

# חישוב סטטי וחוזק חומרים חלק א' ספר תרגול בחישוב סטטי וחוזק חומרים חלק א'

## סטודנטים יקרים

לפניכם ספר תרגילים לקורס "חישוב סטטי וחוזק חומרים חלק א'" 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 (M.E) בהנדסה אזרחית של הטכניון.

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

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

ניסיון בהעברת קורסי הליבה של תואר הנדסה אזרחית במחלקה להנדסה אזרחית של אוניברסיטת אריאל ומרצה בסגל המרצים של רשת מכללות טגנולוגיות עתיד, סניף תל אביב. בין הקורסים: מכניקה הנדסית מורחב, סטטיקת מבנים 1, סטטיקת מבנים 2, חישוב סטטי וחוזק 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	כוחות ומומנטים
1.1	כוחות מרוכזים
1.2	מומנטים
1.3	כוחות מפורסים
2	מבנים פשוטים – סמכים, יציבות, דג"ח, ראקציות, עומסים
3	מבנים מורכבים – פרקים, קורות גרבר, מעקות, אלכסוני
4	כוחות פנימיים – שיטת שטחים, שיטת חתכים
5	מסבכים – שיטת הצמתים, שיטת החתכים, מוטות אפס

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 (תאוריה) 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.

## מבוא לחישוב סטטי וחוזק חומרים

הקורס מקנה ידע בביצוע אנליזה וחיזוי של מערכות פיזיקליות כאשר פועלים עליהם כוחות.

הקורס "חישוב סטטי וחוזק חומרים" מתחלק לשני חלקים עיקריים:

1. חישוב סטטי – מתעסק בחקר השפעת כוחות על גופים הנמצאים בשיווי משקל. כלומר ללא תנועה. זהו החלק העיקרי של קורס זה. ומהווה בסיס הכרחי לחלק השני.
2. חוזק חומרים – מתעסק בהתנהגות של גופים בהשפעת עומס חיצוני, בהתנגדות הפנימית של הגוף התלוי בחומר ובדפורמציה כתוצאה מהעומס.

הקורס הינו קורס הליבה הראשוני במוסדות הלימוד השונים, הבסיסי ביותר ורלוונטי בתחומי ההנדסה השונים, לדוגמא, הנדסת מבנים, הנדסת מכונות, אירודימניקה, הידרוסטטיקה ועוד. הקורס תנאי הכרחי לקבלת בסיס טוב להמשך התואר ומקנה ידע פרקטי לעבודה מעשית. דרכו נלמד להסתכל אחרת על אלמנטים מסביבנו ונבין טוב יותר שיקולים הנדסיים.

בקורס זה נלמד את הנושאים הבאים:

- סטטיקה
  - כוחות
  - מומנטים
  - מבנים פשוטים – סמכים, יציבות, יתירות, דג"ח, ראקציות
  - מבנים מורכבים – פרקים, גלגליות, כבלים
  - כוחות פנימיים במבנים
  - מסבכים – שיטת הצמתים, שיטת החתכים, מוטות אפס

# פרק 1

## כוחות ומומנטים

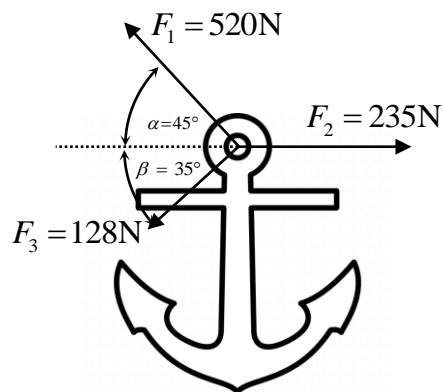
### נושא 1 – כוחות מרוכזים

#### תרגיל מספר 1

על העוגן המתואר באיור מופעלים שלושה כוחות.

א. מצא את שקול הכוחות בדרך חישובית.

ב. מה צריך להיות הכוח המאזן (גודל וזווית) על מנת שהעוגן ישאר בשיווי משקל.

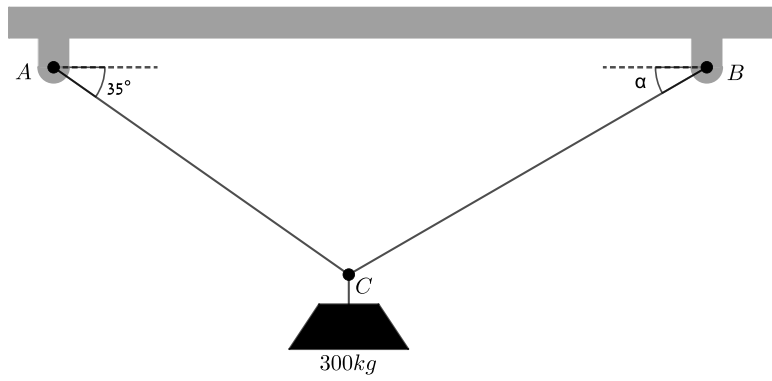


**תרגיל מספר 2**

שני כבלים מחוברים בנקודה C ומועמסים כמתואר.

נתון שזווית  $\alpha = 30^\circ$ .

נדרש למצוא את הכוחות בשני הכבלים.

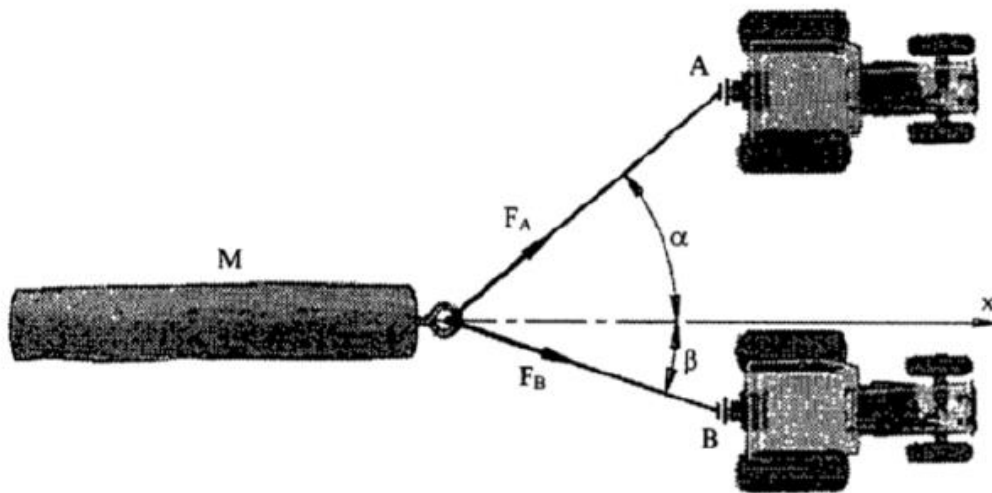


**תרגיל מספר 3**

בול עץ נסחב על ידי שני טרקטורים A ו-B כמתואר בתרשים.  
מה צריכים להיות שיעורי כוחות המתיחה של הכבלים כדי שהכוח השקול יהיה שווה 20 ק"ג,  
ושהוא יפעל לאורך הציר x הנתון?

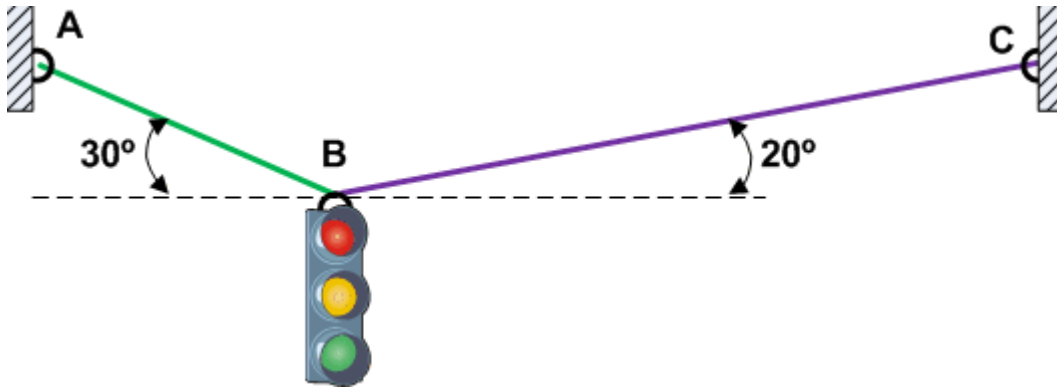
$$\alpha = 40^\circ$$

$$\beta = 18^\circ$$



**תרגיל מספר 4**

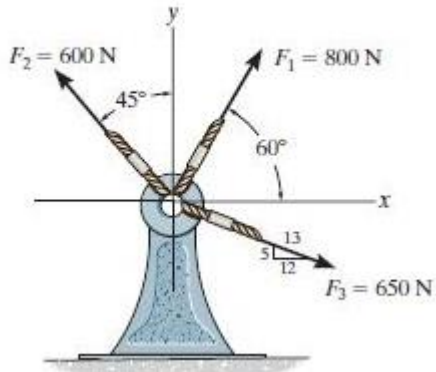
נתון רמזור תלוי על ידי 2 כבלים כמתואר בשרטוט.  
משקל הרמזור הינו 50 ק"ג.  
נדרש למצוא את כוחות המתיחה בשני הכבלים.





**תרגיל מספר 5**

נתונה מערכת כוחות כמתואר בשרטוט.  
נדרש למצוא את שקול הכוחות (גודלו וכיוונו)

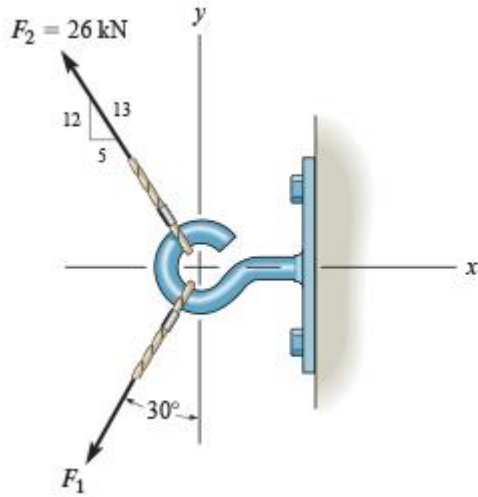


**תרגיל מספר 6**

נתונה מערכת כוחות כמתואר בשרטוט.

א. מהו גודלו של כוח  $F_1$  אם נתון ששקול הכוחות בכיוון ציר  $Y$  שווה ל-0:

ב. מהו גודלו של הכוח השקול במערכת?



**נושא 2 – מומנטים**

**תרגיל מספר 1**

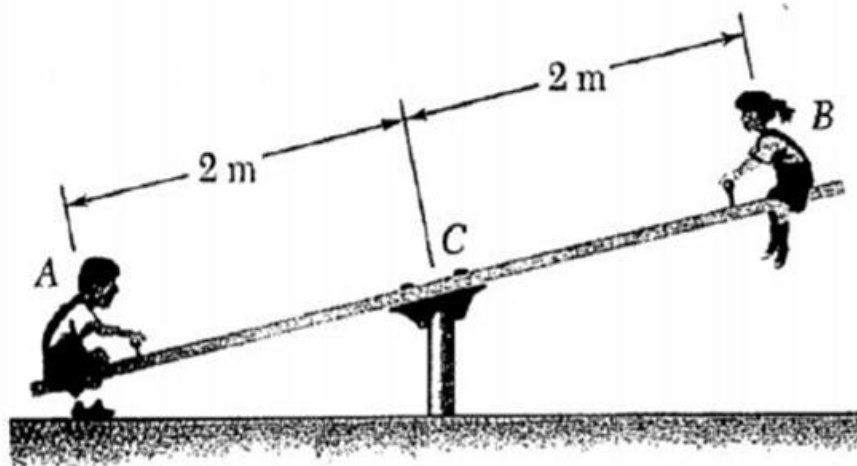
משקלי הילדים היושבים על הנדנדה שבתרשים הם: בנקודה A – 400 N, ונקודה B – 350 N.

חשב:

א. את המיקום האורכי הנדרש של נקודה C על מנת שהנדנדה תהיה מאוזנת אופקית.

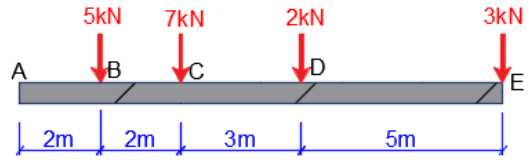
ב. במצב המתואר בתרשים מוסיפים ילד שלישי שמשקלו 250 N. היכן יש להושיב את הילד

השלישי יחסית לנקודה C על מנת לאזן את הנדנדה?



## תרגיל מספר 2

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

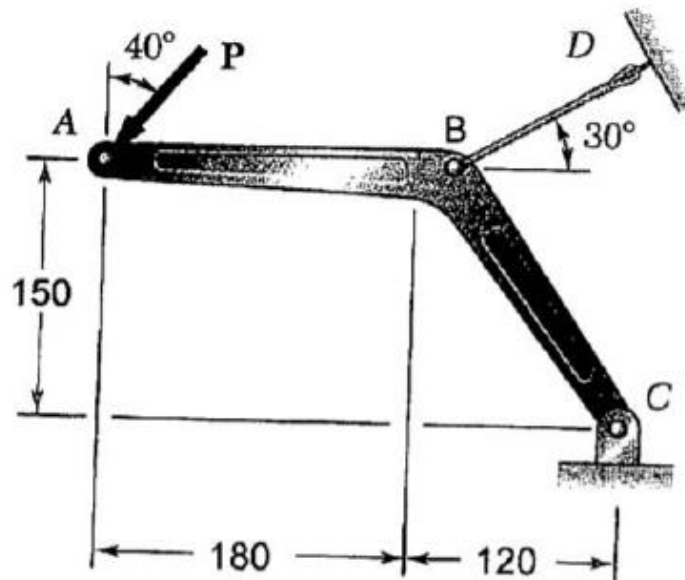


**תרגיל מספר 3**

זרוע ABC מוחזקת באמצעות כבל BD.  
בקצה הזרוע בנקודה A פועל כוח P כמתואר בתרשים.

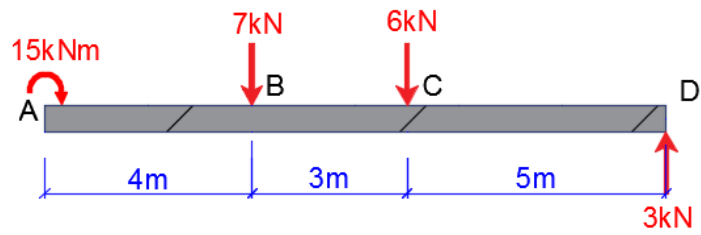
חשב:

א. את הכוח P המותר, אם המתיחות המותרת בכבל BD היא 500 N.



