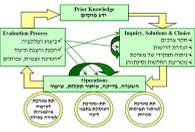


סטטיקה

חוברת שאלות ופתרונן לכיתה י'

איסוף, פיתוח, כתיבה, ועריכה פדגוגית ודידקטית
על-ידי דר' ירון דופלט – מפמ"ר מגמות הנדסת מערכות

מהדורת תשפ"ד



תוכן עניינים

3

כוחות

3	שאלה 1: 838282-2023
4	שאלה 2: 819381-2022
5	שאלה 3: 838282-2019 וגם 838201-1996 (שאלון בגרות מכניקה הנדסית יא')
6	שאלה 4: 838202-2015
7	שאלה 5: 819203-2014
8	שאלה 6: 838202-2010
9	שאלה 7: 838202-2007
10	שאלה 8: 838201-2002
11	שאלה 9: 838201-2001 (שאלון בגרות מכניקה הנדסית יא')
12	שאלה 10: 838202-2008
13	שאלה 11: 894201-2007
14	שאלה 12: 838201-1998 (שאלון בגרות מכניקה הנדסית יא')
15	שאלה 13: 838201-1997 (שאלון בגרות מכניקה הנדסית יא')
16	שאלה 14: 838202-1996
17	שאלה 15: 838201-1995
18	שאלה 16:
19	שאלה 17: 838201-1994 (שאלון בגרות מכניקה הנדסית יא')

20

גלגלות

20	שאלה 1:
21	שאלה 2: 838201-2000 (שאלה מבגרות מכניקה הנדסית יא')
22	שאלה 3: 819381-2021
23	שאלה 4: 819381-2019
24	שאלה 6: 894201-2009
25	שאלה 6: 838202-2007
26	שאלה 3: 819381-2021

27

חינוך

27	שאלה 1:
28	שאלה 2: 838201-2004 (שאלון בגרות מכניקה הנדסית יא')

29

מומנטים

29	שאלה 1: 838104-2005
29	שאלה 2: 83804-2002
30	תרגיל (בעקבות ניסוי הנדסה שבוצע במשגב בשנת 2024):
31	שאלה 3: 838381-2022
31	שאלה 4: 838381-2019
32	שאלה 5: 838282-2018
33	שאלה 6: 838282-2018 וגם 838201-1994 (שאלון בגרות מכניקה הנדסית יא')
34	שאלה 7: 838202-2012
35	שאלה 8: 838201-2005 (שאלון בגרות מכניקה הנדסית יא')
36	שאלה 9: 838201-2004 (שאלון בגרות מכניקה הנדסית יא')
37	שאלה 10: 894201-2004
38	שאלה 10: 838201-2003 (שאלון בגרות מכניקה הנדסית יא')
39	שאלה 11: 838201-2000 (שאלון בגרות מכניקה הנדסית יא')
40	שאלה 12: 838201-1997 (שאלון בגרות מכניקה הנדסית יא')
41	שאלה 13: 838201-1994 (שאלון בגרות מכניקה הנדסית יא')

42

מרכז כובד

42	שאלה 1: 838201-1997 (שאלון בגרות מכניקה הנדסית יא')
43	שאלה 2: 838202-2011
44	שאלה 3: 838202-2013
45	שאלה 4:

46

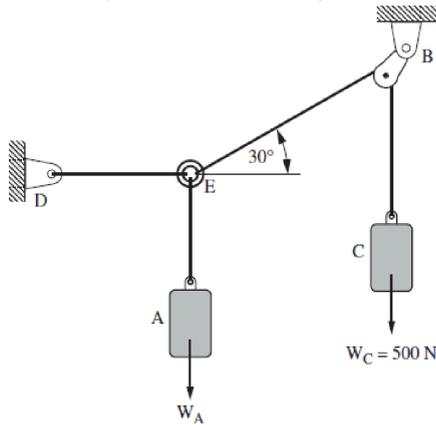
מבוא למסרות

46	שאלה 1: 819381-2021
47	שאלה 2: 819381-2022 וגם 838202-2006
48	שאלה 3: 838381-2021
49	שאלה 4: 838202-2015
50	שאלה 5: 819381-2021
51	שאלה 6: 819381-2019
52	שאלה 7: 819381-2021
53	שאלה 8: 819381-2019
54	שאלה 9: 838202-2004

כוחות

שאלה 1: 838282-2023

באיור לשאלה זו מתוארת מערכת כבלים לתליית שני שקי אגרוף (A ו-C). משקלו של השק C הוא $W_C = 500\text{N}$. כבל EB נטוי בזווית 30° ביחס לציר האופקי וכבל DE – אופקי. מערכת הכבלים נמצאת בשיווי משקל. גלגלת B חסרת חיכוך.



דרוש:

1. מה מתיחות הכבל EB? נמק את תשובתך.
2. סרטט דצ"ח (דיאגרמת צומת חופשית) של הצומת E.
3. חשב את מתיחות הכבל DE.
4. חשב את מתיחות הכבל AE.
5. מה משקל שק האגרוף A? נמק את תשובתך.

פתרון:

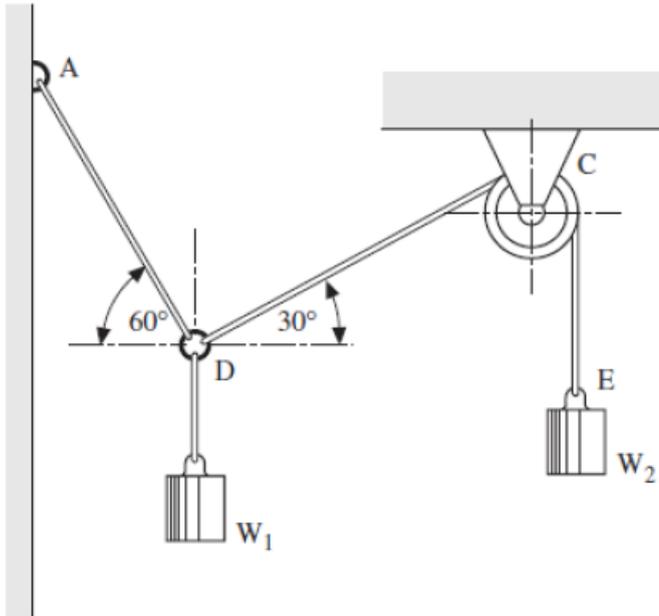
1. $T = W_C = 500\text{N}$ מתיחות זהה לאורך הכבל EBC.
2. דצ"ח של צומת E
3. נסמן את מתיחות הכבל DE באות T_D :

$$\sum F_x = 0 \rightarrow T_D = T_x \rightarrow T_D = T \cdot \cos 30^\circ = 500 \cdot \cos 30^\circ \rightarrow T_D = 433\text{N}$$

4. מתיחות הכבל AE שווה למשקלות W_A ולכן:

$$\sum F_y = 0 \rightarrow T_y - W_A = 0 \rightarrow W_A = T_y \rightarrow W_A = T \cdot \sin 30^\circ \rightarrow W_A = 500 \cdot \sin 30^\circ \rightarrow W_A = 250\text{N}$$

שאלה 2: 819381-2022



באיור א' לשאלה מתוארת מערכת ובה שתי משקולות W_1 ו- W_2 , התלויות על שני חוטים. החוט AD מחובר בנקודה A לקיר ובנקודה D לטבעת קטנה. החוט DCE מחובר לטבלת בנקודה D ועובר מעל גלגלת חסרת חיכוך C, המשקולת, והמשקולת $W_2=150N$, תלויה בקצה החוט DCE, והמשקולת W_1 תלויה על החוט המחובר לטבעת בנקודה D. כל המערכת נמצאת במנוחה.

דרוש:

1. מצא את כוח המתיחות T_2 שפועל בכבל DC.

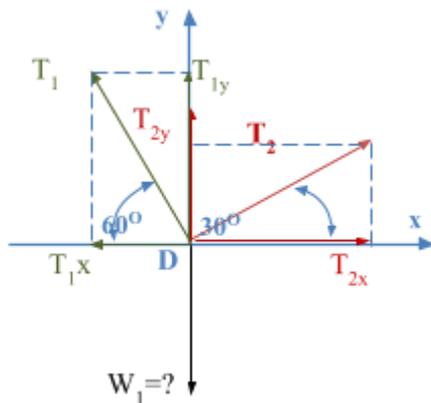
2. שרטט דצ"ח (דיאגרמת צומת חופשית) עבור נקודה D.

3. חשב את המתיחות T_1 שפועלת בכבל AD ואת משקל המשקולת W_1

פתרון:

1. $T_2=W_2=150N$ מתיחות זהה לאורך הכבל ECD.

2. דצ"ח של צומת D



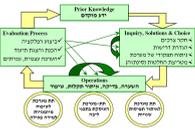
3. נסמן את מתיחות הכבל DE באות T_D :

$$\Sigma F_x = 0 \rightarrow T_{2x} - T_{1x} = 0 \rightarrow T_1 \cdot \cos 60^\circ = T_2 \cdot \cos 30^\circ = 2 \cdot 150 \cdot \cos 30^\circ \rightarrow T_1 = 260N$$

4. מתיחות הכבל AE שווה למשקולת W_A ולכן:

$$\Sigma F_y = 0 \rightarrow T_{1y} + T_{2y} - W_A = 0 \rightarrow W_1 = T_1 \cdot \sin 60^\circ + T_2 \cdot \sin 30^\circ \rightarrow$$

$$\rightarrow W_1 = 260 \cdot \sin 60^\circ + 150 \cdot \sin 30^\circ \rightarrow W_1 = 300N$$



מדינת ישראל
 משרד החינוך
 מינהל חינוך טכנולוגי, הפיקוח על מגמות הנדסת מערכות

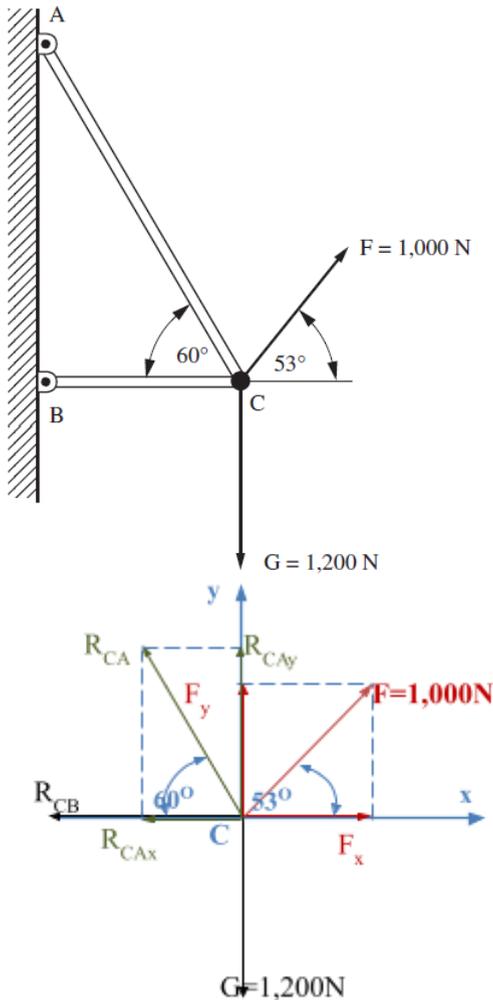


שאלה 3: 838282-2019 וגם 838201-1996 (שאלון בגרות מכניקה הנדסית יא')

באיור לשאלה זו מתוארים שני מוטות קשיחים, AC ו-BC, המחוברים לקיר אנכי באמצעות הפרקים A ו-B, בהתאמה. המוטות מחוברים ביניהם באמצעות פרק בנקודה C, שבה פועלים שני כוחות, F ו-G. הגדלים של הכוחות וכיוניהם מסומנים באיור. משקל המוטות זניח.

1. שרטט דיאגרמת צומת חופשי (דצ"ח) של פרק החיבור C.
2. חשב את גודלו של הכוח הפועל במוט AC. האם המוט נלחץ או נמתח? נמק את תשובתך.
3. חשב את גודלו של הכוח הפועל במוט BC.

פתרון:



1. דצ"ח על צומת C

2. חישוב הכוחות R_{BC} ו- R_{AC} מתבצע באמצעות משוואות שיווי משקל כוחות עבור שני צירי המערכת.

$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_y + R_{CAy} - G = 0 \rightarrow 1,000 \cdot \sin 53^\circ + R_{CA} \cdot \sin 60^\circ - 1,200 = 0 \rightarrow$$

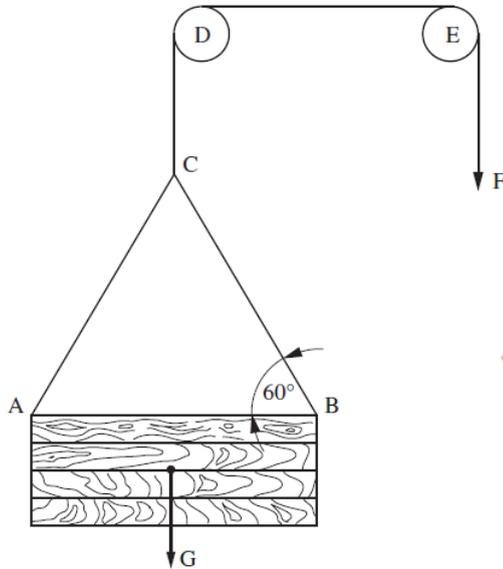
$$\rightarrow R_{CA} \cdot \sin 60^\circ = 1200 - 1,000 \cdot \sin 53^\circ \rightarrow R_{CA} = \frac{1200 - 1,000 \cdot \sin 53^\circ}{\sin 60^\circ} = 463.46 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 0 \rightarrow F_x - R_{CAx} - R_{CBx} \rightarrow F \cdot \cos 53^\circ - R_{CA} \cdot \cos 60^\circ - R_{CB} = 0 \rightarrow$$

$$\rightarrow 1,000 \cdot \cos 53^\circ - R_{CA} \cdot \cos 60^\circ - R_{CB} = 0 \rightarrow R_{CB} = 1,000 \cdot \cos 53^\circ - 463.46 \cdot \cos 60^\circ = 370 \text{ N}$$

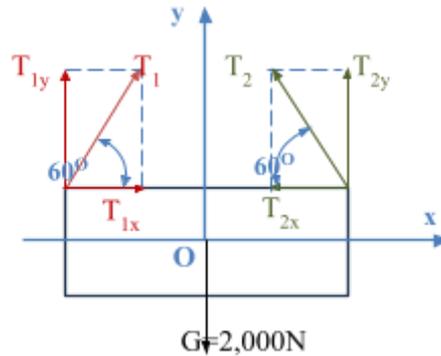
שאלה 4: 838202-2015

באיור לשאלה זו מתוארת מערכת להרמת ארגז בעזרת כבלים. משקל הארגז: $G = 2,000 \text{ N}$. הכבלים AC ו-BC שווים באורכם וקשורים בצומת C לכבל העובר על-פני הגלגלות D ו-E. שתי הגלגלות חסרות חיכוך.



1. חשב את ערכו של הכוח F שיש להפעיל בקצה הכבל כדי להחזיק את הארגז במנוחה.
2. שרטט דיאגרמת גוף חופשי של הצומת C.
3. חשב את ערכי הכוחות בכבלים AC ו-BC.

פתרון:



ד.ג.ח. לארגז:

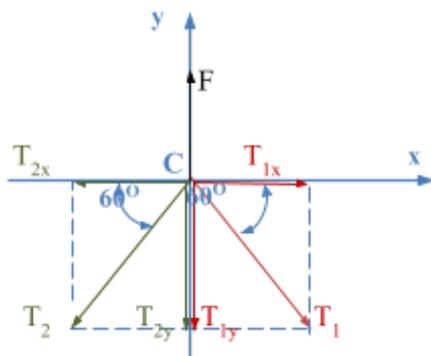
נרשום את משוואת שיווי המשקל בכיוון ציר x:

$$\sum F_x = 0 \rightarrow T_{1x} - T_{2x} = 0 \rightarrow T_{1x} = T_{2x} \rightarrow T_1 \cdot \cos 60^\circ = T_2 \cdot \cos 60^\circ \rightarrow T_1 = T_2 = T$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow T_{1y} + T_{2y} - G = 0 \rightarrow 2 \cdot T \cdot \sin 60^\circ - 2000 = 0 \rightarrow T = \frac{2,000}{2 \sin 60^\circ} = 1154.7 \text{ N}$$

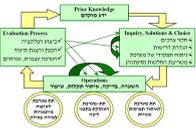
ניתן לרשום שמשוואת שיווי המשקל סימטריה: $T_1 = T_2$ ולוותר על $\sum F_x = 0$ וגם משיקולי סימטריה $F = G$ לוותר על ד.ז.ח. C.

ד.ז.ח. לצומת C:



$$\sum F_y = 0 \rightarrow F - 2 \cdot T \cdot \sin 60^\circ = 0 \rightarrow$$

$$\rightarrow F = 2 \cdot T \cdot \sin 60^\circ = 2 \cdot 1154.7 \cdot \sin 60^\circ = 2000 \text{ N}$$



שאלה 5: 819203-2014

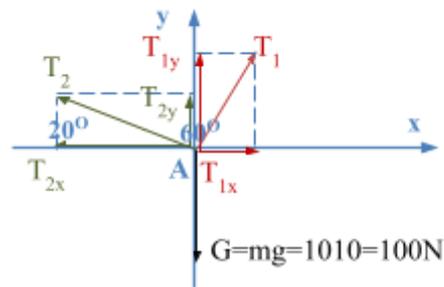
באיור לשאלה זו, המסה, $m=10\text{kg}$, תלוי באוויר באמצעות שני כבלים. הנה שתאוצת הכובד $g = 10 \frac{m}{sec^2}$.

1. שרטט דצ"ח לצומת בנקודה A.

2. חשב את כוחות המתיחות בחוטים 1 ו-2.

פתרון:

1. דצ"ח לנקודה A:



2. משוואות שיווי משקל:

$$\Sigma F_x = 0 \quad \rightarrow \quad T_{1x} - T_{2x} = 0 \quad \rightarrow$$

$$\rightarrow T_1 \cdot \cos 60^\circ = T_2 \cdot \cos 20^\circ \quad \rightarrow \quad T_1 = T_2 \frac{\cos 20^\circ}{\cos 60^\circ} \quad \rightarrow \quad T_1 = T_2 \cdot 1.88$$

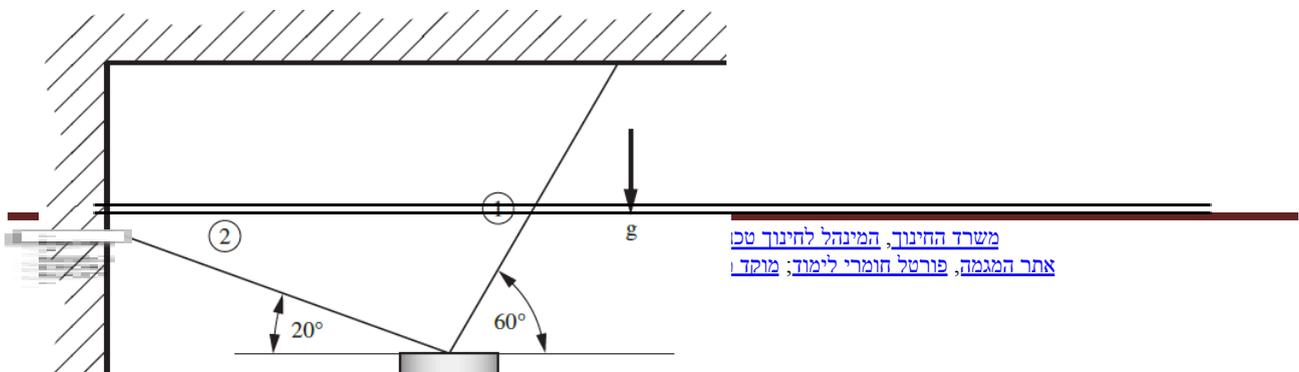
$$\Sigma F_y = 0 \quad \rightarrow \quad T_{1y} + T_{2y} - G = 0 \quad \rightarrow$$

$$\rightarrow T_1 \cdot \sin 60^\circ + T_2 \cdot \sin 20^\circ - 100 = 0 \quad \rightarrow \quad T_2 \cdot 1.88 \cdot \sin 60^\circ + T_2 \cdot \sin 20^\circ = 450 \quad \rightarrow$$

$$\rightarrow T_2 \cdot (1.88 \cdot \sin 60^\circ + \sin 20^\circ) = 450 \quad \rightarrow$$

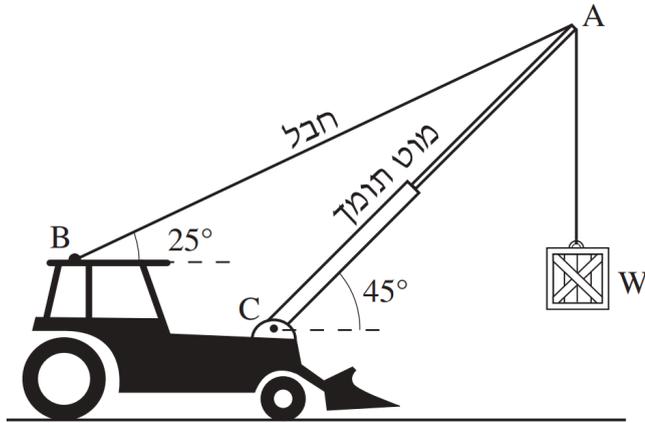
$$\rightarrow T_2 = \frac{450}{(1.88 \sin 60^\circ + \sin 20^\circ)} = 25.4 \text{ N}$$

$$T_1 = T_2 \frac{\cos 20^\circ}{\cos 60^\circ} = 25.4 \frac{\cos 20^\circ}{\cos 60^\circ} = 47.7 \text{ N}$$



שאלה 6: 838202-2010

באיור לשאלה זו, מתואר מנוף המרים משא שמשקלו $W=2,700\text{N}$.



