

מבוא להנדסת מכונות

ספר תרגול במבוא להנדסת מכונות

סטודנטים יקרים

לפניכם ספר תרגילים לקורס "מבוא להנדסת מכונות" 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, חזק 1, חזק 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 טכנולוגיות עתיד, סניף 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	וקטורים
2	כוחות ומומנטים
3	מבנים פשוטים – סמכים, יציבות, דג"ח, ראקציות, עומסים
4	מסבכים – שיטת הצמתים, שיטת החתכים, מוטות אפס
5	מבנים מורכבים – פרקים, מוטות משופעים, מבנים מרחביים
6	כוחות פנימיים
7	מאמצים ועיבורים בהטרחה צירית
8	תכונות של שטחים וגופים – מרכזית, מומנט אינרציה
9	מאמצים הנובעים מכפיפה

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 להנדסת מכונות

הקורס מקנה ידע בביצוע אנליזה וחיזוי של מערכות פיזיקליות כאשר פועלים עליהם כוחות. הקורס הינו קורס בסיסי ביותר ורלוונטי בתחומי ההנדסה השונים, לדוגמא, הנדסת מבנים, הנדסת מכונות, אורודימניקה, הידרוסטטיקה ועוד. הקורס תנאי הכרחי לקבלת בסיס טוב להמשך התואר ומקנה ידע פרקטי לעבודה מעשית. דרכו נלמד להסתכל אחרת על אלמנטים מסביבינו ונבין טוב יותר שיקולים הנדסיים.

בקורס זה נלמד את הנושאים הבאים:

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

פרק 1

מבוא לאלגברה וקטורית

תרגיל מספר 1:

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

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

- א. למצוא את הוקטור $\vec{P} = \vec{V} + \vec{Q}$.
- ב. למצוא את הסקלר המתקבל ממכפלה בין שני הוקטורים \vec{V} ו- \vec{Q} .
- ג. למצוא את הזווית θ בין שני הוקטורים \vec{V} , \vec{Q} .
- ד. למצוא את ההיטל \vec{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 2

כוחות ומומנטים

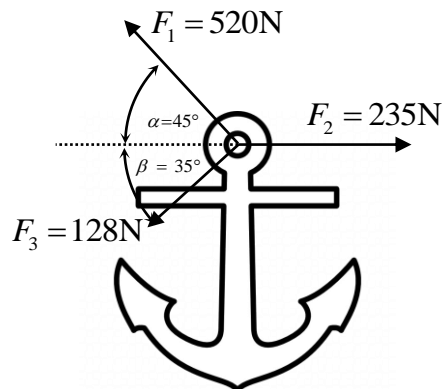
חלק א – כוחות

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.

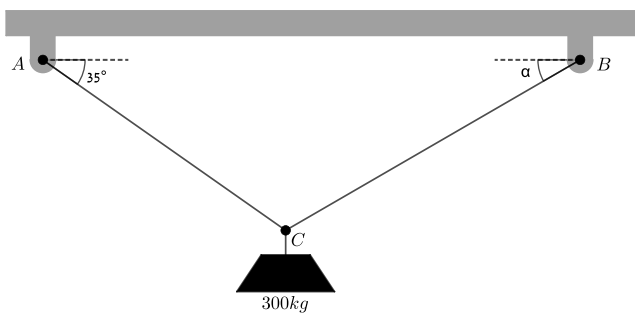


תרגיל מספר 2

שני כבלים מחוברים בנקודה C ומועמסים כמתואר.

נתון שזווית $\alpha = 30^\circ$.

נדרש למצוא את הכוחות בשני הכבלים.