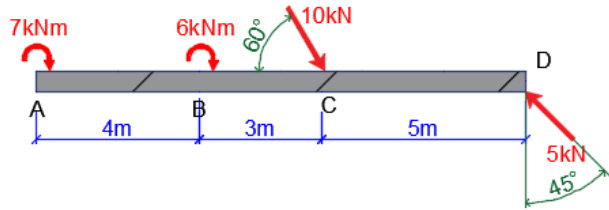
**תרגיל מספר 4**

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



**תרגיל מספר 5**

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



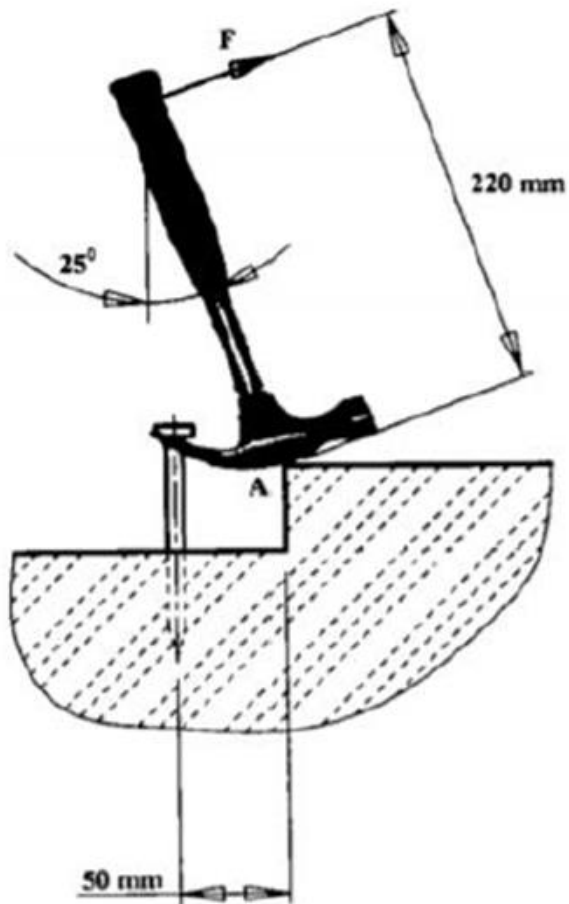
**תרגיל מספר 6**

הכוח  $F$  הניצב לידית הפטיש, הדרוש לחילוץ המסמר, כמתואר בתרשים שווה 150 ניוטון.

א. חשב את כוח המתיחה  $T$  במסמר.

ב. חשב את כוח התגובה, שמפעיל הבלוק הקשיח על ראש הפטיש בנקודה  $A$ .

שטח המגע בין הבלוק וראש הפטיש מחוספס לחלוטין, ומונע החלקה של הפטיש. יש להזניח את החיכוך בין הפטיש לבין ראש המסמר. המידות נתונות בתרשים.



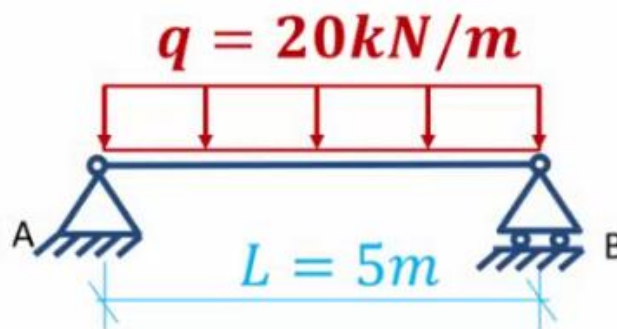


**נושא 3 – כוחות מפורסים**

**תרגיל מספר 1**

נתון כוח מפורס אחיד הפועל על קורה.

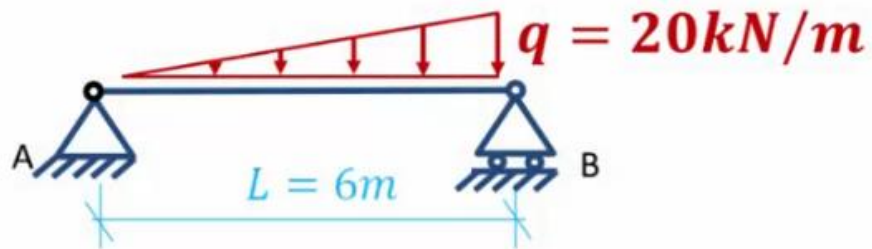
נדרש למצוא את גודלו ומיקום פעולתו של הכוח המרוכז השקול.



תרגיל מספר 2

נתון כוח מפורס לינארי הפועל על קורה.

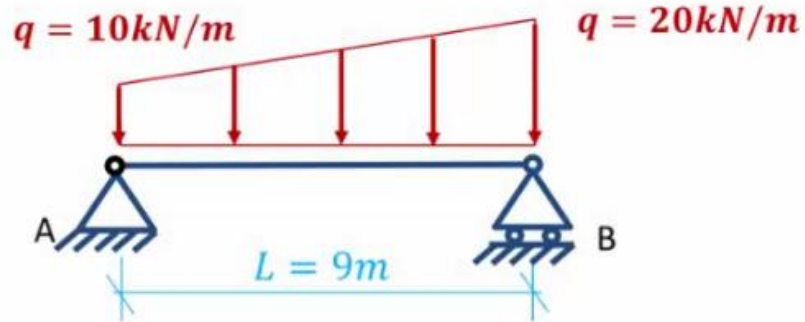
נדרש למצוא את גודלו ומיקום פעולתו של הכוח המרוכז השקול.



תרגיל מספר 3

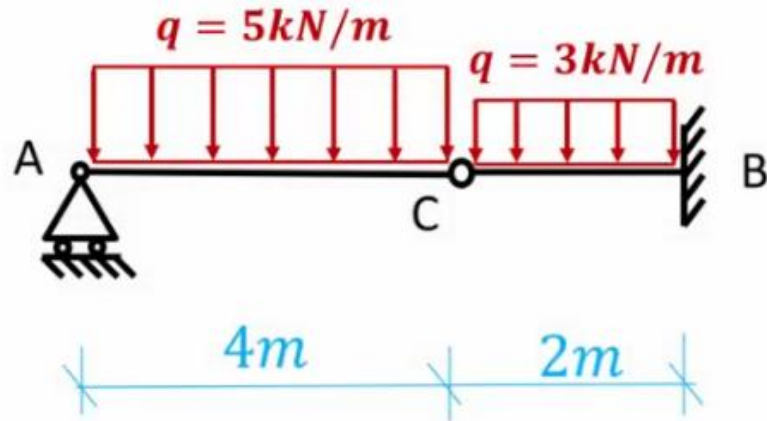
נתון כוח מפורס טרפזי הפועל על קורה.

נדרש להחליף את הכוח המפורס הטרפזי במערכת של שני כוחות מרוכזים השקולים לכוח זה.



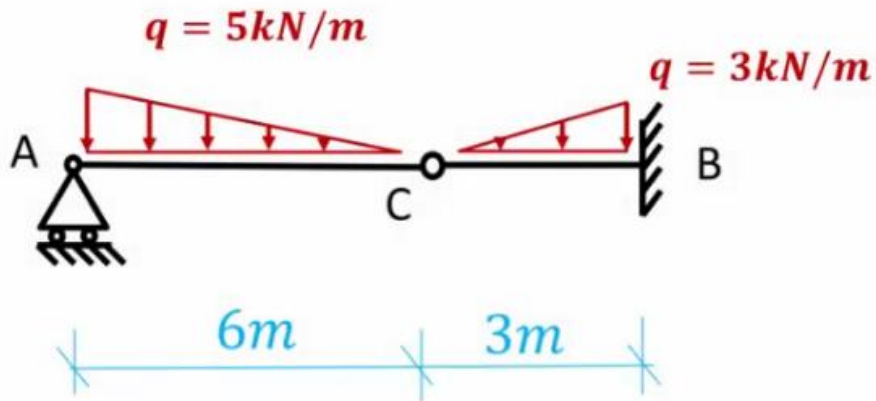
**תרגיל מספר 4**

נתונה קורה נמשכת, עליה פועלים עומסים מפורסים כמתואר.  
נדרש להחליף את הכוחות המפורסים בכוחות מרוכזים שקולים.



תרגיל מספר 5

נתונה קורה נמשכת, עליה פועלים עומסים מפורסים כמתואר.  
נדרש להחליף את הכוחות המפורסים בכוחות מרוכזים שקולים.



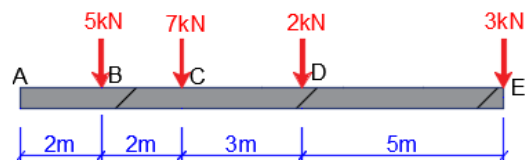
## פרק 2

# מבנים פשוטים וקורות פשוטות

### נושא 1 – מבנים פשוטים וקורות פשוטות

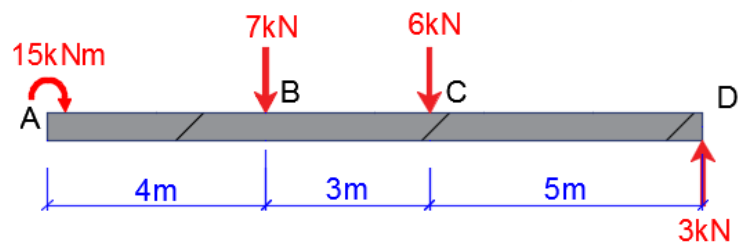
#### תרגיל מספר 1:

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



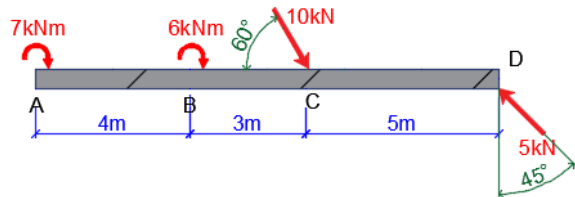
#### תרגיל מספר 2:

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



**תרגיל מספר 3:**

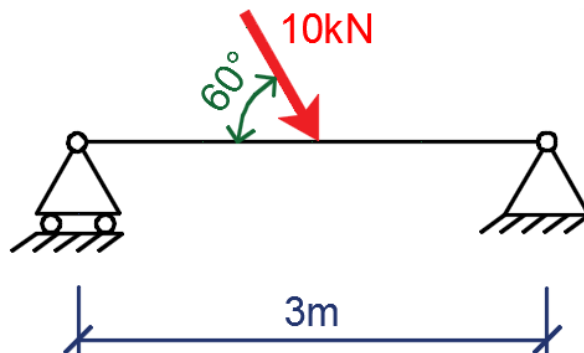
יש למצוא את גודלו כיוונו ומיקומו של הכוח  $F$  שצריך לפעול על הקורה על מנת שהקורה תהיה בשיווי משקל.



**תרגיל מספר 4:**

עבור המבנה הבאה דרוש:

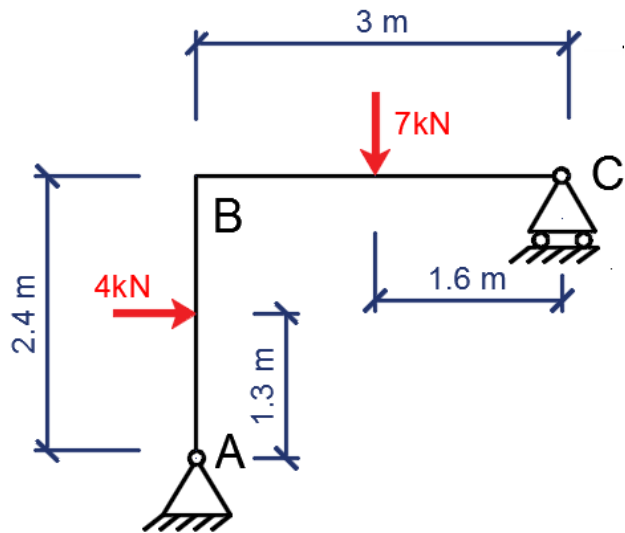
- א. יש למצוא דרגת אי סיוס סטטי ולהוכיח את יציבות המבנה
- ב. מצא את הראקציות בסמכים תוך שימוש בדיאגרמת גוף חופשי



**תרגיל מספר 5:**

עבור המבנה הבאה דרוש:

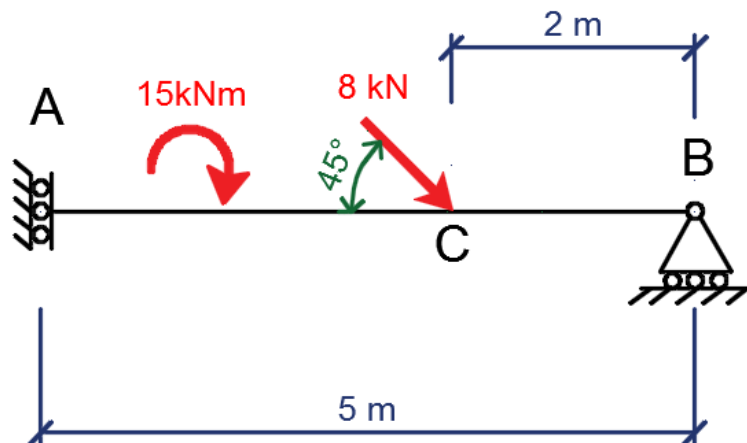
- יש למצוא דרגת אי סיום סטטי ולהוכיח את יציבות המבנה
- מצא את הראקציות בסמכים תוך שימוש בדיאגרמת גוף חופשי



**תרגיל מספר 6:**

עבור המבנה הבאה דרוש:

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

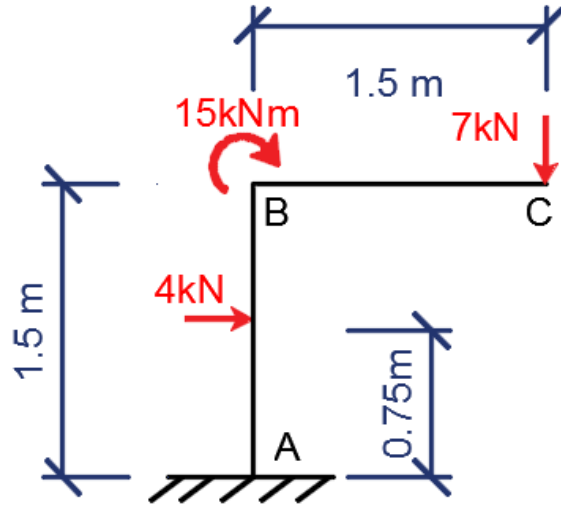




**תרגיל מספר 7:**

עבור המבנה הבאה דרוש:

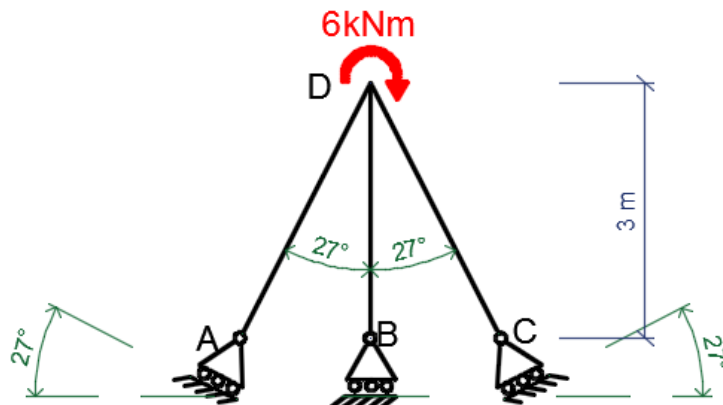
- א. יש למצוא דרגת אי סיוס סטטי ולהוכיח את יציבות המבנה
- ב. מצא את הראקציות בסמכים תוך שימוש בדיאגרמת גוף חופשי



**תרגיל מספר 8:**

עבור המבנה הבאה דרוש:

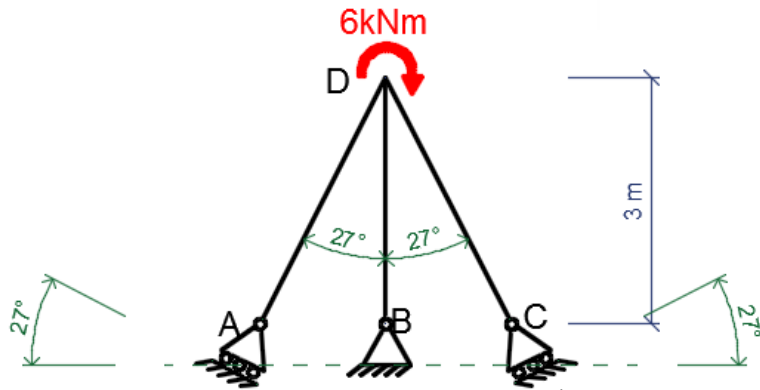
- א. יש למצוא דרגת אי סיוס סטטי ולהוכיח את יציבות המבנה
- ב. מצא את הראקציות בסמכים תוך שימוש בדיאגרמת גוף חופשי



**תרגיל מספר 9:**

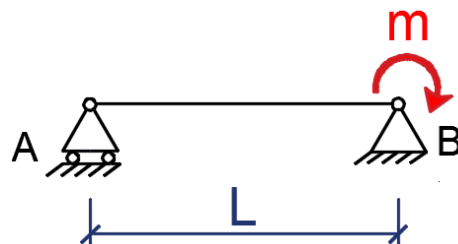
עבור המבנה הבאה דרוש:

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



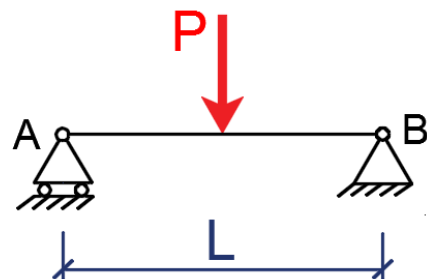
**תרגיל מספר 10:**

עבור המבנה הפשוט הבא, יש למצוא כוחות תגובה בסמכים כפונקציה של העומס הנתון.