דרוש:

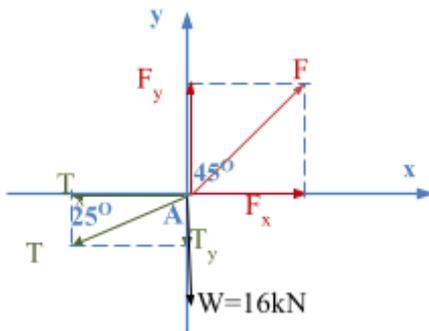
1. שרטט דצ"ח (דיאגרמת צומת חופשי) לצומת A.

2. חשב את כוח המתיחה T

3. חשב כוח התגובה F.

פתרון:

1. דצ"ח ל-A (נסמן את $T_{AB}=T$ ואת $F_{AC}=F$):



2. נרשום את משוואות שיווי המשקל עבור שני הצירים:

$$\sum F_x = 0 \rightarrow F_x - T_x = 0 \rightarrow F \cdot \cos 45^\circ - T \cdot \cos 25^\circ = 0 \rightarrow F = \frac{T \cos 25^\circ}{\cos 45^\circ}$$

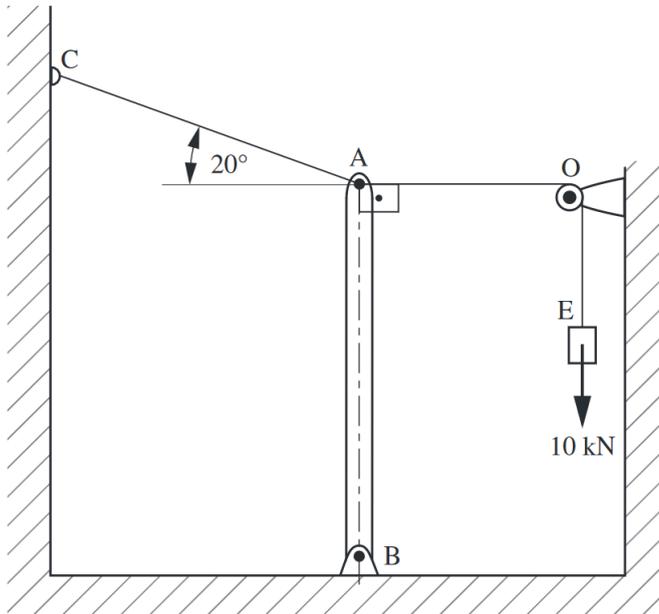
$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_y - T_y - W = 0 \rightarrow 2,700 = F \cdot \sin 45^\circ - T \cdot \sin 25^\circ$$

$$16 = T \frac{\cos 25^\circ}{\cos 45^\circ} \sin 45^\circ - T \sin 25^\circ = 0 \rightarrow T = \frac{2,700}{\frac{\cos 25^\circ}{\cos 45^\circ} \sin 45^\circ - \sin 25^\circ} = 5,582.1\text{N}$$

$$F = \frac{T \cos 25^\circ}{\cos 45^\circ} = \frac{33 \cos 25^\circ}{\cos 45^\circ} = 7,154.6\text{N}$$

שאלה 7: 838202-2007

באיור לשאלה זו, מתוארת מערכת, הכוללת מוט וכבלים, אשר תומכת במשקולת E, אשר תומכת במשקולת E, שמשקלה $G=10\text{kN}$. המשקולת נמצאת בשיווי משקל ומחוברת לכבל AOE. הכבל עובר על גלגלת, חסרת משקל וחסרת חיכוך, בנקודה O, ומחובר לקצה A של המוט AB. הכבל CA מחבר בין קצה המוט A לנקודה C. הזוויות בין הכבלים למוט נתונות באיור, והמוט מאונך לקרקע.



נתונים:

דרוש:

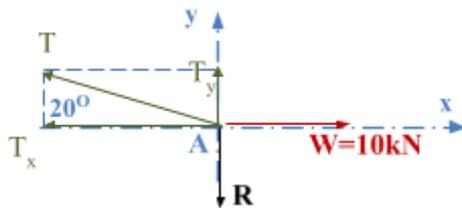
1. חשב את כוח המתיחה בכבל AOE.
2. שרטט דצ"ח לנקודה A.
3. חשב את כוח המתיחה, T, בכבל AC.
4. חשב את כוח התגובה, R, במוט AB.

פתרון:

1. כוח המתיחה בכבל AOE שווה למשקולת:

$$T_{AO} = T_{OE} = W = 10\text{kN}$$

2. דצ"ח לנקודה A:



3. נחשב את שקול הכוחות עבור שני הצירים:

$$\sum F_x = 0 \rightarrow W - T_x = 0 \rightarrow T \cdot \cos 20^\circ = W \rightarrow T = \frac{W}{\cos 20^\circ} = \frac{10}{\cos 20^\circ} = 10.64\text{kN}$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow T_y - R = 0 \rightarrow R = T_y \rightarrow R = 10.64 \cdot \sin 20^\circ = 3.64\text{kN}$$

שאלה 8: 838201-2002

באיור לשאלה זו, מתואר גליל, שמשקלו גלילי, $G=500N$, המונח על מישור משופע חלק הנטוי בזווית 37° . הגליל נתמך בכוח F בידי אדם, באמצעות מוט AO אופקי, המונע את תזוזתו של הגליל לאורך המישור המשופע.

נתונים:

$$\sin 53^\circ = 0.6, \cos 53^\circ = 0.8$$

דרוש:

1. שרטט דצ"ח לנקודה O .

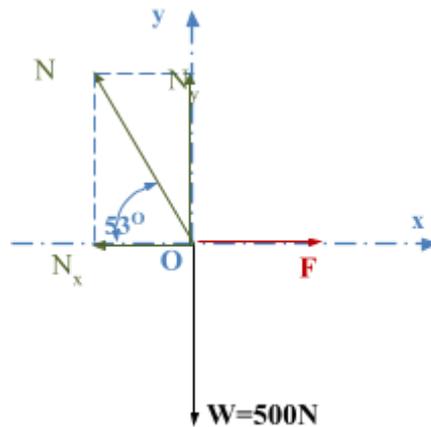
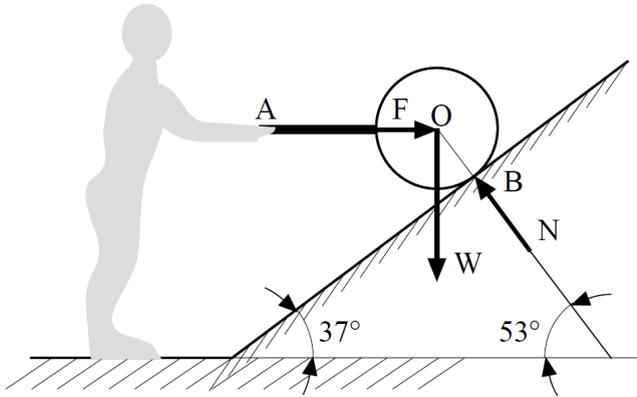
2. חשב את הכוח הנורמלי N .

3. חשב את הכוח F שהאדם צריך להפעיל על

מוט AO כדי להחזיק את הגליל במצב מנוחה.

פתרון:

1. דצ"ח לנקודה O :



2. נחשב את שקול הכוחות עבור שני הצירים:

$$\sum F_y = 0 \rightarrow N_y - G = 0 \rightarrow N \cdot \sin 53^\circ = G \rightarrow N = \frac{G}{\sin 53^\circ} = \frac{500}{0.6} = 833.33N$$

$$\sum F_x = 0 \rightarrow F - N_x = 0 \rightarrow F = N \cdot \cos 53^\circ \rightarrow F = 833.33 \cdot \sin 0.8 = 666.67N$$

שאלה 9: 838201-2001 (שאלון בגרות מכניקה הנדסית יא')

באיור לשאלה זו, מתוארת מערכת (שמשקלה זניח) הנושאת משקולת שמשקלה $G=4,800\text{N}$. המשקולת מוחזקת על-ידי כבל AOC המחובר בזווית 45° לפרק A העובר על-פני גלגלת O חסרת חיכוך. המוט BO מחובר לפרק B בזווית 67.5° . הכבל עובר מעל גלגלת חסרת חיכוך בנקודה O, והוא אופקי בקטע AO.

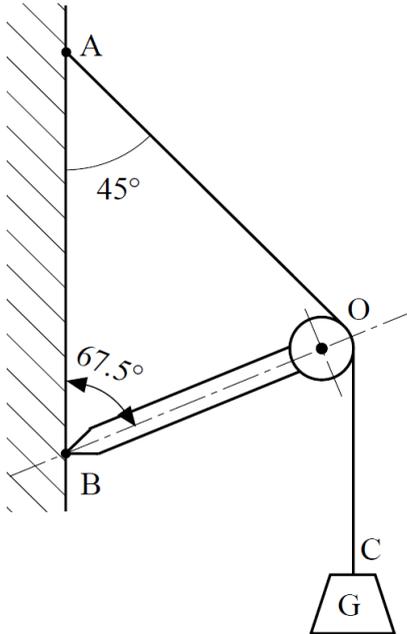
נתונים:

$$\sin 45^\circ = 0.7, \cos 45^\circ = 0.7$$

דרוש:

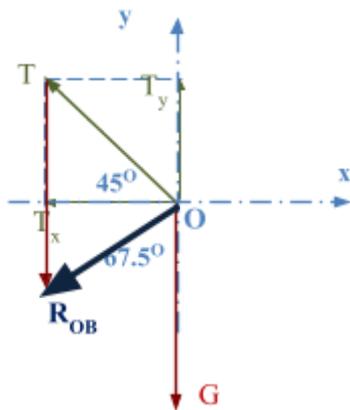
4. חשב את כוח המתיחות T_{AO} .

5. חשב את כוח התגובה, F , במוט BO.



פתרון:

1. חישוב המתיחות בכבל AOD: $T_{AO} = T_{OC} = T = G = 4,800\text{N}$



2. דצ"ח ל-A (נסמן את $F_{BO} = F$ ואת $T_{AO} = T$):

3. נחשב את שקול הכוחות עבור שני הצירים:

$$\sum F_y = T_y + G = T \cdot \sin 45^\circ + G = 4800 + 4800 \cdot 0.7 = 8160\text{N}$$

$$\sum F_x = T_x = T \cdot \cos 45^\circ = 4,800 \cdot \cos 45^\circ = 3,394.11\text{N}$$

$$R_{OB} = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{3,394.11^2 + 8160^2} = 8,837.74\text{N} \quad \gamma = \arctan\left(\frac{8,160}{3,394}\right) = 67.5^\circ$$

שאלה 10: 838202-2008

באיור לשאלה זו, מתוארת מערכת הנושאת משקולת W שמשקלה $W=16\text{kN}$. המשקולת קשורה בעזרת כבל AOD לפרק A. המוט AB מחובר לפרק B בזווית 37° , והמוט AC מחובר לפרק C בזווית 37° . הכבל עובר מעל גלגלת חסרת חיכוך בנקודה O, והוא אופקי בקטע AO, והוא אופקי בקטע AO, ומשקל המוטות ומשקל הכבל, זניחים.

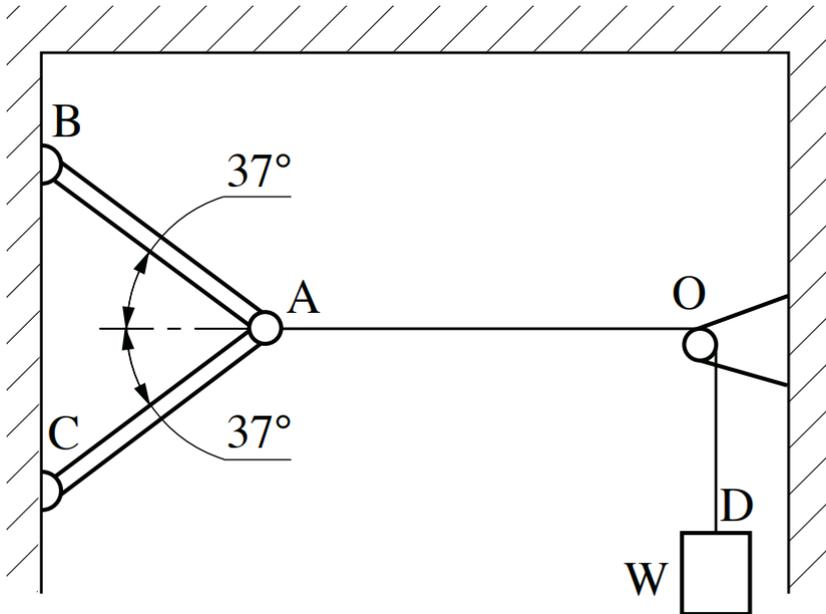
נתונים:

$$\sin 37^\circ = 0.6$$

$$\cos 37^\circ = 0.8$$

דרוש:

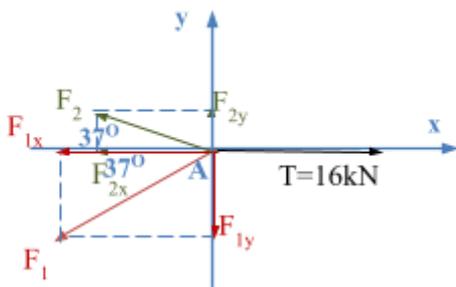
1. חשב את המתוחות בכבל AOD.
2. שרטט דצ"ח (דיאגרמת צומת חופשי) לצומת A.
3. חשב את כוח התגובה F_{AB} ואת כוח התגובה F_{AC} הפועלים במוטות AB ו-AC.



פתרון:

1. חישוב המתוחות בכבל AOD: $T_{AO} = T_{OD} = T = W = 16\text{kN}$

2. דצ"ח ל-A (בסמן את $F_{AC} = F_2$ ואת $F_{AB} = F_1$):



3. נרשום את משוואות שיווי המשקל עבור שני הצירים:

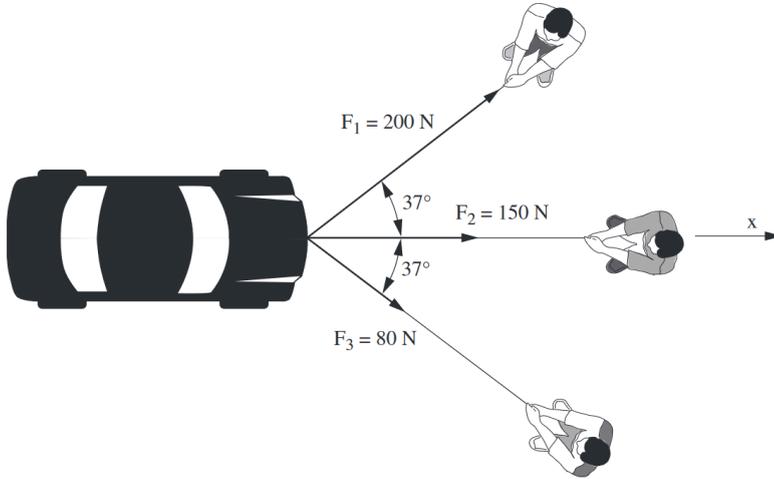
$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_{2y} - F_{1y} = 0 \rightarrow F_1 \cdot \sin 37^\circ = F_2 \cdot \sin 37^\circ \rightarrow F_1 = F_2$$

$$\sum F_x = 0 \rightarrow T - F_{1x} - F_{2x} = 0 \rightarrow F_1 \cdot \cos 37^\circ + F_2 \cdot \cos 37^\circ = 16$$

$$\rightarrow F_2 \cdot \cos 37^\circ + F_2 \cdot \cos 37^\circ = 16 \rightarrow F_2 = \frac{16}{2 \cdot 0.8} = 10\text{kN}$$

שאלה 11: 894201-2007

באיור לשאלה 1 מתוארים שלושה אנשים המושכים מכונית בכיוונים שונים. הכוחות שהאנשים מפעילים על המכונית מסומנים באיור.



נתונים:

$$\sin 37^\circ = 0.6$$

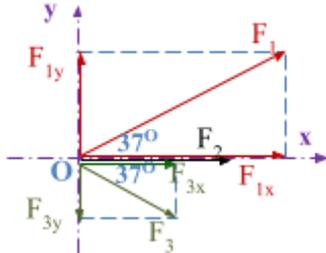
$$\cos 37^\circ = 0.8$$

דרוש:

1. חשב את גודלו של הכוח השקול הפועל על המכונית.
2. מהי הזווית של הכוח שמצאת בסעיף א', ביחס לציר ה-x.

פתרון:

1. חישוב המתיחות בכבל: $T_{AO} = T_{OD} = T = W = 16 \text{ kN}$ AOD:



2. דצ"ח ל-A (נסמן את $F_{AC} = F_2$ ואת $F_{AB} = F_1$):

3. נרשום את משוואות שיווי המשקל עבור שני הצירים:

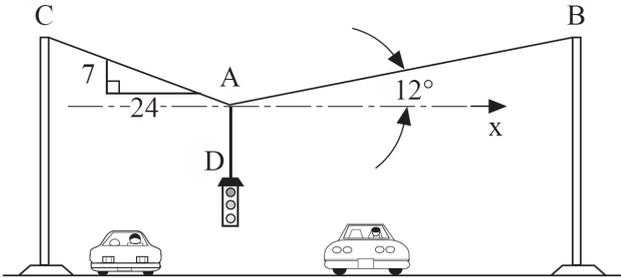
$$\Sigma F_y = F_{1y} - F_{3y} = F_1 \cdot \sin 37^\circ - F_3 \cdot \sin 37^\circ = 200 \cdot 0.6 - 80 \cdot 0.6 = 12 \text{ N}$$

$$\Sigma F_x = F_{1x} + F_2 + F_{3x} = F_1 \cdot \cos 37^\circ + F_2 + F_3 \cdot \cos 37^\circ = 200 \cdot 0.8 + 150 + 80 \cdot 0.8 = 374 \text{ N}$$

$$R_{OB} = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{374^2 + 12^2} = 374.2 \text{ N} \quad \gamma = \arctan\left(\frac{12}{374}\right) = 1.84^\circ$$

שאלה 12: 838201-1998 (שאלון בגרות מכניקה הנדסית יא')

באיור לשאלה זו, המוט AD מחובר אל שני כבלים AB ו-AC. על המוט תלוי רמזור שמשקלו $G=450\text{N}$.



