

# סטטיקה (מכניקה הנדסית)

## ספר תרגול בסטטיקה (מכניקה הנדסית)

### סטודנטים יקרים

לפניכם ספר תרגילים לקורס "סטטיקה (מכניקה הנדסית)" המועבר ברשת האינטרנט on-line.

הקורס באתר כולל פתרונות מלאים לספר התרגילים.

הפתרונות מוגשים בסרטוני וידאו המלווים בהסבר קולי, כך שאתם רואים את התהליכים בצורה מבנית, שיטתית ופשוטה, בדיוק כפי שנעשה בשיעור פרטי.

את הקורס בנו במשותף אלי קורנפלד ואיתי חיימי.

אלי קורנפלד: מהנדס אזרחי, בוגר תואר ראשון הנדסה אזרחית בהצטיינות אוניברסיטת אריאל, בוגר תואר שני בהנדסה אזרחית של הטכניון.

ניסיון בהעברת קורסי הליבה של תואר הנדסה אזרחית במחלקה להנדסה אזרחית של אוניברסיטת אריאל. בין הקורסים: מכניקה הנדסית מורחב, חזק 1, חזק 2, כלכלה הנדסית ומשוואת דיפרנציאליות.

איתי חיימי: מהנדס אזרחי, בוגר תואר ראשון הנדסה אזרחית בהצטיינות אוניברסיטת אריאל, בוגר תואר שני בהנדסה אזרחית של הטכניון.

ניסיון בהעברת קורסי הליבה של תואר הנדסה אזרחית במחלקה להנדסה אזרחית של אוניברסיטת אריאל ובמכללת עתיד תל אביב.

בין הקורסים: מכניקה הנדסית מורחב, סטטיקת מבנים 1, סטטיקת מבנים 2, חישוב סטטי וחזק חומרים.

אם אתם עסוקים מידי בעבודה, סובלים מלקויות למידה, רוצים להצטיין או פשוט אוהבים ללמוד בשקט בבית, אנחנו מזמינים אתכם לחווית לימודים יוצאת דופן וחדשה לחלוטין, היכנסו עכשיו לאתר:



אנו מאחלים לכם הצלחה מלאה בבחינות!

## תוכן עניינים

פרק	שם הפרק
1	מבוא לסטטיקה (מכניקה הנדסית)
2	מבוא אלגברה וקטורית
3	ייצוג וקטורי של כוחות ומומנטים
4	מערכת שקולה ושקולה פשוטה ביותר
5	שיווי משקל, אנליזת מבנים, יתרות ויציבות, סוגי עומסים
6	מסגרות פרקיות
7	מסבכים
8	מהלכי כוחות פנימיים
9	תכונות שטחים וגופים
10	LINPRO
11	תרגילים ברמת מבחן

## המלצה וטיפים ללמידה של הקורס:

לרשותכם מספר טיפים לפני התחלת הצפייה בסרטונים וזאת על מנת שלאחר צפיה מלאה בכל תוכן הקורס תקבלו בסיס טוב וכלים להתמודדות לבד עם שאלת מבחן ולהמשך הלימודים וקורסים מתקדמים יותר.

1. ככלל, הפרקים נבנים אחד על השני ולכן כדאי להתחיל את הפרקים בסדר כרונולוגי עולה.
2. בכל פרק יש לראות תחילה את סרטוני ההסבר ולסכם אותם.
3. לנסות ולפתור לבד את התרגילים ללא צפייה בסרטוני תרגיל.
4. את סרטוני התרגול אנו ממליצים לסכם במחברות כולל הערות ציודיות.
5. ניתן לעצור בכל עת, לחזור שוב על סרטון ולשנות את הקצב לפי נוחותכם.

## פרק 1 – מבוא לסטטיקה (מכניקה הנדסית)

סטטיקה (מכניקה הנדסית) הוא ענף בפיזיקה - מכניקה לגופים קשיחים וסטטיים. מכניקה הנדסית מתעסק בחקר השפעת כוחות על מבנים במצב סטטי, כלומר ללא תנועה. הקורס הינו קורס הליבה ראשוני, הבסיסי ביותר ורלוונטי בתחומי ההנדסה השונים, לדוגמא, הנדסת מבנים, הנדסת מכונות, אוירודימניקה, הידרוסטטיקה ועוד. הקורס תנאי הכרחי לקבלת בסיס טוב להמשך התואר ידע פרקטי המשמש את המהנדס בעבודה מעשית. דרכו נלמד להסתכל אחרת על אלמנטים מסביבנו ונבין טוב יותר שיקולים הנדסיים.

בקורס זה נלמד את הנושאים הבאים:

- מונחי ייסוד באלגברה וקטורית:
  - ייצוג וקטורי של כוחות.
  - ייצוג וקטורי של מומנטים.
- מערכת שקולה של כוחות, מערכת שקולה פשוטה ביותר.
- שיווי משקל, יציבות מבנים, דרגת סיומת סטטית.
- סוגי סמכים ואילוצים.
- סוגי עומסים – כוחות מרוכזים ומפורסים.
- מסגרות פריקות – במישור ובמרחב.
- מסבכים מישוריים ומרחביים.
- מהלכי כוחות פנימיים –  $M, S, N$ .
- תכונות שטחים וגופים: מרכזית, מרכז כובד ומומנטי אינרציה.

## פרק מספר 2 – מבוא לאלגברה וקטורית

### תרגיל מספר 1:

$$\vec{A} = 5\hat{i} + 4\hat{j} - 8\hat{k}$$

דרוש:

- לשרטט את הוקטור על מערכת צירים במרחב.
- למצוא את גודלו המוחלט של הוקטור  $\vec{A}$ .
- למצוא את וקטור היחידה  $\hat{a}$ .

### תרגיל מספר 2:

$$\vec{B} = -2\hat{i} + 5\hat{j} - 1\hat{k}$$

דרוש:

- לשרטט את הוקטור על מערכת צירים במרחב.
- למצוא את גודלו המוחלט של הוקטור  $\vec{B}$ .
- למצוא את וקטור היחידה  $\hat{b}$ .
- להוכיח שוקטור היחידה  $\hat{b}$  שווה ל-1.
- למצוא את הזוויות בין הוקטור  $\vec{B}$  לבין הצירים x,y,z.

### תרגיל מספר 3:

נתונים שני וקטורים במרחב:

$$\vec{A} = 5\hat{i} + 4\hat{j} - 8\hat{k}$$

$$\vec{B} = -2\hat{i} + 5\hat{j} - 1\hat{k}$$

דרוש:

- למצוא את הוקטור  $\vec{C} = \vec{A} + \vec{B}$ .
- למצוא את הוקטור  $\vec{D} = \vec{A} - \vec{B}$ .
- למצוא את וקטור ההזזה  $\vec{r}_{AB}$ .
- לשרטט את וקטור ההזזה  $\vec{r}_{AB}$  על מערכת הצירים.

### תרגיל מספר 4:

נתונים שני וקטורים במרחב:

$$\vec{V} = 7\hat{i} + 3\hat{j} - 2\hat{k}$$

$$\vec{Q} = 5\hat{i} - 4\hat{j} - 4\hat{k}$$

דרוש:

- למצוא את הוקטור  $\vec{P} = \vec{V} + \vec{Q}$ .
- למצוא את הסקלר המתקבל ממכפלה בין שני הוקטורים  $\vec{V} \cdot \vec{Q}$ .
- למצוא את הזווית  $\theta$  בין שני הוקטורים  $\vec{V}, \vec{Q}$ .
- למצוא את ההיטל  $V_q$  של וקטור  $\vec{V}$  על וקטור  $\vec{Q}$ .

### תרגיל מספר 5:

נתונים שלושה וקטורים במרחב:

$$\vec{E} = -1\hat{i} + 3\hat{j} - 1\hat{k}$$

$$\vec{G} = 0\hat{i} - 1\hat{j} - 3\hat{k}$$

$$\vec{H} = -3\hat{i} + 0\hat{j} - 5\hat{k}$$

דרוש:

א. למצוא את הוקטור  $\vec{P} = \vec{E} + \vec{G} - \vec{H}$ .

ב. למצוא את הוקטור  $\vec{J}$  המתקבל ממכפלה וקטורית  $\vec{E} \times \vec{G}$ .

ג. למצוא את הסקלר המתקבל ממכפלה משלושת (מעורבת)  $(\vec{E} \times \vec{G}) \cdot \vec{H}$ .

### תרגיל מספר 6:

נתונים שני וקטורים במרחב:

$$\vec{A} = 5\hat{i} + 4\hat{j} - 8\hat{k}$$

$$\vec{B} = -2\hat{i} + 5\hat{j} - 1\hat{k}$$

דרוש:

א. למצוא את הסקלר המתקבל ממכפלה סקלרית  $\vec{A} \cdot \vec{B}$ .

ב. למצוא את הוקטור  $\vec{C} = \vec{A} \times \vec{B}$ .

ג. מהו כיוון ההתקדמות של וקטור המאונך למשטח הנוצר מווקטורים  $\vec{A}, \vec{B}$ .

## פרק מספר 3 – כוחות ומומנטים

### תרגיל מספר 1

נתונה מערכת של כוחות במישור:

$$\vec{F}_1 = 5\hat{i} + 3\hat{j} [N]$$

$$\vec{F}_2 = -3\hat{i} + 4\hat{j} [N]$$

$$\vec{F}_3 = 5\hat{i} - 1\hat{j} [N]$$

$$\vec{F}_4 = -4\hat{i} + 2\hat{j} [N]$$

דרוש:

- לשרטט את הכוחות בקנה מידה על מערכת צירים.
- למצוא את גודלו וכיוונו של הכוח השקול ולהראות בשרטוט בעזרת פתרון אנליטי.
- למצוא את גודלו וכיוונו של הכוח השקול ולהראות בשרטוט בעזרת פתרון וקטורי.

### תרגיל מספר 2:

נתון כוח במערכת צירים במרחב:

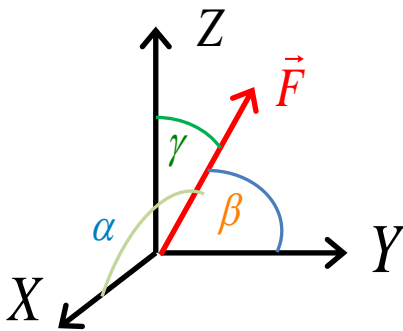
$$|F| = 100 [N]$$

$$\beta = 60^\circ$$

$$\gamma = 30^\circ$$

דרוש:

- מצא וקטור יחידה  $\hat{f}$
- לבטא את הוקטור  $\vec{F}$



### תרגיל מספר 3:

נתונה מערכת של כוחות במרחב:

$$\vec{F}_1 = 5\hat{i} + 3\hat{j} + 1\hat{k} [kN]$$

$$\vec{F}_2 = -1\hat{i} + 2\hat{j} - 5\hat{k} [kN]$$

דרוש:

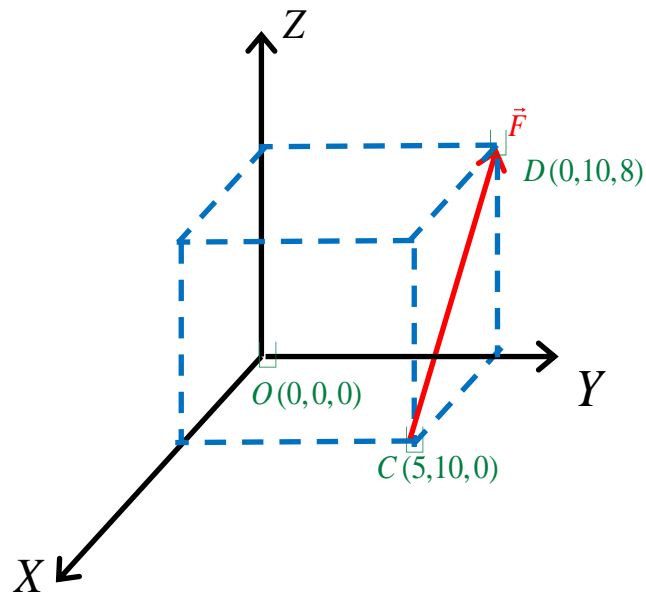
- למצוא את גודלו וכיוונו של הכוח השקול  $\vec{R}$
- למצוא את הזוויות בין הוקטור לבין הצירים x,y,z.

**תרגיל מספר 4:**

נתון כוח  $\vec{F}$ ,  $|\vec{F}| = 3[kN]$ , מידות נתונות במטרים.

דרוש:

- א. למצוא וקטור  $\vec{M}$  סביב ראשית הצירים בעזרת שיטה וקטורית
- ב. למצוא וקטור  $\vec{M}$  סביב ראשית הצירים בעזרת שיטה אנליטית (פירוק רכיבים)



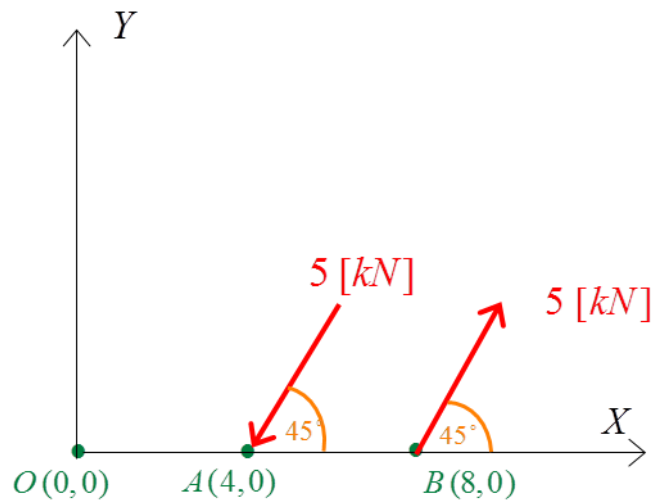


**תרגיל מספר 5:**

נתון צמד כוחות במישור,  $|F| = 5 [kN]$ , מידות נתונות במטרים.

דרוש:

- למצוא את וקטור המומנט  $M_z$  הנוצר עקב צמד הכוחות.
- למצוא את המומנט ביחס לראשית הצירים, לא בעזרת צמד כוחות, ולהראות כי מתקבלת אותה תוצאה.