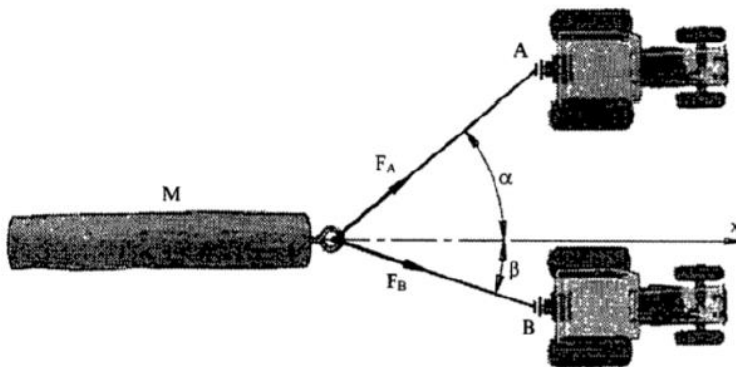


תרגיל מספר 3

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?

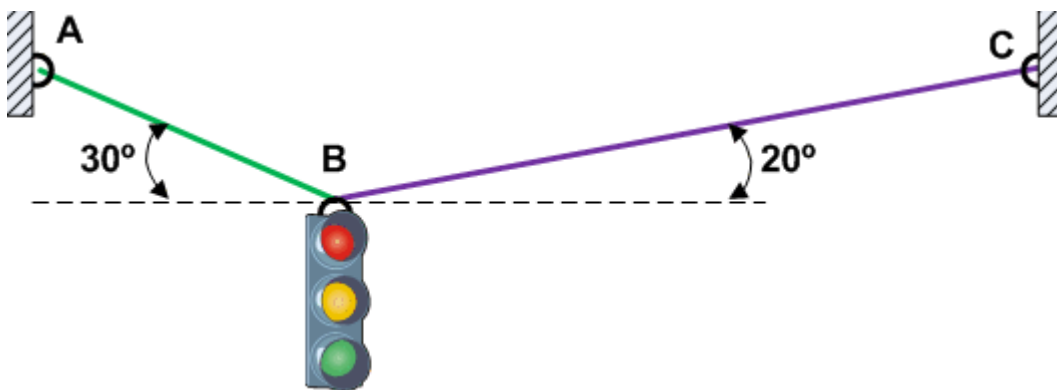
$$\alpha = 40^\circ$$

$$\beta = 18^\circ$$



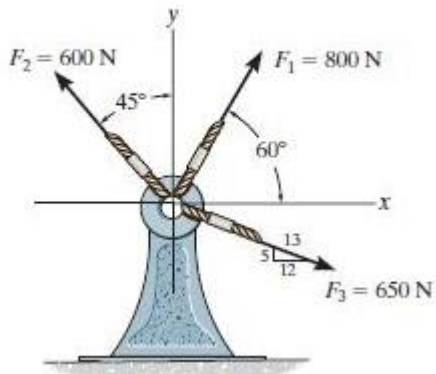
תרגיל מספר 4

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



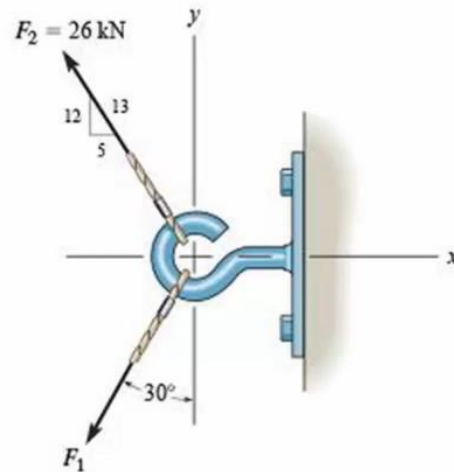
תרגיל מספר 5

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



תרגיל מספר 6

נתונה מערכת כוחות כמתואר בשרטוט.



- מהו גודלו של כוח F_1 אם נתון ששקול הכוחות בכיוון ציר Y שווה ל-0?
- מהו גודלו של הכוח השקול במערכת?