1. מצא את הזווית בין הכבל AC ובין הציר האופקי

.x

2. שרטט דצ"ח (דיאגרמת צומת חופשי) לצומת

.A

3. חשב את המתוחות בכבל AB ואת המתוחות

בכבל AC כתוצאה מתליית הרמזור על המוט

.AD

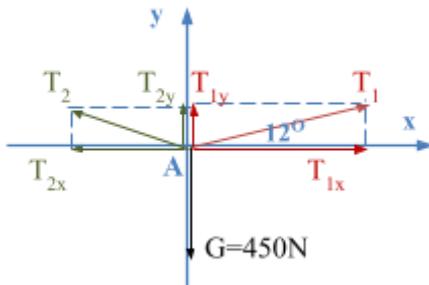
פתרון:

$$= \left(\frac{7}{24}\right) = 16.26^\circ$$



1. חישוב הזווית: α

2. דצ"ח ל-A (בסמן את $T_{AC}=T_2$ ואת $T_{AB}=T_1$):



3. נרשום את משוואות שיווי המשקל עבור שני הצירים:

$$\Sigma F_x = 0 \rightarrow T_{1x} - T_{2x} = 0 \rightarrow$$

$$\rightarrow T_1 \cdot \cos 12^\circ = T_2 \cdot \cos 16.26^\circ \rightarrow T_1 = T_2 \frac{\cos 16.26^\circ}{\cos 12^\circ} \rightarrow T_1 = T_2 \cdot 0.98$$

$$\Sigma F_y = 0 \rightarrow T_{1y} + T_{2y} - G = 0 \rightarrow$$

$$\rightarrow T_1 \cdot \sin 12^\circ + T_2 \cdot \sin 16.26^\circ - 450 = 0 \rightarrow T_2 \cdot 0.98 \cdot \sin 12^\circ + T_2 \cdot \sin 16.26^\circ = 450 \rightarrow$$

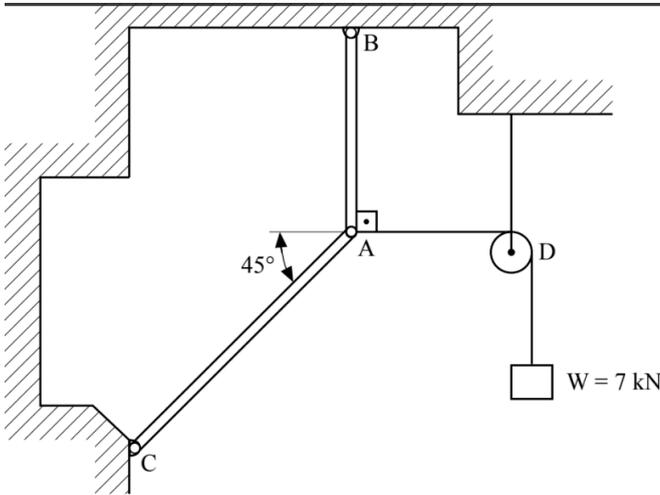
$$\rightarrow T_2 \cdot (0.98 \cdot \sin 12^\circ + \sin 16.26^\circ) = 450 \rightarrow$$

$$\rightarrow T_2 = \frac{450}{(0.98 \sin 12^\circ + \sin 16.26^\circ)} = 930\text{N}$$

$$T_1 = T_2 \frac{\cos 16.26^\circ}{\cos 12^\circ} = 930 \frac{\cos 16.26^\circ}{\cos 12^\circ} = 913\text{N}$$

שאלה 13: 1997-838201 (שאלון בגרות מכניקה הנדסית יא')

באיור לשאלה זו מתואר כבל הנושא משא של: $W=7\text{kN}$, ועובר על-פני גלגלת חסרת חיכוך, D, ומחובר לפרק שבין שני מוטות: AB ו-AC. קטע הכבל שבין הנקודה A לגלגלת הוא אופקי, המוטות מחוברים לקירות בפרקים ומשקלם זניח.

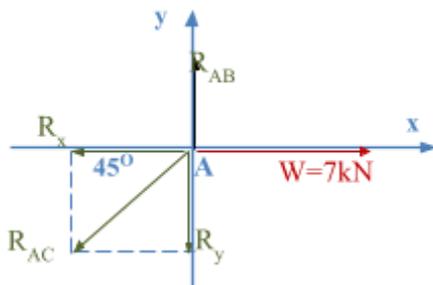


1. שרטט דצ"ח (דיאגרמת צומת חופשי) לצומת A.

2. חשב את התגובות במוטות AB ו-AC.

פתרון:

1. דצ"ח ל- A (נסמן את $T_{AC}=T_2$ ואת $T_{AB}=T_1$):



2. נרשום את משוואות שיווי המשקל עבור שני הצירים:

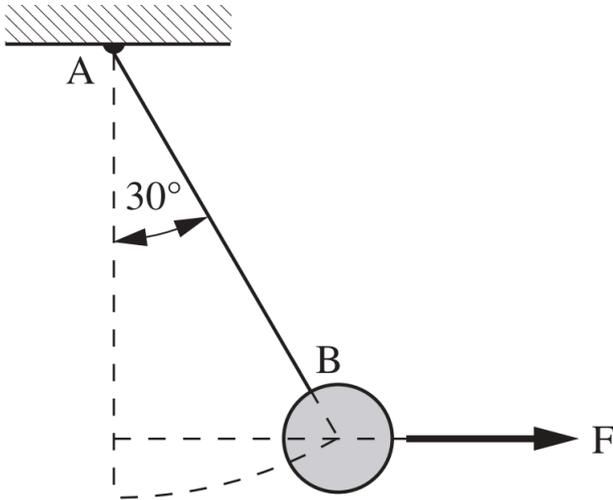
$$\sum F_x = 0 \rightarrow W - R_x = 0 \rightarrow R_x = W \rightarrow R \cdot \cos 45^\circ = 7 \rightarrow R = \frac{7}{\cos 45^\circ} = 10 \text{ kN}$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow T_{AB} - R_y = 0 \rightarrow T_{AB} = R_y \rightarrow T_{AB} = R \cdot \sin 45^\circ = 10 \cdot 0.7 \rightarrow T_{AB} = 7 \text{ kN}$$

שאלה 14: 838202-1996

באיור לשאלה זו מתואר כדור שמשקלו $G=1200\text{N}$, התלוי על הכבל AB שמשקלו זניח. הכדור נמצא בשיווי משקל.

דרוש:

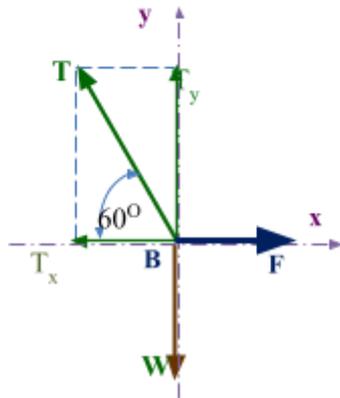


1. שרטט דג"ח (דיאגרמת גוף חופשי) של הכדור.

2. חשב את המתוחות, T, בכבל AB.

3. חשב את ערכו של הכוח F כדי שהמערכת תהיה בשיווי משקל.

פתרון:



1. דצ"ח עבור נקודה B

2. נרשום את משוואות שיווי המשקל עבור ציר y כדי לחשב את כוח המתוחות T:

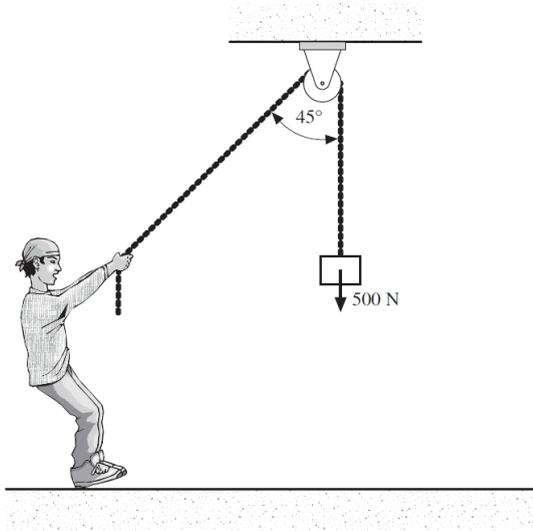
$$\Sigma F_y = 0 \rightarrow T_y - W = 0 \rightarrow T \cdot \sin 60^\circ = W \rightarrow T = \frac{W}{\sin 60^\circ} = \frac{1,200}{\sin 60^\circ} = 1385.65\text{N}$$

3. נרשום את משוואות שיווי המשקל עבור ציר x כדי לחשב את הכוח F:

$$\Sigma F_x = 0 \rightarrow F = T_x \rightarrow F = T \cdot \cos 60^\circ = 1385.65 \cdot \cos 60^\circ = 692.5\text{N}$$

שאלה 15: 838201-1995

אדם שמשקלו $W=900\text{N}$ מרים משא שמשקלו $G=500\text{N}$ באמצעות חבל הכרוך על גלגלת חסרת חיכוך.



4. מהו ערכו של כוח המתיחה, T , בו האדם מושך את החבל.

5. שרטט דג"ח של האדם וציין את הכוחות הפועלים על האדם f ו- W .

6. חשב את הכוח הנורמלי, N , הפועל על האדם.

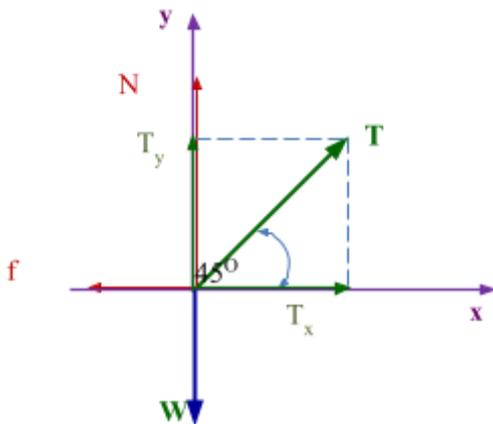
פתרון:

1. כוח המתיחות לאורך הכבל זהה ולכן:

$$T=G=500\text{N}$$

2. דג"ח של האדם:

3. נרשום את משוואות שיווי המשקל עבור שני הצירים כדי לחשב את הכוח הנורמלי N ואת כוח החיכוך, f , המזערי הנדרש בין נעלי האדם לקרקע שיבטיח שהאדם לא יחליק.

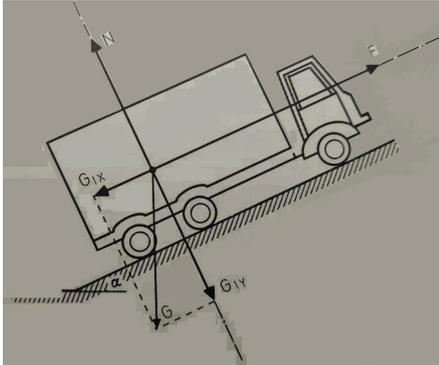


$$\Sigma F_x = 0 \rightarrow f = T_x \rightarrow f = T \cdot \cos 45^\circ = 500 \cdot 0.707 \rightarrow f = 353.55\text{N}$$

$$\Sigma F_y = 0 \rightarrow T_y + N - W = 0 \rightarrow T \cdot \sin 45^\circ + N - 900 = 0 \rightarrow$$

$$\rightarrow N = 900 - 500 \cdot \sin 45^\circ \rightarrow N = 566.45\text{N}$$

שאלה 16:



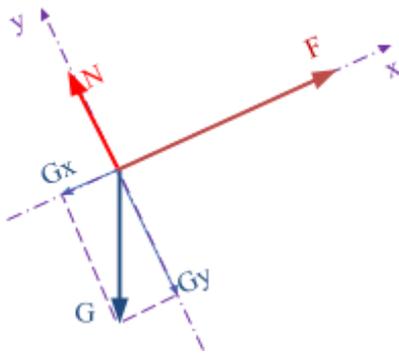
1. משאית שמשקלה $G=5000\text{N}$ עומדת במישור משופע הנטוי בזווית $\alpha=30^\circ$.

נתונים ההנחות הבאות:

הכוחות המתוארים בתרשים אלו הכוחות היחידים הפועלים על המשאית.

דרוש:

חשב את הכוח F הדרוש להשאיר את המשאית במצב של שיווי משקל.



פתרון:

1. נשרטט דג"ח כולל הפרדת הכוח G לרכיביו ישרי הזווית בהתאם למערכת צירים צמודת שיפוע.

2. נרשום את משוואות שיווי משקל הכוחות בכיוון הצירים:

$$\Sigma F_y = 0 \rightarrow N - G_y = 0 \rightarrow N = G \cdot \cos\alpha \rightarrow N = 5,000 \cdot \cos 30^\circ = 4,330\text{N}$$

$$\Sigma F_x = 0 \rightarrow F - G_x = 0 \rightarrow F - G \cdot \sin\alpha = 0 \rightarrow F = 5,000 \cdot \sin 30^\circ = 2,500\text{N}$$

שאלה 17: 838201-1994 (שאלון בגרות מכניקה הנדסית יא')

באיור לשאלה זו מתוארת מערכת להעמסת רכב, שמשקלו $G=10,000\text{N}$, על אוניה. המערכת מרימה את הרכב באמצעות גלגלת חסרת חיכוך בנקודה. הגלגלת מחוברת באמצעות כבל לכננת C.

דרוש:

א. חשב את המתוחות, T_{AC} , בכבל

AC ואת המתוחות T_{AD} .

ב. שרטט דצ"ח של הגלגלת A.

ג. חשב את המתוחות, T , בכבל

AB ואת הזווית β .

פתרון:

א. לאורך הכבל CAD פועל כוח

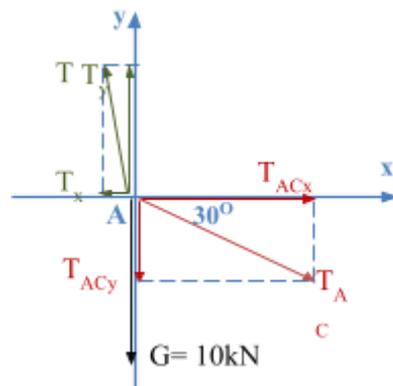
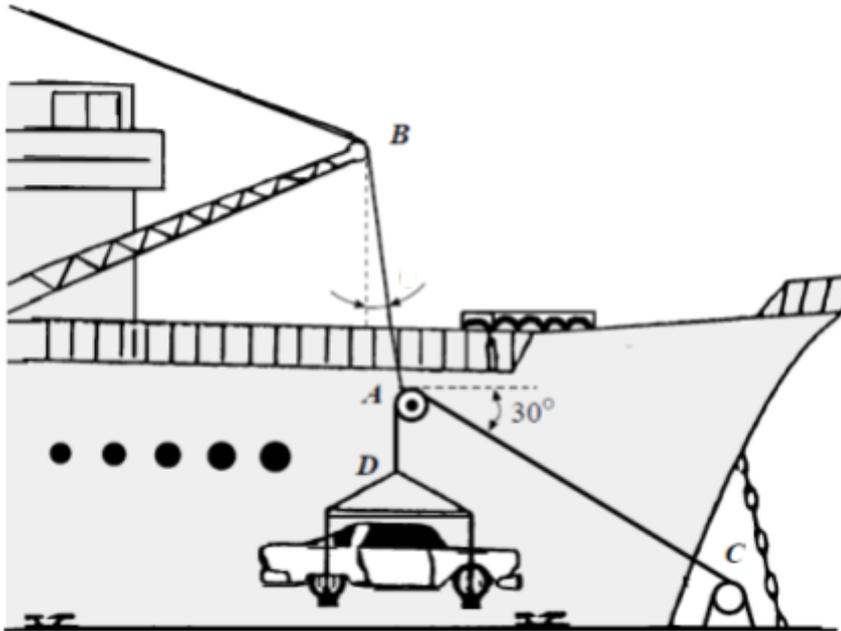
מתיחות אחיד. לכן:

$$T_{AD}=T_{AC}=G=10,000\text{N}=10\text{kN}$$

ראשית נתאר את הכוחות

הפועלים בנקודה A באמצעות

דיאגרמת צומת חופשית.



$$\Sigma F_x = 0 \rightarrow T_{ACx} - T_x = 0 \rightarrow T \cdot \sin\beta = T_{AC} \cdot \cos 30^\circ \rightarrow T = \frac{10 \cos 30^\circ}{\sin} = \frac{8.66}{\sin}$$

$$\Sigma F_y = 0 \rightarrow T_y - T_{ACy} - G = 0 \rightarrow T \cdot \cos\beta - T_{AC} \cdot \sin 30^\circ - 10 = 0 \rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{8.66 \cdot \cos}{\sin} - 10 \cdot 0.5 - 10 = 0 \rightarrow \frac{8.66 \cdot \cos}{\sin} = 15 \rightarrow \frac{8.66}{15} = \frac{\sin}{\cos} \rightarrow$$

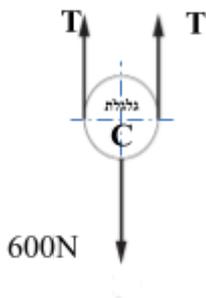
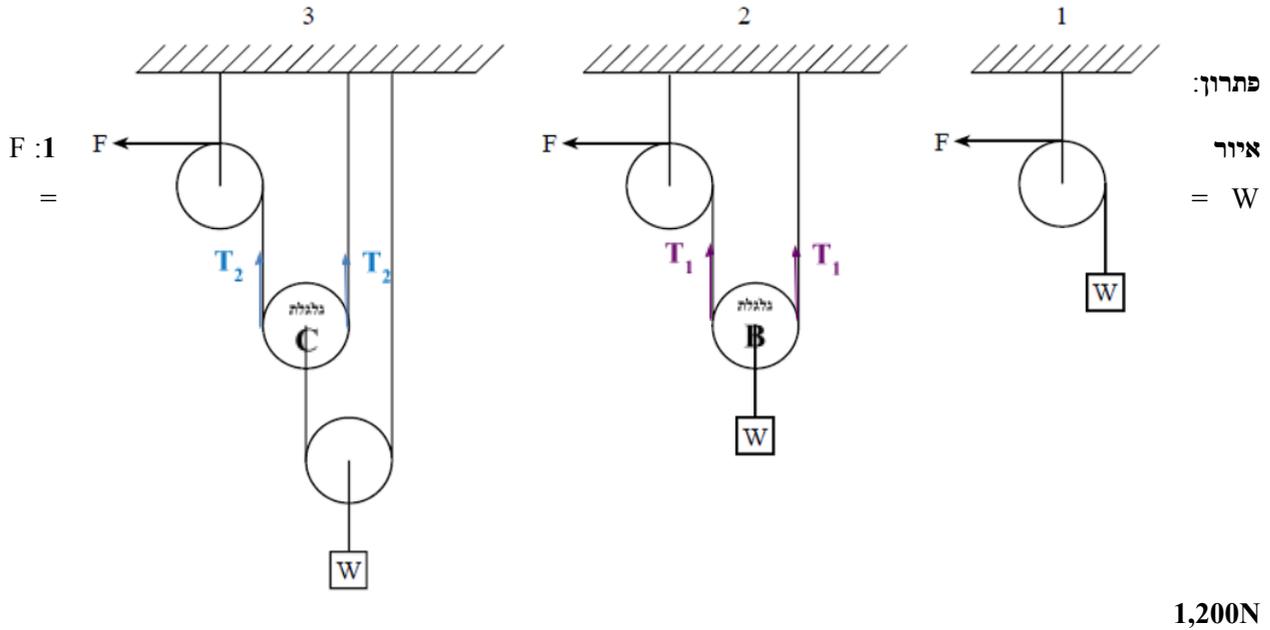
$$\rightarrow \tan = 0.5770.577 = 30^\circ \rightarrow T = \frac{8.66}{\sin} = \frac{8.66}{\sin 30^\circ} = 17.32\text{kN}$$



גלגלות

שאלה 1:

חשב את הכוח F הנדרש להחזיק בשיווי משקל את המשקולת, $W=1,200\text{N}$ בכל אחד מהתרשימים הבאים:



איור 2 דג"ח מקוצר על גלגלת B: $W = 2T_1 \rightarrow T_1 = 600\text{N} \rightarrow F = T_1 = 600\text{N}$

איור 3 דג"ח מקוצר על גלגלת C: $600 = 2T_2 \rightarrow T_2 = 300\text{N} \rightarrow F = T_2 = 300\text{N}$



שאלה 2: 838201-2000 (שאלה מבגרות מכניקה הנדסית יא)

באיור לשאלה זו מתוארת מערכת גלגלות הנמצאות בשיווי משקל. חשב את הכוח, F , הדרוש להרמת המשא $G=800\text{N}$. הגלגלות חסרות חיכוך ומשקלן זניח.

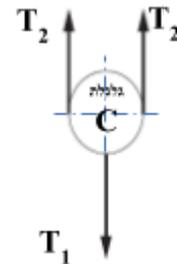
מה צריך להיות כוח התגובה, R_A , במוט שמחזיק את גלגלת A.