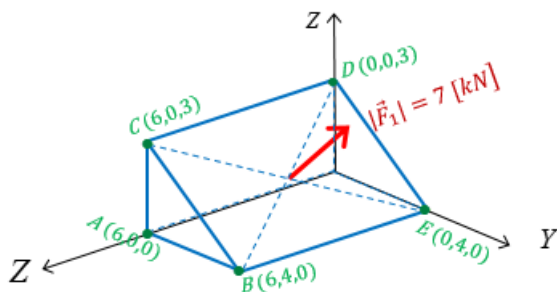
**תרגיל מספר 6:**

נתון כח  $|\vec{F}_1| = 7 [kN]$

הכח פועל בניצב למשטח BCDE המתואר באיור.

דרוש: למצוא את הוקטור  $\vec{F}_1$  בשתי דרכים:

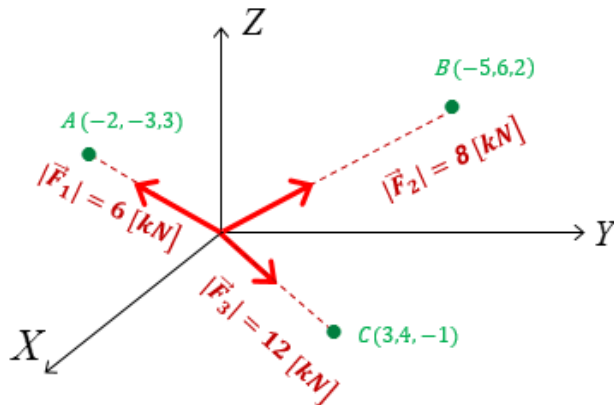
- לפי השיטה הוקטורית.
- לפי השיטה האנליטית.



תרגיל מספר 7:

נתונים כוחות במרחב כמתואר בציר:

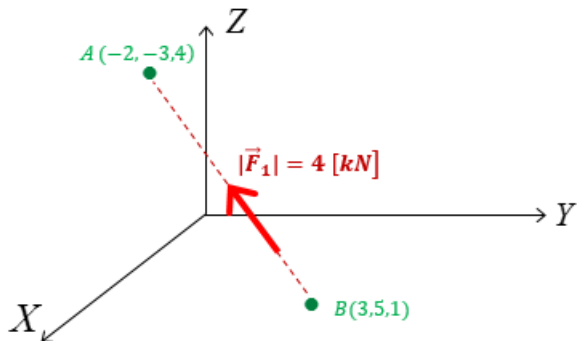
דרוש: להגדיר את גודלו וכיוונו של הכח השקול.



תרגיל 8: נתון כח הפועל במרחב XYZ כמתואר בציר.

דרוש:

למצוא את המומנט שהכח יוצר ביחס לראשית הצירים.



פרק מספר 4 – מערכת שקולה ושקולה פשוטה ביותר

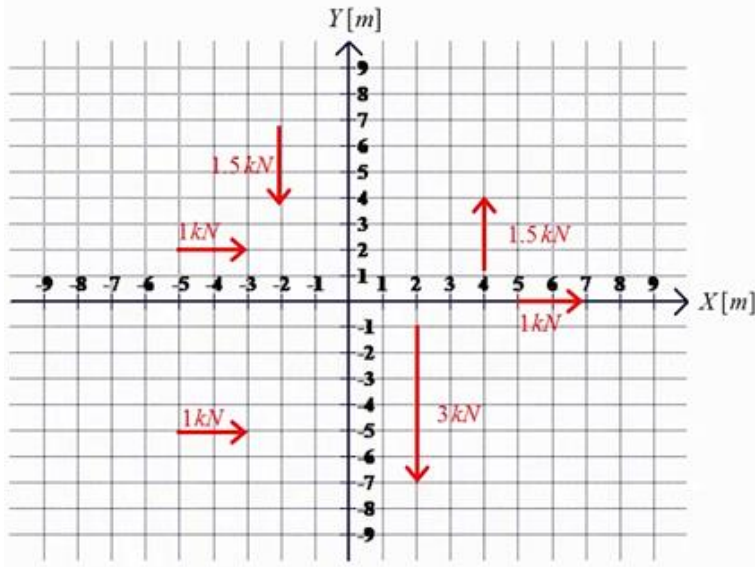
תרגיל מספר 1:

נתונה מערכת כוחות במישור.

דרוש:

א. למצוא מערכת שקולה ביחס לנקודת ראשית הצירים

ב. למצוא מערכת שקולה פשוטה ביותר



תרגיל מספר 2:

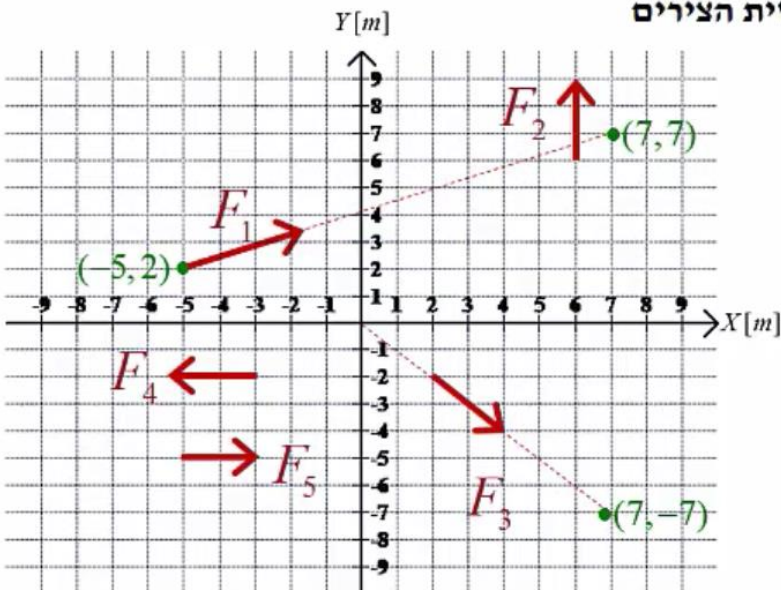
נתונה מערכת כוחות במישור XY.

$$|F_1| = 65 \text{ [N]}, |F_2| = 50 \text{ [N]}, |F_3| = 70 \text{ [N]}, |F_4| = 30 \text{ [N]}, |F_5| = 30 \text{ [N]}$$

דרוש:

א. למצוא מערכת שקולה ביחס לנקודת ראשית הצירים

ב. למצוא מערכת שקולה פשוטה ביותר



**תרגיל מספר 3:**

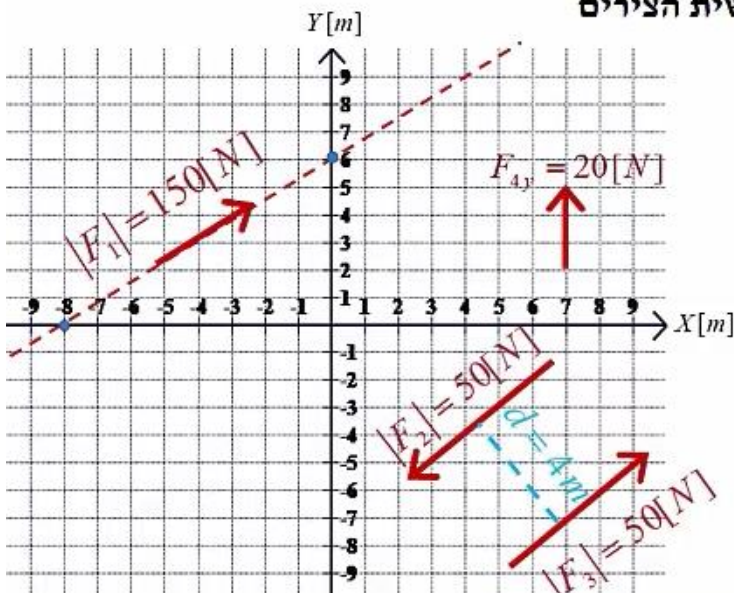
נתונה מערכת כוחות במישור.  $|F_1|=150 [N]$  ;  $|F_2|=50 [N]$  ;  $|F_3|=50 [N]$  ;  $|F_4|=20 [N]$

כוחות  $F_2, F_3$  מקבילים זה לזה, והמרחק הקצר ביותר ביניהם:  $d = 4 m$

דרוש:

א. למצוא מערכת שקולה ביחס לנקודת ראשית הצירים

ב. למצוא מערכת שקולה פשוטה ביותר



**תרגיל מספר 4:**

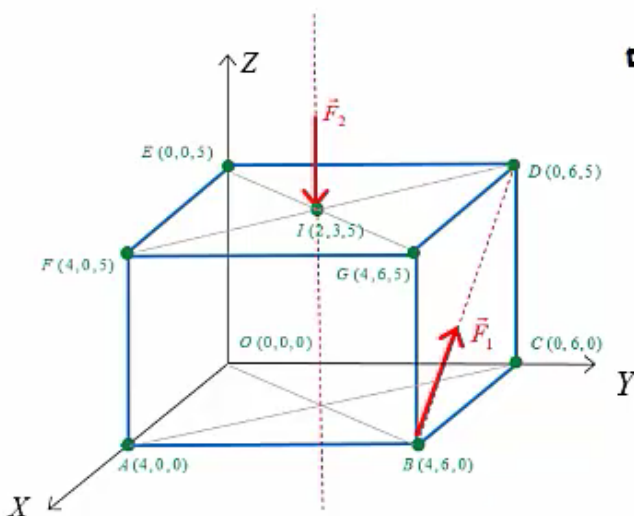
נתונה תיבה עליה פועלים כוחות פעולה כמתואר באיור:

$|F_1| = 10 [kN]$  ;  $|F_2| = 15 [kN]$

דרוש:

א. למצוא מערכת שקולה ביחס לנקודת ראשית הצירים

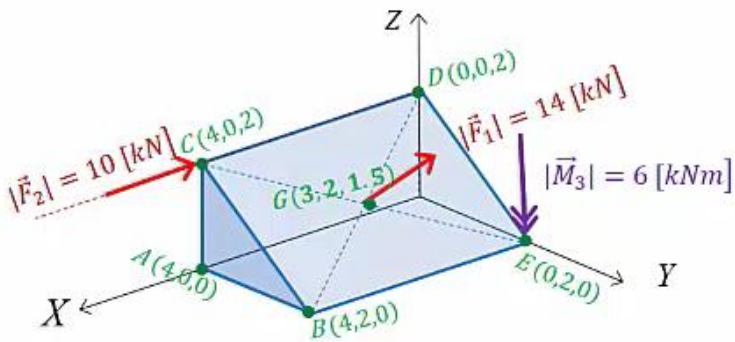
ב. למצוא מערכת שקולה פשוטה ביותר



תרגיל מספר 5:

נתון גוף קשיח, עליו פועלים עומסים כמתואר:  
 קו פעולת הכח  $F_1$  ניצב למישור BCD.  
 קו פעולת הכח  $F_2$  מקביל לציר X.  
 קו פעולת המומנט  $M_3$  מקביל לציר Z.  
 דרוש:

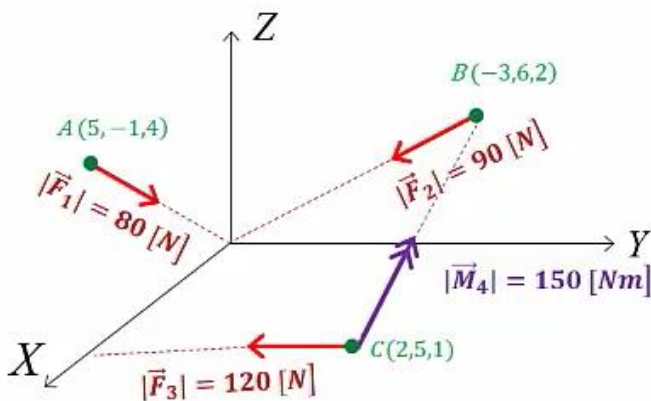
- למצוא מערכת שקולה ביחס לנקודת ראשית הצירים
- למצוא מערכת שקולה פשוטה ביותר



תרגיל מספר 6:

עבור מערכת כוחות הנתונה בצירור,  
 דרוש:

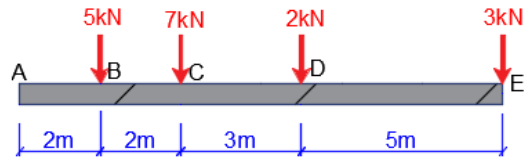
- למצוא מערכת שקולה ביחס לנקודת ראשית הצירים
- למצוא מערכת שקולה פשוטה ביותר



**פרק מספר 5 – מבנים פשוטים: שיווי משקל, אנליזת מבנים, יתרות ויציבות, סוגי עומסים, ראקציות**

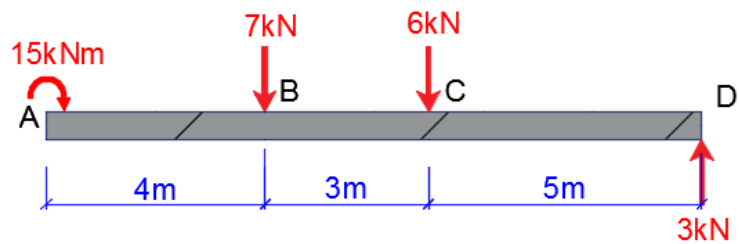
**תרגיל מספר 1.1:**

יש למצוא את גודלו כיוונו ומיקומו של הכוח  $F$  שצריך לפעול על הקורה על מנת שהקורה תהיה בשיווי משקל.



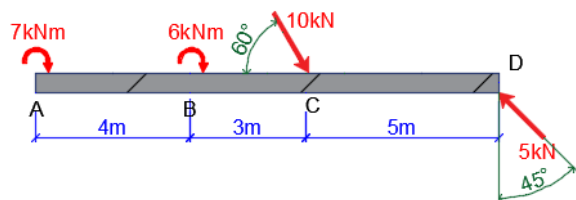
**תרגיל מספר 1.2:**

יש למצוא את גודלו כיוונו ומיקומו של הכוח  $F$  שצריך לפעול על הקורה על מנת שהקורה תהיה בשיווי משקל.