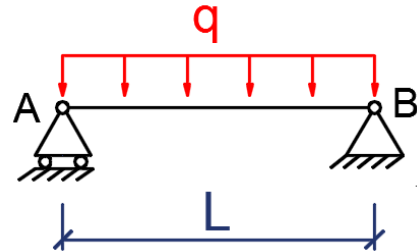
**תרגיל מספר 11:**

עבור המבנה הפשוט הבא, יש למצוא כוחות תגובה בסמכים כפונקציה של העומס הנתון.



**תרגיל מספר 12:**

עבור המבנה הפשוט הבא, יש למצוא כוחות תגובה בסמכים כפונקציה של העומס הנתון.



**תרגיל מספר 13:**

עבור המבנה הפשוט הבא, יש למצוא כוחות תגובה בסמכים כפונקציה של העומס הנתון.



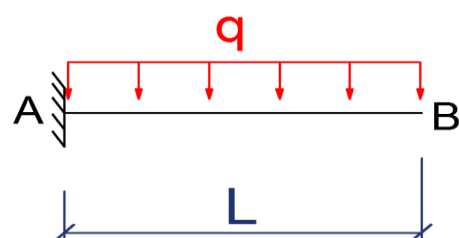
**תרגיל מספר 14:**

עבור המבנה הפשוט הבא, יש למצוא כוחות תגובה בסמכים כפונקציה של העומס הנתון.



**תרגיל מספר 15:**

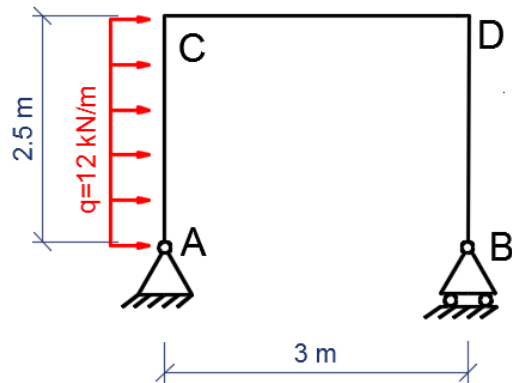
עבור המבנה הפשוט הבא, יש למצוא כוחות תגובה בסמכים כפונקציה של העומס הנתון.



**תרגיל מספר 16:**

עבור המבנה הבא:

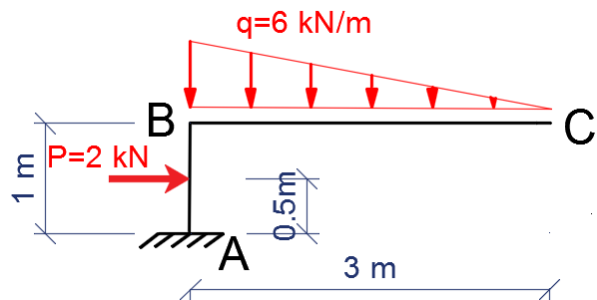
- א. יש למצוא דרגת אי סיום סטטי ולהוכיח את יציבות המבנה  
 ב. מצא את הראקציות בסמכים תוך שימוש בדיאגרמת גוף חופשי



**תרגיל מספר 17:**

עבור המבנה הבא:

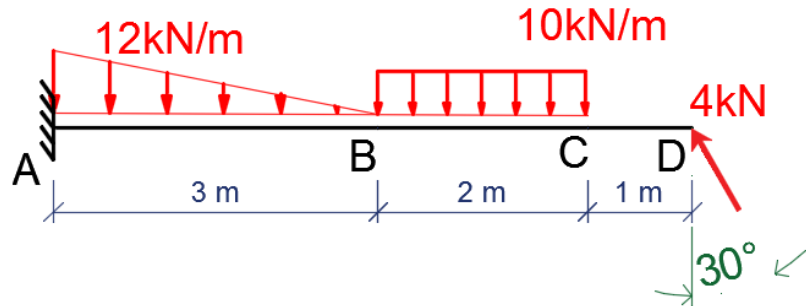
- א. יש למצוא דרגת אי סיום סטטי ולהוכיח את יציבות המבנה  
 ב. מצא את הראקציות בסמכים תוך שימוש בדיאגרמת גוף חופשי



**תרגיל מספר 18:**

עבור המבנה הבא:

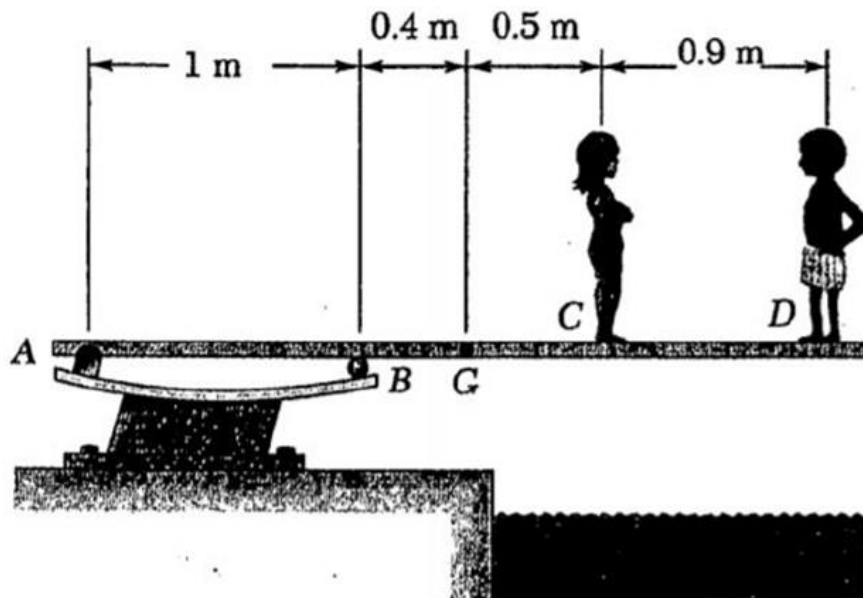
- א. יש למצוא דרגת אי סיוס סטטי ולהוכיח את יציבות המבנה  
 ב. מצא את הראקציות בסמכים תוך שימוש בדיאגרמת גוף חופשי



**תרגיל מספר 19**

- באיור לשאלה 1 מתוארים שני ילדים העומדים על קרש מקפצה אחיד לבריכה.  
 משקל קרש המקפצה הוא 300 N, והוא נתמך על ידי הסמכים בנקודות A, B.  
 נתון כי משקל הילדים הוא: בנקודה C – 120 N, ובנקודה D – 180 N.

- א. חשבו את המיקום של שקול הכוחות של משקלי הילדים ביחס לנקודה A.  
 ב. חשבו את התגובות בסמכים A, B.



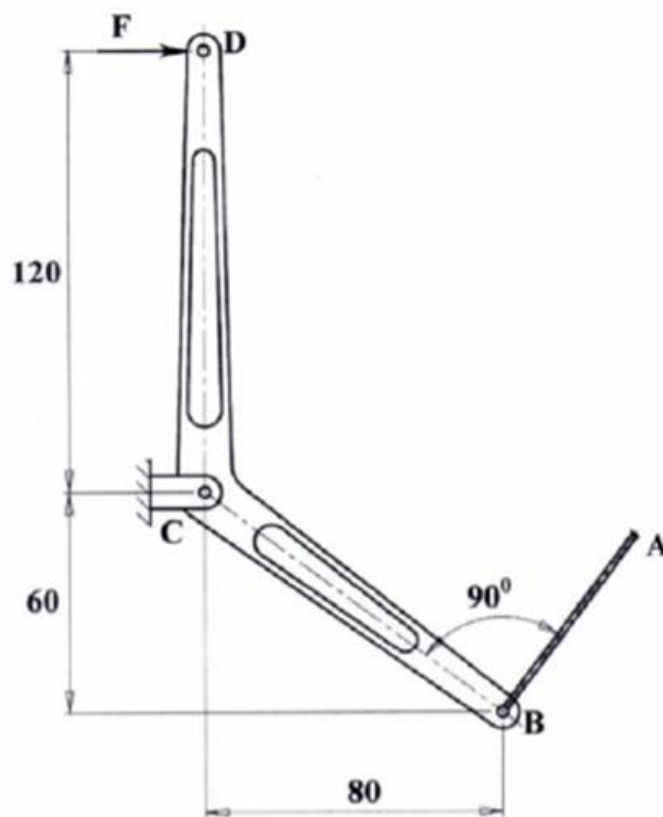
**תרגיל מספר 20**

כוח מתיחות הכבל AB, הפועל על המנגנון המתואר בתרשים שווה 250 ניוטון.

א. חשב את הכוח האופקי F, אותו יש להפעיל על הדוושה D.

ב. חשב את כוח התגובה בסמך C (שיעור וכיוון).

המידות נתונות בתרשים.



**תרגיל מספר 21**

בתרשים מתוארת קורה בצורת "ד" המקובעת בנקודה C ומוחזקת באמצעות כבל BD לרצפה.

הקורה עמוסה ע"י שני כוחות מרוכזים  $F_1$  ו-  $F_2$ , כמתואר בתרשים. נתון:

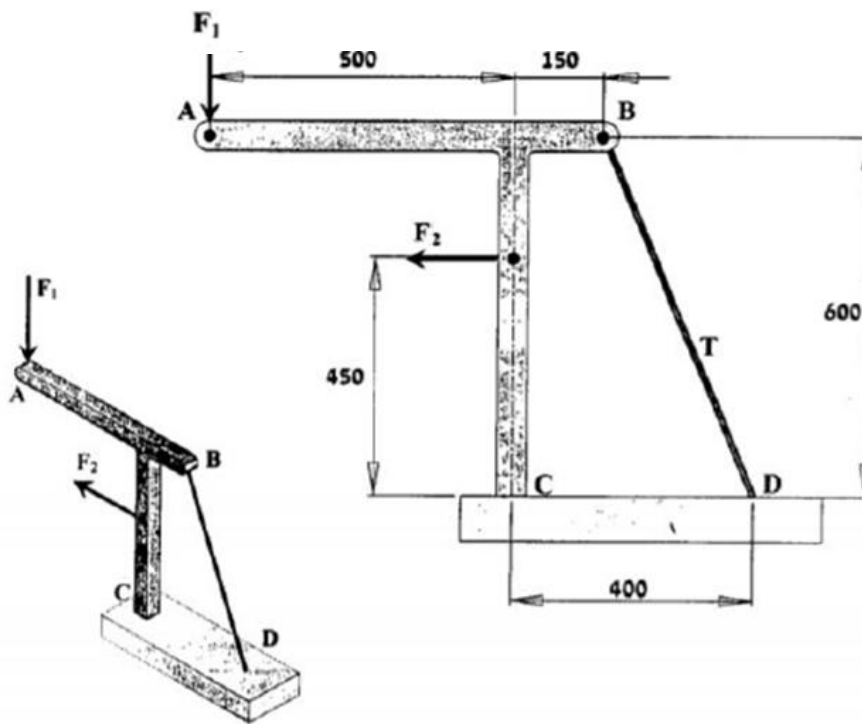
$$F_2=400\text{N}, F_1=700\text{N}$$

אם ידוע שהמתיחות בכבל T שווה 1,250 ניוטון, חשב:

א. את כוח התגובה  $R_c$  (שיעור וכיוון) המופעל בנקודה C.

ב. את מומנט הקיבוע  $M_c$  (שיעור וכיוון הסיבוב) המופעל בנקודה C.

הזנח את משקל הקורה והכבל. המידות נתונות בתרשים במ"מ.

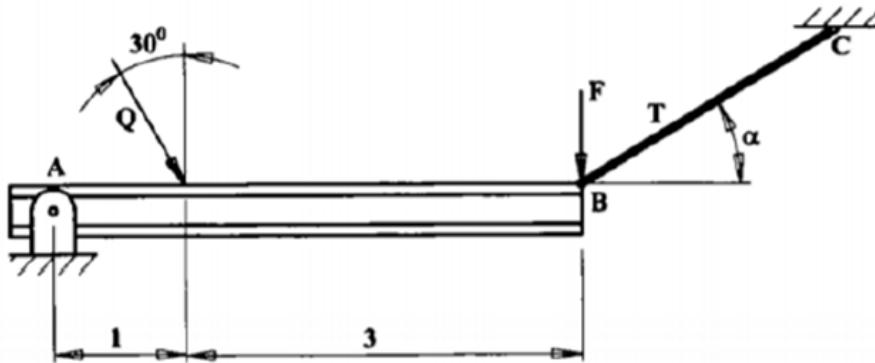


**תרגיל מספר 22**

הקורה האופקית AB נתמכת על סמך ניח בנקודה A וקשורה באמצעות כבל BC בנקודה B. הכבל BC נטוי לקו האופקי הזווית  $\alpha$  כמתואר בתרשים. על הקורה מופעל כוח Q, הנטוי לקו האנכי בזווית של  $30^\circ$ , וכוח אנכי F. נתון:  $\sin \alpha = 0.6$ ,  $Q = 16 \text{ kN}$ .

- א. חשב את שיעורו המקסימלי של הכוח F שמותר להפעיל על הקורה, אם ידוע שהכוח המרבי T שמותר להפעיל על הכבל BC שווה 25 קילו-ניוטון.
- ב. מה יהיה שיעורו וכיוונו של כוח התגובה בסמך A, בהעמסה זו?

המידות נתונות בתרשים במטרים.