פתרון:

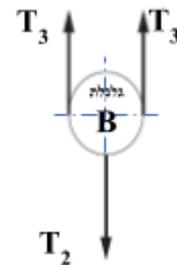
1. נשרטט דג"ח על גלגלת D:

$$W = 2T_1 \rightarrow T_1 = 400\text{N}$$

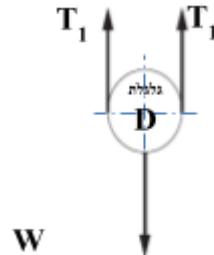
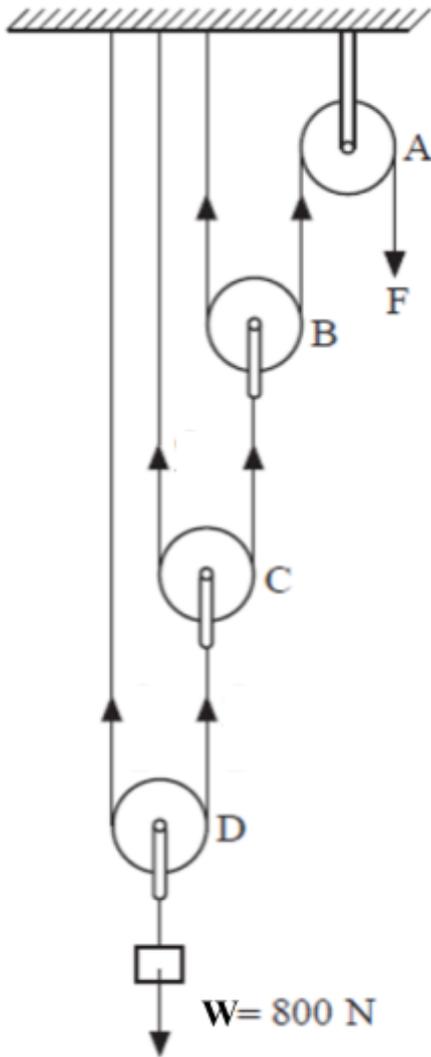
2. נשרטט דג"ח על גלגלת C:



3. נשרטט דג"ח על גלגלת B:

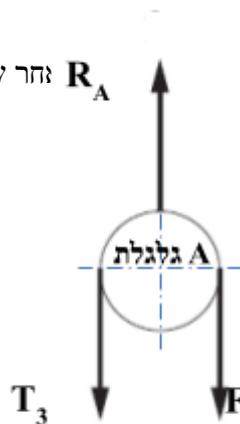


4. נשרטט דג"ח על גלגלת A:



$$T_1 = 2T_2 \rightarrow T_2 = 200\text{N}$$

$$T_2 = 2T_3 \rightarrow T_3 = 100\text{N}$$



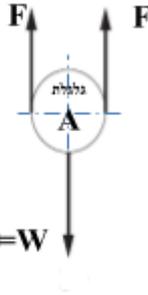
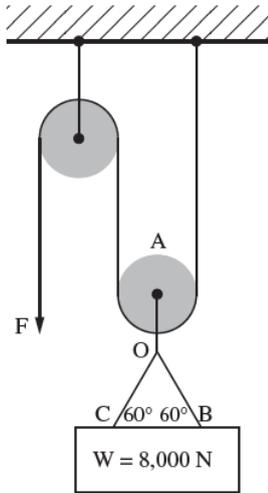
זכר שסביב גלגלת A לכבל אותה מתיחות R_A

$$F = T_3 = 100\text{N} \text{ אז}$$

$$R_A = T_3 + F \rightarrow R_A = 100 + 100 = 200\text{N}$$

שאלה 3: 819381-2021

באיור לשאלה זו מתוארת משקולת, $W=8,000N$, המוחזקת בשיווי משקל באמצעות הכוח F .



1. חשב את ערכו של הכוח F הדרוש להחזקת המשקולת בשיווי משקל.

2. שרטט דיאגרמת גוף חופשי (דג"ח) של צומת O .

3. חשב את המתוחות בכבלים CO ו- BO .

פתרון:

1. נשרטט דג"ח על גלגלת A :

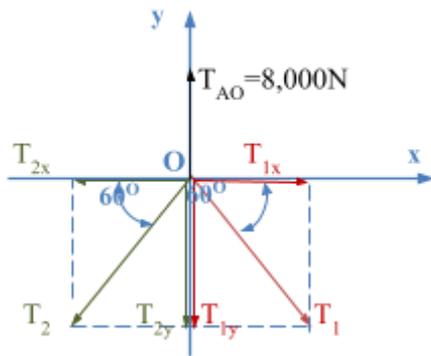
$$2F = T_{AO} \rightarrow 2F = 8,000N \rightarrow F = 4,000N$$

מאחר שהמתוחות בכבל אחידה: $F=T=4,000N$

2. נשרטט דג"ח של צומת O :

$$\text{נסמן: } T_{OC}=T_2; T_{OB}=T_1 \quad T_{AO}=W=8,000N$$

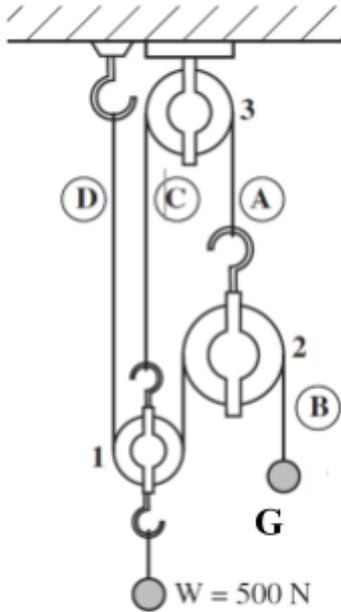
3. נרשום את משוואות שיווי המשקל:



$$\sum F_x = 0 \rightarrow T_{1x} - T_{2x} = 0 \rightarrow T_{1x} = T_{2x} \rightarrow T_1 \cdot \cos 60^\circ = T_2 \cdot \cos 60^\circ \rightarrow T_1 = T_2 = T$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow T_{AO} - 2 \cdot T \cdot \sin 60^\circ = 0 \rightarrow 8,000 = 2 \cdot T \cdot \sin 60^\circ \rightarrow T = \frac{4,000}{\sin 60^\circ} = 4619N$$

שאלה 4: 819381-2019



באיור לשאלה זו מתוארת מערכת הכוללת כבלים ושלוש גלגלות. המערכת נמצאת במצב של שיווי משקל. לגלגלת 1 מחובר כדור במשקל $W = 500 \text{ N}$, ולגלגלת 2 מחובר הכדור G . המשקל של הכדור G אינו ידוע. הזנה את משקל הגלגלות ואת החיכוך בין הכבלים לגלגלות.

1. שרטט דג"ח של הגלגלת 2, של גלגלת 3 ושל גלגלת 1.
2. חשב את משקל הכדור P . זכור שהמערכת נמצאת בשיווי משקל.
3. קבע עבור כל אחד מההיגדים שלהלן אם הוא נכון או לא נכון.
 1. המתיחות בכבל B שווה למתיחות בכבל D.
 2. המתיחות בכבל A קטנה מן המתיחות בכבל C.
 3. גלגלת 3 היא גלגלת נייחת.

פתרון:

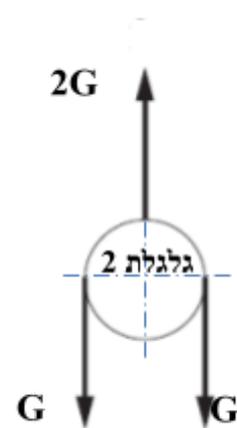
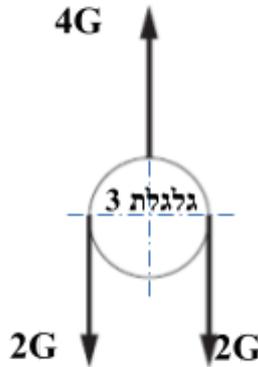
שרטוט דג"ח של

שרטוט דג"ח של הגלגלת 3

1. שרטוט דג"ח של הגלגלת 2
 הגלגלת 1



$$2G + G + G \rightarrow 500 = 4G \rightarrow G = 125\text{N}$$



ד. לפי דג"ח של גלגלת 1:

ה. היגד 1 נכון כי בכבל אחד יש מתיחות אחידה לאורך כל הכבל.

היגד 2 לא נכון, מאותו נימוק המתיחות לאורך כבל היא מתיחות אחידה.

היגד 3 נכון, גלגלת 3 מקובעת לתקרה והכבל נע עליה. לכן היא גלגלת נייחת.

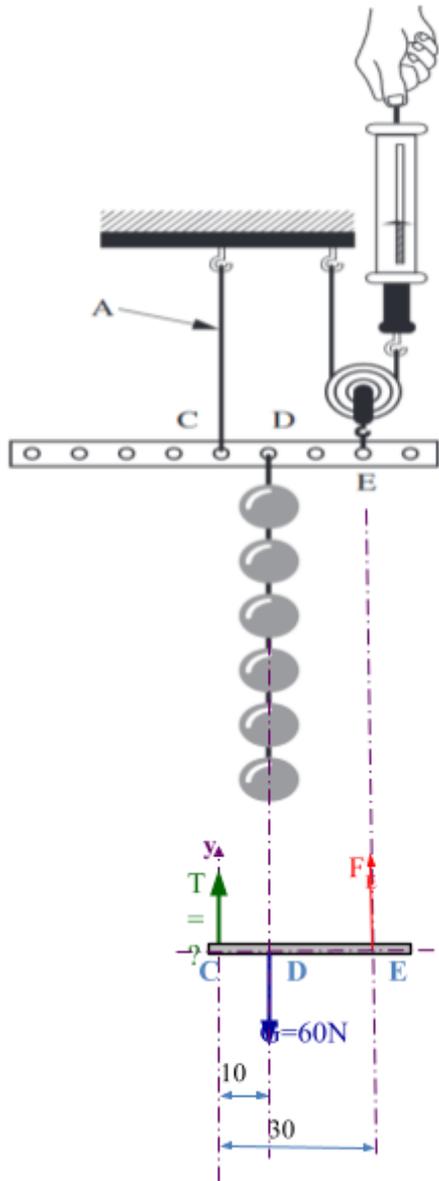
שאלה 6: 894201-2009

באיור לשאלה זו, מתוארת מערכת שבה תלוי סרגל על הכבל A. הכבל מחובר בקצהו האחד למרכז הסרגל בנקודה C, ובקצהו השני — לתקרה. המרחק בין כל שני קדחים סמוכים בסרגל הוא: 10mm. בנקודה D תלויים 6 כדורים שמשקל כל אחד מהם הוא: $G_1=10N$. בנקודה E מחוברת גלגלת התלויה מן התקרה בצדה האחד והמחוברת למד כוח בצדה השני. המערכת נמצאת במצב שיווי משקל. הזנח את משקל הסרגל, את משקל הכבלים ואת משקל הגלגלת.

דרוש:

1. שרטט דג"ח של הסרגל.
2. חשב את הכוח, F_E , הפועל על הסרגל בנקודה E.
3. חשב את ערכו של כוח המתיחה, T, בכבל A.
4. מה ערכו של כוח המתיחה, F, שיראה מד הכוח במצב המתואר.

פתרון:



1. דג"ח של הסרגל.

2. נרשום את משוואת שיווי משקל מומנטים סביב נקודה C:

$$\Sigma M_C = 0 \rightarrow 30 \cdot F_E - 10 \cdot G = 0 \rightarrow F_E = \frac{10 \cdot 60}{30} = 20N$$

3. נרשום את משוואת שיווי משקל הכוחות בכיוון ציר y:

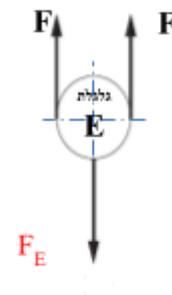
$$\Sigma F_y = 0 \rightarrow T + F_E - G = 0 \rightarrow$$

$$\rightarrow T = G - F_E \rightarrow T = 60 - 20 = 40N$$

4. נשרטט דג"ח של הגלגלת E:

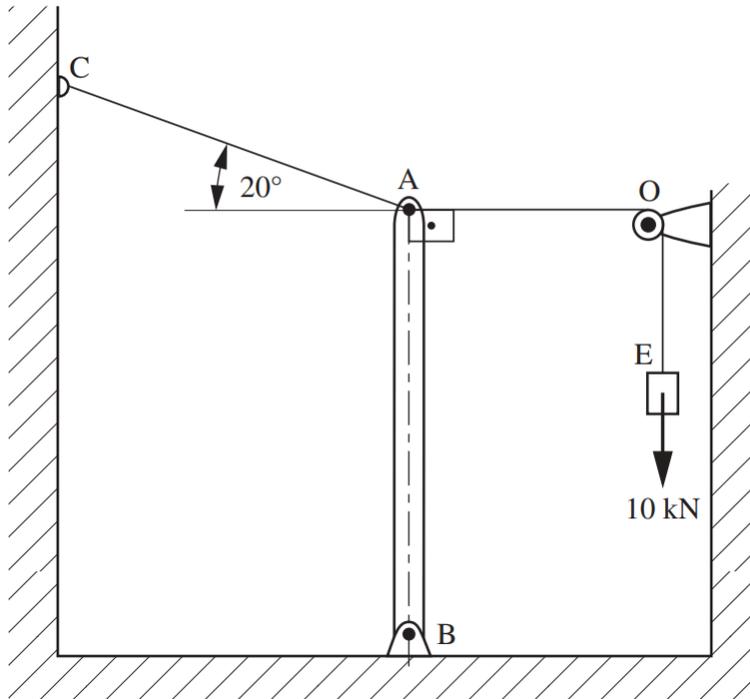
$$\Sigma F_y = 0 \rightarrow 2F - F_E = 0 \rightarrow$$

$$\rightarrow F = \frac{F_E}{2} = \frac{20}{2} = 10N$$



שאלה 6: 838202-2007

באיור לשאלה זו מתוארת מערכת, הכוללת מוט וכבלים, אשר תומכת במשקולת E. המשקולת נמצאת בשווי משקל והיא מחוברת לכבל AOE. הכבל עובר על-פני גלגלת חסרת חיכוך בנקודה O, ומחובר לקצה A של המוט AB. הכבל CA מחבר בין קצה המוט לנקודה C. הזוויות בין הכבלים למוט נתונות באיור, והמוט מאונך לקרקע.



דרוש:

5. שרטט דצ"ח של נקודה A.
6. חשב את כוח המתיחה, T_1 בכבל AOE.
7. חשב את כוח המתיחה, T_2 בכבל AC.
8. חשב את כוח התגובה, R_A במוט AB.

פתרון:

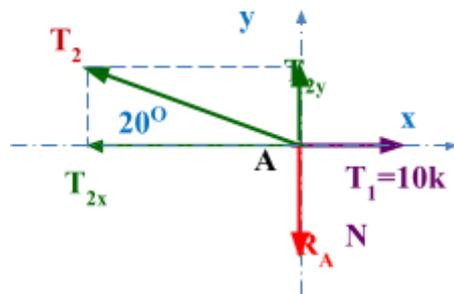
5. דג"ח של הגוף A.

6. $T_{AOE} = T_1 = 10 \text{ kN}$

7. נרשום את משוואות שיווי המשקל:

$$\Sigma F_y = 0 \rightarrow T_{1y} - R_A = 0 \rightarrow$$

$$R_A = T_{2y} \rightarrow R_A = T_2 \cdot \sin 20^\circ$$



$$\Sigma F_x = 0 \rightarrow T_1 - T_{2x} = 0 \rightarrow$$

$$\rightarrow T_{2x} = T_1 \rightarrow T_2 \cdot \sin 20^\circ = 10 \text{ kN} \rightarrow$$

$$\rightarrow T_2 = \frac{10}{\sin 20^\circ} = 29.24 \text{ kN}$$

שאלה 3: 819381-2021

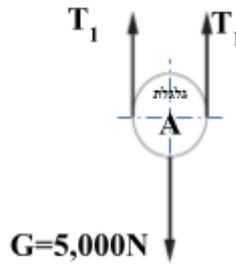
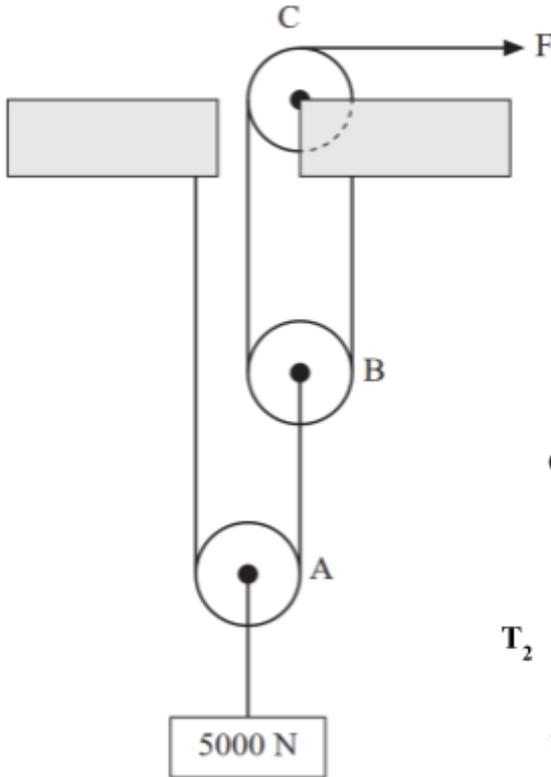
באיור לשאלה זו מתוארת מערכת של גלגלות חסרות חיכוך ומשקל זניח. על המערכת מופעל הכוח F , ועל הגלגלת A תלוי משא שמשקלו: $G=5,000N$. המערכת נמצאת בשיווי משקל.

דרוש:

1. חשב את ערכו של הכוח במצב המתואר.

פתרון:

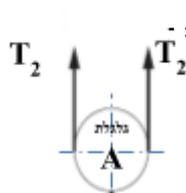
1. נשרטט דג"ח על גלגלת A:



$$\Sigma F_y = 0 \rightarrow 2T_1 - G = 0 \rightarrow$$

$$T_1 = \frac{5,000}{2} = 2,500N$$

2. נשרטט דג"ח על גלגלת B:



$$\Sigma F_y = 0 \rightarrow 2T_2 - T_1 = 0 \rightarrow T_2 = \frac{T_1}{2} = \frac{2,500}{2} = 1,250N$$

מסקנה: הכוח הנדרש כדי לשמור את המערכת בשיווי משקל הוא: $F=1,250N$

חינוך

שאלה 1:

באיור לשאלה זו מתואר מישור משופע ועליו מונח גוף A , $G=1,000\text{N}$. המשקולת מחוברת לכבל C העובר דרך שתי גלגלות חסרות משקל וחסרות חיכוך. על הגלגלת B תלויה המשקולת W . מקדם החיכוך בין המשקלות A לבין המישור המשופע הוא: $\mu=0.1$. המערכת נמצאת בשיווי משקל ועל סף תנועה במעלה המישור המשופע.

דרוש:

1. שרטט דג"ח של הגוף A .

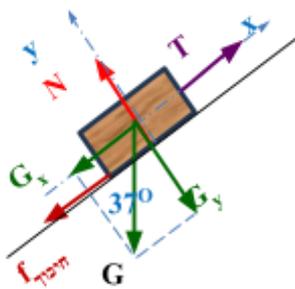
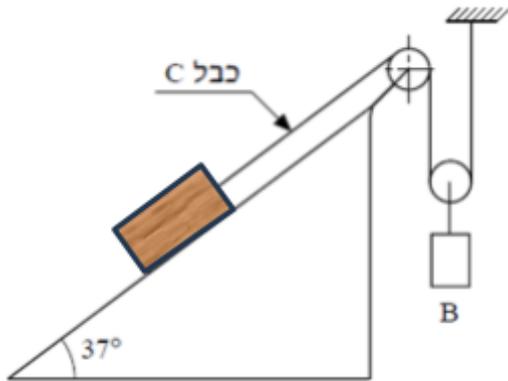
2. חשב את כוח המתיחה בכבל C . נתון: $\sin 37^\circ = 0.8$; $\cos 37^\circ = 0.6$.

3. חשב את משקלה W של המשקולת.

פתרון:

1. דג"ח של הגוף A עם מערכת צירים צמודת מישור משופע.

2. נרשום את משוואות שיווי המשקל:



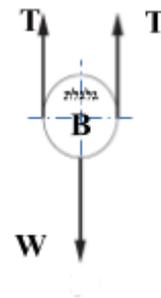
$$\Sigma F_y = 0 \rightarrow N - G_y = 0 \rightarrow N = G \cdot \cos 37^\circ \rightarrow N = 0.6 \cdot 1000 = 600\text{N}$$

$$\Sigma F_x = 0 \rightarrow T - G_x - f_{\text{חיכוך}} = 0 \rightarrow T = G \cdot \sin 37^\circ + \mu \cdot N \rightarrow$$

$$\rightarrow T = 1000 \cdot 0.8 + 0.1 \cdot 600 = 860\text{N}$$

3. כדי למצוא את W נתאר דג"ח מקוצר של גלגלת B :

$$\Sigma F_y = 0 \rightarrow 2T - W = 0 \rightarrow W = 2T = 2 \cdot 860 = 1,720\text{N}$$

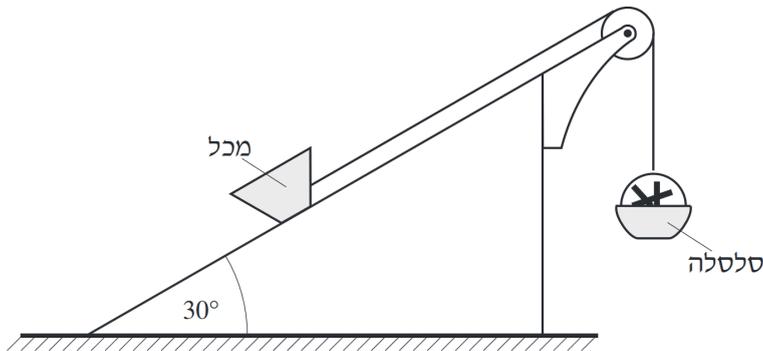


שאלה 2: 838201-2004 (שאלון בגרות מכניקה הנדסית יא')

באיור לשאלה זו מתואר מישור משופע ועליו מונח מכל שמשקלו $G=700\text{N}$. המכל קשור לסלסלה באמצעות כבל העובר דרך גלגלת חסרת משקל וחסרת חיכוך. המשקל של הסלסלה הוא: $W=470\text{N}$. המכל נמצא במצב של שיווי משקל ועל סף תנועה במעלה המישור המשופע.