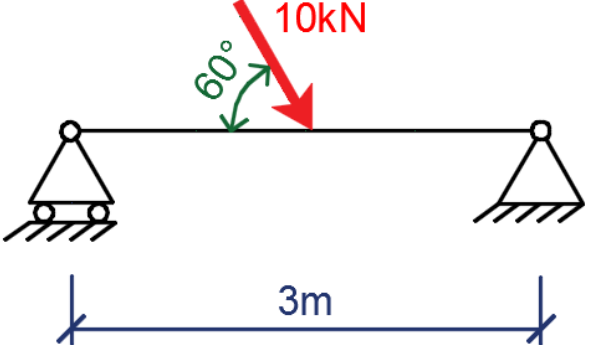
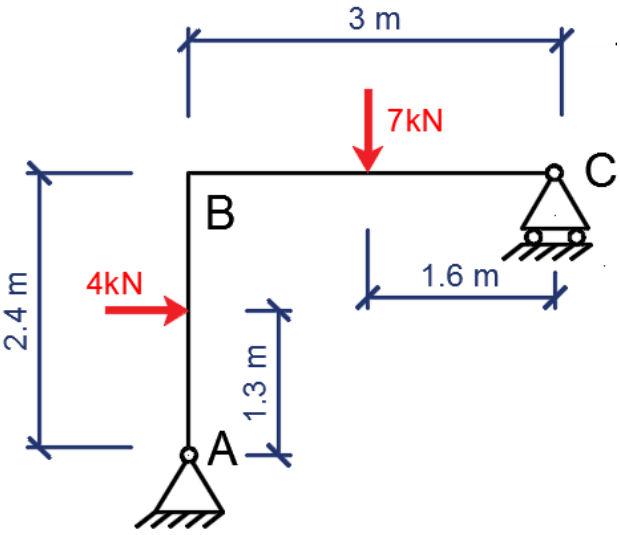
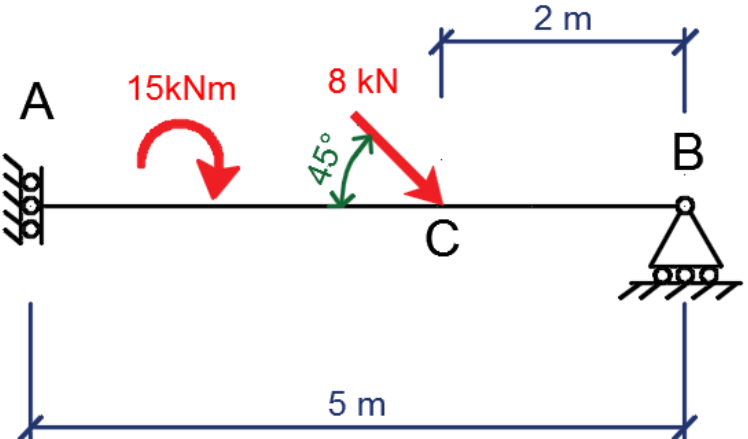
**תרגיל מספר 1.3:**

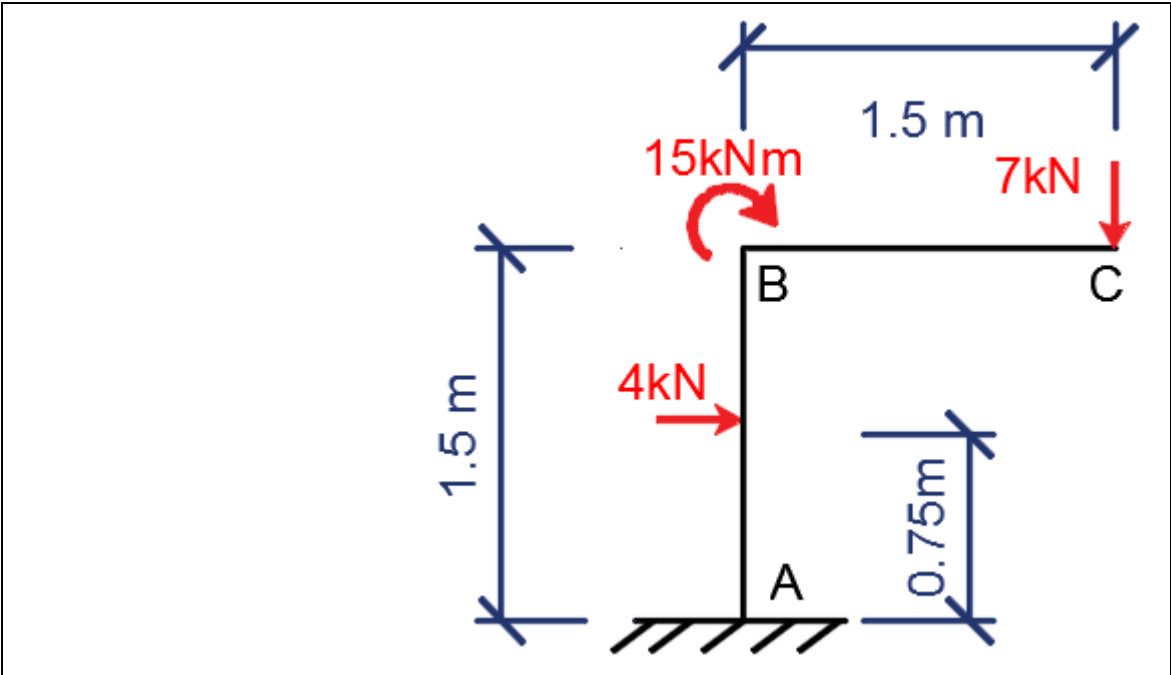
יש למצוא את גודלו כיוונו ומיקומו של הכוח  $F$  שצריך לפעול על הקורה על מנת שהקורה תהיה בשיווי משקל.



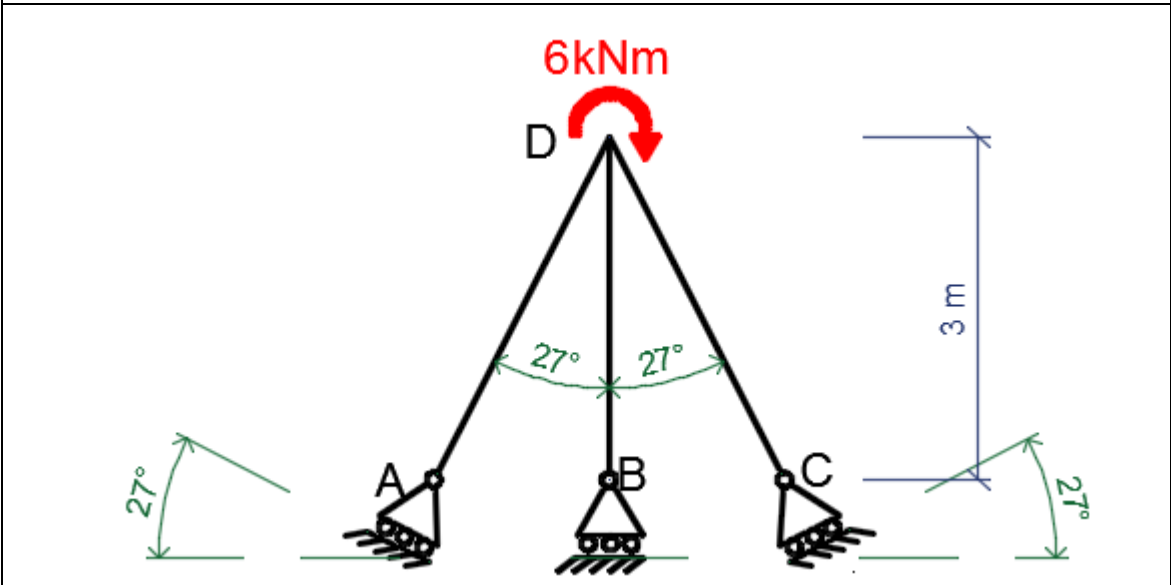
**תרגיל מספר 2:**  
 עבור המבנים הבאים, דרוש:

- א. יש למצוא דרגת אי סיום סטטי ולהוכיח את יציבות המבנה  
 ב. מצא את הראקציות בסמכים תוך שימוש בדיאגרמת גוף חופשי

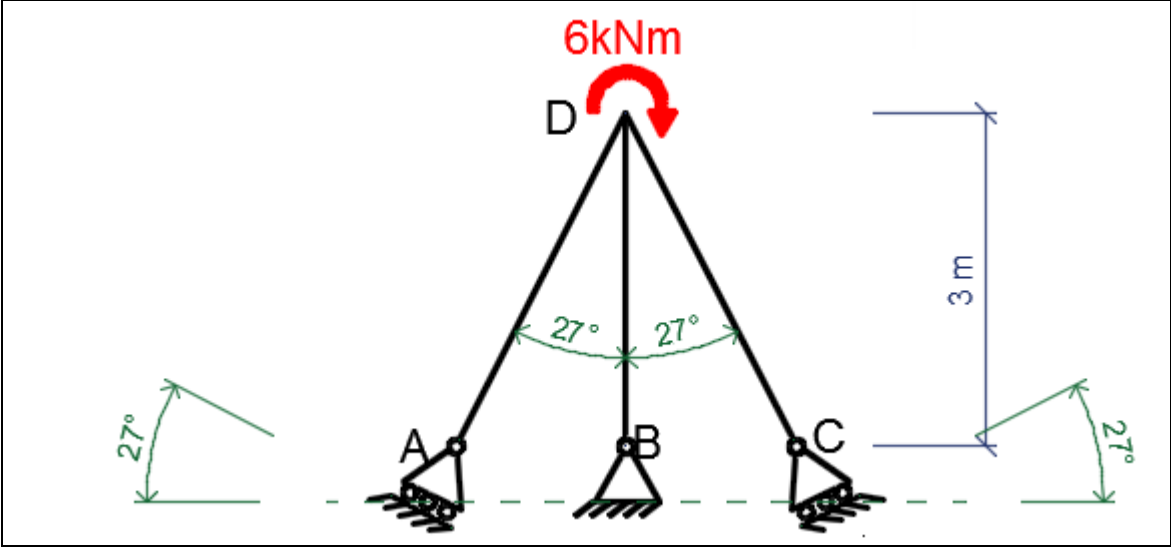
	.2.1
	.2.2
	.2.3



.2.4



.2.5

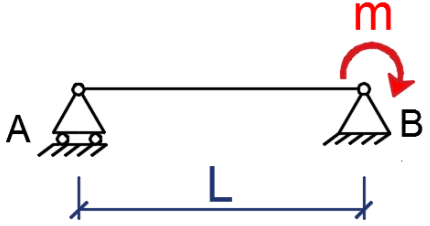
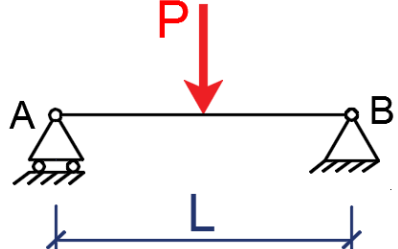
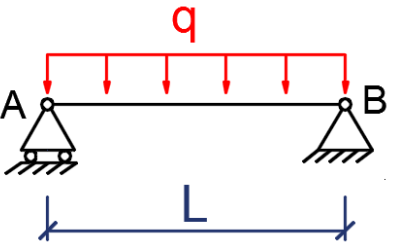


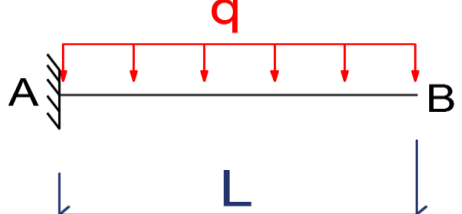


.2.6



תרגיל מספר 3:

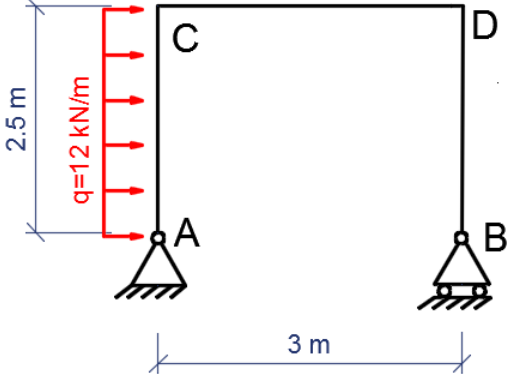
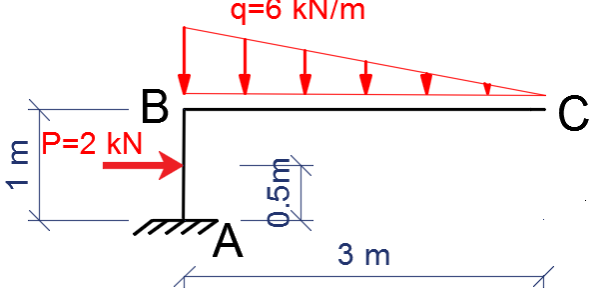
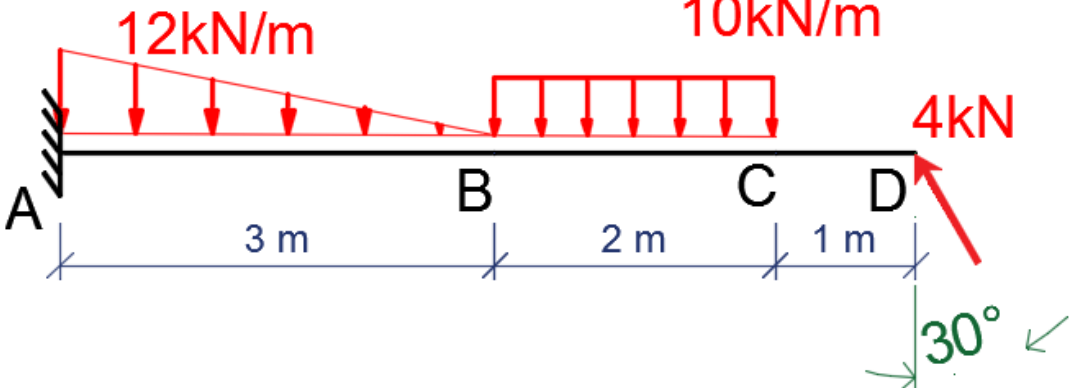
עבור המבנים הפשוטים הבאים, יש למצוא כוחות תגובה בסמכים כפונקציה של העומס הנתון:

	3.1
	3.2
	3.3
	3.4
	3.5
	3.6

**תרגיל מספר 4:**

עבור המבנים הבאים, דרוש:

- א. יש למצוא דרגת אי סיוס סטטי ולהוכיח את יציבות המבנה
- ב. מצא את הראקציות בסמכים תוך שימוש בדיאגרמת גוף חופשי

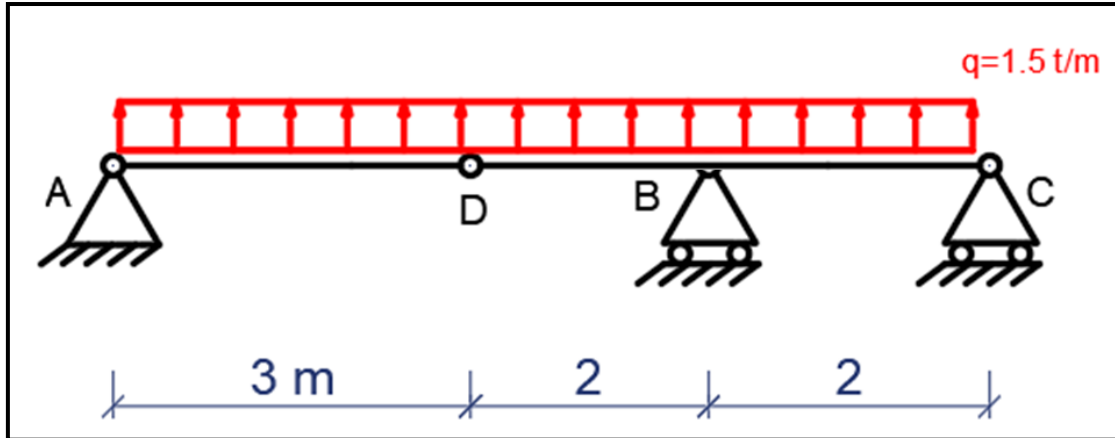
	4.1
	4.2
	4.3

פרק מספר 6 – מסגרות פרקיות

תרגיל מספר 1:

נתונה קורה נמשכת כמתואר באיור.  
דרוש:

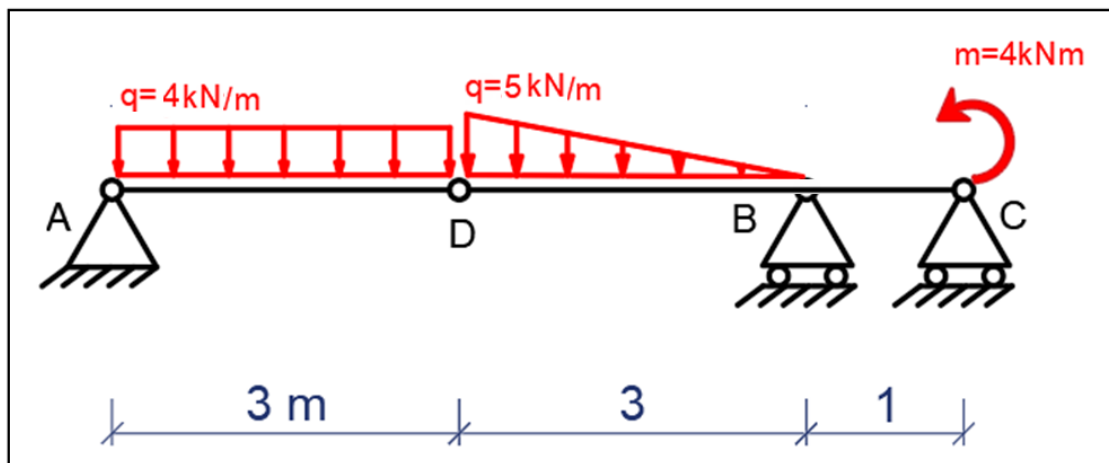
- א. למצוא וחשב את כוחות הראקציות
- ב. למצוא ולחשב את הכוחות בפרקים



תרגיל מספר 2:

נתונה קורה נמשכת כמתואר באיור.  
דרוש:

- א. למצוא וחשב את כוחות הראקציות
- ב. למצוא ולחשב את הכוחות בפרקים

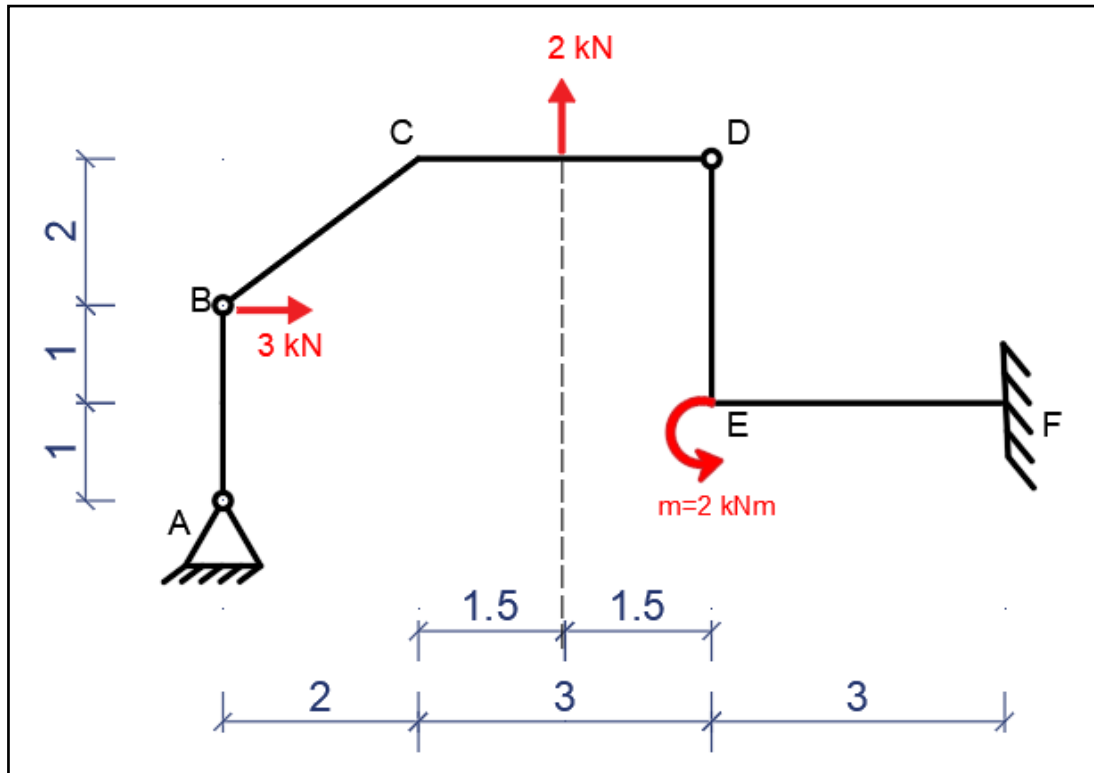


**תרגיל מספר 3:**

נתונה מסגרת פרקית מישורית כמתואר באיור

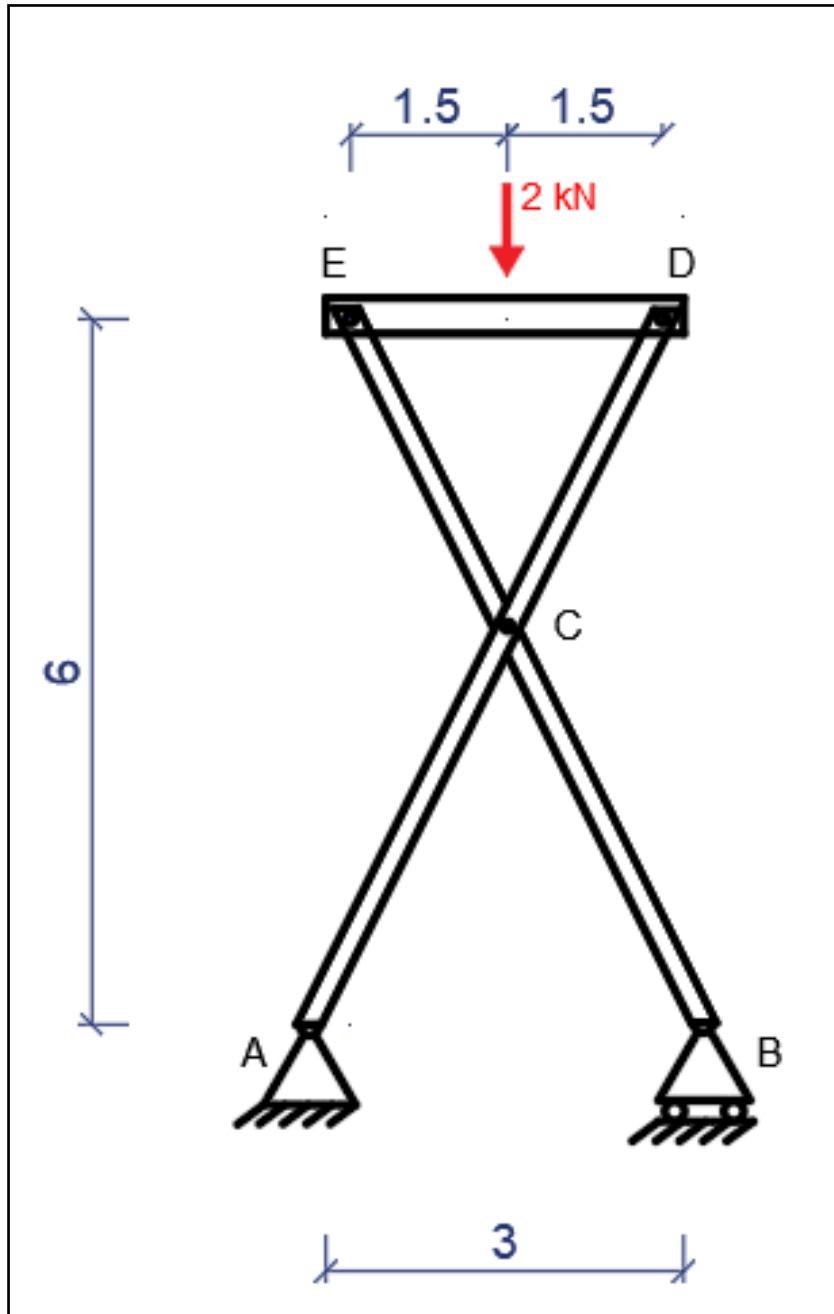
א. דרוש למצוא ולחשב את כוחות הראקציות F,A

ב. דרוש למצוא ולחשב את הכוחות בפרקים D,B



תרגיל מספר 4:

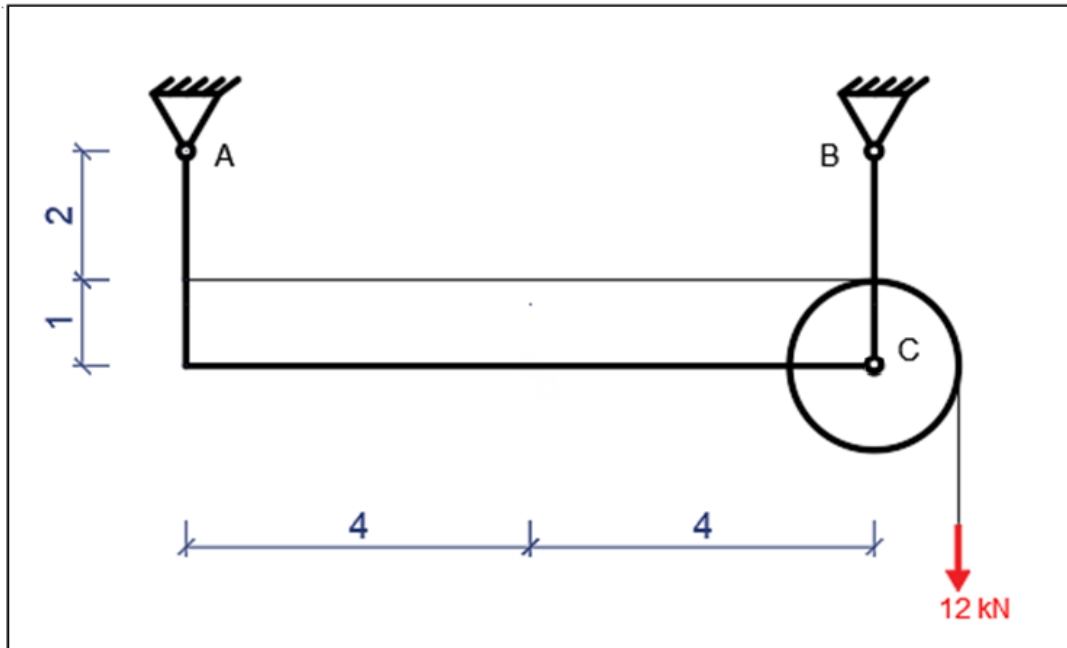
- נתון מבנה מישורי כמתואר בציור. המבנה נתמך בשני סמכים: A סמך קבוע, B סמך נייד.
- א. דרוש למצוא את הראקציות בסמכים.
- ב. דרוש למצוא את הכוחות הפנימיים בפרקים E,D,C.



**תרגיל מספר 5:**

נתון מבנה מישורי כמתואר באיור.  
בנקודה A ו-B קיימים סמכים קבועים.  
בנקודה C קיים גלגל בעלת רדיוס  $R=1$  מטר בעזרת חיבור פרקי מלא.