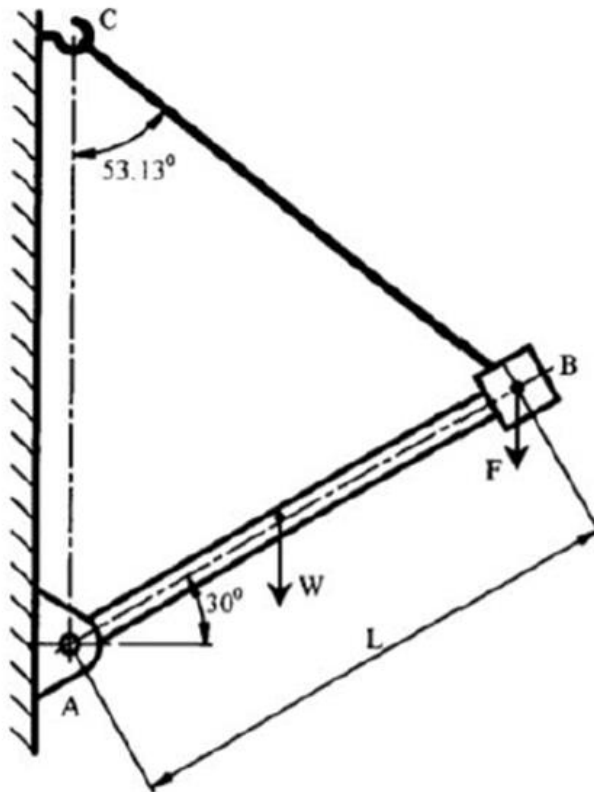


**תרגיל מספר 23**

קורה אחידה AB שאורכה,  $L$ , 3 מ' ומשקלה,  $W$ , 800 ניוטון מוחזקת בשיווי משקל באמצעות פרק A וכבל גמיש BC, כמתואר בתרשים. בנקודה B של הקורה מופעל כוח אנכי  $F$ . ידוע שהכוח המרבי שמותר להפעיל על הכבל BC שווה 1,460 ניוטון. המידות הדרושות נתונות בתרשים.

א. חשב את הכוח המרבי  $F$  שמותר להפעיל בנקודה B.

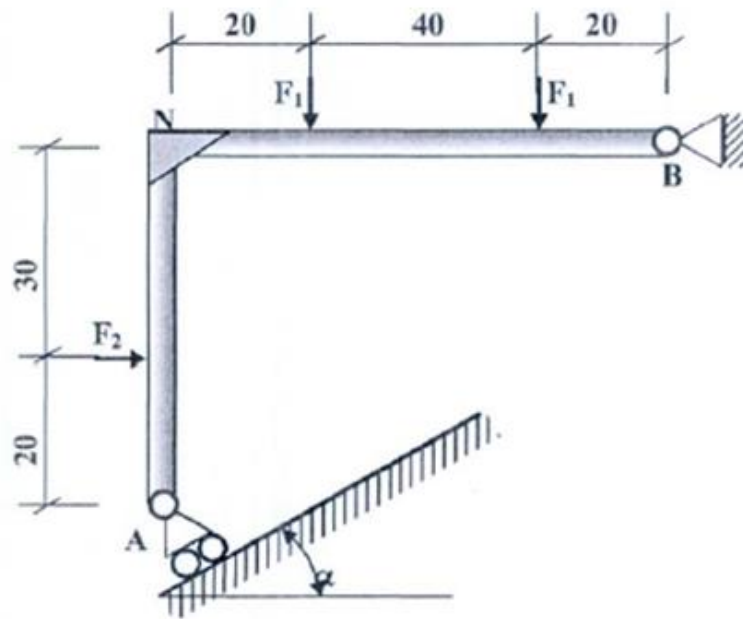
ב. חשב את כוח התגובה בנקודה A.



**תרגיל מספר 24**

המבנה ANB מוחזק בנקודה B באמצעות סמך קבוע ובנקודה A על ידי סמך נייד הנטוי בזווית  $\alpha$  השווה  $36.87^\circ$ . הכוחות הפועלים על המבנה הם:  
 $F_2 = 10 \text{ kN}$ ,  $F_1 = 4 \text{ kN}$ .

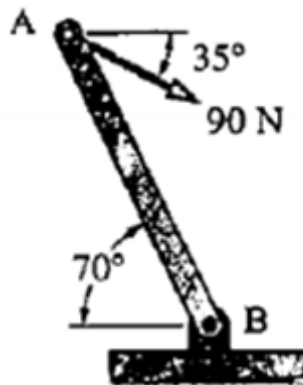
חשב את כוחות התגובה בסמכים A ו-B.



**תרגיל מספר 25**

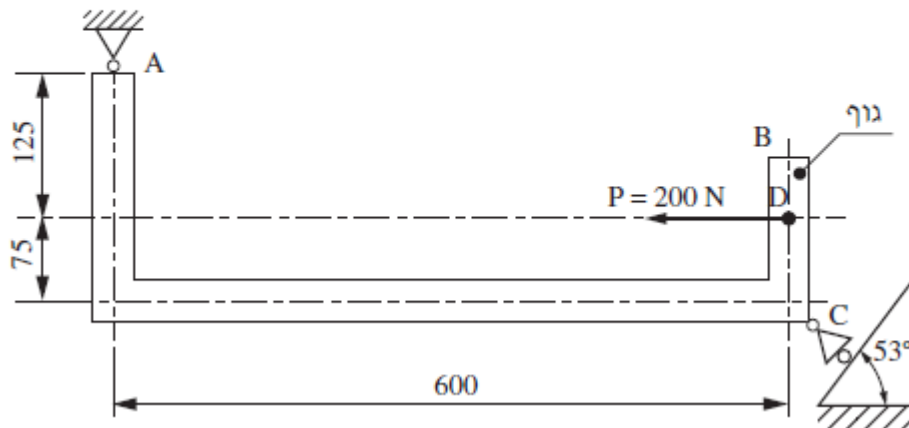
על מוט אחיד AB פועל כוח חיצוני של 90 ניוטון בכיוון המסומן. המוט נתמך על ידי פרק B כמתואר באיור לשאלה.

- א. חשב את משקל המוט הנדרש על מנת שהמוט יהיה בשיווי משקל.  
ב. חשב את התגובה בנקודה B (גודל וכיוון).



**תרגיל מספר 26**

באיור לשאלה 1 מתואר גוף קשיח שמסתו זניחה. הגוף מצוי בשיווי-משקל. בנקודה D של הגוף פועל כוח אופקי:  $P = 200 \text{ N}$ . בנקודה C הגוף נשען על מישור משופע חלק. המישור המשופע יוצר זווית של  $53^\circ$  עם האופק. כל המידות נתונות באיור.



- א. סרטט דג"ח של הגוף.
- ב. מצא את ערכיהם של כוחות התגובה בסמכים A , C.
- ג. קבע את כיווני כוחות התגובה בסמכים A ו-C.

## פרק 3

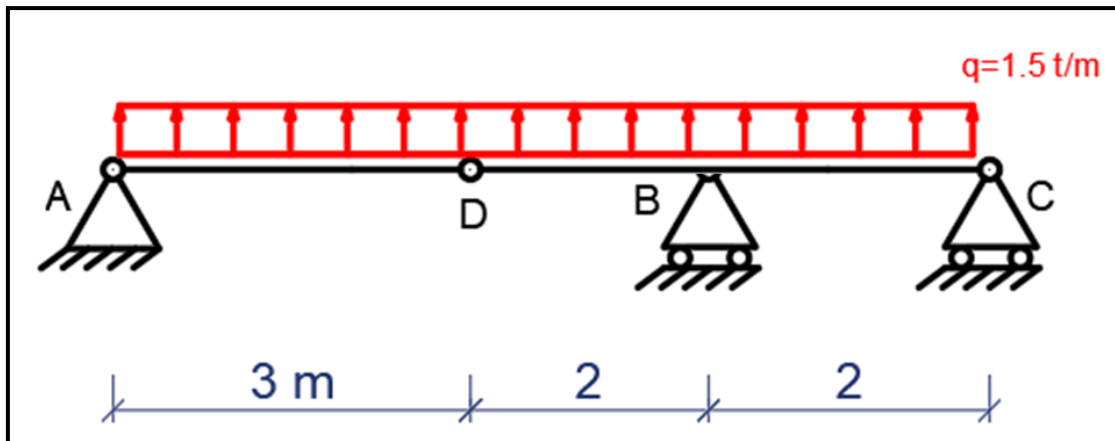
# מבנים מורכבים

### נושא 1 – מבנים מורכבים

#### תרגיל מספר 1

נתונה קורה נמשכת כמתואר באיור.  
דרוש:

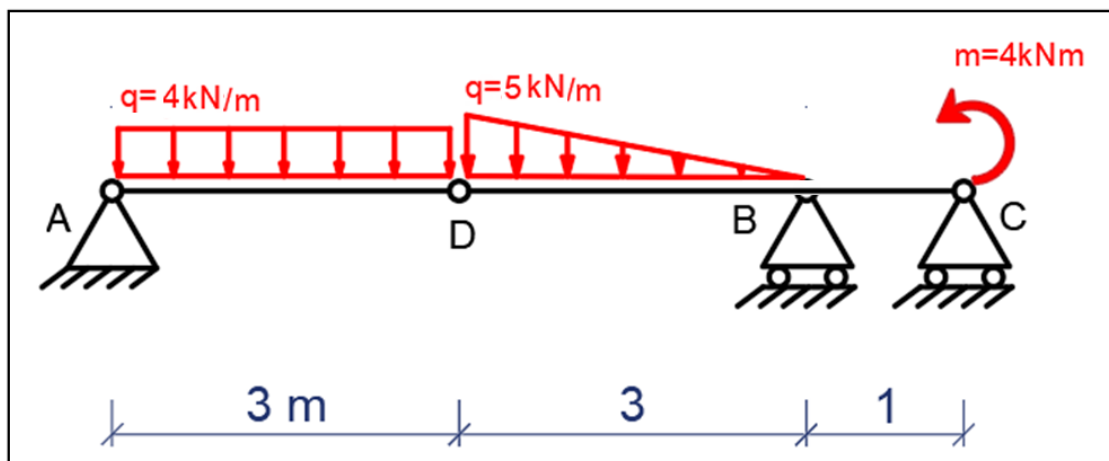
- למצוא וחשב את כוחות הראקציות
- למצוא ולחשב את הכוחות בפרקים



#### תרגיל מספר 2

נתונה קורה נמשכת כמתואר באיור.  
דרוש:

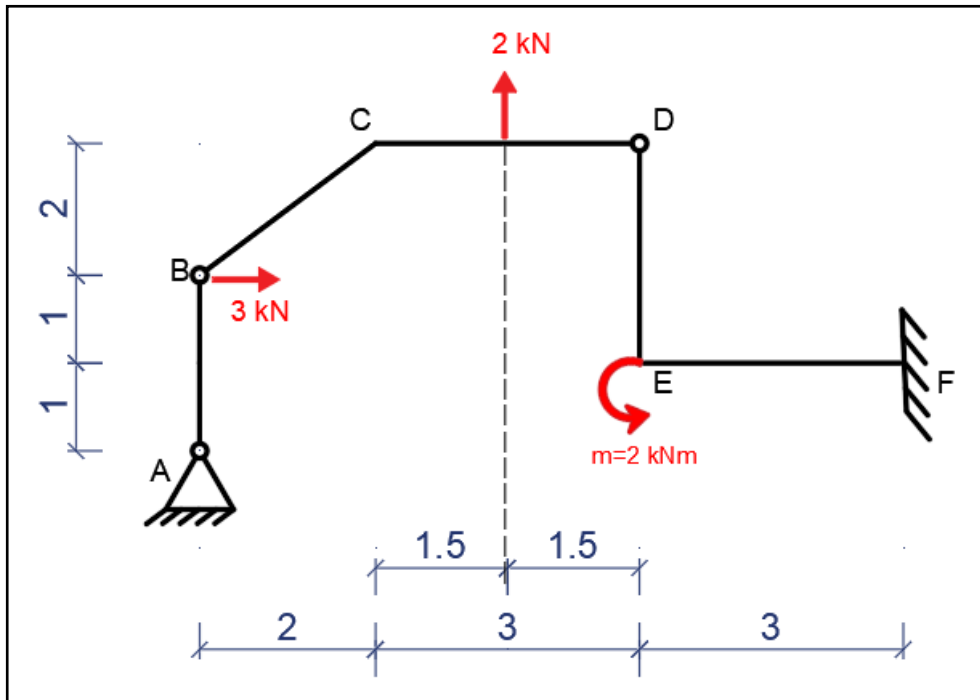
- למצוא וחשב את כוחות הראקציות
- למצוא ולחשב את הכוחות בפרקים



נתונה מסגרת פרקית מישורית כמתואר באיור

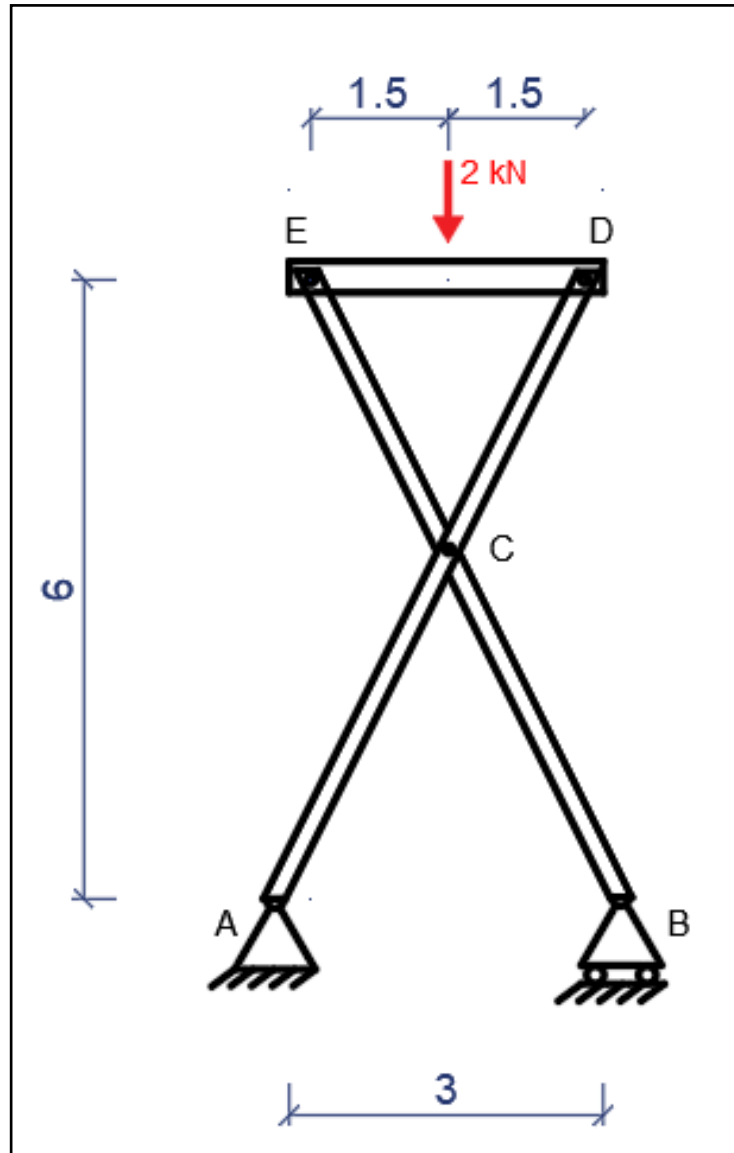
א. דרוש למצוא וחשב את כוחות הראקציות F,A