דרוש:

1. מצא את כוח המתיחה בכבל.
2. שרטט דג"ח של המכל.
3. חשב את מקדם כוח החיכוך הסטטי בין המכל למישור המשופע.



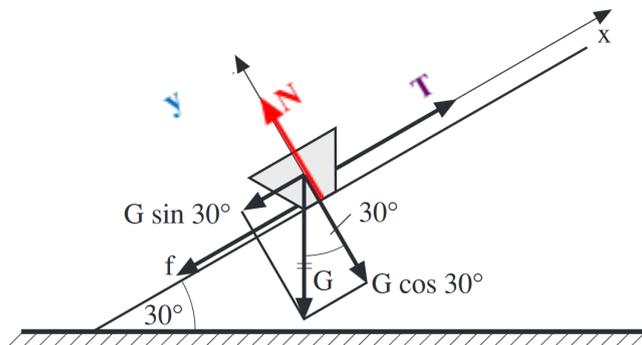
פתרון:

$$T=W=470\text{N}$$

1. כוח המתיחות בכבל שווה למשקל הסלסלה:

2. דג"ח של הגוף A עם מערכת צירים צמודת מישור משופע.

3. נרשום את משוואות שיווי המשקל:



$$\sum F_y = 0 \rightarrow N - G_y = 0 \rightarrow N = G \cdot \cos 30^\circ \rightarrow$$

$$\rightarrow N = 700 \cdot 0.866 = 606\text{N}$$

$$\sum F_x = 0 \rightarrow T - G_x - f_{\text{חיכוך}} = 0 \rightarrow$$

$$\rightarrow f_{\text{חיכוך}} = T - G \cdot \sin 30^\circ \rightarrow$$

$$\rightarrow f_{\text{חיכוך}} = 470 - 700 \cdot 0.5 = 120\text{N}$$

$$f_{\text{חיכוך}} = \mu \cdot N \rightarrow \mu = \frac{f_{\text{חיכוך}}}{N} = \frac{120}{606} = 0.2$$

מומנטים

שאלה 1: 838104-2005

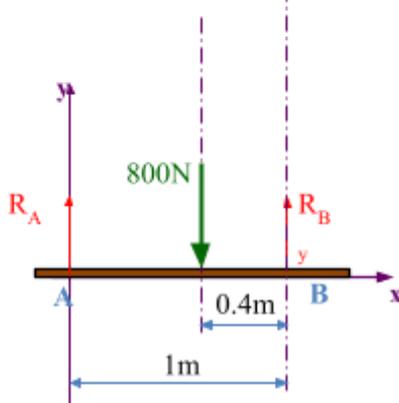


באיור לשאלה זו דני ואופניו שוקלים $G=800N$ נמצאים בשיווי משקל. שרטט דג"ח ומצא את כוחות התגובה.

נרשום את משוואות שיווי המשקל של הכוחות ומשוואת שיווי משקל של המומנטים הפועלים על הקורה:

$$\Sigma M_B = 0 \rightarrow 1 \cdot R_A = 0.4 \cdot 800 \rightarrow R_A = 320N$$

$$\Sigma F_y = 0 \rightarrow R_A + R_B - 800 = 0 \quad R_B = 800 - 320 = 680N$$



שאלה 2: 83804-2002

באיור לשאלה זו איל שמשקלו 600 ניוטון עומד במרחק 2 מטר מסמך B ויואב שמשקלו 700 ניוטון עומד במרחק של מטר מסמך A. מידות הקורה שמשקלה זניח והמרחקים נתונים באיור.

חשב את כוחות התגובה R_A ו- R_B .

פתרון:

נרשום את משוואות שיווי המשקל של הכוחות ומשוואת שיווי משקל של המומנטים הפועלים על הקורה:

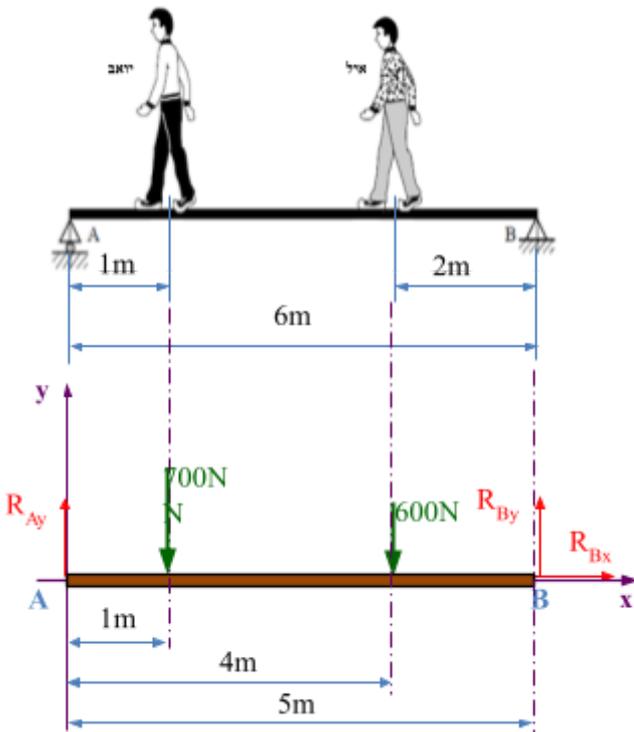
$$\Sigma F_x = 0 \rightarrow R_{Bx} = 0$$

$$\Sigma M_A = 0 \rightarrow 6 \cdot R_{By} - 1 \cdot 700 - 4 \cdot 600 = 0 \rightarrow$$

$$\rightarrow R_{By} = \frac{3,100}{5} = 620N$$

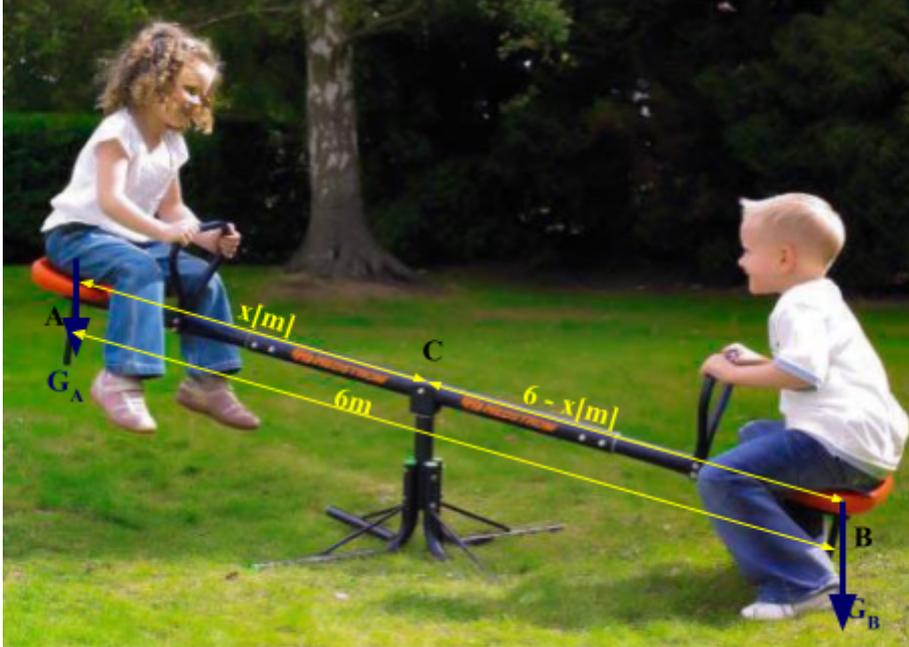
$$\Sigma F_y = 0 \rightarrow R_{Ay} + R_{By} - 700 - 600 = 0 \rightarrow$$

$$R_{Ay} = 1,300 - 620 = 680N$$



תרגיל (בעקבות ניסוי הנדגדה שבוצע במשגב בשנת 2024):

משקלי הילדים היושבים על הנדגדה שבתרשים הם: $G_A=350N$ ו- $G_B=400N$.



דרוש:

- חשב את המיקום של נקודה C כדי שהנדגדה תהיה מאוזנת.
- היכן יש להושיב ילד שלישי, שמשקלו $G_3=250N$, יחסית לנקודת האמצע C, כדי שהילדים יצליחו לאזן את הנדגדה.
- חשב את משקלה, G_4 , של חברה שרוצה לעלות על הנדגדה ומתברר שהנדגדה מתאזנת במרחק $x=2.5m$

פתרון:

1. חישוב המיקום של נקודה C:

$$\Sigma M_A = 0 \rightarrow x \cdot G_A - (6 - x) \cdot G_B = 0 \rightarrow x \cdot 350 - 6 \cdot 400 + x \cdot 400 = 0 \rightarrow$$

$$\rightarrow x \cdot (350 + 400) = 2,400 \rightarrow x = \frac{2,400}{750} = 3.2m$$

2. מציאת המיקום של ילד שלישי שיאזן את הנדגדה כך ש-C נקודת האיזון בדיוק באמצע:

$$\Sigma M_A = 0 \rightarrow 3 \cdot 350 + x \cdot 250 - 3 \cdot 400 = 0 \rightarrow 250x = 150 \rightarrow x = 0.6m$$

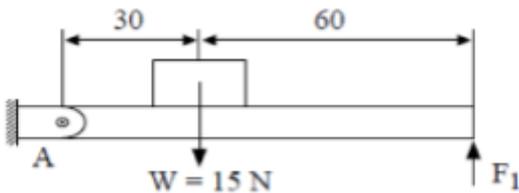
3. בסעיף זה יש שתי אפשרויות התלויות עם מי החברה בוחרת להתנדנד:

$$\Sigma M_A = 0 \rightarrow 3 \cdot 400 + 2.5 \cdot G_4 = 0 \rightarrow G_4 = \frac{1,200}{2.5} = 480N$$

$$\Sigma M_A = 0 \rightarrow 3 \cdot 350 + 2.5 \cdot G_4 = 0 \rightarrow G_4 = \frac{1,200}{2.5} = 420N$$

שאלה 3: 838381-2022

באיורים א' ו-ב' לשאלה זו מתוארות שתי קורות אופקיות, הנתמכות בצדן השמאלי בפרק A ובצדן הימני – בכוח האנכי F_1 ו- F_2 , בהתאמה. על כל אחת מהקורות מונח משא שמשקלו 15 N . שתי הקורות נמצאות בשיווי משקל. משקל הקורות ניתן להזנחה.

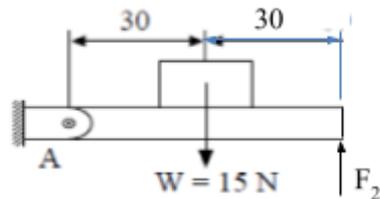


1. חשב את ערכו של F_1 לפי האיור העליון.

2. חשב את ערכו של F_2 לפי האיור התחתון.

פתרון:

$$\Sigma M_A = 0 \rightarrow 90 \cdot F_1 = 30 \cdot 15 \rightarrow F_1 = 5\text{ N}$$



$$F_2 = 30 \cdot 15 \rightarrow F_2 = 7.5\text{ N}$$

לכן: $F_1 < F_2$

שאלה 4: 838381-2019

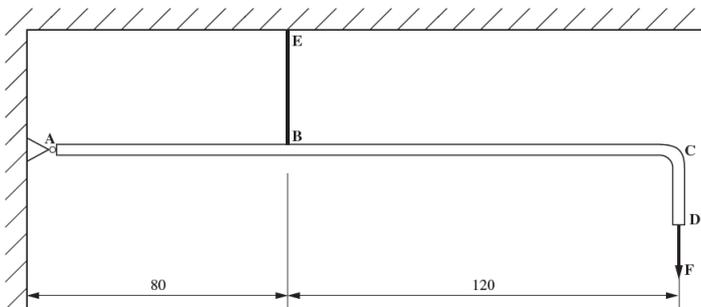
באיור לשאלה 4 מתואר מוט מכופף. המוט מחובר לקיר בנקודה A באמצעות סמך נייה. כבל אנכי היוצא מן התקרה, מנקודה E, מחובר למוט בנקודה B. בנקודה D פועל על המוט כוח אנכי. $F = 8,000\text{ N}$ המשקל של המוט המכופף ושל הכבל זניחים. המידות באיור נתונות במילימטרים.

1. שרטט דג"ח (דיאגרמת גוף חופשי) של המוט המכופף.

2. חשב את כוח המתיחה בכבל EB.

3. חשב את כוחות התגובה בסמך A.

פתרון:



$$\Sigma F_x = 0 \rightarrow A_x = 0$$

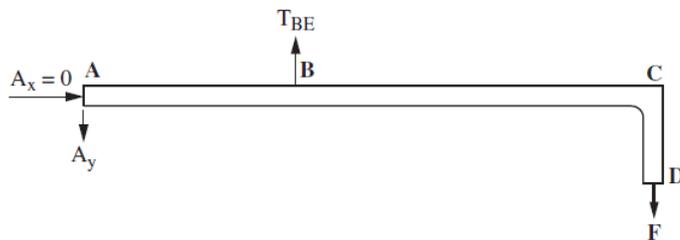
$$\Sigma M_A = 0 \rightarrow 80 \cdot T_{BE} - 200 \cdot F = 0$$

$$T_{BE} = \frac{200 \cdot 8,000}{80} = 20,000\text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0 \rightarrow T_{BE} - A_y - F = 0 \rightarrow$$

$$\rightarrow A_y = T_{BE} - F \rightarrow$$

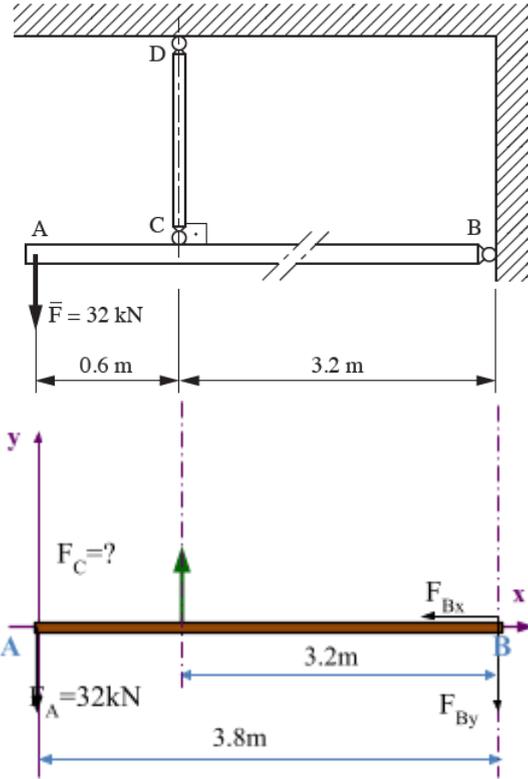
$$\rightarrow A_y = 20,000 - 8,000 = 12,000\text{ N}$$



שאלה 5: 838282-2018

באיור לשאלה זו מתוארת הקורה האופקית AB. הקורה מחוברת לקיר אנכי באמצעות הפרק B, ולמוט אנכי CD באמצעות הפרק C. למוט CD חתך עגול והוא מחובר לקיר האופקי באמצעות הפרק D. הקורה AB קשיחה לחלוטין ומשקלה זניח. על קצה הקורה פועל הכוח $F = 32 \text{ kN}$, אנכית כלפי מטה, במקום המתואר באיור.

1. שרטט דג"ח (דיאגרמת גוף חופשי) של הקורה AB.
2. חשב את גודלו של כל אחד מן הכוחות הפועלים על המוט CD.
3. קבע אם המוט נלחץ או נמתח ונמק את קביעתך.



פתרון:

1. דג"ח של הקורה AB

2. חישוב הכוח F_c :

$$\sum F_x = 0 \rightarrow F_{Bx} = 0$$

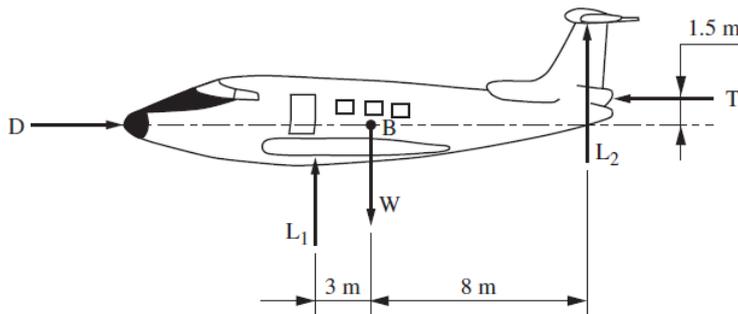
$$\sum M_B = 0 \rightarrow 3.8 \cdot F_A - 3.2 \cdot F_C = 0 \rightarrow F_C = \frac{3.8 \cdot 32}{3.2} = 38 \text{ kN}$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_C - F_A - F_{By} = 0 \rightarrow F_{By} = F_C - F_A = 38 - 32 = 6 \text{ kN}$$

3. על המוט CD פועל כוח מתיחה בנקודה C וכוח מתיחה בנקודה D לכן המוט נמתח.

שאלה 6: 838282-2018 וגם 838201-1994 (שאלון בגרות מכניקה הנדסית יא')

באיור לשאלה זו מתואר מטוס סילון, הטס במהירות קבועה ובקו אופקי ישר. משקל המטוס: $W = 15,000 \text{ N}$. מרכז הכובד של המטוס הוא בנקודה B. כוח הדחף הפועל על המטוס: $T = 2,500 \text{ N}$. מיקומי הכוחות הפועלים על המטוס וכיווניהם נתונים באיור.



1. חשב את הגדלים של הכוחות L_1 ו- L_2 (כוחות העילוי), הפועלים על המטוס.

2. חשב את גודלו של הכוח D (כוח ההתנגדות של האוויר), הפועל כנגד תנועת המטוס.

פתרון:

$$\Sigma F_x = 0 \quad \rightarrow \quad D - T = 0 \quad \rightarrow \quad D = T = 2500 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0 \quad \rightarrow \quad L_1 + L_2 - W = 0 \quad \rightarrow \quad L_1 + L_2 - 15,000 = 0 \quad \rightarrow \quad L_1 = 15,000 - L_2$$

$$\Sigma M_B = 0 \quad \rightarrow \quad 3 \cdot L_1 + 1.5 \cdot T - 8 \cdot L_2 = 0 \quad \rightarrow \quad 3 \cdot L_1 + 1.5 \cdot 2500 - 8 \cdot L_2 = 0$$

$$\rightarrow 3 \cdot (15,000 - L_2) + 1.5 \cdot 2500 - 8 \cdot L_2 = 0 \quad \rightarrow \quad 45,000 - 3 \cdot L_2 + 3,750 - 8 \cdot L_2 = 0$$

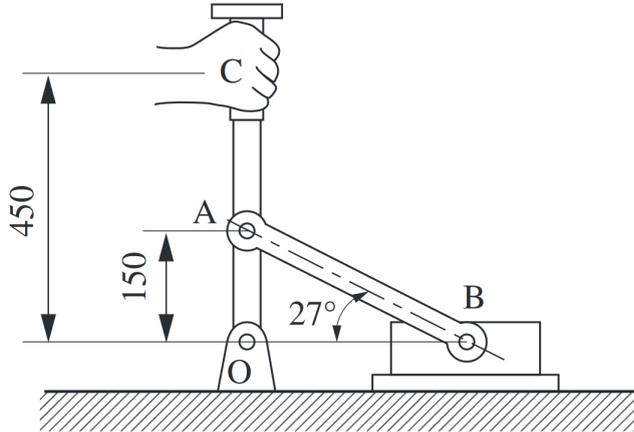
$$\rightarrow 3 \cdot L_2 + 8 \cdot L_2 = 48,750 \quad \rightarrow \quad L_2 = \frac{48,750}{11} = 4,431.82 \text{ N}$$

נציב את כוח העילוי L_2 שחישבנו במשוואה השנייה:

$$L_1 = 15,000 - L_2 \quad \rightarrow \quad L_1 = 15,000 - 4,431.82 = 10,468.18 \text{ N}$$

שאלה 7: 838202-2012

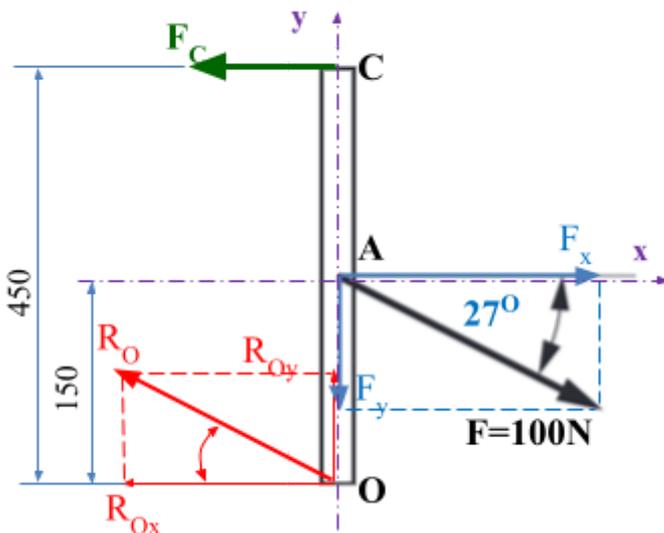
באיור לשאלה מתואר מנגנון המאפשר לאדם להזיז משקולת בעזרת המוטות CO ו-AB. המנגנון נמצא במנוחה. גודלו של הכוח הפועל לאורך המוט AB הוא $F=100\text{N}$. הנקודה O היא ציר הסיבוב של המוט CO. הנקודות A ו-B הן צירי הסיבוב של המוט AB.