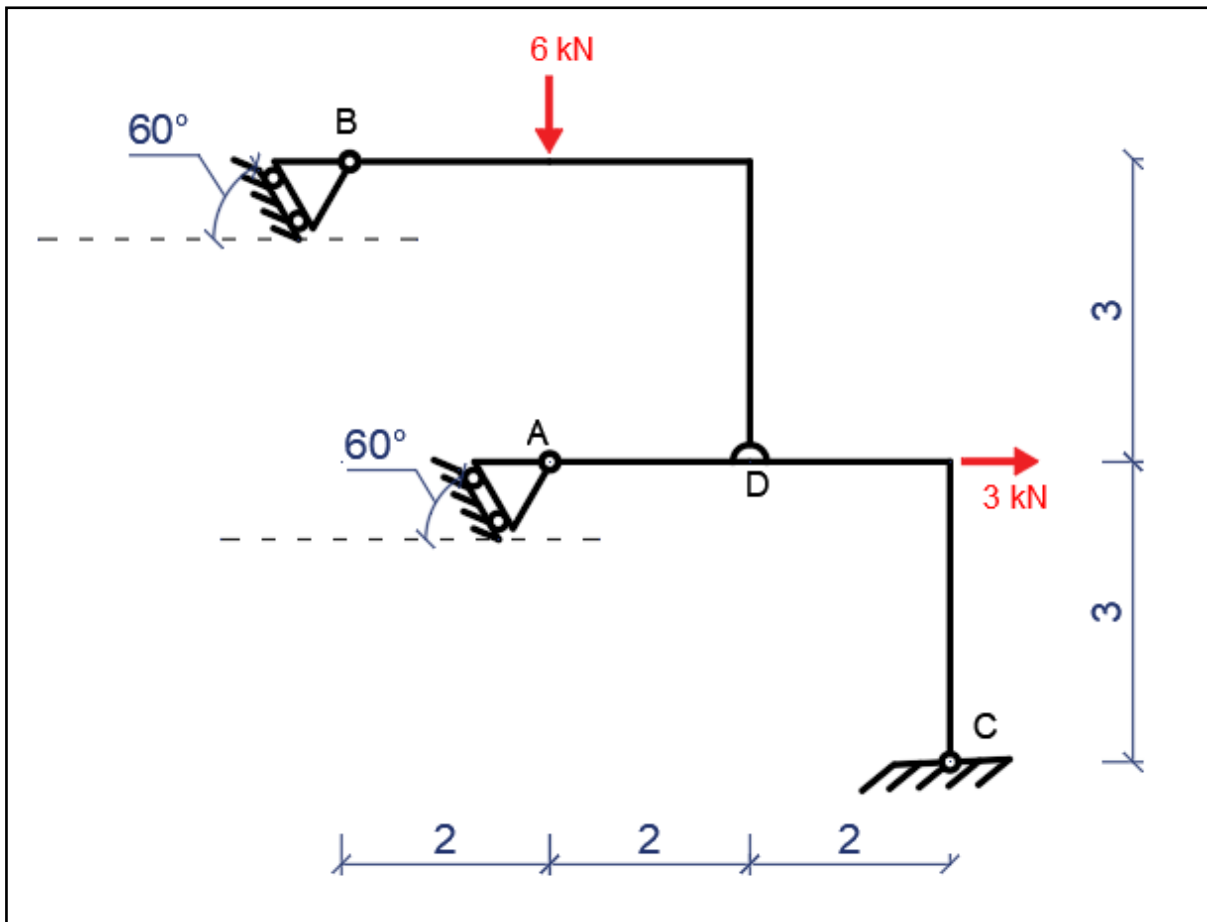
- א. דרוש למצוא את הראקציות בסמכים A ו-B.
- ב. דרוש למצוא את הכוחות הפנימיים בפרק C.



תרגיל מספר 6:

נתון מבנה מישורי כמתואר באיור. בנקודה A ו-B קיימים סמכים ניידים בזווית של 60 מעלות. בנקודה C קיים סמך קבוע. בנוסף בנקודה D קיים חיבור חצי פרקי.

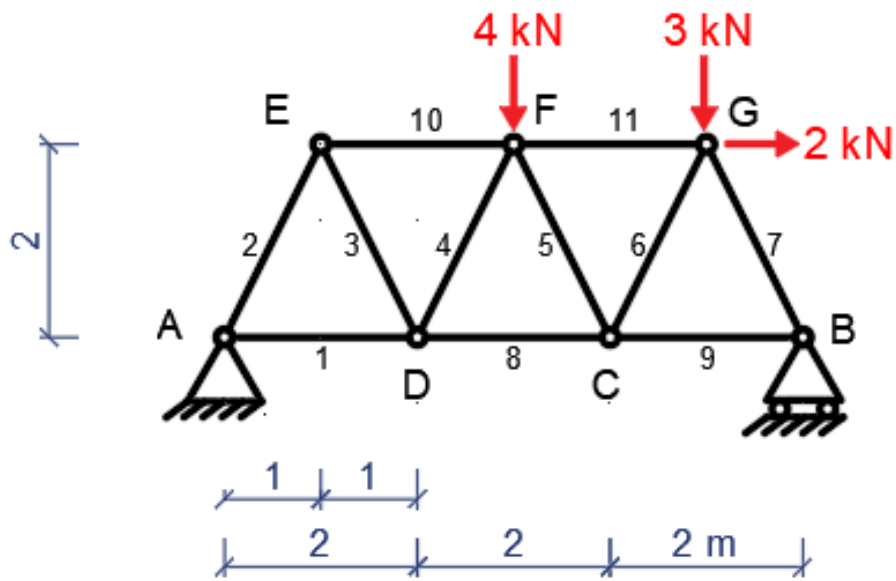
- א. דרוש למצוא את הראקציות בסמכים A, B, C.
- ב. דרוש למצוא את הכוחות הפנימיים בפרק D.



פרק מספר 7 – מסבכים

תרגיל מספר 1:

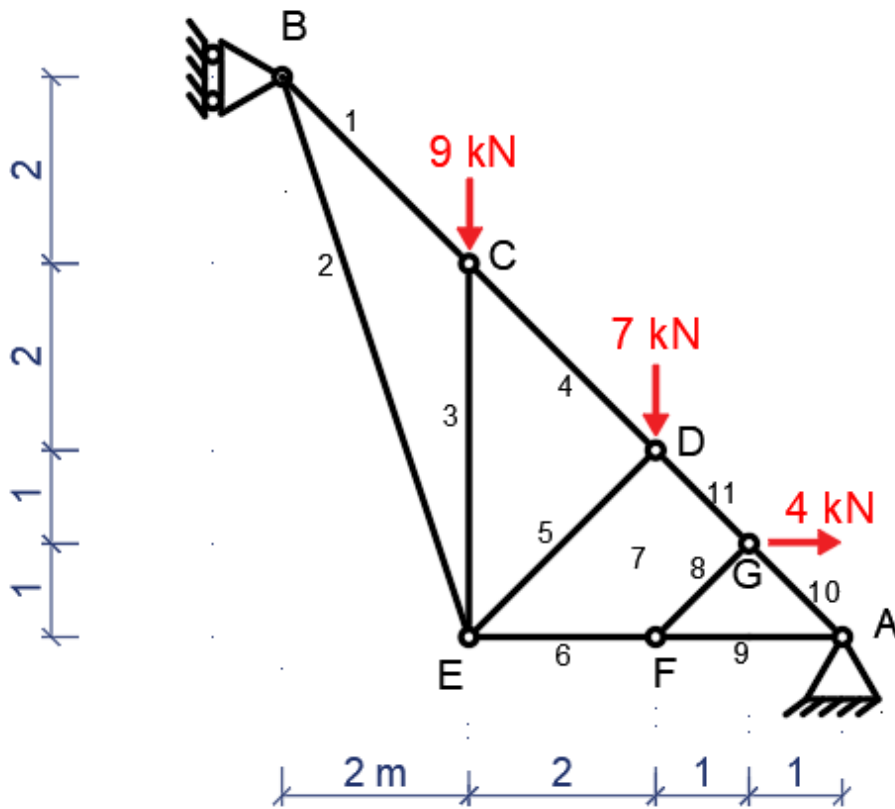
- א. יש למצוא ולחשב את הכוחות בסמכים B,A
- ב. יש למצוא ולחשב את הכוחות N במוטות מספר 5,8,11 בעזרת שיטת "חתך ריטר"
- ג. יש למצוא את הכוחות N במוטות מספר 1,2,3,7,9 בעזרת שיטת "הצמתים".





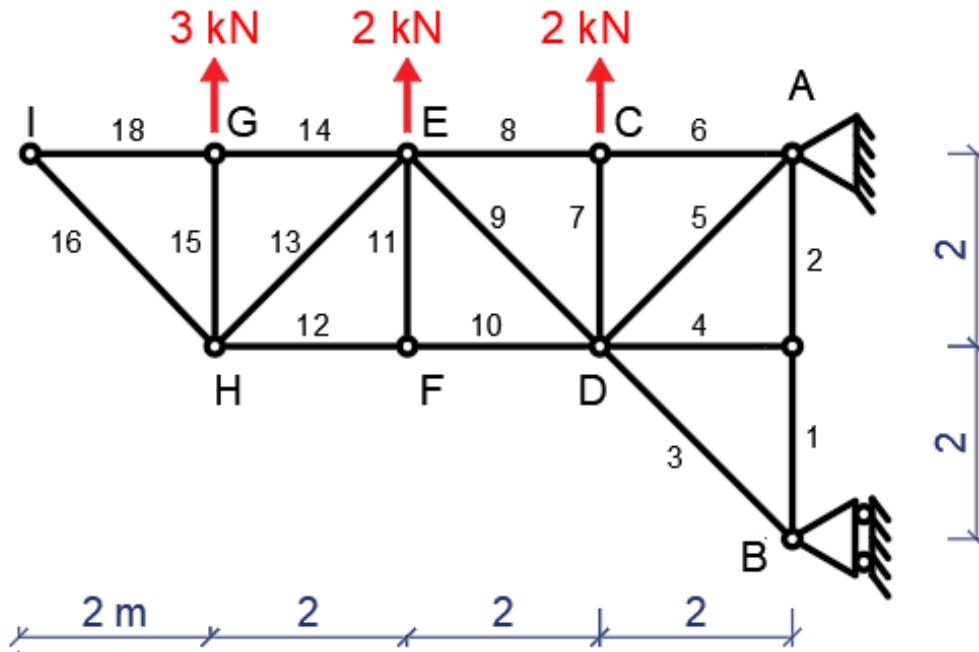
תרגיל מספר 2:

- א. יש למצוא ולחשב את הכוחות בסמכים B,A  
 ב. יש למצוא ולחשב את הכוחות N במוטות מספר 4,5,6 בעזרת שיטת "חתך ריטר"  
 ג. יש למצוא את הכוחות N במוטות מספר 1,2,3,9,10 בעזרת שיטת "הצמתים".



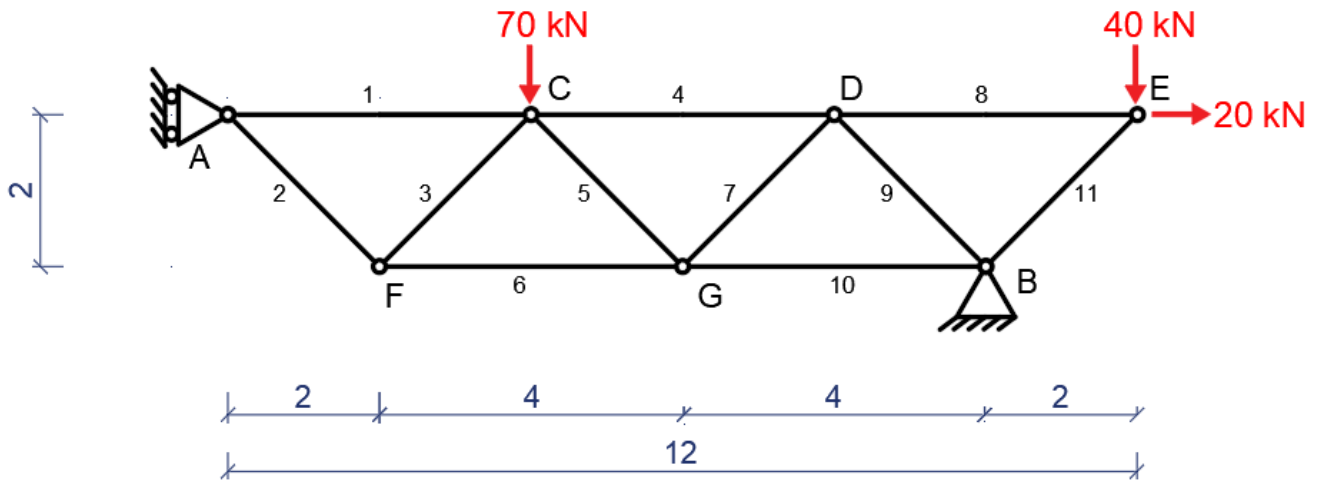
תרגיל מספר 3:

- א. יש למצוא ולחשב את הכוחות בסמכים B,A
- ב. למצוא את כל מוטות האפס במסבך
- ג. יש למצוא ולחשב את הכוחות N במוטות מספר 8,9,10 בעזרת שיטת "חתך ריטר"
- ד. יש למצוא את הכוחות N במוטות מספר 1,2,3,12,13,15 בעזרת שיטת "הצמתים".