ב. דרוש למצוא ולחשב את הכוחות בפרקים D,B



**תרגיל מספר 4**

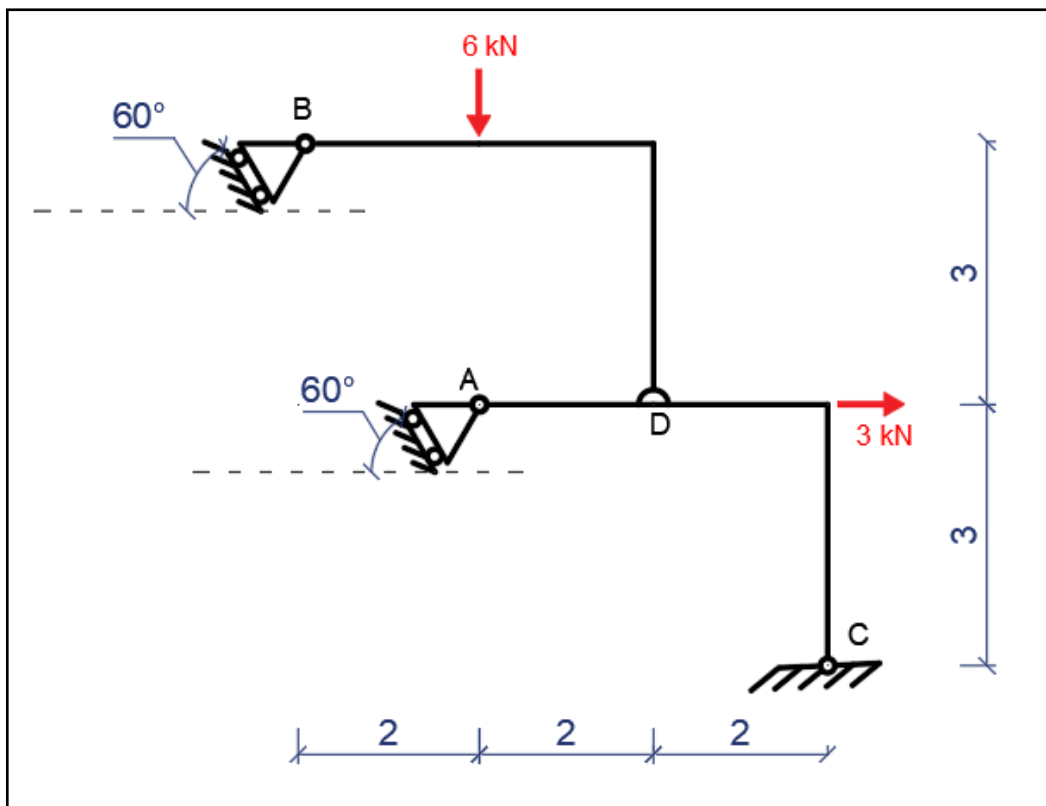
- נתון מבנה מישורי כמתואר בציור. המבנה נתמך בשני סמכים: A סמך קבוע, B סמך נייד.
- א. דרוש למצוא את הראקציות בסמכים.
- ב. דרוש למצוא את הכוחות הפנימיים בפרקים E,D,C.



**תרגיל מספר 5**

נתון מבנה מישורי כמתואר באיור. בנקודה A ו-B קיימים סמכים ניידים בזווית של  $60^\circ$  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.



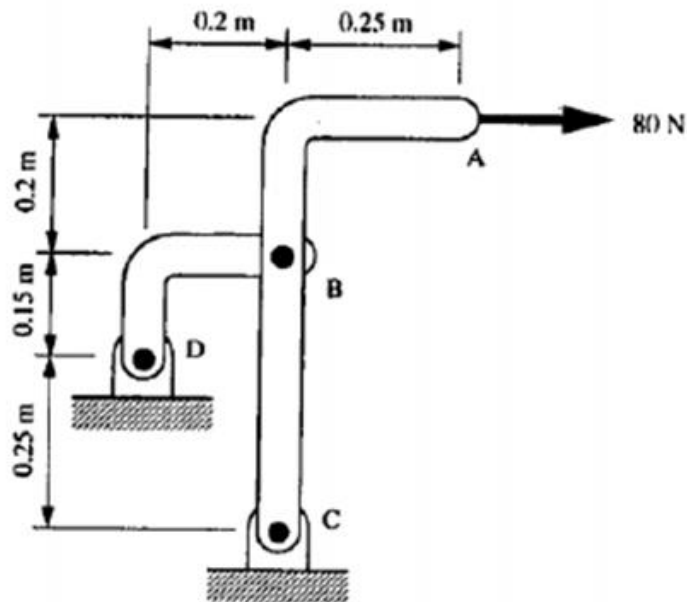


**תרגיל מספר 6**

המבנה המוצג באיור לשאלה בנוי משתי קורות, ABC ו-BD, המחוברות ביניהן באמצעות פרק ניוטון. המבנה מחובר לסמכים נייחים בנקודות C ו-D. על המבנה פועל בנקודה A כוח אופקי של 80 ניוטון. יש להזניח את משקל חלקי המבנה.

א. חשב את התגובות בסמכים C ו-D.

ב. חשב את התגובה בפרק B.

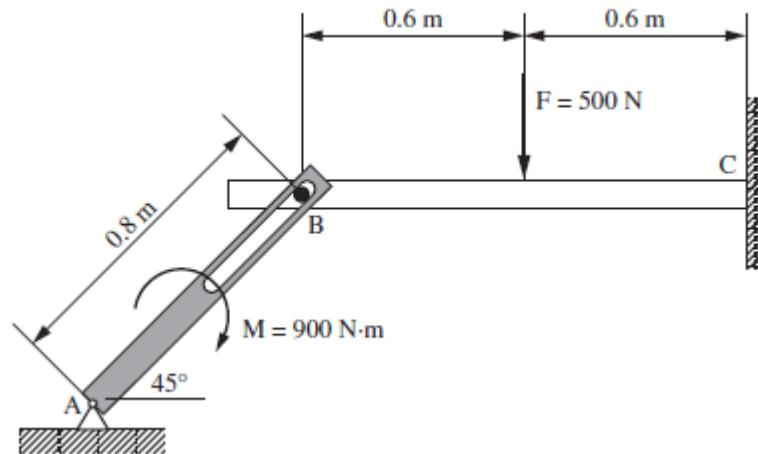


**תרגיל מספר 7**

באיור לשאלה זו מתוארת קורה BC המחוברת למוט AB באמצעות פין B. הפין יכול להחליק ללא חיכוך בחריץ של מוט AB.

הקורה BC רתומה לקיר בנקודה C, והמוט AB נתמך על ידי פרק A. כמתואר באיור, מוט AB מונח בזווית 45 מעלות יחסית לקורה BC, על המוט פועל מומנט  $M=900 \text{ N}\cdot\text{m}$ , ועל הקורה פועל כוח  $F=500 \text{ N}$ .

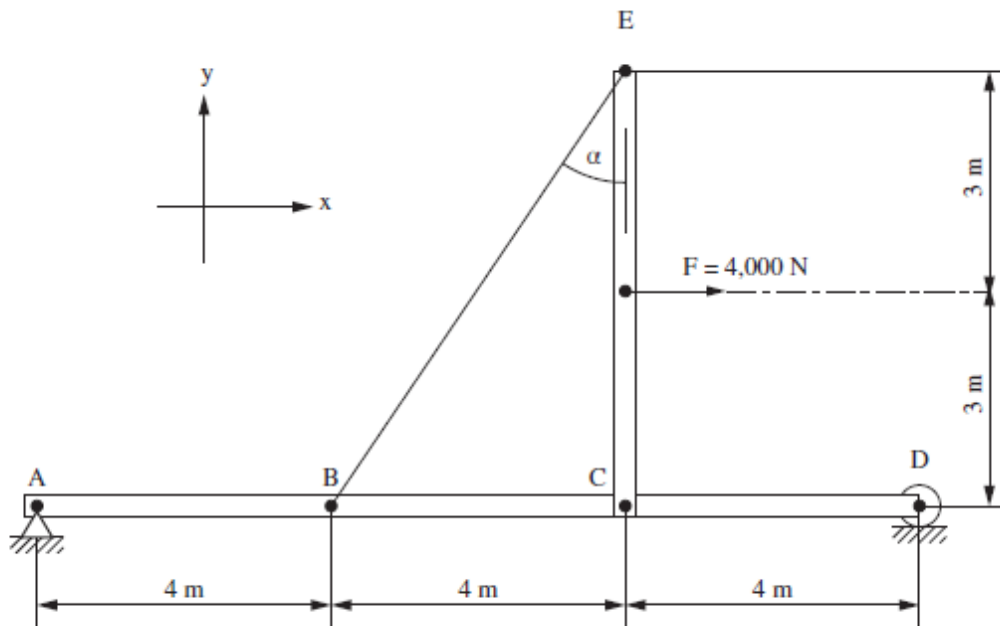
מסת הקורה BC ומסת המוט AB זניחות. הנח שהמערכת נמצאת בשיווי משקל.



- א. סרטט דג"ח (דיאגרמת גוף חופשי) לקורה BC ודג"ח למוט AB. סמן בכל אחד מהסרטוטים את הכוחות, המומנטים וכוחות התגובה המתאימים
- ב. חשב את הכוח שהפין B מפעיל על מוט AB
- ג. חשב את הערכים של כל התגובות בריתום C

**תרגיל מספר 8**

באיור לשאלה זו מתואר מנגנון שמורכב מקורה ABCD וממוט EC המחברים ביניהם באמצעות פרק C וכבל BE. כוח  $F=4,000\text{ N}$  פועל כל EC, כמתואר באיור. מסת המוט EC ומסת הקורה ABCD זניחות.



- א. חשב את הזווית  $\alpha$
- ב. סרטט דג"יח (דיאגרמת גוף חופשי) למוט EC ודג"יח לקורה ABCD. סמן בכל אחד מהסרטוטים את הכוחות המתאימים
- ג. חשב את כוח המתיחה בכבל BE
- ד. חשב את רכיבי כוח התגובה בסמך A

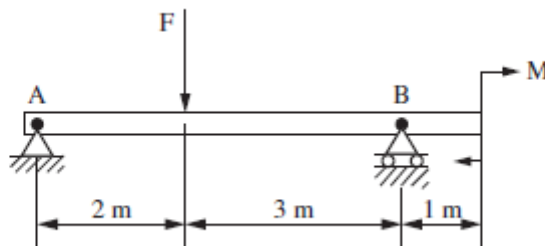
## פרק 4

# כוחות פנימיים

### נושא 1 – כוחות פנימיים

#### תרגיל מספר 1

באיור לשאלה זו מתואר קורה בעלת חתך עגול מלא, הנתמכת על ידי שני הסמכים A ו-B. על הקורה פועלים כוח  $F$  ומומנט  $M$ , כמתואר באיור.



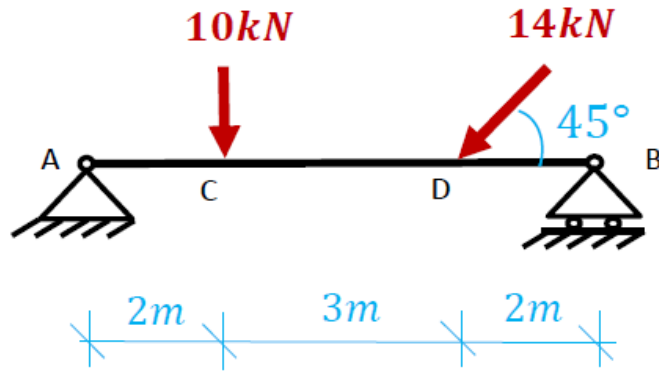
#### נתונים:

- $F=3 \text{ kN}$
- $M=2,000 \text{ Nm}$

- א. חשב את כוחות התגובה בסמכים A ו-B.
- ב. סרטט את המהלך של כוחות הגזירה ואת המהלך של מומנטי הכפיפה ומצא את החתך המסוכן בקורה.

**תרגיל מספר 2**

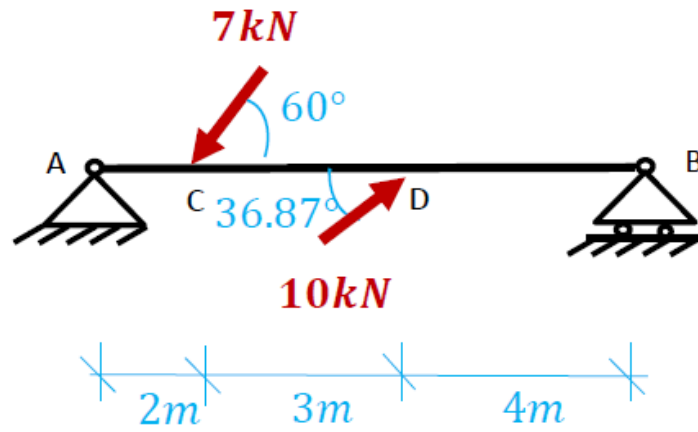
עבור הקורה המועמסת הנתונה באיור, דרוש:



- א. תגובות תגובה בסמכים
- ב. חישוב ושרטוט מהלך כוחות ציריים
- ג. חישוב ושרטוט מהלך כוחות גזירה
- ד. חישוב ושרטוט מהלך מומנטי כפיפה

**תרגיל מספר 3**

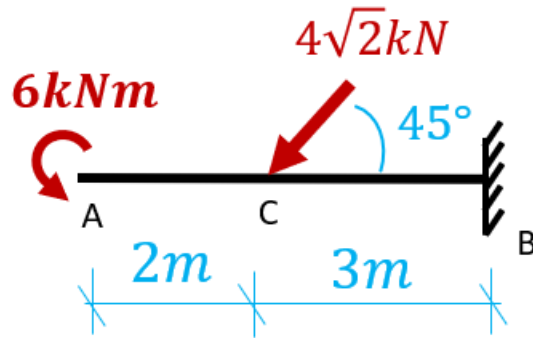
עבור הקורה המועמסת הנתונה באיור, דרוש:



- א. תגובות תגובה בסמכים
- ב. חישוב ושרטוט מהלך כוחות ציריים
- ג. חישוב ושרטוט מהלך כוחות גזירה
- ד. חישוב ושרטוט מהלך מומנטי כפיפה

**תרגיל מספר 4**

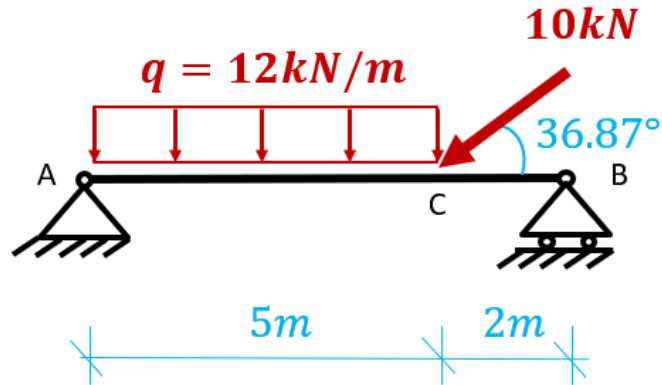
עבור הקורה המועמסת הנתונה באיור, דרוש:



- א. תגובות תגובה בסמכים
- ב. חישוב ושרטוט מהלך כוחות ציריים
- ג. חישוב ושרטוט מהלך כוחות גזירה
- ד. חישוב ושרטוט מהלך מומנטי כפיפה

תרגיל מספר 5

עבור הקורה המועמסת הנתונה באיור, דרוש:

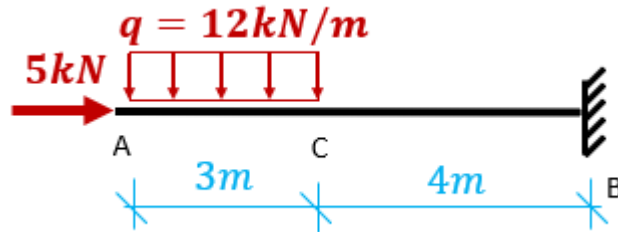


- א. תגובות תגובה בסמכים
- ב. חישוב ושרטוט מהלך כוחות ציריים
- ג. חישוב ושרטוט מהלך כוחות גזירה
- ד. חישוב ושרטוט מהלך מומנטי כפיפה



**תרגיל מספר 6**

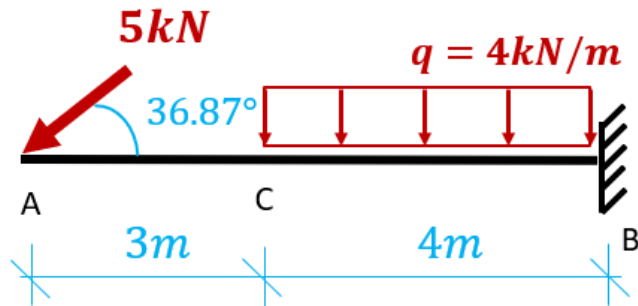
עבור הקורה המועמסת הנתונה באיור, דרוש:



- א. תגובות תגובה בסמכים
- ב. חישוב ושרטוט מהלך כוחות ציריים
- ג. חישוב ושרטוט מהלך כוחות גזירה
- ד. חישוב ושרטוט מהלך מומנטי כפיפה

תרגיל מספר 7

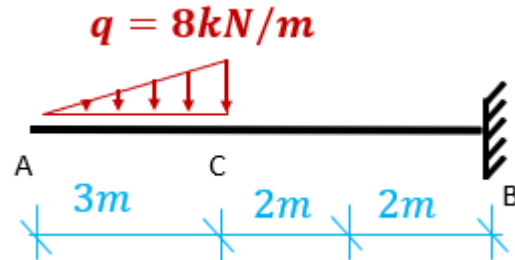
עבור הקורה המועמסת הנתונה באיור, דרוש:



- א. תגובות תגובה בסמכים
- ב. חישוב ושרטוט מהלך כוחות ציריים
- ג. חישוב ושרטוט מהלך כוחות גזירה
- ד. חישוב ושרטוט מהלך מומנטי כפיפה

**תרגיל מספר 8**

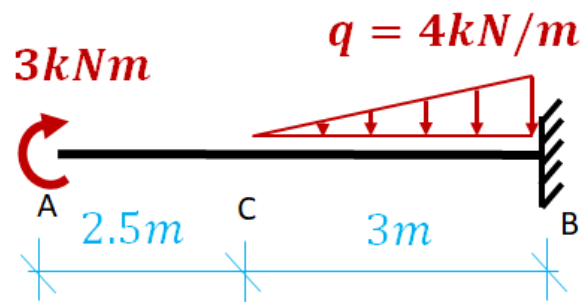
עבור הקורה המועמסת הנתונה באיור, דרוש:



- א. תגובות תגובה בסמכים
- ב. חישוב ושרטוט מהלך כוחות גזירה
- ג. חישוב ושרטוט מהלך מומנטי כפיפה

**תרגיל מספר 9**

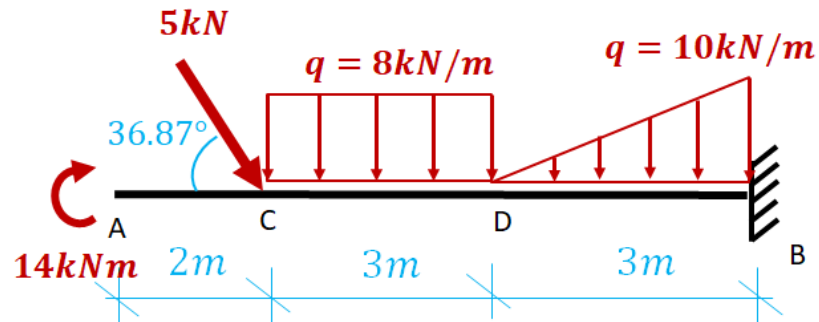
עבור הקורה המועמסת הנתונה באיור, דרוש:



- א. תגובות תגובה בסמכים
- ב. חישוב ושרטוט מהלך כוחות גזירה
- ג. חישוב ושרטוט מהלך מומנטי כפיפה

**תרגיל מספר 10**

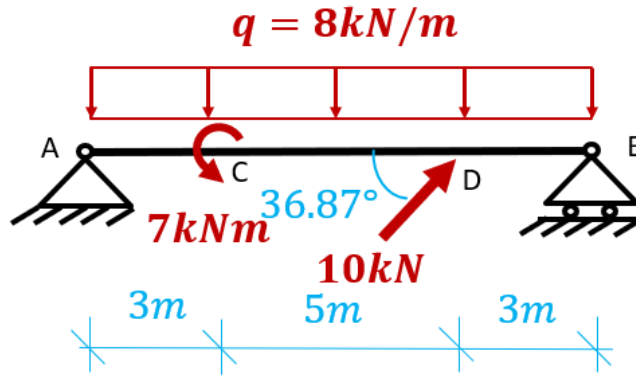
עבור הקורה המועמסת הנתונה באיור, דרוש:



- א. תגובות תגובה בסמכים
- ב. חישוב ושרטוט מהלך כוחות ציריים
- ג. חישוב ושרטוט מהלך כוחות גזירה
- ד. חישוב ושרטוט מהלך מומנטי כפיפה

**תרגיל מספר 11**

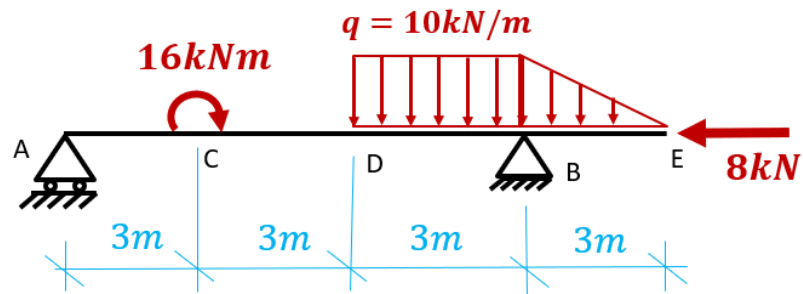
עבור הקורה המועמסת הנתונה באיור, דרוש:



- א. תגובות תגובה בסמכים
- ב. חישוב ושרטוט מהלך כוחות ציריים
- ג. חישוב ושרטוט מהלך כוחות גזירה
- ד. חישוב ושרטוט מהלך מומנטי כפיפה

**תרגיל מספר 12**

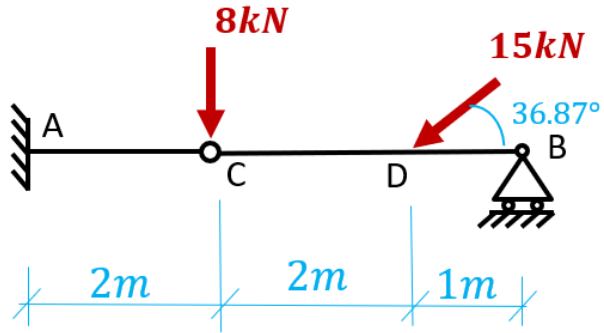
עבור הקורה המועמסת הנתונה באיור, דרוש:



- א. תגובות תגובה בסמכים
- ב. חישוב ושרטוט מהלך כוחות ציריים
- ג. חישוב ושרטוט מהלך כוחות גזירה
- ד. חישוב ושרטוט מהלך מומנטי כפיפה

**תרגיל מספר 13**

עבור הקורה המועמסת הנתונה באיור, דרוש:

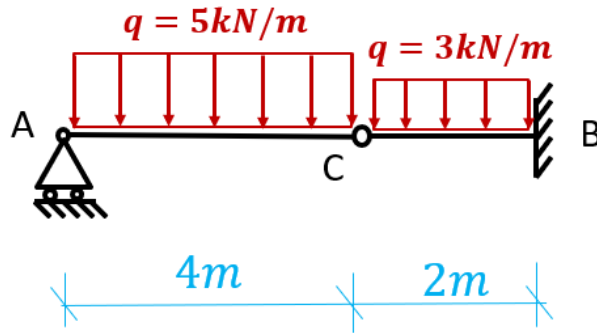


- א. תגובות תגובה בסמכים
- ב. חישוב ושרטוט מהלך כוחות ציריים
- ג. חישוב ושרטוט מהלך כוחות גזירה
- ד. חישוב ושרטוט מהלך מומנטי כפיפה



**תרגיל מספר 14**

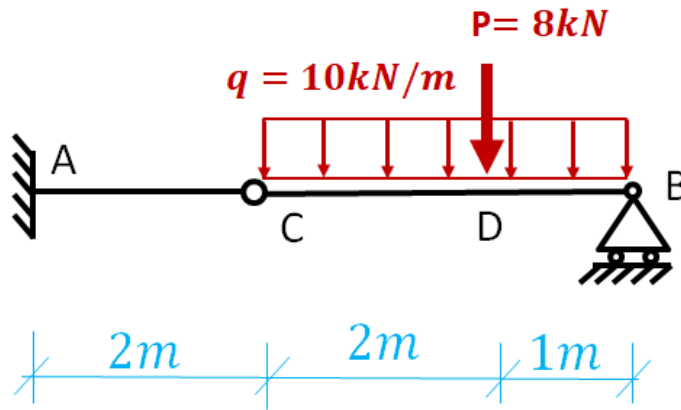
עבור הקורה המועמסת הנתונה באיור, דרוש:



- א. תגובות תגובה בסמכים
- ב. חישוב ושרטוט מהלך כוחות גזירה
- ג. חישוב ושרטוט מהלך מומנטי כפיפה

**תרגיל מספר 15**

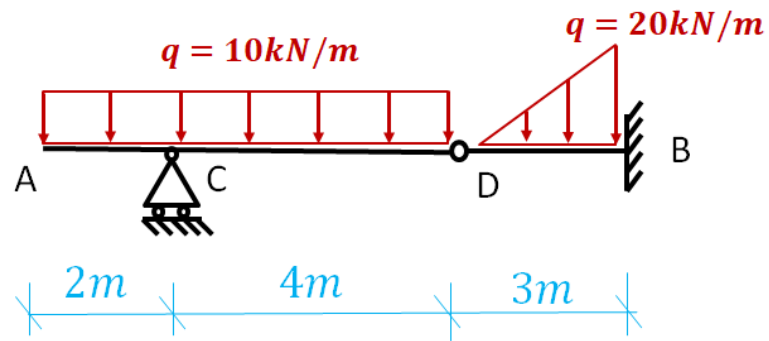
עבור הקורה המועמסת הנתונה באיור, דרוש:



- א. תגובות תגובה בסמכים
- ב. חישוב ושרטוט מהלך כוחות גזירה
- ג. חישוב ושרטוט מהלך מומנטי כפיפה

**תרגיל מספר 16**

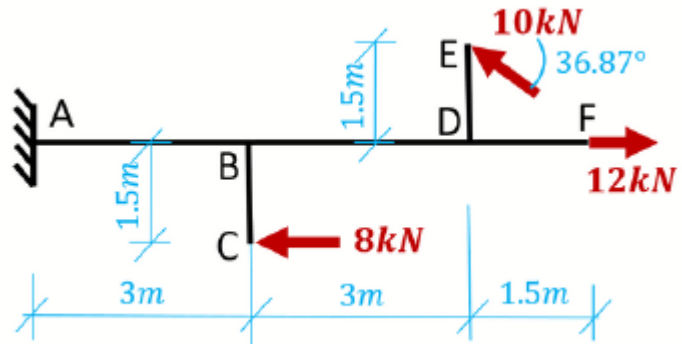
עבור הקורה המועמסת הנתונה באיור, דרוש:



- א. תגובות תגובה בסמכים
- ב. חישוב ושרטוט מהלך כוחות גזירה
- ג. חישוב ושרטוט מהלך מומנטי כפיפה

**תרגיל מספר 17**

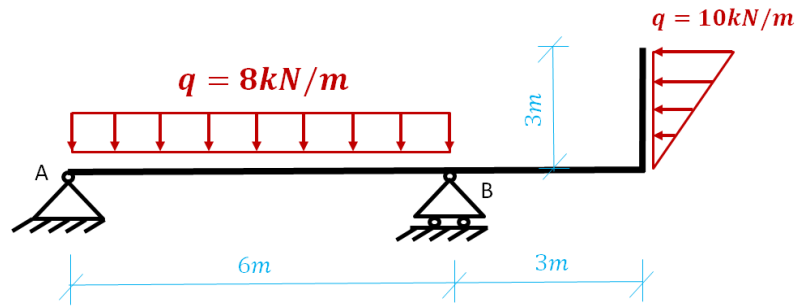
עבור הקורה המועמסת הנתונה באיור, דרוש:



- א. תגובות תגובה בסמכים
- ב. חישוב ושרטוט מהלך כוחות ציריים
- ג. חישוב ושרטוט מהלך כוחות גזירה
- ד. חישוב ושרטוט מהלך מומנטי כפיפה

**תרגיל מספר 18**

עבור הקורה המועמסת הנתונה באיור, דרוש:



- א. תגובות תגובה בסמכים
- ב. חישוב ושרטוט מהלך כוחות ציריים
- ג. חישוב ושרטוט מהלך כוחות גזירה
- ד. חישוב ושרטוט מהלך מומנטי כפיפה