1. שרטט דג"ח של המוט CO.

2. חשב את כוח התגובה R_o בנקודה O.

3. חשב את גודל הכוח F_c שמפעיל האדם בנקודה C.



פתרון:

1. דג"ח של המוט CO:

2. נרשום את משוואות שיווי המשקל עבור שני הצירים:

$$\sum M_o = 0 \rightarrow 450 \cdot F_c - 150 \cdot F_x \rightarrow F_c = \frac{150 \cdot 100 \cdot \cos 27^\circ}{450} = 29.7\text{N}$$

$$\sum F_x = 0 \rightarrow F_x - R_{Ox} - F_c = 0 \rightarrow R_{Ox} = F \cdot \cos 27^\circ - F_c = 100 \cdot \cos 27^\circ - 29.7 = 59.4\text{N}$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow R_{Oy} - F_y = 0 \rightarrow R_{Oy} = F \cdot \sin 27^\circ \rightarrow R_{Oy} = 100 \cdot \sin 27^\circ = 45.4\text{N}$$

$$R_o = \sqrt{R_{Ox}^2 + R_{Oy}^2} = \sqrt{45.4^2 + 59.4^2} = 74.76\text{N} = \arctan \frac{45.4}{59.4} \rightarrow = 37.4^\circ$$

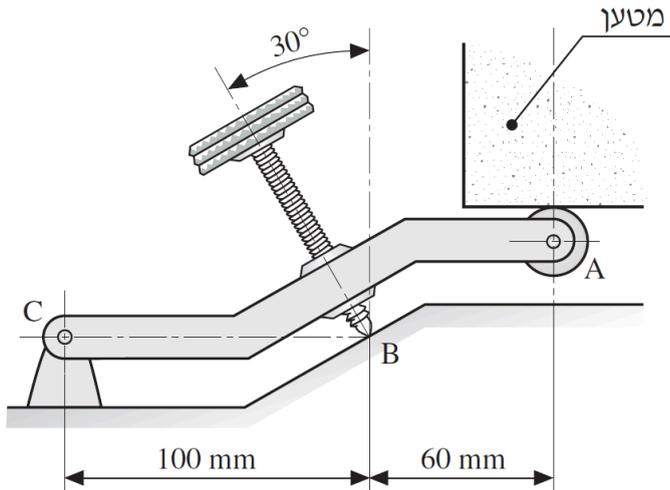
שאלה 8: 838201-2005 (שאלון בגרות מכניקה הנדסית יא')

באיור לשאלה, המנוף AC תומך במטען ומכוון את גובהו. העומס של חלק המטען, הפועל אנכית על הגלגלת A, הוא $W=900N$. כיוון הגובה של המטען מתבצע באמצעות הבורג הנוגע במשטח חלק לחלוטין בנקודה B.

4. שרטט דג"ח של המנוף.

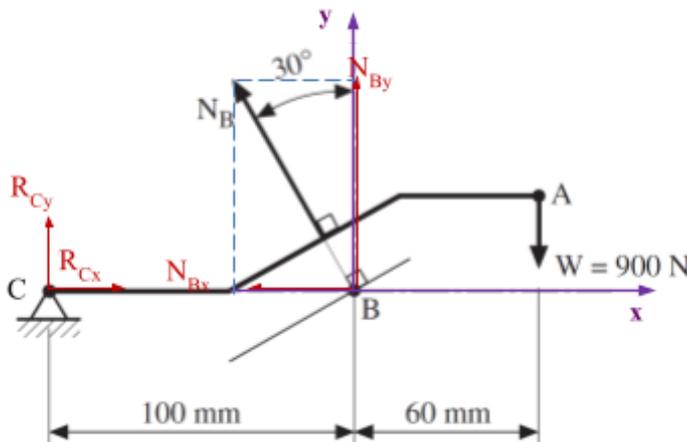
5. חשב את כוחות התגובה בסמך

C ואת כוח התגובה N_B .



פתרון:

1. דג"ח של המנוף:



2. נרשום את משוואות שיווי המשקל עבור שני הצירים:

$$\Sigma F_x = 0 \rightarrow R_{Cx} = N_{Bx} \rightarrow R_{Cx} = N_B \cdot \sin 30^\circ = 416 \cdot 0.5 = 208N$$

$$\Sigma M_B = 0 \rightarrow 100 \cdot R_{Cy} = 60 \cdot 900 \rightarrow R_{Cy} = 60 \cdot 9 = 540N$$

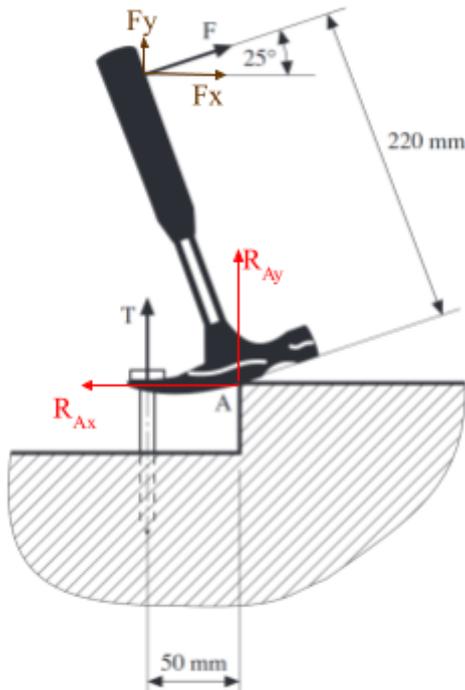
$$\Sigma F_y = 0 \rightarrow R_{Cy} + N_{By} - W = 0 \rightarrow R_{Cy} + N_B \cdot \cos 30^\circ - 900 = 0 \rightarrow$$

$$\rightarrow 540 + N_B \cdot \cos 30^\circ - 900 = 0 \rightarrow N_B \cdot \cos 30^\circ = 360 \rightarrow$$

$$N_B = \frac{360}{\cos 30^\circ} = 416N$$

שאלה 9: 2004-838201 (שאלון בגרות מכניקה הנדסית יא')

על הפטיש המתואר באיור לשאלה זו מופעל כוח $F=200\text{N}$. הפטיש מפעיל כוח T על המסמר, לאורך המסמר בלבד. אין החלקה של הפטיש על נקודת המשען A .



1. חשב את הכוח T הפועל לאורך המסמר.

2. חשב את גודלו של כוח התגובה R_A המופעל בנקודה A .

פתרון:

1. נרשום את משוואת שיווי משקל מומנטים סביב נקודה A :

$$\sum M_A = 0 \rightarrow -220 \cdot F + -50 \cdot T = 0 \rightarrow T = \frac{-220 \cdot 200}{50} = -880\text{N}$$

הכוח T פועל בכיוון הפוך לכיוון שמורטט באיור.

2. נרשום את משוואת שיווי משקל כוחות בכיוון ציר y :

$$\sum F_y = 0 \rightarrow R_{Ay} - F_y - T = 0 \rightarrow R_{Ay} = F \cdot \sin 25^\circ - T = 200 \cdot \sin 25^\circ - 880 = -35.5\text{N}$$

הכוח R_{Ay} פועל בכיוון הפוך לכיוון שמורטט באיור.

$$\sum F_x = 0 \rightarrow F_x - R_{Ax} = 0 \rightarrow R_{Ax} = F \cdot \cos 25^\circ = 200 \cdot \cos 25^\circ = 181.3\text{N}$$

שאלה 10: 894201-2004

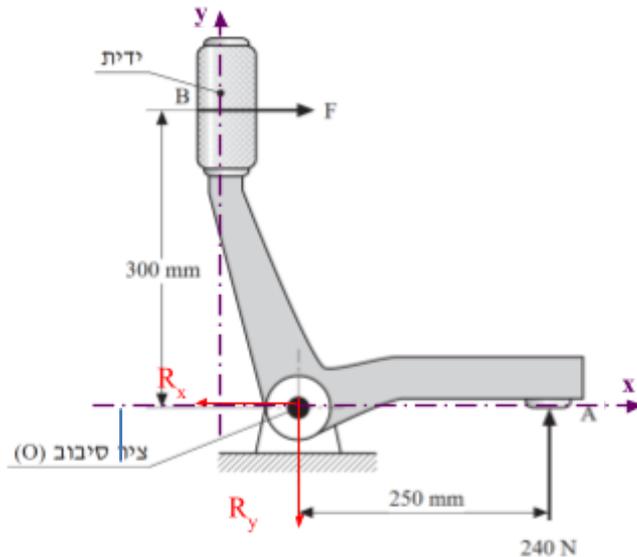
באיור לשאלה זו, מתוארת ידית שיכולה להסתובב סביב הציר O. בנקודה A פועל כוח אנכי ב- $F_A = 240\text{N}$. מפעילים על הידית כוח F בנקודה. המערכת נמצאת במצב של שיווי-משקל. משקל הידית זניח.

דרוש:

- חשב את ערכו של הכוח, F, במצב המתואר באיור.
- חשב את כוח התגובה, R, הפועל בציר הסיבוב O.

פתרון:

- דג"ח לידית AOB:



- נחשב את שקול הכוחות עבור שני הצירים:

$$\sum M_O = 0 \rightarrow 250 \cdot 240 - 300 \cdot F = 0 \rightarrow F = \frac{250 \cdot 240}{300} = 200\text{N}$$

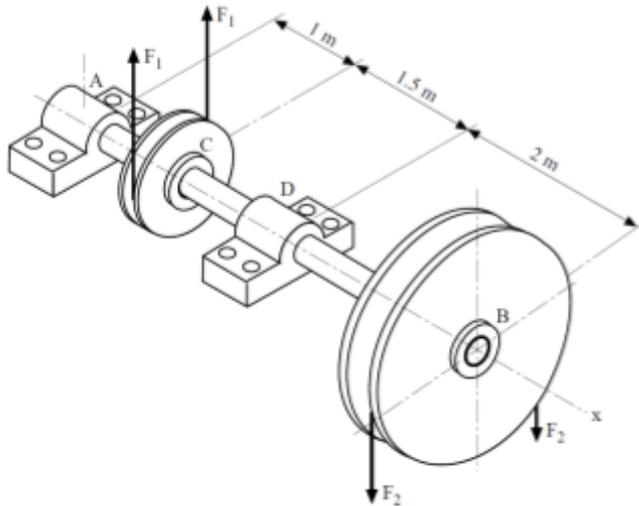
$$\sum F_y = 0 \rightarrow 240 - R_y = 0 \rightarrow R_y = 240\text{N}$$

$$\sum F_x = 0 \rightarrow F - R_x = 0 \rightarrow R_x = 200\text{N}$$

$$R_O = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{200^2 + 240^2} = 312.4\text{N} = \arctan \frac{240}{200} \rightarrow = 50.2^\circ$$

שאלה 10: 838201-2003 (שאלון בגרות מכניקה הנדסית יא')

באיור לשאלה זו, מתואר הגל AB עליו מותקנים שני גלגלי הרמה. הכוחות הפועלים על הגלגלים מסומנים באיור ב-
 $F_1=80\text{N}$ ו- $F_2=60\text{N}$.

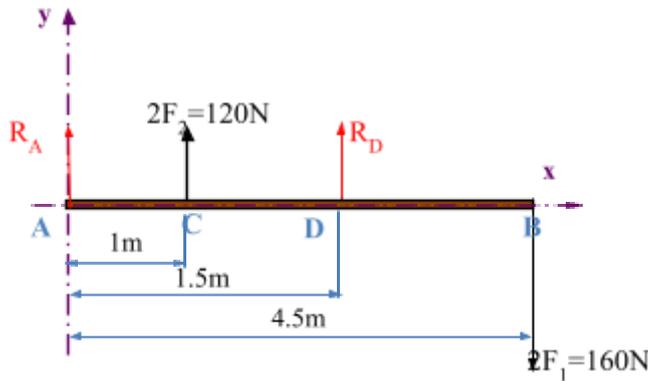


דרוש:

3. שרטט דג"ח לגל AB וסמן את הכוחות שפועלים על הגל בנקודות B ו- C ואת כוחות התגובה הפועלים בסמכים A ו- D.
4. חשב את כוחות התגובה R_A ו- R_B .

פתרון:

1. דג"ח לגל AB:



2. נחשב את שקול הכוחות עבור שני הצירים:

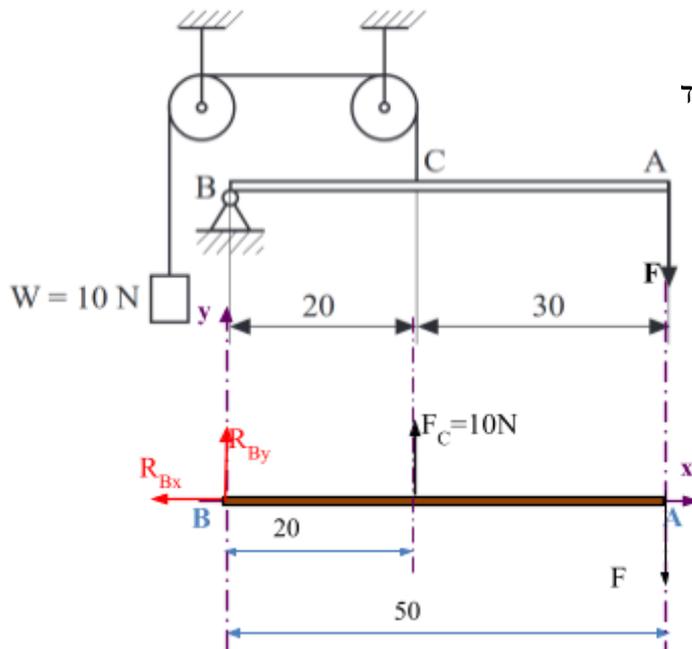
$$\sum M_A = 0 \rightarrow 1 \cdot 2F_2 + 1.5 \cdot R_D - 4.5 \cdot 2F_1 = 0 \rightarrow 1.5 \cdot R_D = 720 - 120 \rightarrow R_D = 400\text{N}$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow R_A + R_D - 2F_2 - 2F_1 = 0 \rightarrow R_A + R_D = 280 \rightarrow R_A = 280 - 400 = -120\text{N}$$

כוח התגובה R_A יפעל בכיוון הפוך למשורטט בדג"ח.

שאלה 11: 838201-2000 (שאלון בגרות מכניקה הנדסית יא')

באיור לשאלה זו מתואר מנוף AB, שמשקלו זניח, ויכול להסתובב סביב ציר B. בנקודה C מחובר למנוף כבל העובר על-פני שתי גלגלות קבועות, חסרות חיכוך, ומתחבר בצידו השני למשא $W=10\text{N}$. המידות באיור נתונות במילימטרים.



1. שרטט דצ"ח של נקודה C.

2. חשב את גודלו של הכוח F שיופעל בנקודה A כדי

פתרון:

1. דצ"ח של נקודה C:

2. נרשום את משוואות שיווי משקל מומנטים סביב נקודה A:

$$\Sigma M_A = 0 \rightarrow 20 \cdot F_C - 50 \cdot F = 0 \rightarrow F = \frac{20 \cdot F_C}{50} = \frac{20 \cdot 10}{50} = 4\text{N}$$

3. חישוב כוח התגובה R_A מתוך משוואת שיווי משקל בכיוון ציר y:

$$\Sigma F_y = 0 \rightarrow R_{By} + F_C - F = 0 \rightarrow R_{By} = F - F_C = 10 - 4 = 6\text{N}$$

שאלה 12: 838201-1997 (שאלון בגרות מכניקה הנדסית יא')

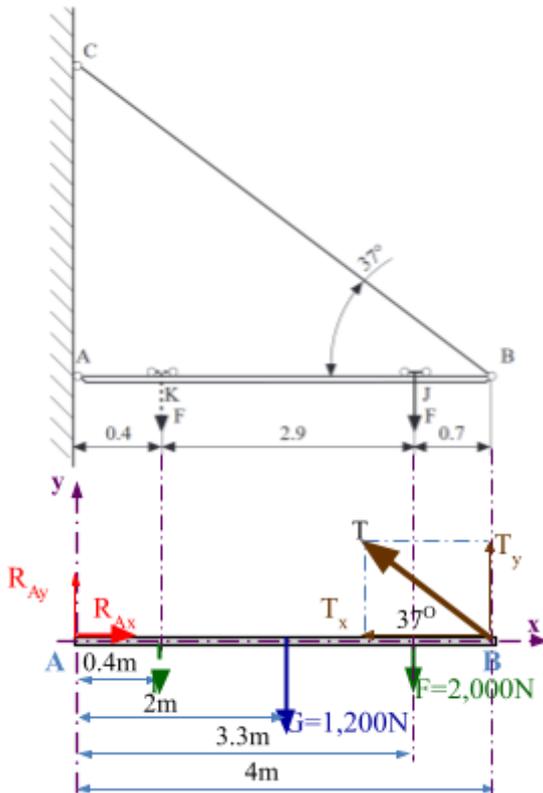
באיור לשאלה זו מתוארת קורה אופקית AB. הקורה קשיחה לחלוטין ואחידה לכל אורכה. משקל הקורה $G=1200N$, והיא נתמכת על פרק בנקודה A, ומוחזקת עם כבל בנקודה B. הכבל BC מחובר לקיר בנקודה C. כננה הרמה המרימה משא שמשקלו $F=2000N$, יכול לנוע לאורך הקורה בין הנקודות J ו-K. משקל הכננת זניח וגודלה יכול להיחשב כנקודתי. המידות באיור נתונות במטרים.

3. שרטט דג"ח של הקורה.

4. חשב את המתוחות, T, בכבל BC כאשר הכננת בנקודה J.

5. חשב את כוח התגובה בפרק A.

6. חשב את המתוחות, T, בכבל BC כאשר הכננת בנקודה K.



פתרון:

4. דג"ח של הקורה, עם הכננת בנקודות J ו-K:

5. נרשום את משוואות שיווי המשקל של הכוחות ומשוואת שיווי משקל של המומנטים הפועלים על הקורה:

$$\sum M_A = 0 \rightarrow -2 \cdot G - 3.3 \cdot F + 4 \cdot T_y = 0 \rightarrow T_y = \frac{2 \cdot 1200 + 3.3 \cdot 2000}{4} \rightarrow T_y = 2,250N$$

$$T_y = T \cdot \sin 37^\circ \rightarrow T = \frac{T_y}{\sin 37^\circ} = \frac{2,250}{\sin 37^\circ} = 3,739N$$

$$\sum F_x = 0 \rightarrow R_{Ax} - T_x = 0 \rightarrow R_{Ax} = T_x \rightarrow R_{Ax} = T \cdot \cos 37^\circ = 3,738.7 \cdot \cos 37^\circ \rightarrow R_{Ax} = 2,986N$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow R_{Ay} + T_y - G - F = 0 \rightarrow R_{Ay} = G + F - T_y = 1,200 + 2,500 - 2,250 \rightarrow R_{Ay} = 1,450N$$

$$R_A = \sqrt{R_{Ax}^2 + R_{Ay}^2} = \sqrt{2986^2 + 1450^2} = 3319.3N$$

$$\gamma = \arctan\left(\frac{R_{Ay}}{R_{Ax}}\right) = \arctan\left(\frac{1,450}{2,986}\right) = 26^\circ$$

6. נחשב את כוח המתיחות כאשר המשא בנקודה K:

$$\sum M_A = 0 \rightarrow -0.4 \cdot F - 2 \cdot G + 4 \cdot T_y = 0 \rightarrow T_y = \frac{0.4 \cdot 2000 + 2 \cdot 1200}{4} \rightarrow T_y = 800N$$

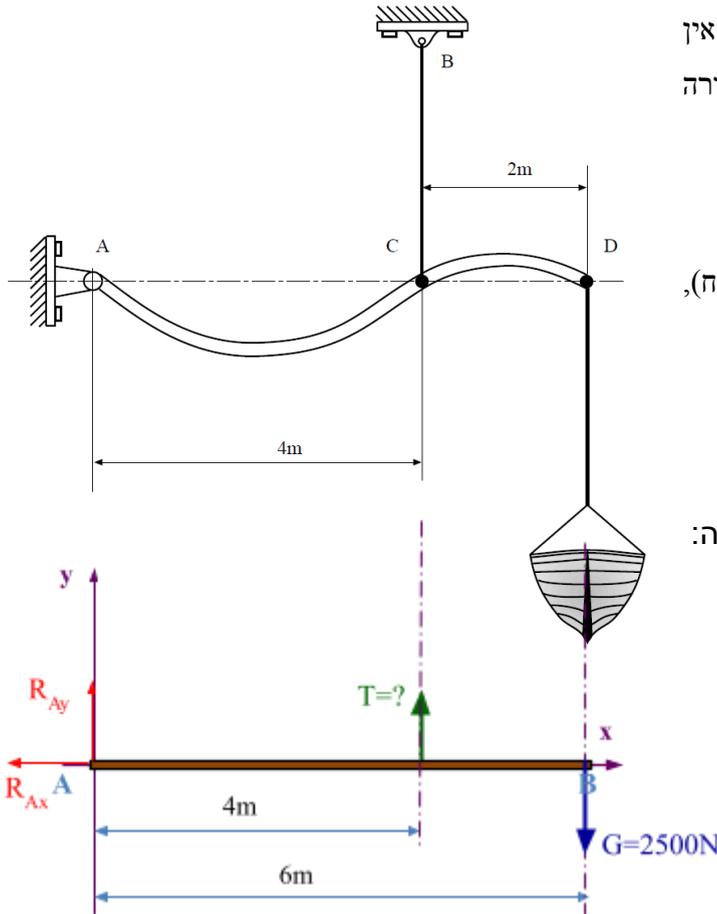


$$T_y = T \cdot \sin 37^\circ \rightarrow T = \frac{800}{\sin 37^\circ} = \frac{2,250}{\sin 37^\circ} = 1,329.3N$$

לכן המתיחות תקטן כאשר הכננת נמצאת בנקודה K.