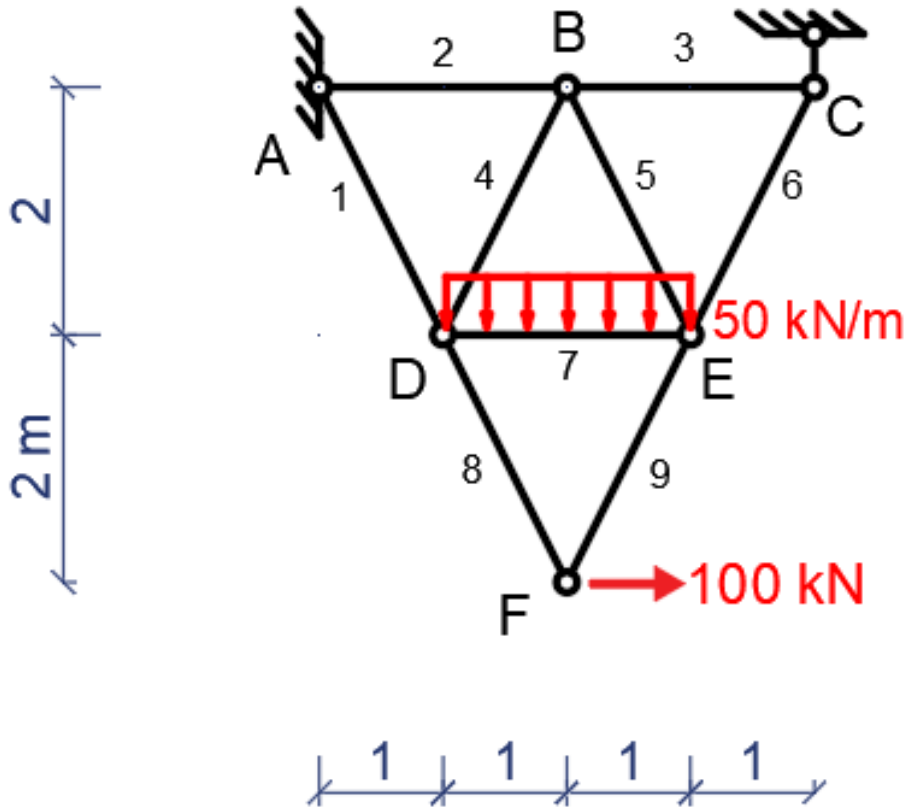
תרגיל מספר 4:

- א. יש למצוא ולחשב את הכוחות בסמכים B,A  
ב. יש למצוא ולחשב את הכוחות N בכל מוטות המסבך



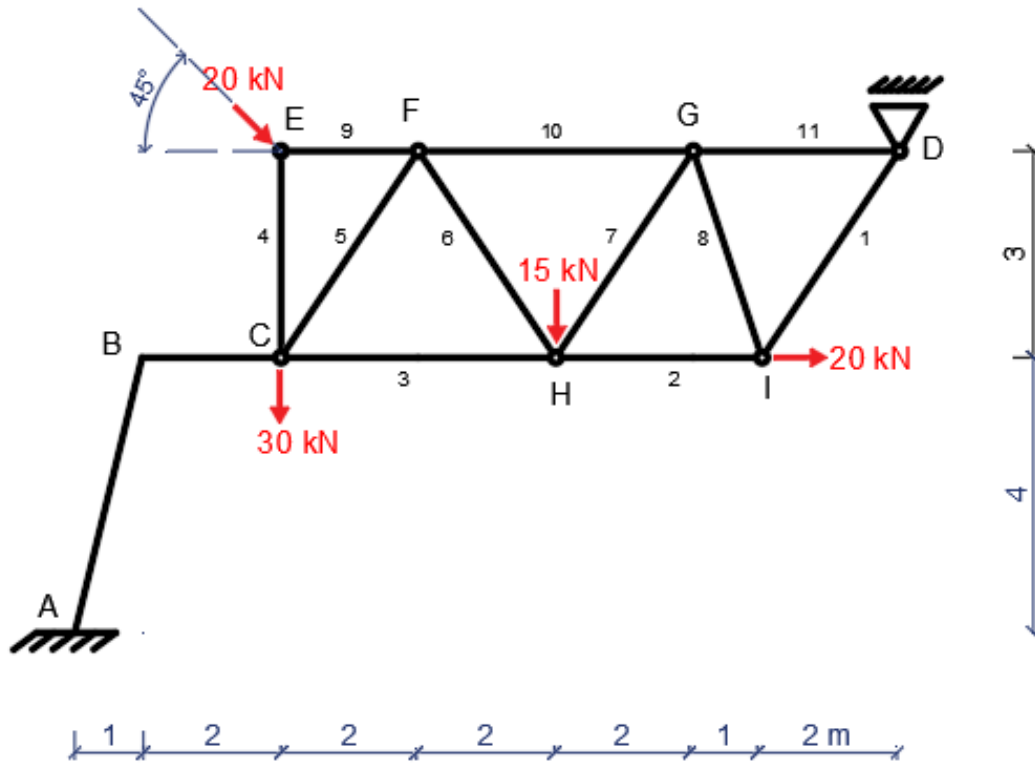
תרגיל מספר 5:

- א. יש למצוא ולחשב את הכוחות בסמכים C,A  
ב. יש למצוא ולחשב את הכוחות N במוטות 1,3,4,5,6.



תרגיל מספר 6:

- א. יש למצוא ולחשב את הכוחות בסמכים A, D ואת הכוחות בפרק C  
 ב. יש למצוא ולחשב את הכוחות N במוטות מספר 2,7,10 בעזרת שיטת "חתך ריטר"  
 ג. יש למצוא את הכוחות N במוטות מספר 1,2,8,4,9 בעזרת שיטת "הצמתים".



## פרק מספר 8 – כוחות פנימיים

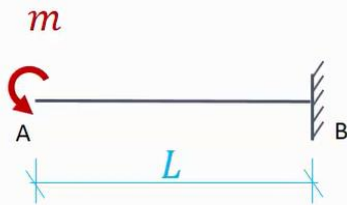
### תרגיל מספר 1:

נתון:

קורה זיזית רתומה באורך  $L$  מועמסת ע"י מומנט מרוכז בקצה.

דרוש:

מהלכי כוחות  $S, M$  לאורך הקורה.



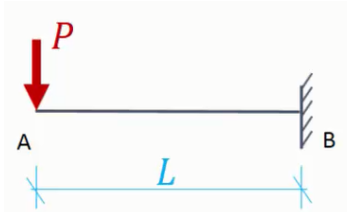
### תרגיל מספר 1.2:

נתון:

קורה זיזית רתומה באורך  $L$  מועמסת ע"י כח מרוכז בקצה.

דרוש:

מהלכי כוחות  $S, M$  לאורך הקורה.



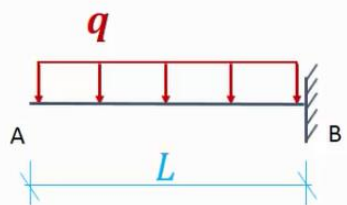
### תרגיל מספר 1.3:

נתון:

קורה זיזית רתומה באורך  $L$  מועמסת ע"י כח מפורס אחיד.

דרוש:

מהלכי כוחות  $S, M$  לאורך הקורה.



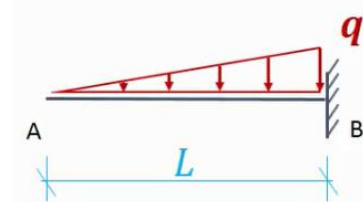
### תרגיל מספר 1.4:

נתון:

קורה זיזית רתומה באורך  $L$  מועמסת ע"י כח מפורס לינארי.

דרוש:

מהלכי כוחות  $S, M$  לאורך הקורה.



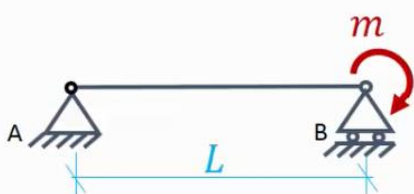
### תרגיל מספר 1.5:

נתון:

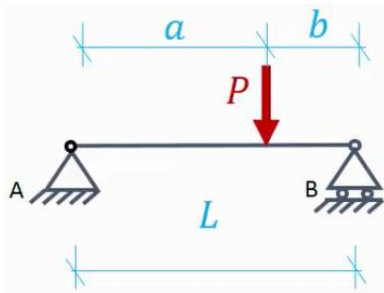
קורה על שני סמכים באורך  $L$  מועמסת ע"י מומנט מרוכז בקצה.

דרוש:

מהלכי כוחות  $S, M$  לאורך הקורה.



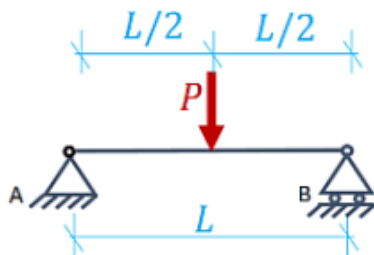
### תרגיל מספר 1.6:



נתון:  
קורה על שני סמכים באורך L מועמסת ע"י כח מרוכז P במרחק a מהסמך השמאלי.

דרוש:  
מהלכי כוחות S, M לאורך הקורה.

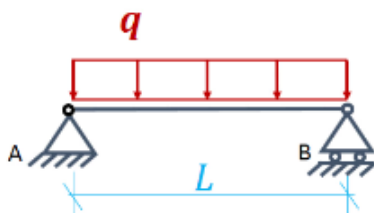
### תרגיל מספר 1.7:



נתון:  
קורה על שני סמכים באורך L מועמסת ע"י כח מרוכז P באמצע המפתח כמתואר:

דרוש:  
מהלכי כוחות S, M לאורך הקורה.

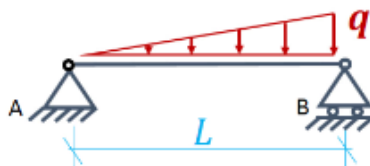
### תרגיל מספר 1.8:



נתון:  
קורה על שני סמכים באורך L מועמסת ע"י עומס מפורס אחיד q לאורך כל מפתח הקורה.

דרוש:  
מהלכי כוחות S, M לאורך הקורה.

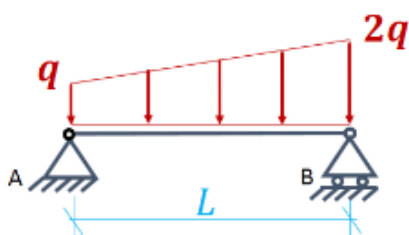
### תרגיל מספר 1.9:



נתון:  
קורה על שני סמכים באורך L מועמסת ע"י עומס מפורס לינארי כמתואר:

דרוש:  
מהלכי כוחות S, M לאורך הקורה.

### תרגיל מספר 1.10:



נתון:  
קורה על שני סמכים באורך L מועמסת כמתואר:

דרוש:  
מהלכי כוחות S, M לאורך הקורה.

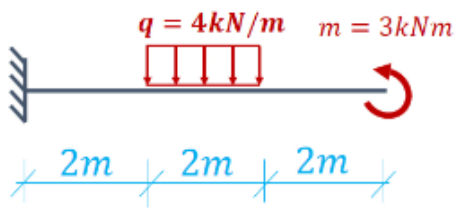
### תרגיל מספר 2.1:

נתון:

קורה זיזית רתומה באורך 6m מועמסת כמתואר:

דרוש:

מהלכי כוחות M,S,N לאורך הקורה.



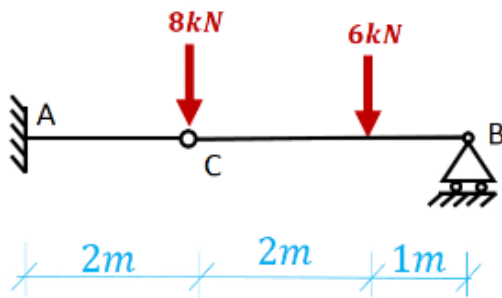
### תרגיל מספר 2.2:

נתון:

מבנה פרקי מועמס בכוחות מרוכזים כמתואר:

דרוש:

מהלכי כוחות M,S,N לאורך הקורה.



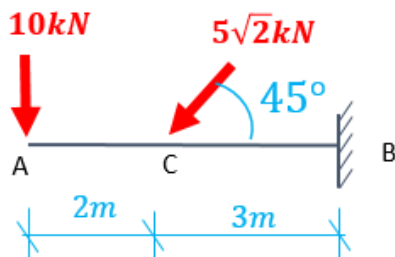
### תרגיל מספר 2.3:

נתון:

קורה זיזית רתומה באורך 5m מועמסת כמתואר:

דרוש:

מהלכי כוחות M,S,N לאורך הקורה.



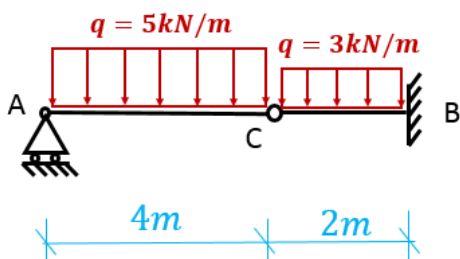
### תרגיל מספר 2.4:

נתון:

מבנה פרקי מועמס בכוחות מרוכזים כמתואר:

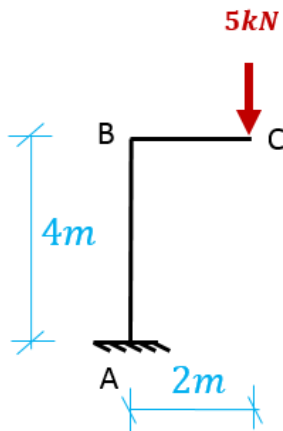
דרוש:

מהלכי כוחות M,S לאורך הקורה.





