

תרגול 7 – חוקי ניוטון

כוח – וקטור שעשוי לשנות את תנועתו של גוף מסויים, מסומן ב- \vec{F} , יחידות: N ניוטון
כוח שקול הוא הסכום הווקטורי של כל הכוחות הפועלים על הגוף. מסמנים את הכוח השקול \vec{F}_{net} או $\sum \vec{F}$
החוק הראשון של ניוטון: אם $\sum \vec{F} = 0$ (הכוח השקול על הגוף שווה ל-0), מהירות הגוף לא תשתנה.
החוק השני של ניוטון:

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

הכוח השקול על גוף שווה למכפלת מסת הגוף (סקלאר) בתאוצה שלו (ווקטור).

$$[N] = [kg] \left[\frac{m}{s^2} \right] = \left[kg \frac{m}{s^2} \right]$$

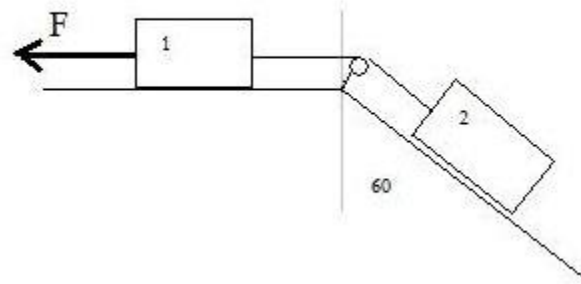
כמו שראינו בעבר, אפשר לפרק את ווקטור הכוח לרכיבים לפי הצירים שנקבע.
החוק השלישי של ניוטון: כאשר יש אינטראקציה בין שני גופים, הם מפעילים כוחות מנוגדים אחד על השני אשר שווים בגודלם והפוכים בכיוונים

$$\vec{F}_{1,2} = -\vec{F}_{2,1}$$

סדר פעולות עבודה עם כוחות:

1. לשרטט את הבעיה
2. לבחור מערכת צירים מתאימה – אם יש תאוצה בכיוון מסויים, בד"כ יהיה נוח לבחור ציר בכיוונה.
3. אם ישנם כמה גופים, לפרק את הבעיה לכל גוף.
4. תרשים כוחות – לשרטט לכל גוף בנפרד חצים עם כיווני הכוחות.
5. לכתוב משוואת כוחות לכל ציר.
6. נבדוק האם צריך עוד אילוץ על מנת לפתור את מערכת המשוואות

שאלה 1 <1 3111>



$$\varphi = 60^\circ, m_2 = 30\text{kg}, m_1 = 15\text{kg}$$

טיפ: אפשר לבחור מערכת צירים נפרדת עבור כל גוף. בשאלה הזו מבקשים את גודל הכוח בלבד כי כיוונו ידוע. אם מבקשים תשובה סופית שהיא ווקטור, חשוב להדגיש באיזו מערכת צירים מדובר.
א. נבחר מערכת צירים עבור כל גוף כך שציר אחד מקביל למשטח ואחד מאונך לו.

על המסה m_1 משוואות הכוחות הן:

$$\text{ציר } x: F - T = m_1 a_{x1} = 0$$

$$\text{ציר } y: N_1 - m_1 g = m_1 a_{y1} = 0$$

על המסה m_2

$$\text{ציר } x: T - m_2 g \cos \varphi = m_2 a_{x2} = 0$$

$$\text{ציר } y: N_2 - m_2 g \sin \varphi = m_2 a_{y2} = 0$$

צירי y של הגופים לא תורמים מידע לבעיה, אנחנו מחפשים את הכוח F , לכן נשתמש במשוואות בציר x , ונשלב אותם כדי לקבל

$$F = m_2 g \cos \varphi \approx 260\text{N}$$

ב. נשתמש במשוואות הכוחות מהסעיף הקודם, רק שעכשיו יש תאוצה בכיווני x של הגופים

$$\text{גוף } 1: F - T = m_1 a_{x1}$$

$$\text{גוף } 2: T - m_2 g \cos \varphi = m_2 a_{x2}$$

אנחנו צריכים עוד משוואה כדי לפתור. נוסיף אילוץ שהגופים מחוברים עם חוט שאינו נמתח, כך שהמרחק שגוף 1 יעבור מראשית הצירים הוא אותו מרחק שגוף 2 יעבור מראשית הצירים, כלומר

$$x_1 = x_2$$

$$\text{לכן גם התאוצה (אם נגזור פעמיים) היא זהה } a_{x1} = a_{x2} = a_x$$

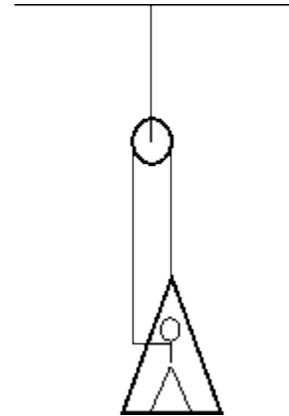
וכך אפשר לפתור את המערכת:

$$T = F - m_1 a_{x1}$$

$$T = m_2 g \cos \varphi + m_2 a_{2x}$$

$$F = (m_1 + m_2) a_x + m_2 g \cos \varphi \approx 350 \text{ N}$$

שאלה 2 <1 3138>



נתון: מסת האיש $m_1 = 72 \text{ kg}$ ומסת הלוח $m_2 = 40 \text{ kg}$

קיים רק ציר יחיד בו פועלים כוחות. נבחר את הכיוון מעלה ככיוון החיובי.