שאלה 13: 838201-1994 (שאלון בגרות מכניקה הנדסית יא')

סירה מוחזקת, בשיווי משקל, על סיפון אונייה בעזרת הקורה ACD. משקל הסירה הוא: $G=2500N$.



7. שרטט דג"ח של הקורה (לצורתה אין חשיבות וניתן להתייחס אליה כאל צורה מלבנית). ניתן להזניח את משקל הקורה.

8. חשב את המתיחות, T , בכבל BC.

9. חשב את כוח התגובה בפרק (סמך נייה), המחובר לקורה בנקודה A.

פתרון:

7. דג"ח של הקורה המחזיקה את הסירה:

8. נרשום את משוואות שיווי המשקל של הכוחות ומשוואת שיווי משקל של המומנטים הפועלים על הקורה:

$$\Sigma F_x = 0 \rightarrow R_{Ax} = 0$$

$$\Sigma M_A = 0 \rightarrow 4 \cdot T - 6 \cdot G = 0 \rightarrow T = \frac{6 \cdot 2,500}{4} \rightarrow T = 3,750N$$

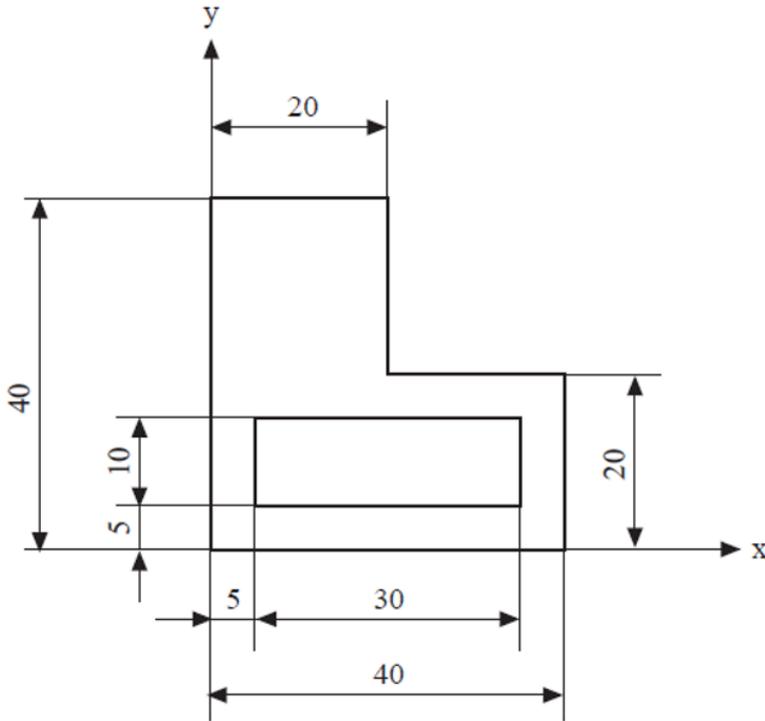
$$\Sigma F_y = 0 \rightarrow R_{Ay} + T - W = 0 \rightarrow R_{Ay} = 3,750 - 2,500 \rightarrow R_{Ay} = 1,250N$$



מרכז כובד

שאלה 1: 838201-1997 (שאלון בגרות מכניקה הנדסית יא')

באיור לשאלה זו מתוארת פחית עשויה פח דק בעובי אחיד. בלוחית פתח מלבני כמתואר באיור. המידות של הלוחית והפתח נתונות במילימטרים. חשב את הקואורדינטות של מרכז הכובד.



N	אורך	גובה	A_i	x_i	y_i	$A_i x_i$	$A_i y_i$
1	20	20	400	10	30	4,000	12,000
2	40	20	800	20	20	16,000	16,000
3	30	10	-300	20	10	-6,000	-3,000
			1,100			14,000	25,000

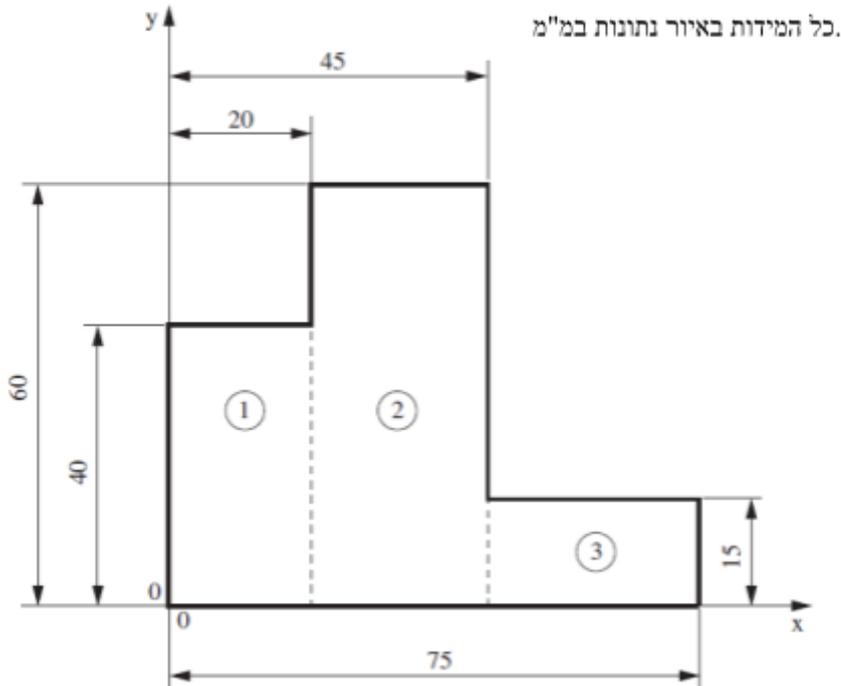
$$X_C = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i \cdot x_i)}{\sum_{i=1}^n A_i} = \frac{14,000}{1,100} = 12.73mm$$



$$Y_C = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i \cdot y_i)}{\sum_{i=1}^n A_i} = \frac{25,000}{1,100} = 22.73mm$$

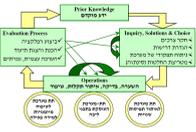
שאלה 2: 838202-2011

באיור לשאלה זו נתון לוח שעוביו אחיד. יש למצוא את מרכז הכובד של הלוח. הלוח מחולק לחלקים: 1, 2 ו-3.

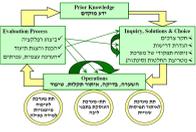


N	אורך	גובה	A_i	x_i	y_i	$A_i x_i$	$A_i y_i$
1	20	40	800	10	20	8,000	12,000
2	25	60	1,500	32.5	30	48,750	16,000
3	30	15	450	60	7.5	27,000	3,375
			2,750			83,750	29,375

$$X_C = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i \cdot x_i)}{\sum_{i=1}^n A_i} = \frac{83,750}{2,750} = 30.455mm$$

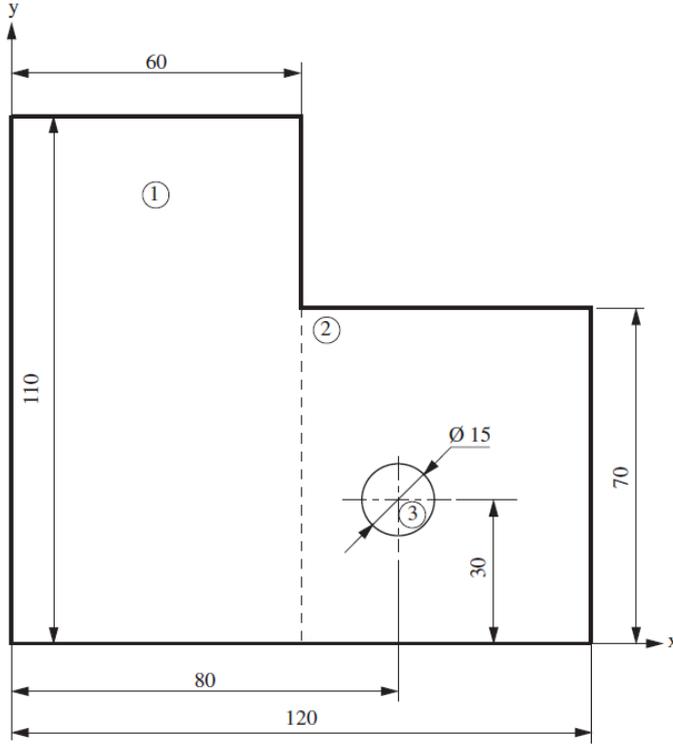


$$Y_C = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i \cdot y_i)}{\sum_{i=1}^n A_i} = \frac{29,375}{2,750} = 10.682mm$$



שאלה 3: 838202-2013

באיור לשאלה זו מתואר לוח במערכת צירים ללא קנ"מ $(x - y)$. הלוח עשוי פח בעל עובי אחיד. מידות הלוח נתונות באיור במ"מ. יש למצוא את מרכז הכובד של הלוח. הלוח מחולק לחלקים: 1, 2 ו-3.



פתרון:

נחלק את שטח הצורה הנתונה לשלושה שטחים, (1), (2, 3) שלגביהם אנחנו ויודעים את מיקום מרכז הכובד:

נשתמש בטבלה שהכרנו כדי להכין את החישובים להצבה בנוסחת מרכז הכובד שלמדנו.

N	אורך	גובה	A_i	x_i	y_i	$A_i x_i$	$A_i y_i$
1	60	110	6,600	30	55	198,000	363,000
2	60	70	4,200	90	35	378,000	147,000
3	D=15		-177	80	30	-14,160	-5,310
			10,623			561,840	504,690

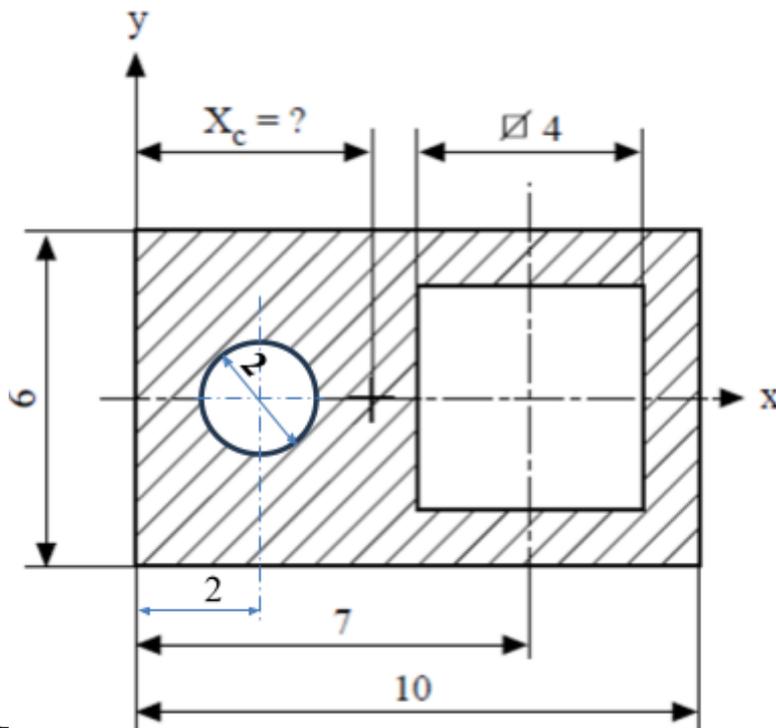
$$X_C = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i \cdot x_i)}{\sum_{i=1}^n A_i} = \frac{561,840}{10,623} = 52.889mm$$



$$Y_C = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i \cdot y_i)}{\sum_{i=1}^n A_i} = \frac{504,690}{10,623} = 47.509mm$$

שאלה 4:

באיור לשאלה זו מתואר חתך שתכננו תלמידי רובוטיקה. יש למצוא את מרכז הכובד של הלוח.



N	אורך	גובה	A_i	x_i	y_i	$A_i x_i$	$A_i y_i$
1	10	6	60	5	3	300	180
2	D=2mm		-3.142	2	3	-6.284	-9.425
3	4	4	-16	7	3	-112	-48
			40.88			181.72	122.575

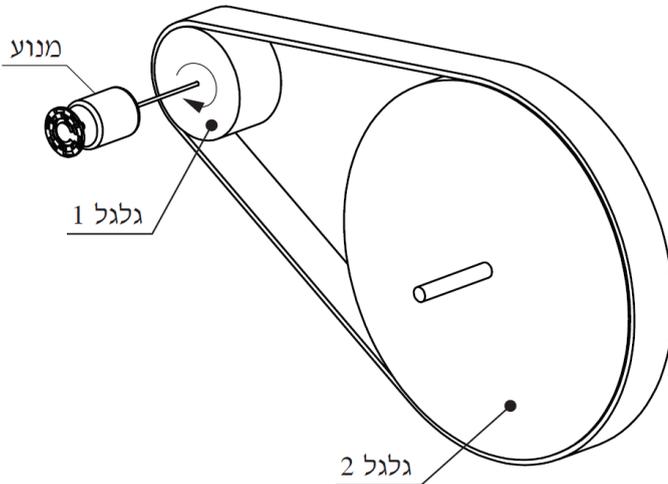
$$X_C = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i \cdot x_i)}{\sum_{i=1}^n A_i} = \frac{181.75}{40.88} = 4.446mm$$



$$Y_C = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i \cdot y_i)}{\sum_{i=1}^n A_i} = \frac{122.575}{40.88} = 3mm$$

באיור לשאלה זו מתוארת ממסרת רצועה שטוחה. הממסרה מעבירה מומנט סיבוב מגלגל 1 לגלגל 2.

נתונים:



מהירות הסיבוב של גלגל 1: $n_1 = 2,400$ RPM

המומנט של גלגל 2: $M_{t_2} = 30$ Nm

יחס התמסורת: $i = 1:4$

קוטר גלגל 2: $D_2 = 600$ mm

נצילות הממסרה: $\eta = 0.86$

דרוש:

1. חשב את קוטרו של גלגל 1, D_1 .
2. חשב את מהירות הסיבוב של גלגל 2, n_2 .
3. חשב את המומנט של גלגל 1, M_{t_1} .
4. חשב את ההספק, H_{out} , ביציאה מהממסרה.
5. חשב את ההספק, H_{in} , הנדרש מהמנוע להעברת התנועה.

פתרון:

$$i = \frac{D_1}{D_2} \rightarrow D_1 = i \cdot D_2 = \frac{1}{4} \cdot 600 = 150 \text{ mm}$$

$$i = \frac{n_{out}}{n_{in}} \rightarrow n_2 = i \cdot n_1 = \frac{1}{4} \cdot 2,400 = 600 \text{ R.P.M.}$$

$$i = \frac{M_{t_{in}}}{M_{t_{out}}} \rightarrow M_{t_1} = i \cdot M_{t_2} = \frac{1}{4} \cdot 30 = 7.5 \text{ Nm}$$

$$H_{out} [kW] = \frac{M_{t_{out}} [N \cdot m] \cdot n_{out} [r.p.m]}{9550} = \frac{M_{t_2} \cdot n_2}{9550} = \frac{30 \cdot 600}{9550} = 1.885 \text{ kW}$$

$$H_{out} = \eta \cdot H_{in} \rightarrow H_{in} = \frac{H_{out}}{\eta} = \frac{1.885}{0.86} = 2.192 \text{ kW}$$

שאלה 2: 819381-2022 וגם 838202-2006

באיור לשאלה זו מתואר תרשים של ממסרת דו-דרגתית להפחתת מהירות. הממסרת מורכבת משלושה גלים – a, b, c, עליהם מורכבים זוג גלגלי שיניים וזוג גלגלי רצועה. המבוא לממסרה הוא בגל a והמוצא ממנה בגל c.

נתונים:

מספר השיניים בגלגלי השיניים: $Z_1=20$ ו- $Z_2=100$.

קוטרי גלגלי הרצועה: $D_3=40\text{mm}$ ו- $D_4=80\text{mm}$.

דרוש:

1. האם גל A וגל C נעים בכיוון זהה? נמק!

2. חשב את יחס הממסרת.

3. חשב את הספק המנוע הדרוש לחבר לגל הכניסה, A, אם נתון שהוא מסתובב במהירות $n=1000\text{R.P.M}$ ובמומנט של $M_t=10\text{Nm}$.

4. האם ההספק המושקע בכניסה לממסרת שווה להספק המתקבל ביציאה מהממסרת, קטן או גדול ממנו? נמק!

פתרון:

1. גל a נע בכיוון הפוך לגל c.

2. נחשב את יחס התמסורת הכולל של הממסרת:

$$i_1 = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{20}{100} = \frac{1}{5}$$

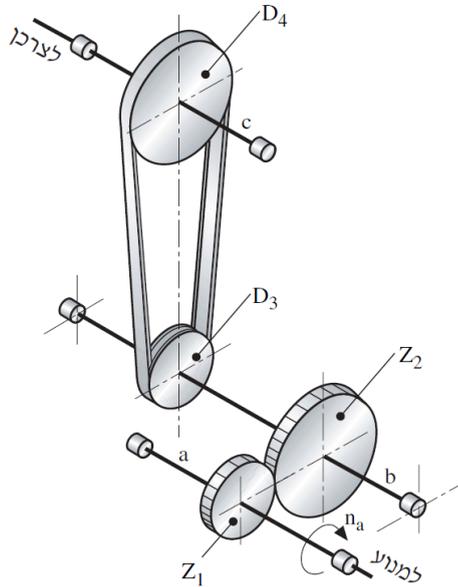
$$i_2 = \frac{D_3}{D_4} = \frac{40}{80} = \frac{1}{2}$$

$$i_{Total} = i_1 \cdot i_2 = \frac{1}{5} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{10}$$

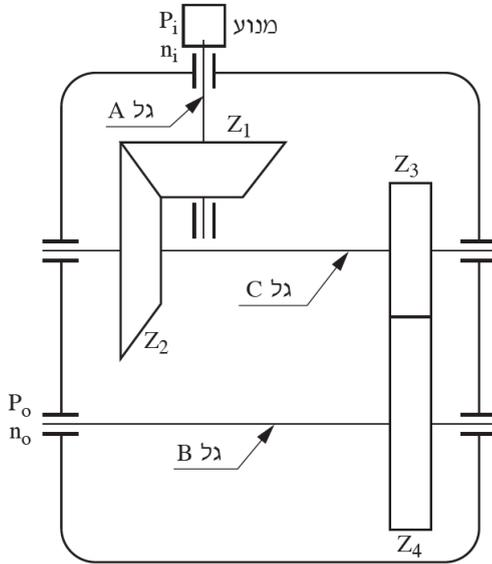
3. הספק המנוע הדרוש:

$$H_{in}[kW] = \frac{M_t[Nm] \cdot n[r.p.m]}{9550} = \frac{M_{t_1} \cdot n_1}{9550} = \frac{10 \cdot 1,000}{9550} = 1.047kW = 1,047Watt$$

4. מאחר שלא נתונה בשאלה נצילות הממסרת, ההספק ביציאה יהיה שווה להספק בכניסה.