### תרגיל מספר 3.1:



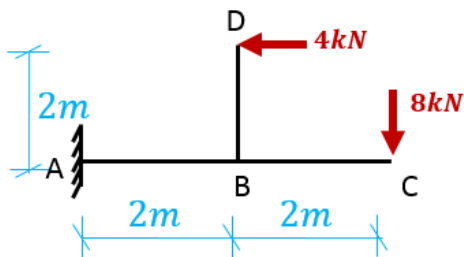
נתון:

מבנה מסגרת מועמס כמתואר

דרוש:

- מהלכי כוחות  $M, S, N$  לאורך הקורה.
- להראות שמתקיים שיווי משקל בפינה B
- למצוא ראקציות בריתום A

### תרגיל מספר 3.2:



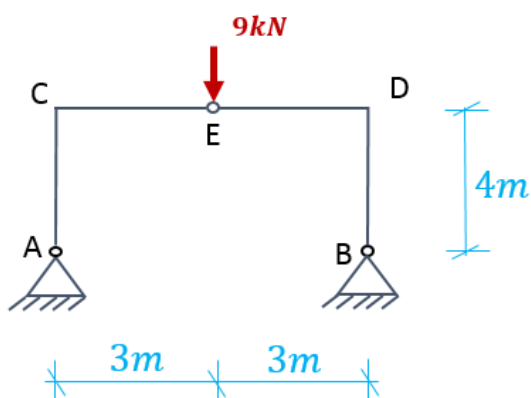
נתון:

מבנה מסגרת מועמס כמתואר

דרוש:

- מהלכי כוחות  $M, S, N$ .
- להראות שמתקיים שיווי משקל בצומת B
- למצוא ראקציות בריתום A

### תרגיל מספר 3.3:



נתון:

מבנה מסגרת מועמס כמתואר

דרוש:

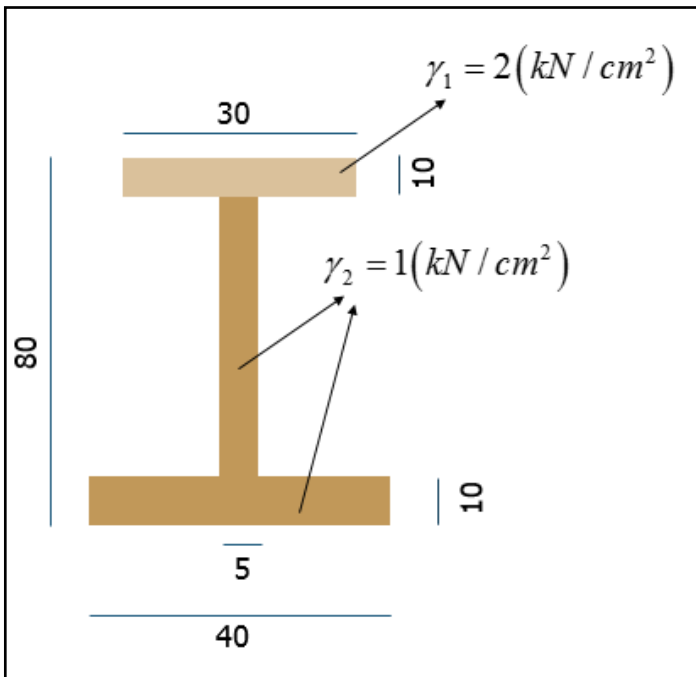
לחשב ולשרטט מהלכי כוחות  $M, S, N$ .

## פרק מספר 9 – תכונות שטחים וגופים

### תרגיל מספר 1:

עבור החתך הנתון נדרש למצוא:

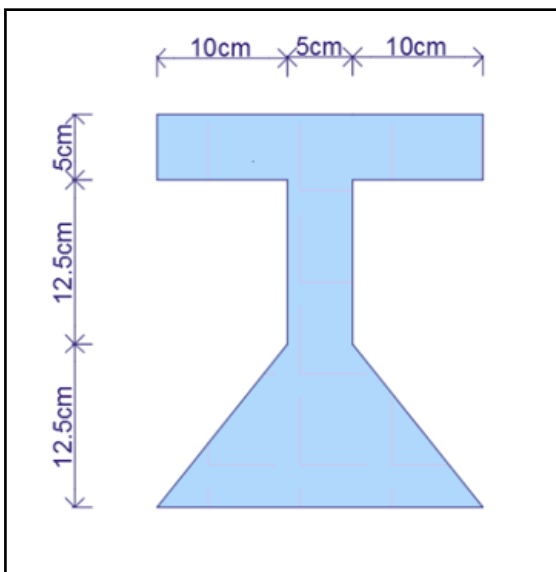
- מרכזית החתך
- מרכז כובד
- מומנט אינרציה סביב ציר מרכזית בחתך  $I_x$
- מומנט אינרציה סביב מרכזית החתך  $I_y$
- מומנט אינרציה סביב ציר  $X$  בתחתית הצורה



### תרגיל מספר 2:

עבור החתך הנתון נדרש למצוא:

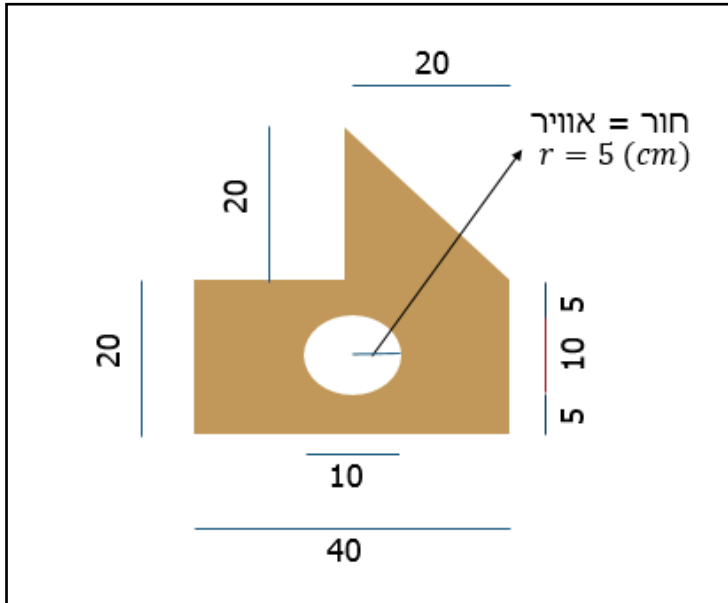
- מרכזית החתך
- מומנט אינרציה סביב ציר  $X$



### תרגיל מספר 3:

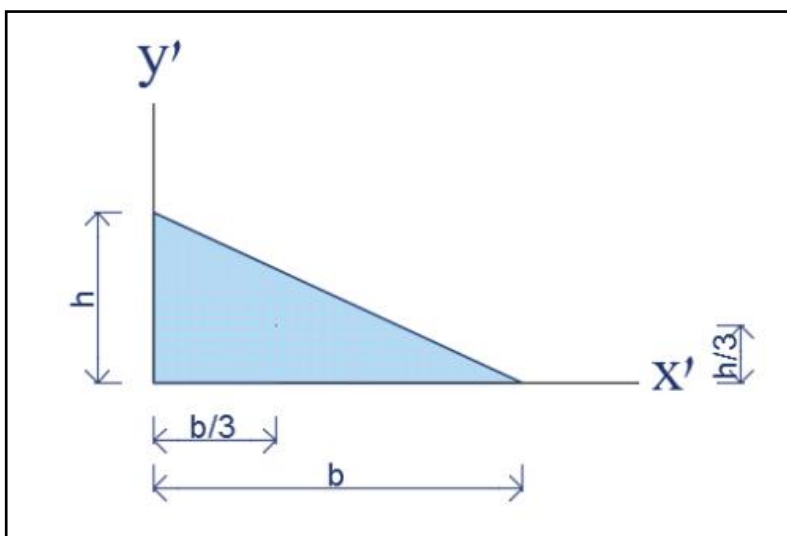
עבור החתך הנתון נדרש למצוא:

- מרכזית החתך
- מומנט אינרציה סביב ציר מרכזית בחתך  $I_x$
- מומנט אינרציה סביב מרכזית החתך  $I_y$



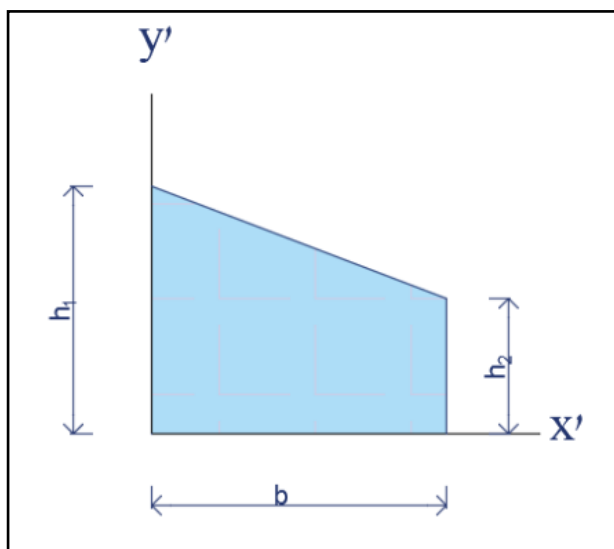
### תרגיל מספר 4:

עבור החתך הנתון נדרש להוכיח שהגובה למרכזית של המשולש נמצא ב-  $Y_c = h/3$



### תרגיל מספר 5:

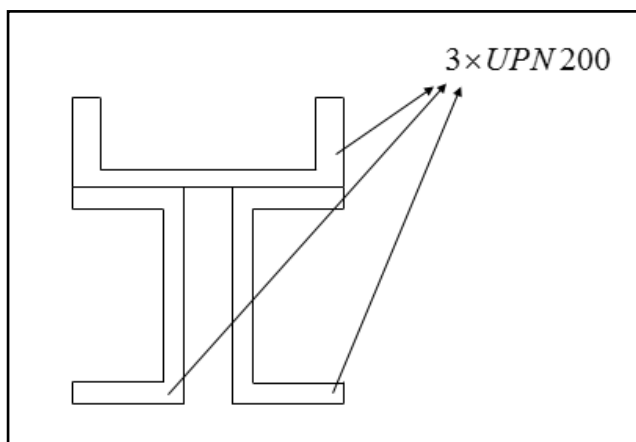
עבור החתך הנתון נדרש לפתח נוסחה לקביעת מיקום המרכזית  $Y_c$



**תרגיל מספר 6:**

עבור החתך הנתון נדרש למצוא:

- א. מרכזית החתך
- ב. מומנט אינרציה סביב ציר מרכזית בחתך  $I_x$
- ג. מומנט אינרציה סביב מרכזית החתך  $I_y$



## פרק מספר 11 – תרגילים ברמת מבחן

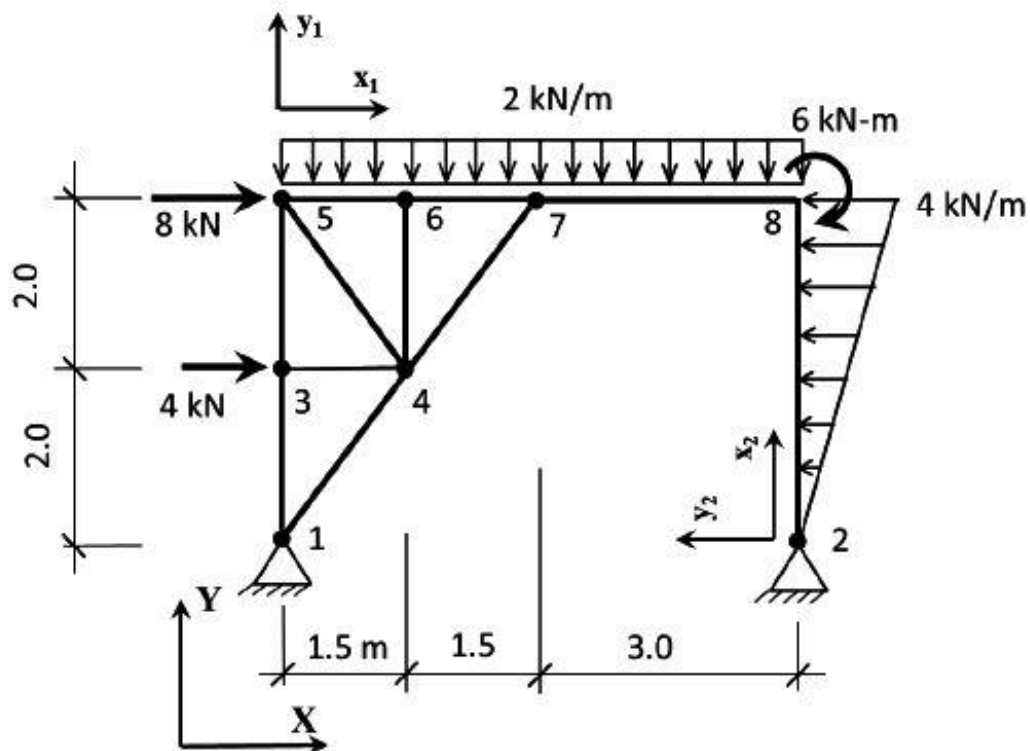
### תרגיל מספר 1:

#### שאלה 2 (55%)

נתונה מסגרת מישורית המתוארת באיור 2. בצמתים 1, 2 ישנם סמכים קבועים. בצומת 8 החיבור בין המוטות הוא המשכי (קשיח). בשאר הצמתים ישנם פרקים מלאים. כל ערכי העומס נתונים באיור. העומסים כוללים כוחות מרכזיים ומפורסים. בצומת 8 מופעל מומנט מרכזי. באיור נתונים כמו כן הצירים המקומיים של מוטות עם עומס בשדה לצורך סרטוט הכוחות הפנימיים.

#### דרוש:

- (5%) להוכיח שהמבנה מסוים סטטית.
- (10%) לחשב ולסרטט את הריאקציות בסמכים. יש להביע את הריאקציות במערכת הצירים הגלובלית.
- (30%) לחשב ולשרטט את מהלכי הכוחות הפנימיים במסגרת (כוח צירי; כוח גזירה; מומנט כפיפה).
- (10%) להוכיח קיום שווי-משקל בצומת 8.



איור 2

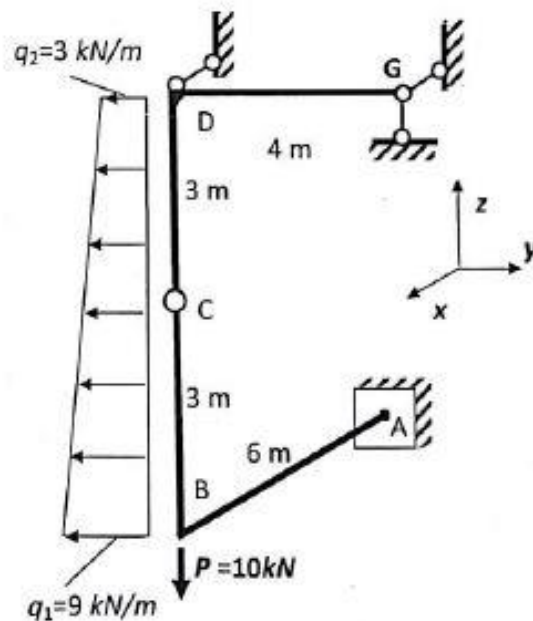
## תרגיל מספר 2:

### שאלה 2 (55%)

נתונה מסגרת מרחבית המתוארת באיור 2. בקצה A ישנו ריתום מלא; בנקודה C ישנו פרק מרחבי; נקודה D חסומה בכיוון X (באמצעות חצי-פרק) וקצה G חסום בכיוונים X ו-Z. מוט AB מקביל לציר X; מוט BCD מקביל לציר Z; ומוט DG מקביל לציר Y. השטח המפורס הטרפזי פועל במישור YZ.

