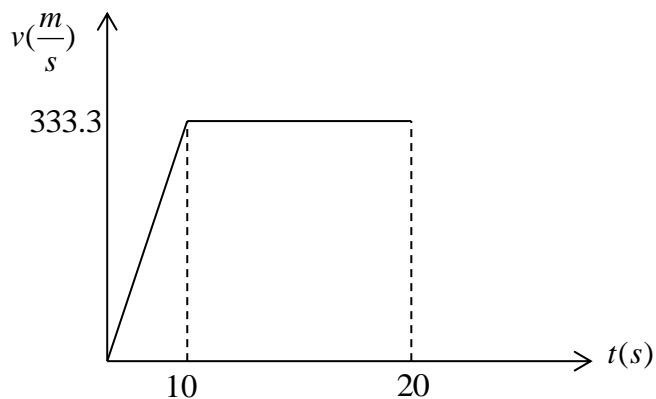
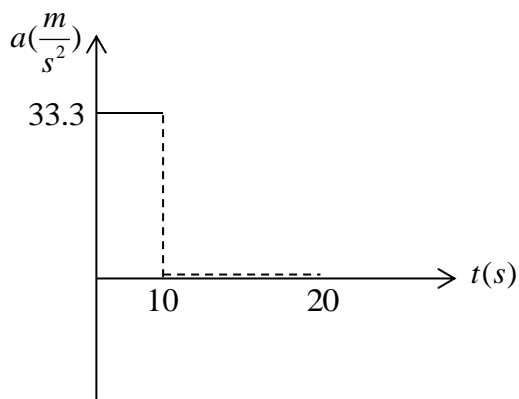
$$a = \frac{F}{m} = \frac{100}{3} = 33.3 \frac{m}{s^2} \quad \text{ב.}$$

ג. 0 – כאשר לא פועלים על גוף כוחות הוא לא מאיץ, מהחוק הראשון של ניוטון

$$v_0 = 0, a = 33.3 \frac{m}{s^2}, t = 10s$$

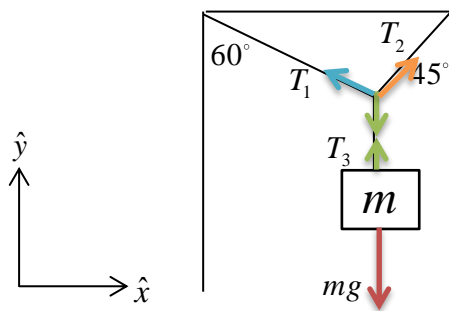
ד.

$$v = v_0 + at = 333.33 \frac{m}{s}$$



.6

נתחיל מהמסה-m:



$$\vec{a} = 0 \Rightarrow \hat{y}: T_3 - mg = 0$$

$$T_3 = mg = 49N$$

כעת נסתכל על הנקודה בה כל החוטים מתחברים זה לזה:

$$\vec{T}_1 = -T_1 \sin 60^\circ \hat{x} + T_1 \cos 60^\circ \hat{y}$$

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

$$\vec{T}_3 = -T_3 \hat{y}$$

$$\vec{a} = 0 \Rightarrow \vec{T}_3 + \vec{T}_2 + \vec{T}_1 = 0$$

$$0 = (-T_1 \sin 60^\circ + T_2 \sin 45^\circ) \hat{x} + (T_1 \cos 60^\circ + T_2 \cos 45^\circ - T_3) \hat{y}$$

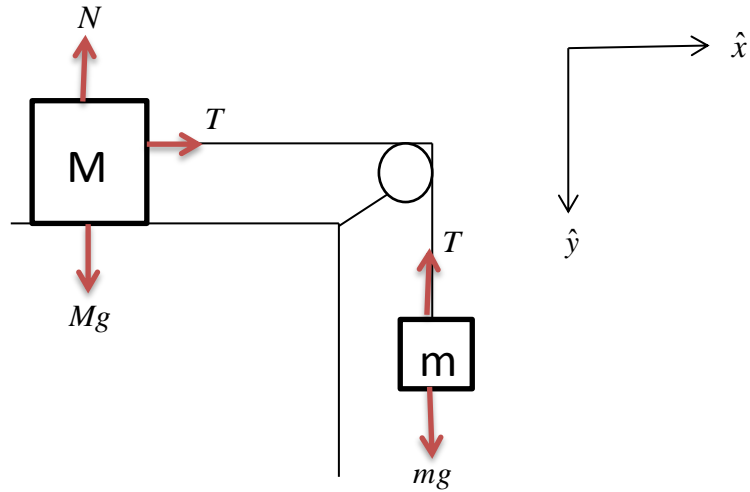
$$\sum F_x = \sum F_y = 0$$

$$T_1 \sin 60^\circ = T_2 \sin 45^\circ \Rightarrow T_1 = \sqrt{\frac{2}{3}} T_2$$