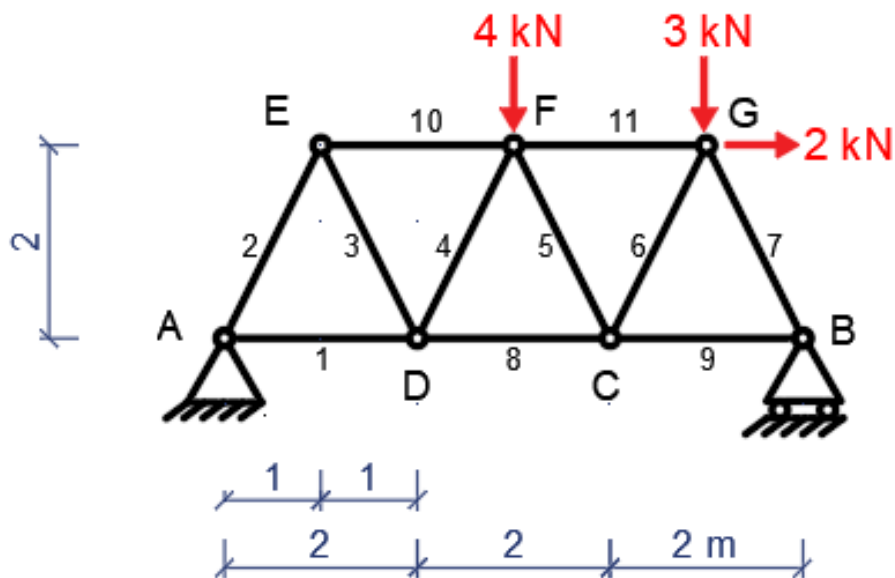
## פרק 5

# מסבכים

### נושא 1 – מסבכים

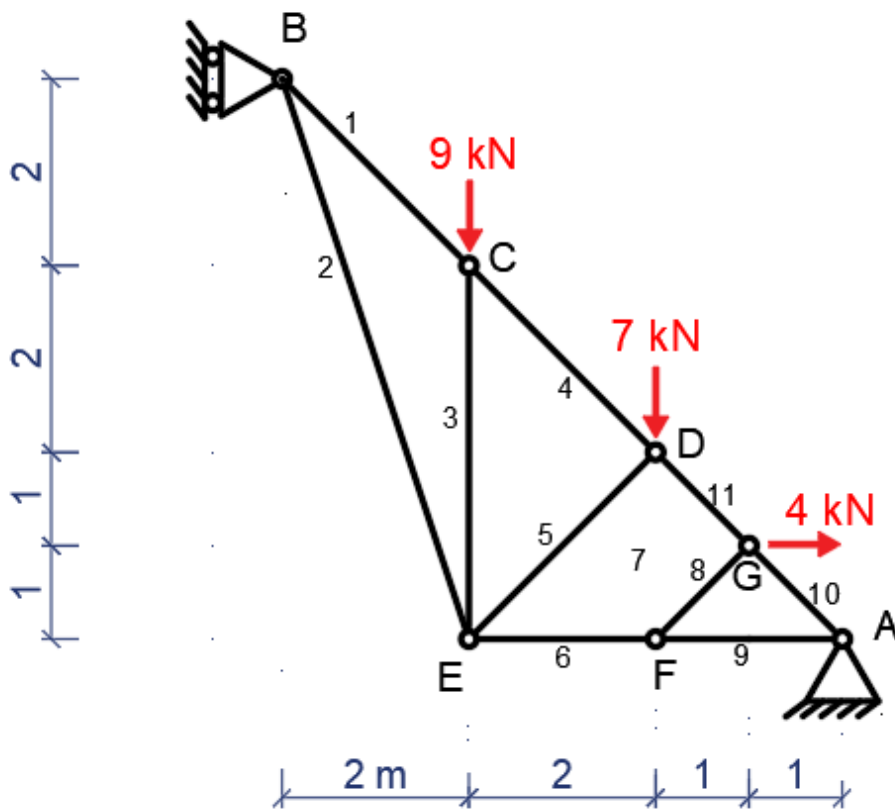
#### תרגיל מספר 1:

- 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".



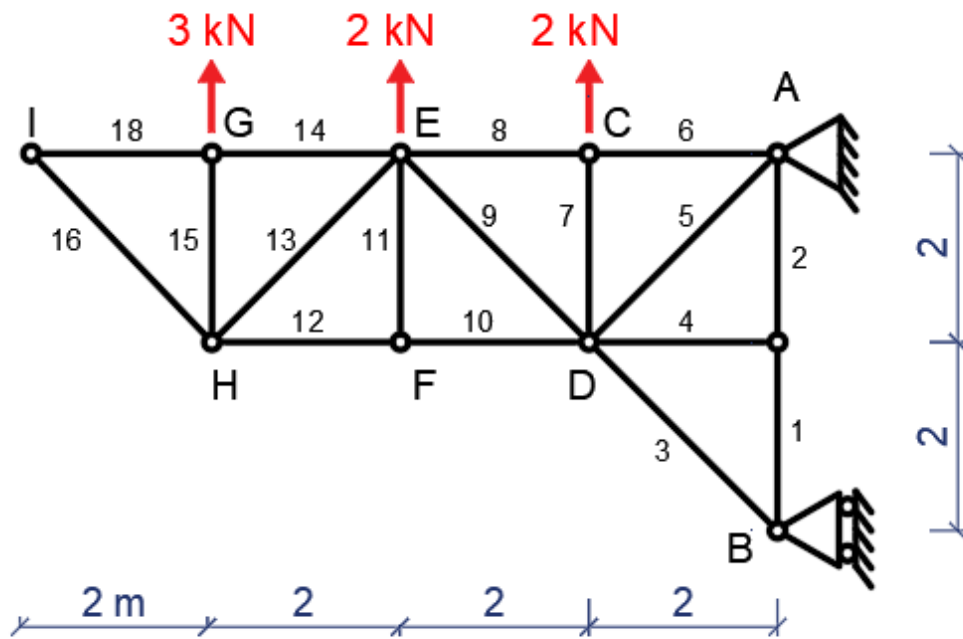
**תרגיל מספר 2:**

- 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:**

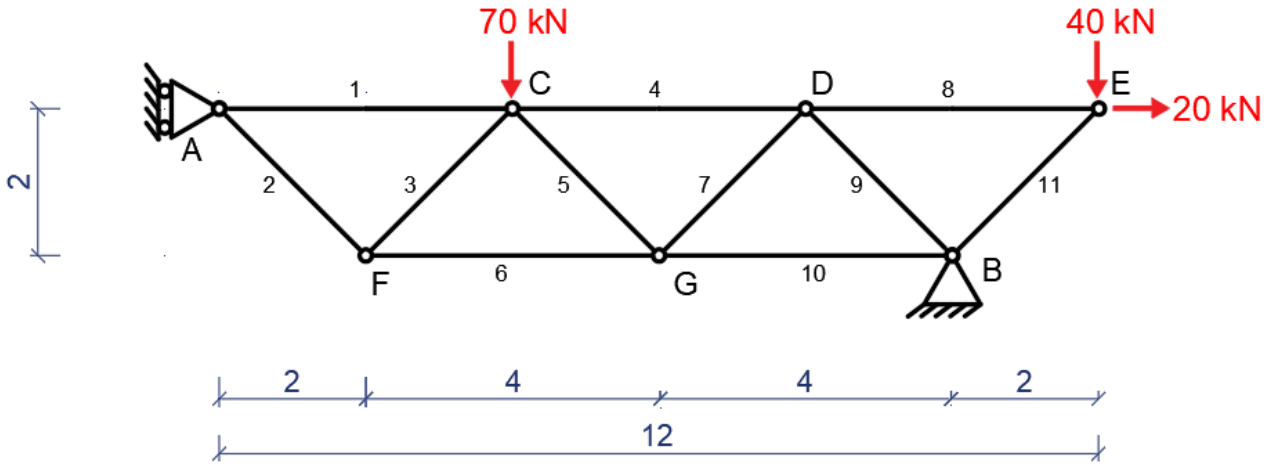
- א. יש למצוא ולחשב את הכוחות בסמכים B,A
- ב. למצוא את כל מוטות האפס במסבך
- ג. יש למצוא ולחשב את הכוחות N במוטות מספר 8,9,10 בעזרת שיטת "חתך ריטר"
- ד. יש למצוא את הכוחות N במוטות מספר 1,2,3,12,13,15 בעזרת שיטת "הצמתים".





תרגיל מספר 4:

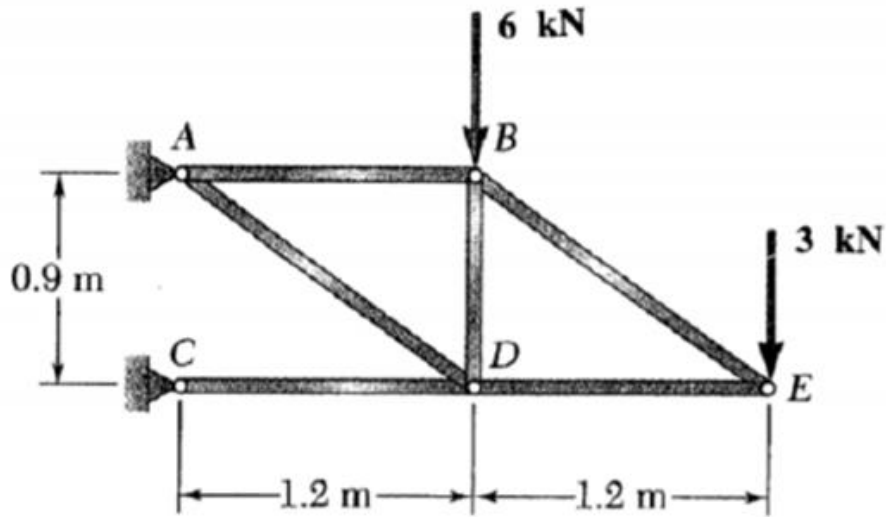
- א. יש למצוא ולחשב את הכוחות בסמכים B,A  
 ב. יש למצוא ולחשב את הכוחות N בכל מוטות המסבך



**תרגיל מספר 5**

במסבך המוטות המתואר בתרשים חשב:

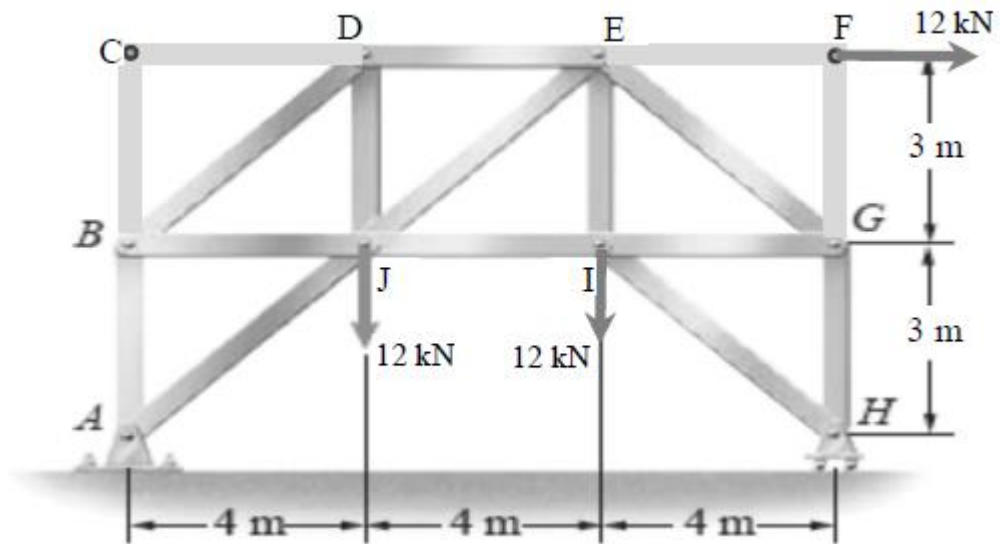
- א. את התגובות במסכים A ו-C.
- ב. את כוחות התגובה במוטות AB, CD, DE וציין האם הם כוחות מתיחה או לחיצה.
- הערה: יש לבצע חישוב אנליטי ולא להשתמש בכל שיטה גראפית.



**תרגיל מספר 6**

המסבך המתואר באיור לשאלה נתמך ע"י סמך ניח בנקודה A וע"י סמך נייד בנקודה H. על המסבך פועל כוח אופקי של 12 kN בצומת F, ושני כוחות אנכיים בגודל של 12 kN כל אחד בצמתים I ו- J כמתואר באיור לשאלה.

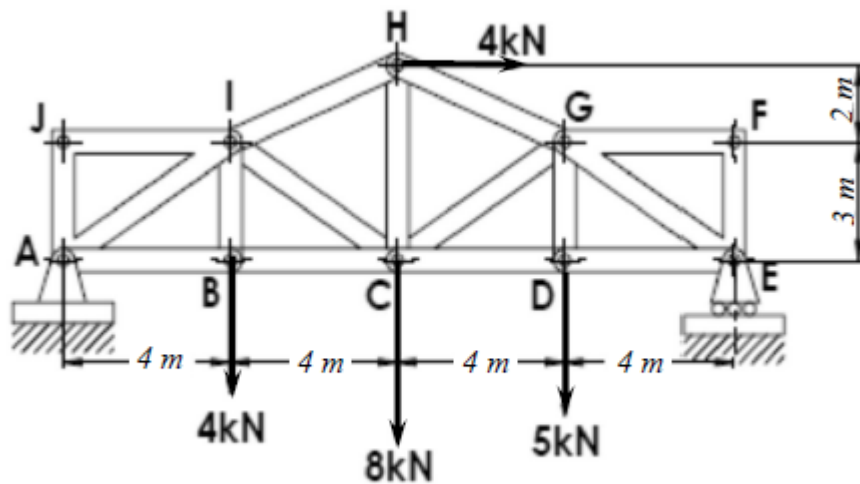
- א. חשב את התגובות בסמכים של המסבך.
- ב. חשב את הכוחות הפנימיים במוטות DE, EJ, ו- JI. אילו מוטות נלחצים ואיזה נמתחים?
- ג. באילו מוטות של המסבך לא נוצרים כוחות פנימיים? הסבר את תשובתך.



**תרגיל מספר 7**

המסבך המתואר באיור לשאלה נתמך ע"י סמך ניח בנקודה A וע"י סמך נייד בנקודה E. על המסבך פועל כוח אופקי בצומת H, ושלושה כוחות אנכיים בצמתים B, C, D, כמתואר באיור לשאלה.

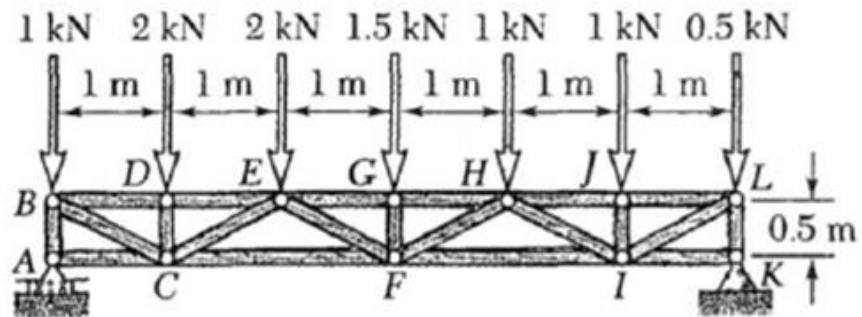
- א. חשב את התגובות בסמכים של המסבך.
- ב. חשב את הכוחות הפנימיים במוטות CD, CG, ו-HG. אילו מוטות נלחצים ואילו נמתחים?
- ג. באילו מוטות של המסבך לא נוצרים כוחות פנימיים? הסבר את תשובתך.



**תרגיל מספר 8**

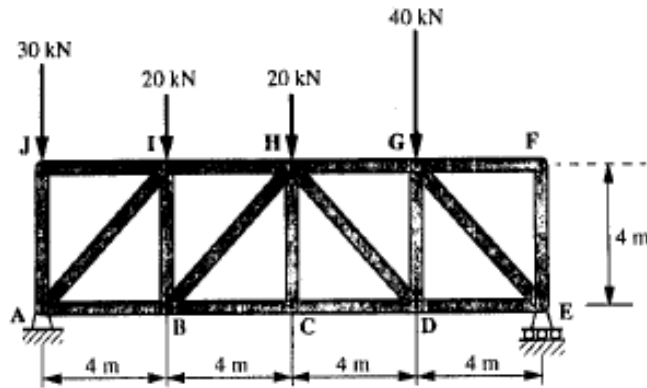
על המסבך פועלים כוחות חיצוניים כמתואר בתרשים.  
חשב את:

- א. כוחות התגובה בסמכים A ו-K (כיוון וערך).  
ב. הכוחות הפנימיים במוטות CF, EF, ו-EG. האם הם כוחות לחיצה או כוחות מתיחה?



**תרגיל מספר 9**

המסבך המתואר באיור לשאלה מורכב מ-17 מוטות המחברים באמצעות פרקים. המסבך נתמך בסמך ניח בנקודת A ובסמך נייד בנקודה E. על המסבך פועלים ארבעה כוחות חיצוניים בכיוון אנכי כמתואר באיור.