חשוב לשים לב שהאיש אינו מפעיל כוח על עצמו אלא על הלוח עליו הוא עומד דרך הגלגלת.

א. הכוחות על האיש – נורמל ומתיחות כלפי מעלה וכוח הכובד כלפי מטה:

$$T + N - m_1 g = m_1 a_1 = 0$$

אנחנו צריכים משוואה נוספת. נשתמש במשוואת הכוחות על הלוח, כאשר במקרה הזה המתיחות היא כלפי מעלה, אבל הכוח הנורמל שהאיש מפעיל על הלוח הוא כלפי מטה, לכן

$$T - N - m_2 g = m_2 a_2 = 0$$

יש לנו שתי משוואות בשני נעלמים, ונוכל לקבל את המתיחות ע"י בידוד הכוח הנורמל

$$N = m_1 g - T = T - m_2 g \rightarrow T = \frac{g}{2}(m_1 + m_2)$$

המתיחות במערכת האדם היא כלפי מעלה, לכן הכוח שהוא צריך להפעיל יהיה כלפי מטה וגודל הפוך למתיחות:

$$\vec{F} \approx 560 \text{ N } (-\hat{y})$$

ב. הכוח שהאיש מפעיל על הלוח הוא הנורמל מתוך משוואת הכוחות, לכן

$$N = m_1 g - T \approx 160 \text{ N}$$

$$\vec{N} \approx 160 \text{ N } (-\hat{y})$$

ג. כעת נרצה כעת לרדת בתאוצה קבועה, לכן נחזור למשוואות הכוחות עם תאוצה שאינה 0

$$T + N - m_1 g = m_1 a_1$$

$$T - N - m_2 g = m_2 a_2$$

נחבר את שתי המשוואות

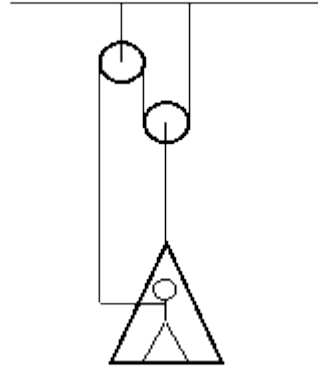
$$T = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)g + \frac{1}{2}(m_1 a_1 + m_2 a_2)$$

אילוץ: מיקום הלוח הוא מיקום האיש, לכן $a_1 = a_2 = -a$, כאשר סימן המינוס הוא לציין תאוצה כלפי מטה.

נקבל:

$$T = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)(g - a) \approx 504 \text{ N}$$

לכן הכוח שהאדם צריך הוא $\vec{F} = 504(-\hat{y})\text{N}$, כוח קטן יותר, כמו שהיינו מצפים.



.ד

נצטרך להוסיף עוד משוואת כוחות הגלגלת הנוספת (חסרת מסה).
 נסמן ב- T_2 את המתיחות של החוט המחובר בין הגלגלת החדשה למשטח, כך שמשוואת הכוחות על הגלגלת:

$$2T - T_2 = 0 \cdot a_{pulley} = 0 \rightarrow T_2 = 2T$$

ונכתוב מחדש את משוואת הכוחות על הלוח:

$$T_2 - N - m_2 g = m_2 a$$

משוואת הכוחות על האיש לא השתנתה:

$$T + N - m_1 g = m_1 a$$

נחבר את המשוואות האחרונות כדי לקבל

$$T_2 + T = (m_1 + m_2)(g + a)$$

ונציב את המשוואה הראשונה כדי לקבל

$$T = \frac{1}{3}(m_1 + m_2)(g + a)$$

קיבלנו משוואה כללית עבור המתיחות. נוכל להציב $a = 0, -1 \text{ m/s}^2$ עבור סעיפים א' וג' ולזכור שהכוח שהאדם מפעיל הוא מנוגד למתיחות ומכוון כלפי מטה.

ניתן לראות שגודל הכוח שהאדם צריך להפעיל הוא בעל פקטור $\frac{2}{3}$ ביחס לכוח ללא הגלגלת הנוספת.

כדי לקבל את הנורמל נכפול את משוואת הכוחות על האיש ב-2,

$$2T + 2N - 2m_1 g = 2m_1 a$$

ונחסר בין משוואות הכוחות של האיש והלוח כדי לקבל:

$$3N = (2m_1 - m_2)(g + a)$$

$$N = \left(\frac{2}{3}m_1 - \frac{1}{3}m_2\right)(g + a)$$