$$T_1 \cos 60^\circ + T_2 \cos 45^\circ = T_3 = mg$$

$$T_2 = 43.93N, T_1 = 35.87N$$

.7



מכיוון שההעתקים של שני הגופים שווים- עוברים באותו פרק זמן את אותו המרחק (בכיוונים שונים כמובן), אז גודל התאוצות של שני הגופים שווה.

$M$  :

$$\hat{x} : Ma_x = T$$

$$\hat{y} : a_y = 0 \Rightarrow Mg = N$$

$m$  :

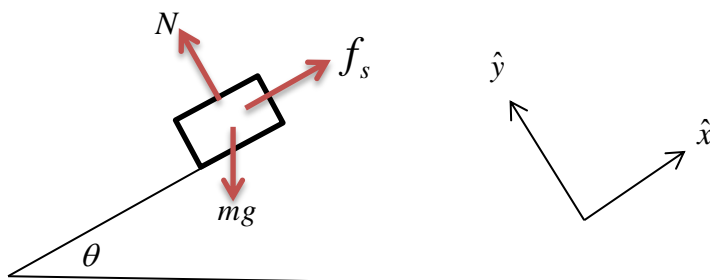
$$\hat{y} : mg - T = ma_y$$

$$a_x = a_y \equiv a$$

$$mg - Ma = ma$$

$$a = \frac{mg}{m + M}$$

8. נסתכל קודם על המצב הקריטי- רגע לפני ההחלקה, כשהזווית מקסימלית אבל הגוף עדיין במנוחה, ברגע זה החיכוך עדיין סטטי:



$$\hat{x}: f_s = mg \sin \theta$$

$$\hat{y}: N = mg \cos \theta$$

$$f_s = N \cdot \mu_s = mg \cos \theta \mu_s$$

$$mg \cos \theta \mu_s = mg \sin \theta$$

$$\mu_s = \frac{\sin \theta}{\cos \theta} = \tan \theta$$

$$\theta = 45^\circ \Rightarrow \mu_s = 1$$

במצב השני, הגוף מחליק בתאוצה קבועה, נרשום שוב משוואות כוחות, כשהפעם החיכוך הוא חיכוך קינטי:

$$\hat{x}: f_k - mg \sin \theta = ma_x$$

$$\hat{y}: N = mg \cos \theta$$

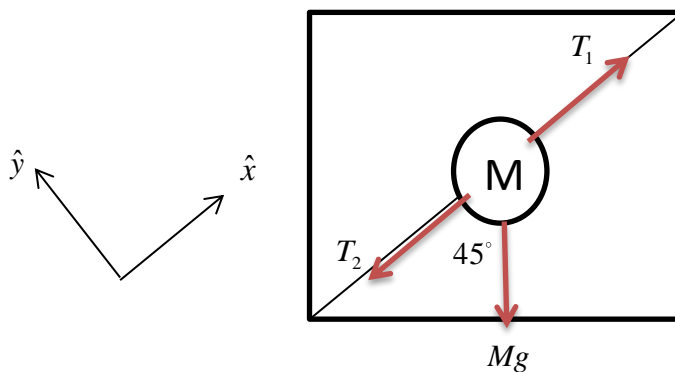
$$f_s = N \cdot \mu_k = mg \cos \theta \mu_k$$

$$mg \cos \theta \mu_k - mg \sin \theta = ma_x$$

$$\mu_k = \frac{a_x + g \sin \theta}{g \cos \theta} = \frac{\frac{-g}{2\sqrt{2}} + g \sin \theta}{g \cos \theta}$$

$$\theta = 45^\circ \Rightarrow \mu_k = \frac{1}{2}$$

9. עבור המצב הראשון, נרשום משוואות כוחות:

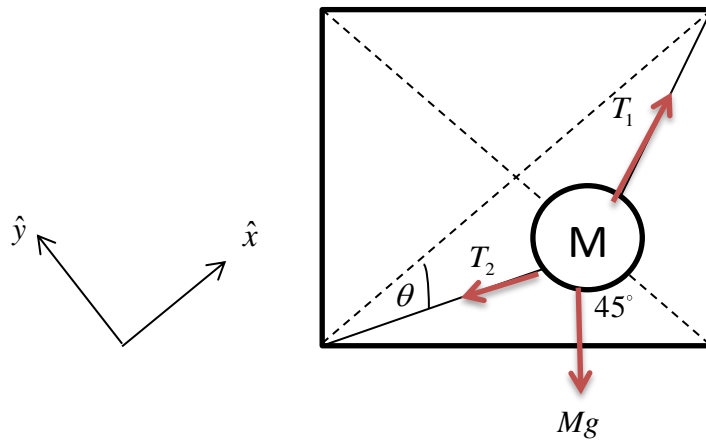


$$\hat{x}: T_1 - T_2 - mg \cos 45^\circ = 0 \cdot M$$

$$\hat{y}: -mg \sin 45^\circ \neq 0 \cdot M$$

ניתן לראות כי אין כוח שיאזן את הכוח הכבידה על ציר ה-Y ולכן זה לא מתקיים.

שאלת אתגר:



המערכת במנוחה ולכן אין תאוצה.

$$\hat{x}: T_1 \cos \theta - T_2 \cos \theta - mg \cos 45^\circ = 0 \cdot M$$

$$\hat{y}: T_1 \sin \theta + T_2 \sin \theta - mg \sin 45^\circ = 0 \cdot M$$

$$T_1 = \frac{T_2 \cos \theta + mg \cos 45^\circ}{\cos \theta}$$

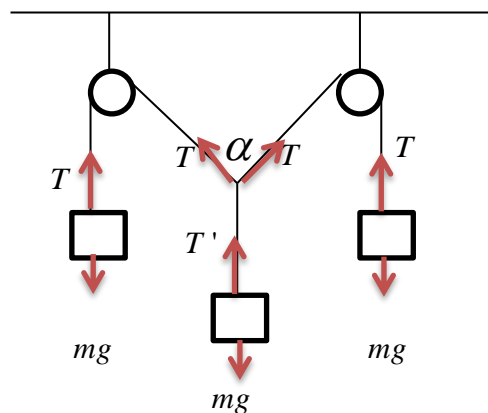
$$\frac{T_2 \cos \theta + mg \cos 45^\circ}{\cos \theta} \sin \theta + T_2 \sin \theta - mg \sin 45^\circ = 0$$

$$tg\theta \frac{\sqrt{2}}{2} mg + 2T_2 \sin \theta = \frac{\sqrt{2}}{2} mg$$

$$T_2 = \frac{\frac{\sqrt{2}}{2} mg(1 - tg\theta)}{2 \sin \theta}$$

$$T_1 = \frac{\frac{\sqrt{2}}{2} mg(1 - tg\theta)}{2 \sin \theta} + \frac{mg \frac{\sqrt{2}}{2}}{\cos \theta}$$

.10



עבור המסה המרכזית:

$$mg = T' = 2T \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

$$mg = 2mg \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

$$\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \frac{1}{2} \Rightarrow \alpha = 120^\circ$$

עבור 2 המסות החיצוניות:

$$mg = T$$

11. כוח העילוי וכוח הכבידה הם היחידים שפועלים על המטוס ואם המהירות קבועה- אז סכום הכוחות שווה לאפס:

$$F = mg = \alpha v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{mg}{\alpha}} = 99 \frac{m}{s}$$

.12

$$z_0 = h, \vec{v}_0 = v_0 \hat{x}$$

$$\sum \vec{F} = -mg\hat{z} + F_w \hat{y} = m\vec{a}$$

$$\vec{a} = -g\hat{z} + \frac{F_w}{m} \hat{y}$$

$$\vec{v} = -gt\hat{z} + \frac{F_w t}{m} \hat{y} + \vec{c}$$

$$\vec{v}(t=0) = v_0 \hat{x} = \vec{c}$$

$$\vec{v} = -gt\hat{z} + \frac{F_w t}{m} \hat{y} + v_0 \hat{x}$$

$$\vec{r} = -\frac{gt^2}{2} \hat{z} + \frac{F_w t^2}{2m} \hat{y} + v_0 t \hat{x} + \vec{c}$$

$$\vec{r}(t=0) = h\hat{z} = \vec{c}$$

$$\vec{r} = (h - \frac{gt^2}{2})\hat{z} + \frac{F_w t^2}{2m} \hat{y} + v_0 t \hat{x}$$