באיור לשאלה זו מתוארת ממסרת דו-שלבית המורכבת מהרכיבים האלה:



שלב 1: תשלובת גלגלי שיניים קוניות Z_1 ו- Z_2 .

שלב 2: תשלובת גלגלי שיניים ישרות Z_3 ו- Z_4 .

הכניסה לממסרה היא בגל A, והיציאה ממנה היא בגל B, כאשר גל C הוא גל ביניים.

נתונים:

- ההספק בכניסה לממסרה: $H_i = 15 \text{ kW}$

- ההספק ביציאה מהממסרה: $H_o = 12 \text{ kW}$

- מהירות הסיבוב בכניסה לממסרה: $n_i = 3,200 \text{ RPM}$

- מהירות הסיבוב ביציאה מהממסרה: $n_o = 800 \text{ RPM}$

- מספר השיניים בגלגלי השיניים הם: $Z_1=22, Z_2=44, Z_4=80$

דרוש:

1. חשב את נצילות הממסרה

2. חשב את יחס התמסורת

3. חשב את מספר השיניים בגלגל השיניים Z_3

פתרון:

1. נצילות הממסרה: $\eta = \frac{H_{out}}{H_{in}} = \frac{12}{15} = 0.8 \rightarrow 80\%$

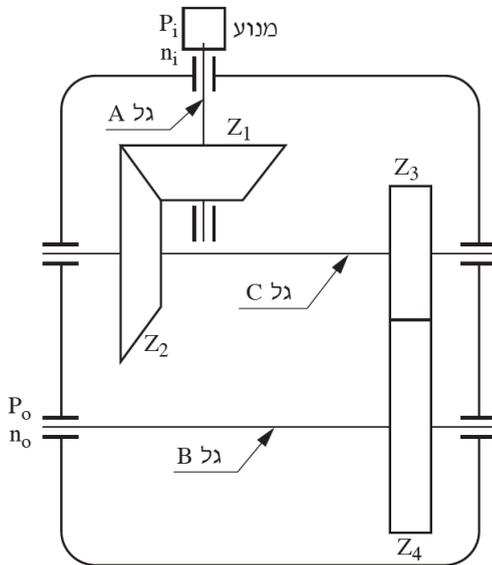
2. נחשב את יחס התמסורת הכולל של הממסרת: $i_{Total} = \frac{n_{out}}{n_{in}} = \frac{800}{3,200} = \frac{1}{4}$

3. מספר השיניים בגלגל השיניים: תחילה נחשב את יחס התמסורת של התשלובת הקונית:

$$i_1 = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{22}{44} = \frac{1}{2}$$

$$i_{Total} = i_1 \cdot i_2 \rightarrow \frac{1}{4} = \frac{1}{2} \cdot \frac{Z_3}{Z_4} \rightarrow \frac{1}{2} = \frac{Z_3}{Z_4} \rightarrow Z_3 = \frac{Z_4}{2} = \frac{80}{2} = 40$$

באיור לשאלה זו מתוארת ממסרת דו-שלבית המורכבת מהרכיבים האלה:



שלב 1: תשלובת גלגלי שיניים קוניות Z_1 ו- Z_2 .

שלב 2: תשלובת גלגלי שיניים ישרות Z_3 ו- Z_4 .

הכניסה לממסרה היא בגל A, והיציאה ממנה היא בגל B, כאשר גל C הוא גל ביניים.

נתונים:

- ההספק ביציאה מהממסרה: $H_o = 18 \text{ kW}$

- נצילות הממסרת היא: $\eta = 0.9$

- מהירות הסיבוב בכניסה לממסרה: $n_i = 1,800 \text{ RPM}$

- מספר השיניים בגלגלי השיניים הם: $Z_1=20$, $Z_2=60$, $Z_3=40$, $Z_4=120$

דרוש:

1. חשב את יחס התמסורת.
2. חשב את מהירות הסיבוב, n_o של גל היציאה מהממסרת.
3. חשב את המומנט שמופעל על גל היציאה מהממסרת.
4. חשב את ההספק, H_i , בכניסה לממסרה.

פתרון:

1. נחשב את יחס התמסורת הכולל של הממסרת:

$$i_{Total} = \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_3}{Z_4} = \frac{20}{60} \cdot \frac{40}{120} = \frac{1}{9}$$

2. מהירות הסיבוב, n_o :

$$i_{Total} = \frac{n_{out}}{n_{in}} \rightarrow n_{out} = i_{Total} \cdot n_{in} = \frac{1}{9} \cdot 1,800 = 200 \text{ R.P.M.}$$

3. מומנט היציאה מהממסרת:

$$H_{out} [kW] = \frac{M_{t_{out}} [Nm] \cdot n_{out} [r.p.m]}{9550} \rightarrow M_{t_{out}} = \frac{9550 \cdot H_{out}}{n_{out}} = \frac{9550 \cdot 18}{200} = 859.5 \text{ Nm}$$

4. מומנט הכניסה לממסרת:

$$i = \frac{M_{t_{in}}}{M_{t_{out}}} \rightarrow M_{t_{in}} = i \cdot M_{t_{out}} = \frac{1}{9} \cdot 859.5 = 95.5 \text{ Nm}$$

5. ההספק הנכנס, H_i :

$$H_{out} = \eta \cdot H_{in} \rightarrow H_{in} = \frac{H_{out}}{\eta} = \frac{18}{0.9} = 20 \text{ kW}$$

שאלה 5: 819381-2021

באיור לשאלה זו מתוארת ממסרת מכנית המעבירה הספק. הממסרה כוללת שלושה גלגלי שיניים: Z_1 , Z_2 ו- Z_3 , ושני גלגלי רצועה: D_4 ו- D_5 . קוטרי כל הגלים בממסרת זהים והם: $d=10\text{mm}$ והמומנט שגל היציאה מעביר הוא: $M_t=10\text{Nm}$. מהירות הסיבוב של גל הכניסה היא: $n_a=1000\text{R.P.M}$.

נתונים:

— נצילות הממסרה: $\eta=100\%$

— מספר השיניים בגלגלי השיניים: $Z_1=Z_2=25$ $Z_3=60$

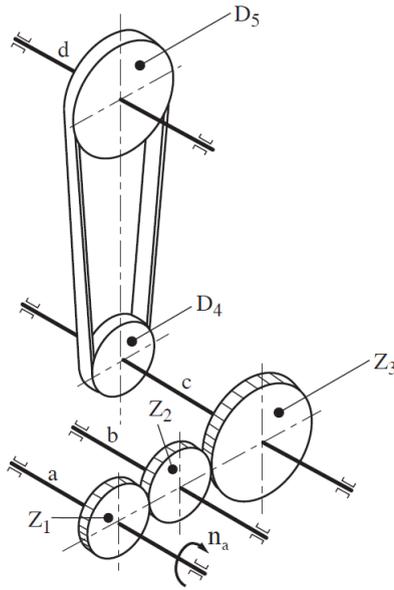
— קוטרי גלגלי הרצועה: $D_4=120\text{mm}$ $D_5=300\text{mm}$

דרוש:

a. לאיזה כיוון יסתובב גל היציאה?

b. חשב את יחס התמסורת הכולל של הממסרת.

c. חשב את הספק המנוע הנדרש לסיבוב גל הכניסה.



פתרון:

1. גל היציאה יסתובב כמו גל הכניסה בכיוון השעון.

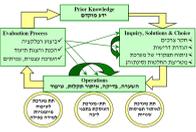
2. נחשב את יחס התמסורת הכולל של הממסרת:

$$i_{Total} = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 = \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_2}{Z_3} \cdot \frac{D_4}{D_5} = \frac{25}{25} \cdot \frac{25}{60} \cdot \frac{120}{300} = \frac{50}{300} = \frac{1}{6}$$

3. הספק המנוע הנדרש לסיבוב גל הכניסה: תחילה נחשב את מומנט גל הכניסה:

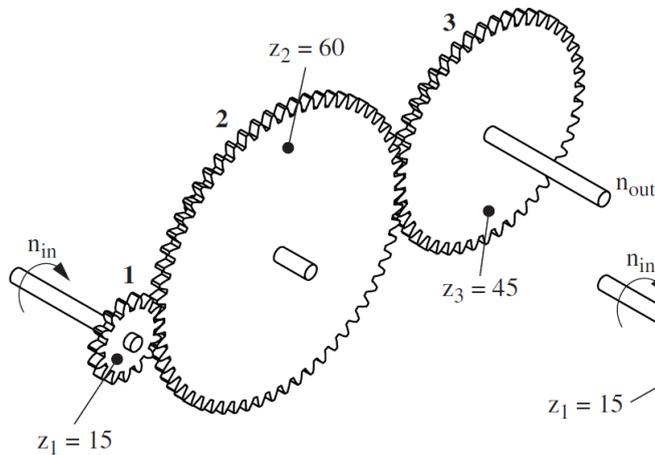
$$i = \frac{M_{t_{in}}}{M_{t_{out}}} \rightarrow M_{t_{in}} = i \cdot M_{t_{out}} = \frac{1}{6} \cdot 10 = 1.667\text{Nm} = 1,667\text{Nmm}$$

$$H_{in} [kW] = \frac{M_{t_{in}} [Nm] \cdot n_{in} [r.p.m]}{9550} = \frac{1.667 \cdot 1,000}{9550} = 0.1745\text{kW} = 174.5\text{Watt}$$



שאלה 6: 819381-2019

באיור לשאלה זו מתוארת ממסרת גלגלי שיניים. גל המבוא של הממסרת מחובר לגלגל 1 וקוטרו $d=5\text{mm}$. גל המוצא של כל הממסרת מחובר לגלגל 3. קוטרי גלגלי השיניים בממסרת זהים למספר הנתונים באיור.



דרוש:

- חשב את יחס התמסורת של הממסרת.
- חשב את הכוח המשיקי שפועל בין גלגל 1 וגלגל 2, אם נתון שהספק המנוע המניע את גל הכניסה הוא $H_{in}=1000\text{Watt}$ ומהירות הסיבוב של הגל המניע היא: $n=1000\text{R.P.M}$.
- חשב את מהירות סיבוב גל היציאה של הממסרת, את מומנט היציאה שלו ואת הספק היציאה של הממסרת.
- האם נתוני השאלה מגיחים שבממסרת זו אין הפסדים כתוצאה מחיכוך וכדומה? נמק את תשובתך.

פתרון:

$$i = \frac{z_1}{z_3} = \frac{15}{45} = \frac{1}{3}$$

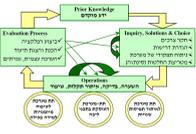
$$H_{in} [\text{Watt}] = \frac{M_t [N \cdot \text{mm}] \cdot n [\text{r.p.m}]}{9550} \rightarrow M_t = \frac{9550 \cdot H_{in}}{n} = \frac{9550 \cdot 1000}{1000} = 9550 \text{Nmm}$$

$$M_{t_{in}} = F_t \cdot \frac{D_1}{2} \rightarrow F_t = \frac{2 \cdot M_{t_{in}}}{D_1} = \frac{2 \cdot 9550}{15} = 1273.3 \text{N}$$

$$i = \frac{n_{out}}{n_{in}} \rightarrow n_{out} = i \cdot n_{in} = \frac{1}{3} \cdot 1000 = 333.33 \text{R.P.M.}$$

$$i = \frac{M_{t_{in}}}{M_{t_{out}}} \rightarrow M_{t_{out}} = \frac{M_{t_{in}}}{i} = \frac{9550}{\frac{1}{3}} = 28,650 \text{Nmm}$$

$$H_{out} [\text{Watt}] = \frac{M_{t_{out}} [N \cdot \text{mm}] \cdot n_{out} [\text{r.p.m}]}{9550} = \frac{28,650 \cdot 333.33}{9550} = 1000 \text{Watt}$$



$$\eta = \frac{H_{out}}{H_{in}} = \frac{1000}{1000} = 1$$

נצילות שווה ל-1 משמעותה שאין הפסדים במערכת.

שאלה 7: 819381-2021

באיור לשאלה זו מתוארת ממסרת המורכבת משני גלגלי רצועה (גלגלים 1 ו-2) ומשני גלגלי שיניים (גלגלים 3 ו-4). גל המבוא של הממסרת מחובר לגלגל 1. גל המוצא של הממסרת מחובר לגלגל 4.

נתונים:

— מהירות הסיבוב של גל המבוא: $n_{in} = 300 \text{ RPM}$

— מהירות הסיבוב של גל המוצא: $n_{out} = 25 \text{ RPM}$

— קוטר גלגלי הרצועה: $D_2 = 150 \text{ mm}$, $D_1 = 50 \text{ mm}$

— מספר השיניים של גלגל 3: $Z_3 = 18$

דרוש:

1. חשב את מספר השיניים של גלגל (Z_4).

2. נתון שגל המבוא מסתובב נגד כיוון השעון. ציין את כיוון הסיבוב (עם כיוון השעון/נגד כיוון השעון) של כל אחד מארבעת גלגלי הממסרת.

3. חשב את הספק הממסרת ביציאה אם המומנט המופעל על גל 3 הוא $Mt = 100 \text{ Nm}$.

פתרון:

1. נחשב את יחסי התמסורת בממסרת הרצועה, בממסרת גלגלי השיניים ויחס התמסורת הכללי, i_{Total} .

$$i_1 = \frac{D_1}{D_2} = \frac{50}{150} = \frac{1}{3} \quad i_2 = \frac{Z_3}{Z_4} = \frac{18}{Z_4} \quad i_{Total} = \frac{n_{out}}{n_{in}} = \frac{25}{300} = \frac{1}{12}$$

$$i_{Total} = i_1 \cdot i_2 \rightarrow \frac{1}{12} = \frac{1}{3} \cdot \frac{18}{Z_4} \rightarrow Z_4 = 12 \cdot 6 = 72$$

2. כל צירי הגלגלים והגלגלים מסתובבים נגד כיוון השעון למעט ציר היציאה שהגלגל שלו מסובב עם כיוון השעון.

3. כדי לחשב את הספק הממסרת ביציאה תחילה נחשב את יחס התמסורת של ממסרת גלגלי השיניים. מיהס תמסורת זה נוכל לחשב את מומנט היציאה של הממסרת. ואז את הספק היציאה של הממסרת.

$$i_2 = \frac{Z_3}{Z_4} = \frac{18}{72} = 0.25 \quad i_2 = \frac{Mt_3}{Mt_{out}} \rightarrow Mt_{out} = \frac{Mt_3}{i_2} = \frac{100}{0.25} = 400 \text{ Nm} = 400,000 \text{ Nmm}$$

$$H_{out} [Watt] = \frac{M_{t_{out}} [N \cdot mm] \cdot n_{out} [r.p.m]}{9550} = \frac{400,000 \cdot 25}{9550} = 1047 Watt$$

שאלה 8: 2019-819381

באיור לשאלה זו מתוארת ממסרת המורכבת משני גלגלי שיניים (גלגלים 1 ו-2) ומשני גלגלי רצועה (גלגלים 3 ו-4). גל a הוא גל הכניסה של הממסרת. גל c הוא גל היציאה של הממסרת.

נתונים:

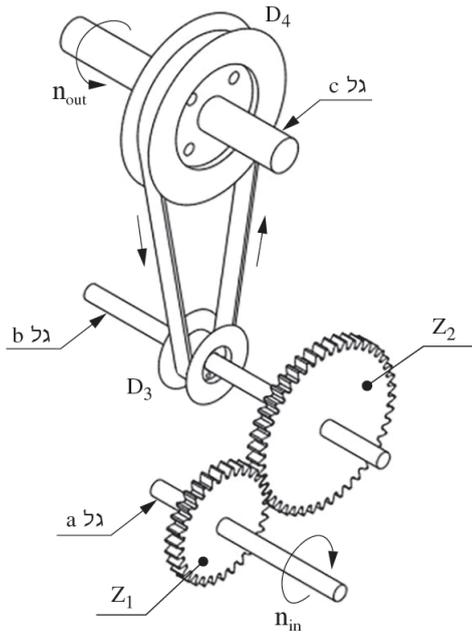
— מהירות הסיבוב של גל הכניסה a: $n_{in} = 3,600 \text{ RPM}$

— ההספק המושקע במערכת: $H_{in} = 10 \text{ kW}$

— נצילות הממסרה: $\eta = 100\%$

— מספר השיניים בגלגלי השיניים: $Z_2 = 72 \quad Z_1 = 24$

— קוטרי גלגלי הרצועה: $D_4 = 120 \text{ mm} \quad D_3 = 60 \text{ mm}$



דרוש:

1. חשב את יחס התמסורת של הממסרת.

2. חשב את מהירות הסיבוב, n_{out} , של גל היציאה c

3. חשב את המומנט, M_{in} , בגל הכניסה a

4. חשב את המומנט, M_{out} , בגל היציאה c

פתרון:

1. יחס התמסורת הכולל של הממסרת שווה למכפלת יחסי התמסורת של שתי הממסרות:

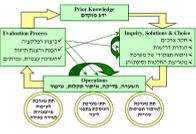
$$i_1 = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{24}{72} = \frac{1}{3} \quad i_2 = \frac{D_3}{D_4} = \frac{60}{120} = \frac{1}{2}$$

$$i_{Total} = i_1 \cdot i_2 = \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{6}$$

2. חישוב מהירות הסיבוב, n_{out} , של גל היציאה c: $n_{out} = i_{Total} \cdot n_{in} = \frac{1}{6} \cdot 3,600 = 600 \text{ R.P.M.}$

3. חישוב המומנט, M_{in} , בגל הכניסה a:

$$H_{in} [kW] = \frac{M_{in} [N \cdot m] \cdot n_{in} [r.p.m]}{9,550} \rightarrow M_{in} = \frac{9550 \cdot H_{in}}{n_{in}} = \frac{9,550 \cdot 10}{3,600} = 26.53 Nm$$

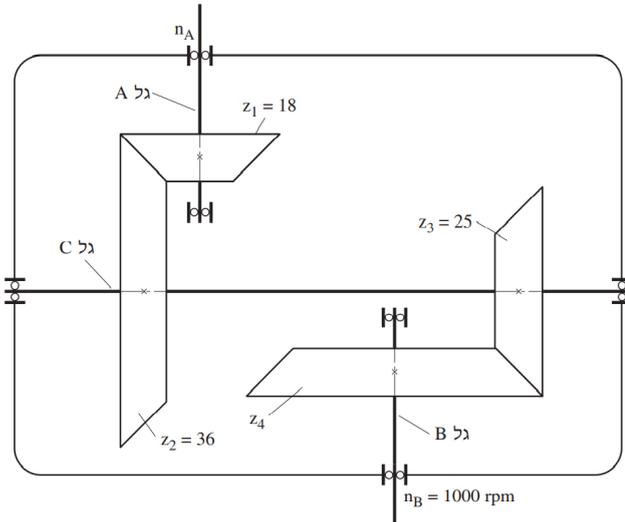


$$M_{out} = \frac{M_{in}}{i_{Total}} = \frac{26.53}{\frac{1}{6}} = 159.2Nm$$

4. חישוב המומנט, M_{out} , בגל היציאה c:

באיור לשאלה זו מתוארת ממסרת גלגלי שיניים בעלת יחס תמסורת: $i_{Total} = \frac{n_b}{n_a} = \frac{1}{4}$ גל a הוא גל הכניסה של הממסרת. גל b הוא גל היציאה של הממסרת והוא מסתובב במהירות $n_b = 1,000 \text{ R.P.M.}$ גל c הוא כל ביניים. מספרי השיניים נתונים באיור.

דרוש:



1. חשב את מספר השיניים בגלגל Z_4 .
2. חשב את מהירות הסיבוב, n_c , של גל c
3. חשב את מהירות הסיבוב, n_a , של גל הכניסה a

פתרון:

1. יחס התמסורת הכולל של הממסרת שווה למכפלת יחסי התמסורת של שתי הממסרות:

$$i_1 = \frac{z_1}{z_2} = \frac{18}{36} = \frac{1}{2} \quad i_2 = \frac{z_3}{z_4} = \frac{25}{z_4}$$

$$i_{Total} = i_1 \cdot i_2 \rightarrow \frac{1}{4} = \frac{1}{2} \cdot \frac{25}{z_4} \rightarrow z_4 = 50$$

2. חישוב מהירות הסיבוב, n_c , של גל c: $i_2 = \frac{n_b}{n_c} \rightarrow n_c = \frac{n_b}{i_2} = \frac{1,000}{\frac{1}{2}} = 2,000 \text{ R.P.M.}$

3. חישוב מהירות הסיבוב, n_a , של גל a: $i_{Total} = \frac{n_b}{n_a} \rightarrow n_a = \frac{n_b}{i_{Total}} = \frac{1,000}{\frac{1}{4}} = 4,000 \text{ R.P.M.}$