- א. חשב את כוחות התגובה בסמכים של המסבך.
- ב. חשב את הכוחות הפנימיים במוטות: DE; GD; HG. הערה: לכל מוט ציין אם הוא נמתח או נלחץ.
- ג. באילו מוטות של המסבך לא נוצרים כוחות פנימיים? הסבר את תשובתך.

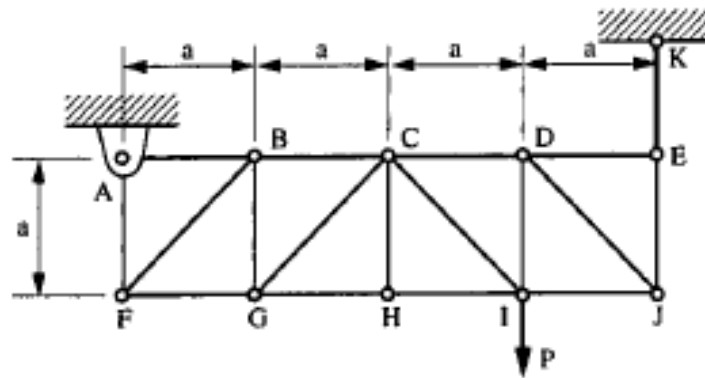
**תרגיל מספר 10**

המסבך המתואר באיור לשאלה מורכב מ-17 מוטות המחברים באמצעות פרקים. המסבך נתמך על ידי סמך נייח בנקודה A ותלוי על כבל אנכי EK – המחובר לתקרה, בנקודה K. על המסך פועל כוח חיצוני אנכי P.

נתון:

$$A=2.5 \text{ m}$$

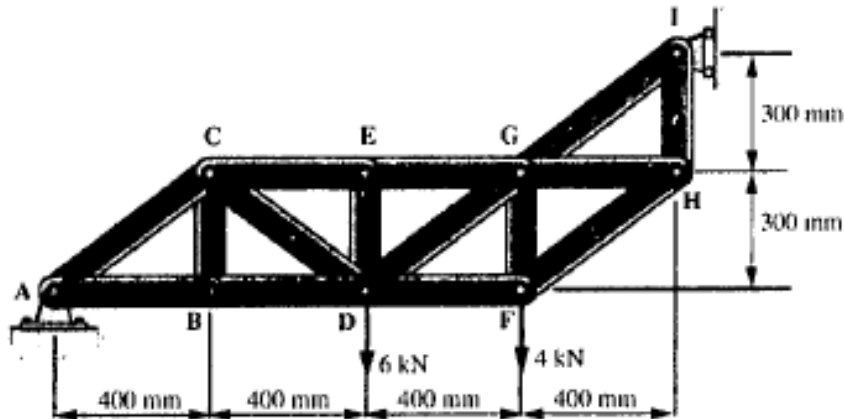
$$P=20 \text{ kN}$$



- א. חשב את כוחות התגובה בסמכים A ו-E של המסבך.
- ב. חשב את הכוחות הפנימיים במוטות BC, GC, GH.
- ג. מהם הכוחות הפנימיים במוטות CH ו-DE? הסבך את תשובתך.

**תרגיל מספר 11**

המסבך המתואר באיור לשאלה מורכב מ-15 מוטות המחברים באמצעות מפרקים. המסבך נתמך על ידי סמך נייד בנקודה A וסמך נייד בנקודה I. על המסבך פועלים שני כוחות אנכיים במפרקים D ו-F כמתואר באיור לשאלה.

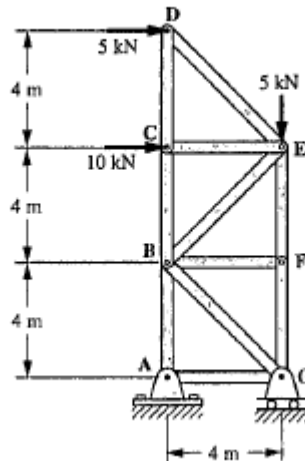


- א. חשב את התגובות בסמכים של המסבך.
- ב. חשב את הכוחות הפנימיים במוטות  $DF$ ;  $DG$ ;  $EG$ . ציין אילו מהמוטות נלחצים ואילו מהמוטות נמתחים.
- ג. מהם הכוחות הפנימיים במוטות  $BC$  ו- $DE$ ? הסבך את תשובתך. ציין אילו מהמוטות נלחצים ואילו מהמוטות נמתחים.



תרגיל מספר 12

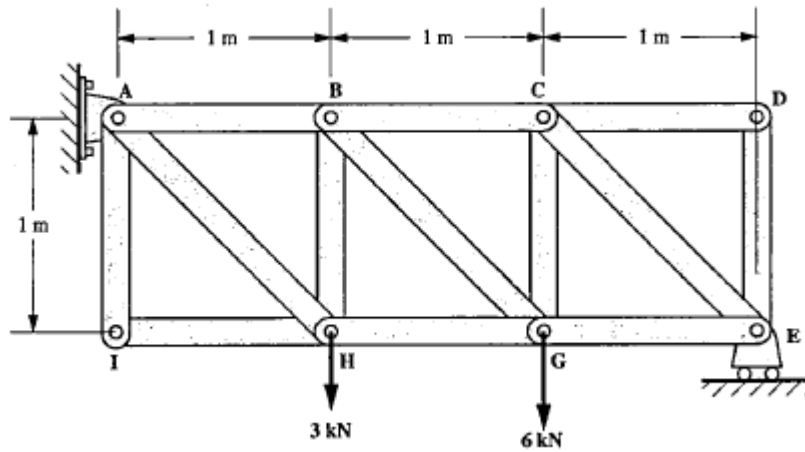
באיור לשאלה מתואר מסבך הנתמך על ידי סמך ניח בנקודה A ועל ידי סמך נייד בנקודה G. על המסבך פועלים שני כוחות אופקיים וכוח אחד אנכי, כמתואר באיור



- א. חשב את התגובות בסמכים של המסבך.
- ב. חשב את הכוחות הפנימיים במוטות BC, BE, EF. ציין אילו מהמוטות נלחצים ואילו מהמוטות נמתחים.
- ג. באיזה מוט של המסבך לא נוצרים כוחות פנימיים? הסבר את תשובתך.

**תרגיל מספר 13**

המסבך המתואר באיור לשאלה נתמך על ידי סמך ניח בנקודה A ועל ידי סמך נייד בנקודה E.  
על המסבך פועלים שני כוחות אנכיים בנקודות G ו- H.



- א. חשב את התגובות בסמכים של המסבך.
- ב. חשב את הכוחות הפנימיים במוטות BG; BC; HG. ציין אילו מהמוטות נלחצים ואילו מהמוטות נמתחים.
- ג. באילו מוטות של המסבך לא נוצרים כוחות פנימיים? הסבר את תשובתך.

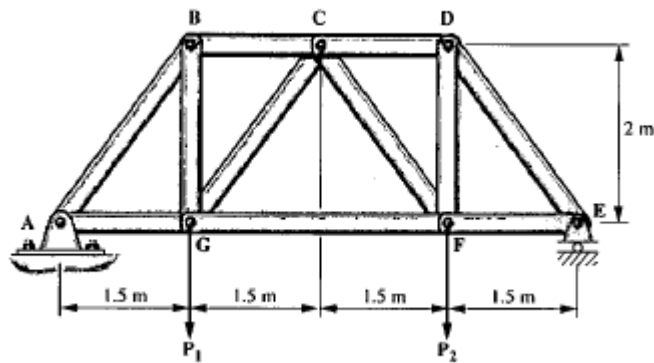
**תרגיל מספר 14**

המסבך המתואר באיור לשאלה נתמך על ידי סמך ניח בנקודה A ועל ידי סמך נייד בנקודה E. על המסבך פועלים שני כוחות אנכיים.

נתון:

$$P_2 = 24 \text{ kN}$$

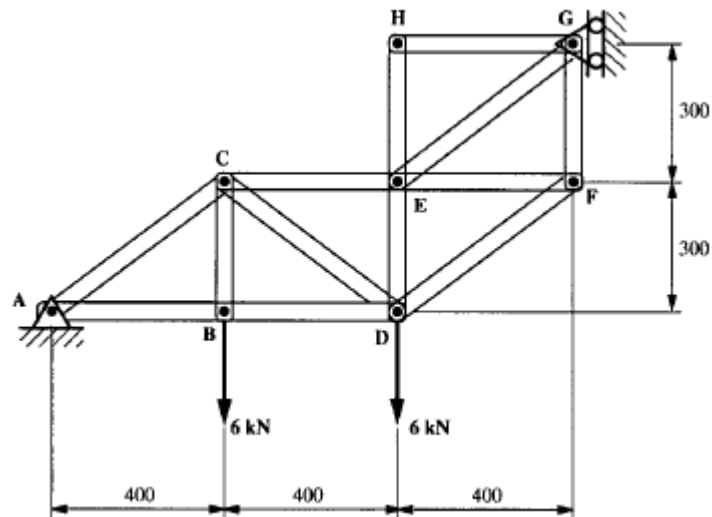
$$P_1 = 12 \text{ kN}$$



- א. חשב את התגובות בסמכים של המסבך.
- ב. חשב את הכוחות הפנימיים במוטות GF; CF; CD. ציין אילו מהמוטות נלחצים ואילו מהמוטות נמתחים.

**תרגיל מספר 15**

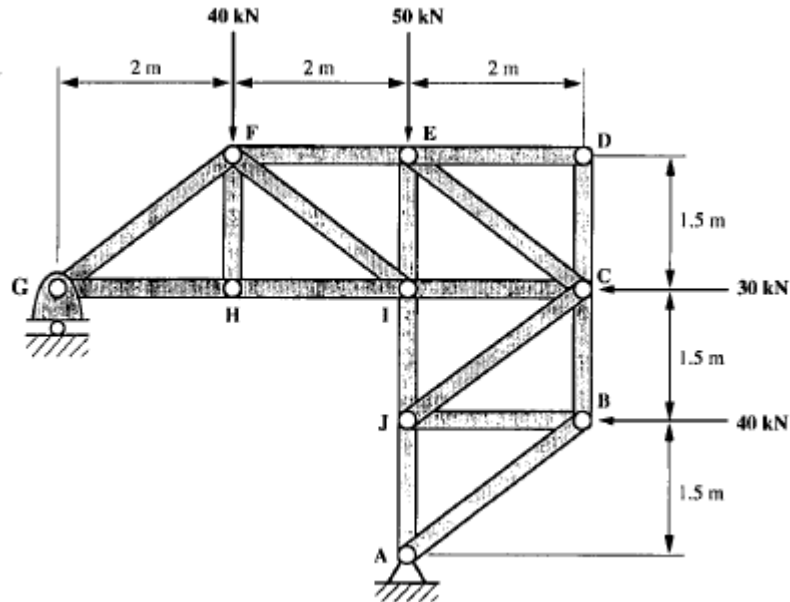
המסבך המתואר באיור לשאלה נתמך על ידי סמך נייד בנקודה A ועל ידי סמך נייד בנקודה G. על המסבך פועלים שני כוחות אנכיים, כל אחד של 6 kN, כמתואר באיור.



- א. חשב את התגובות בסמכים של המסבך.
- ב. חשב את הכוחות הפנימיים במוטות CD; CE; BD. ציין אילו מהמוטות נלחצים ואילו מהמוטות נמתחים.
- ג. ציין באילו מוטות של המסבך לא נוצרים כוחות פנימיים? הסבר את תשובתך.

**תרגיל מספר 16**

המסבך המתואר באיור לשאלה נתמך על ידי סמך ניח בנקודה A ועל ידי סמך נייד בנקודה G.  
על המסבך פועלים שני כוחות אנכיים ושני כוחות אופקיים.



- א. חשב את התגובות בסמכים של המסבך.
- ב. חשב את הכוחות הפנימיים במוטות FE, FI, HI. ציין אילו מהמוטות נלחצים ואילו מהמוטות נמתחים.
- ג. ציין באילו מוטות של המסבך לא נוצרים כוחות פנימיים? הסבר את תשובתך.

**תרגיל מספר 17**

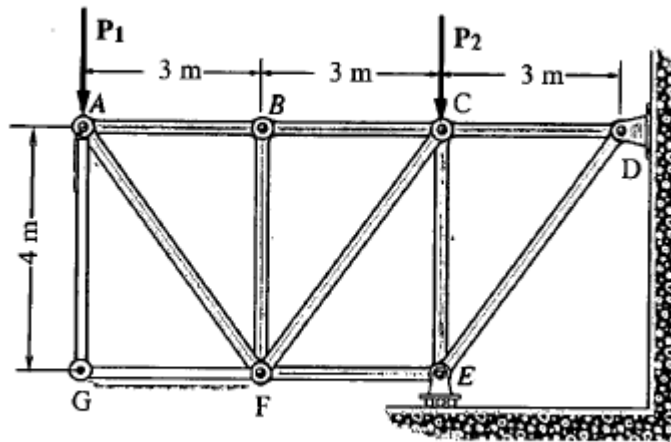
המסבך המתואר באיור לשאלה נתמך על ידי סמך ניח בנקודה D ועל ידי סמך נייד בנקודה E.

על המסבך פועלים שני כוחות אנכיים.

נתון:

$$P_2 = 40 \text{ kN}$$

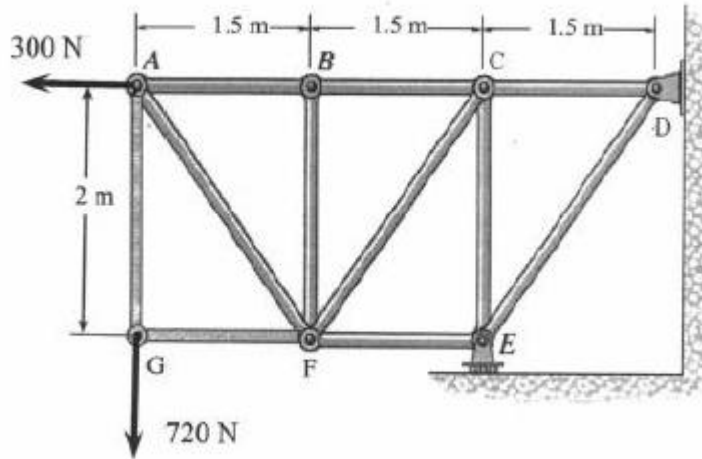
$$P_1 = 20 \text{ kN}$$



- א. חשב את התגובות בסמכים של המסבך.
- ב. חשב את הכוחות הפנימיים במוטות BC; CF; EF. ציין אילו מהמוטות נלחצים ואילו מהמוטות נמתחים.
- ג. ציין באילו מוטות של המסבך לא נוצרים כוחות פנימיים? הסבר את תשובתך.

**תרגיל מספר 18**

המסבך המתואר באיור לשאלה נתמך על ידי סמך ניח בנקודה D ועל ידי סמך נייד בנקודה E. על המסבך פועל כוח אופקי של 300 N בנקודה A וכוח אנכי של 720 N בנקודה G כמתואר באיור לשאלה.



- א. חשב את התגובות בסמכים של המסבך.
- ב. חשב את הכוחות הפנימיים במוטות BC; FC; FE. ציין אילו מהמוטות נלחצים ואילו מהמוטות נמתחים.
- ג. ציין באילו מוטות של המסבך לא נוצרים כוחות פנימיים? הסבר את תשובתך.