### דרוש:

- (5%) להוכיח שהמבנה מסוים סטטית ויציב.
  - (25%) לחשב את הריאקציות בסמכים ואת הכוחות הפעולה והתגובה בפרק C.
  - (24%) לחשב ולשרטט את מהלכי הכוחות הפנימיים במסגרת (כוח צירי; כוחות נזירה; מומנט פיתול; ומומנטי כפיפה).
- יש לשים לב: לצורך שרטוט הכוחות הפנימיים יש לקבוע מערכת צירים מקומית לכל מוט, כאשר ציר x המקומי הוא לאורך ציר המוט.



איור 2

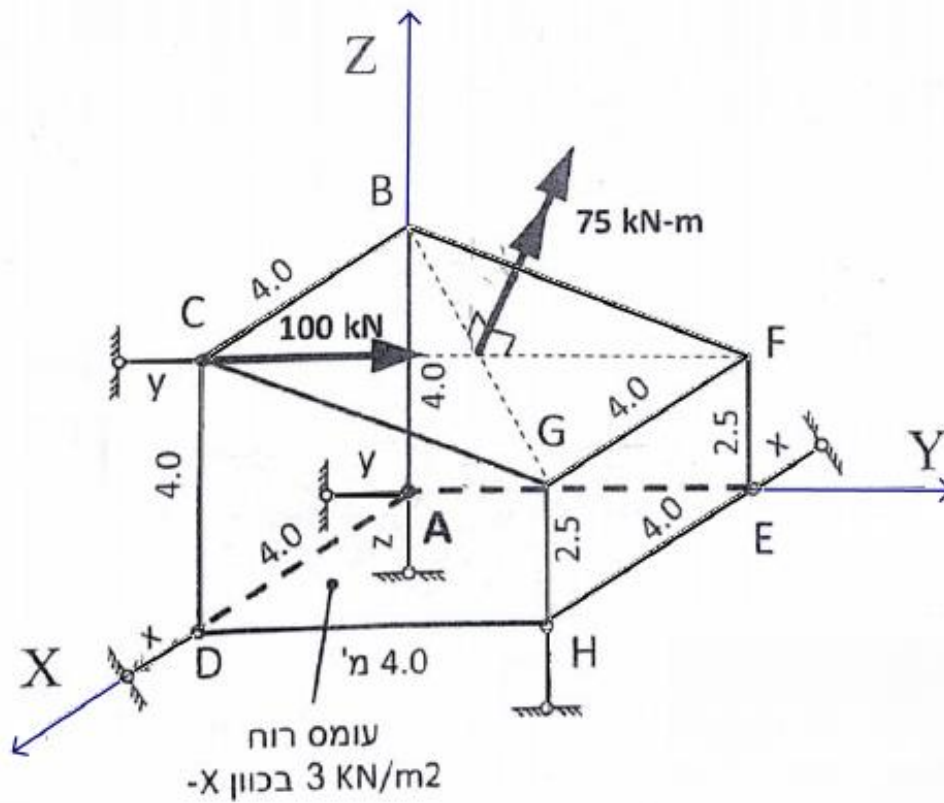
### תרגיל מספר 3:

נתון גוף קשיח בצורת מנסרה טרפזית כמתואר באיור.  
 הגוף מחובר לכדור הארץ באמצעות מוטות דו פרקיים כמתואר. ליד כל מוט מצוין הכיוון שלו.  
 על הגוף פועלים הכוחות הבאים (מתוארים באיור):

- מומנט בשיעור  $75 \text{ kNm}$  הפועל בניצב למישור BCFG.
  - כח בשיעור  $100 \text{ kN}$  בנקודה C לכיוון F.
  - עומס רוח מפורש שווה בשיעור  $3 \text{ kN/m}^2$  הפועל בכיוון (-x) על מישור CDHG.
- כל המידות המצוינות על המקצועות של המנסרה נתונות ב-m.

דרוש:

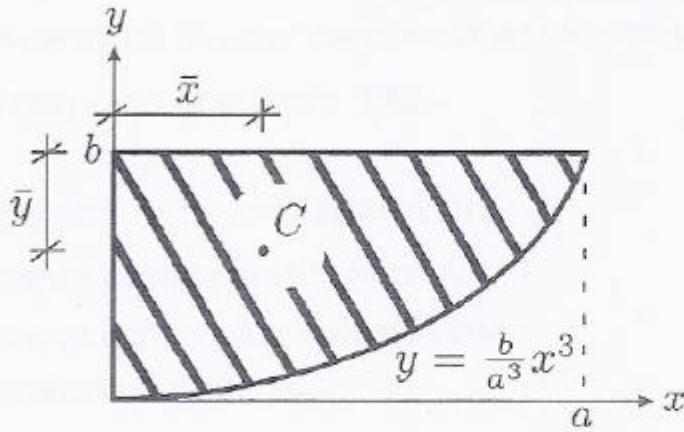
- להוכיח כי המערכת יציבה.
- לחשב את מרכז הלחץ של עומס הרוח ואת שקול כוח הרוח.
- לחשב את המערכת השקולה של הכוחות החיצוניים בנקודה A.
- לחשב את טוחות התגובה בסמכים.



**תרגיל מספר 4:**

שאלה 3 (7%).

נתון חתך המתואר על ידי פרבולה ממעלה שלישית:



יש להראות שמומנט האינרציה ביחס לציר  $y$  הוא  $I_{yy} = \frac{ba^3}{6}$ .

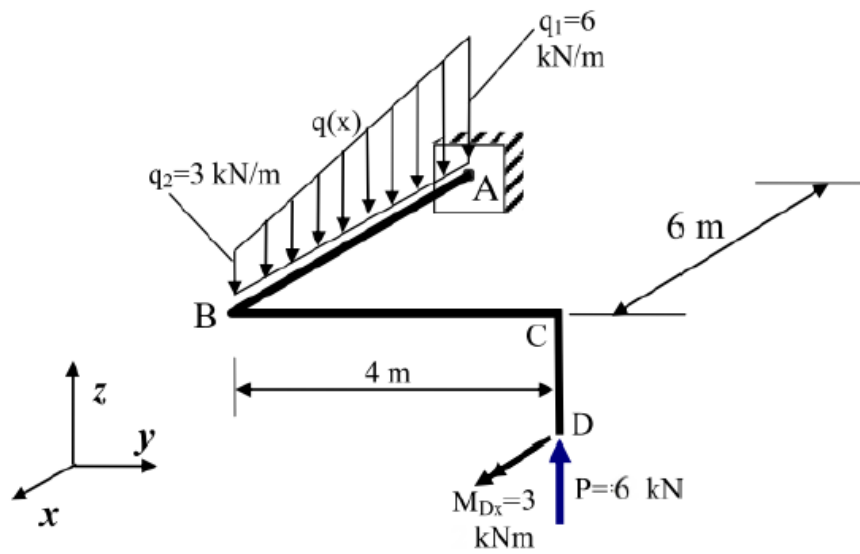


## תרגיל מספר 5:

נתונה מסגרת מרחבית המתוארת באיור.

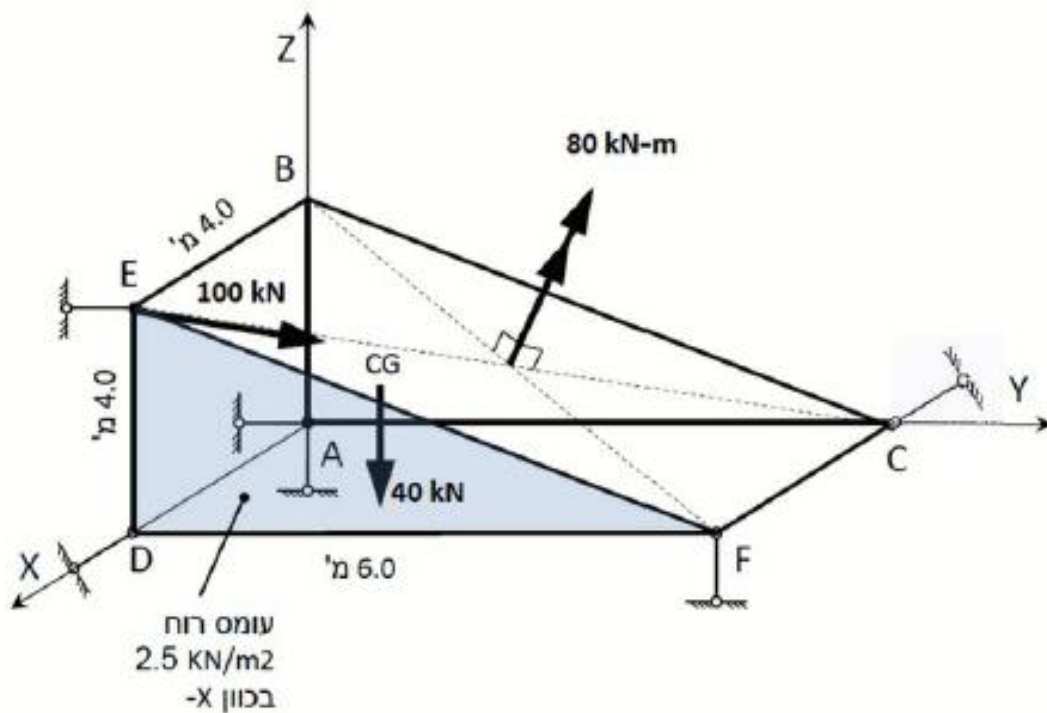
### דרוש:

- מערכת שקולה של הכוחות החיצוניים בנקודה A.
- כוחות תגובה בסמך A.
- מהלכי כוחות ציריים, כוחות גזירה ומומנטים פנימיים במוטות המסגרת.
- על פי מהלכי הכוחות מסעיף ג', נדרש לבדוק שיווי משקל בצומת B.



## תרגיל מספר 6:

- נתון גוף קשיח הומוגני בצורת מנסרה משולשת כמתואר באיור. הגוף מחובר לכדור הארץ באמצעות מוטות דו-פרקיים כמתואר. על הגוף פועלים הכוחות הבאים (מתוארים באיור):
- מומנט בשיעור 80 ק"י-מ' הפועל בניצב למישור BCFE ;
  - כח בשיעור 100 ק"י בנקודה E לכיוון C ;
  - משקלו העצמי של הגוף בשיעור 40 ק"י הפועל במרכז הכובד של הגוף (מסומן CG באיור).
  - עומס רוח מפורס שווה בכיוון X- הפועל על השטח DEF. כל המידות נתונות ב-מ'.
- דרוש:
- א. הוכח כי הגוף מחובר לכדור הארץ בצורה יציבה.
  - ב. חשב את מערכת הכוחות השקולה בנקודה A.
  - ג. חשב את מערכת הכוחות השקולה הפשוטה ביותר.
  - ד. חשב את כוחות התגובה בסמכים.



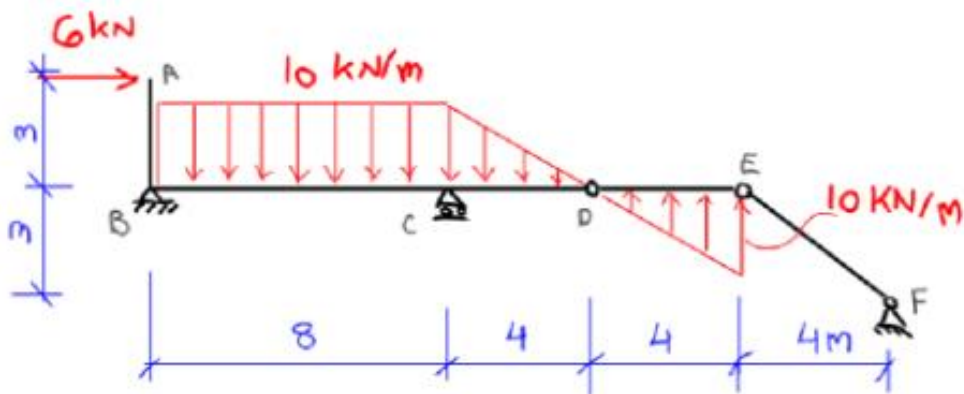
תרגיל מספר 7:

שאלה 1. נתון המבנה המישורי המתואר בציור. על המבנה פועלים עומסים כמתואר.

דרוש: א. (5%) הראה כי המבנה מסוים סטטית

ב. (15%) חשב את כוחות התגובה בסמכים וכוחות הפעולה ותגובה בפרקים D ו-E.

ג. (40%) סרטט מהלכי כוחות פנימיים במבנה.



**תרגיל מספר 8:**

נתון משטח בעל עובי אחיד, מונח במישור  $XY$ , המורכב משני חומרים בעלי צפיפויות משקל שונות,

$\gamma_1$  ו-  $\gamma_2$  כמתואר בציר 1.

המשטח חסום לתווה  $Z$  בנק'  $A$  ו-  $C$ .

כמו כן נתון:  $\gamma_1 = 2 \text{ kN/m}^2$        $\gamma_2 = 1 \text{ kN/m}^2$   
 $R = 2 \text{ m}$        $a = 1 \text{ m}$

**דרוש:**

- א. לחשב את הראקציה ב-  $A$  לעומס הנגרם על-ידי המשקל העצמי של המשטח (ניצב למישור  $XY$ , בכיוון  $Z$ ) אם קיים חיסום לתווה בכל הכוונים לאורך ציר ה-  $X$  (לאורך ציר זה אין חיסום לסיבוב).
- ב. לחשב את הראקציה ב-  $C$  לעומס הנגרם על-ידי המשקל העצמי של המשטח אם קיים חיסום לתווה בכל הכוונים לאורך ציר ה-  $Y$ .
- ג. לחשב את מומנט האינרציה של המשטח,  $I_x$ , ביחס לציר ה-  $X$ .