חלק ב – מומנטים

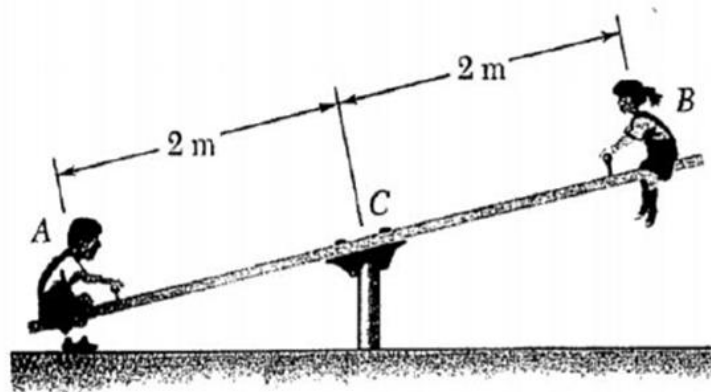
תרגיל מספר 1

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

חשב:

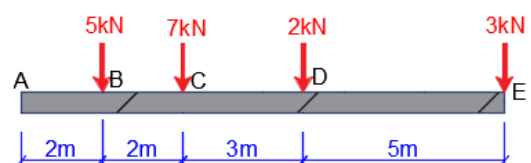
א. את המיקום האורכי הנדרש של נקודה C על מנת שהנדנדה תהיה מאוזנת אופקית.

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.

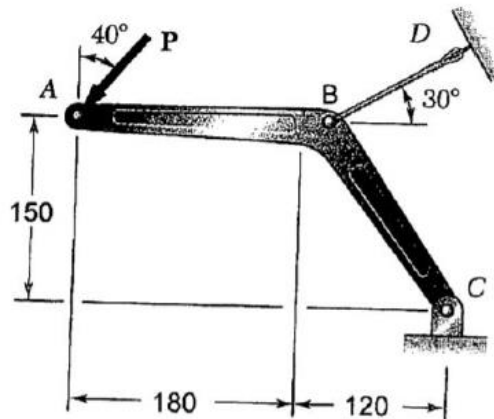


תרגיל מספר 3

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

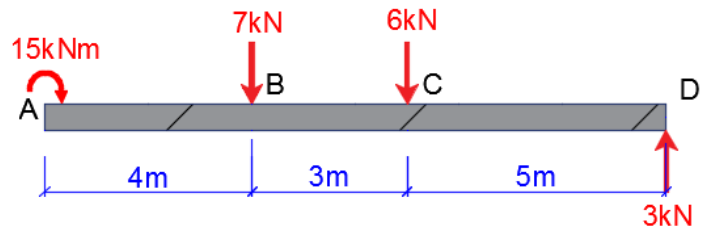
חשב:

א. את הכוח P המותר, אם המתוחות המותרות בכבל BD היא 500 N.



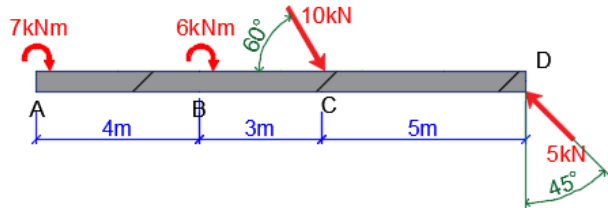
תרגיל מספר 4

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



תרגיל מספר 5

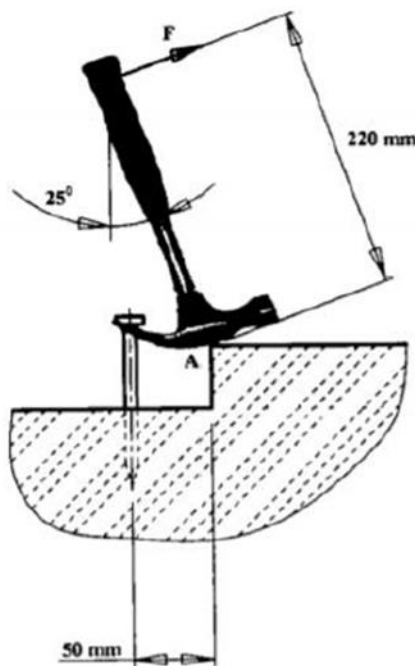
יש למצוא את גודלו כיוונו ומיקומו של הכוח F שצריך לפעול על הקורה על מנת שהקורה תהיה בשיווי משקל.



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.



חלק ג – כוחות ומומנטים בשיטה הוקטורית

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:

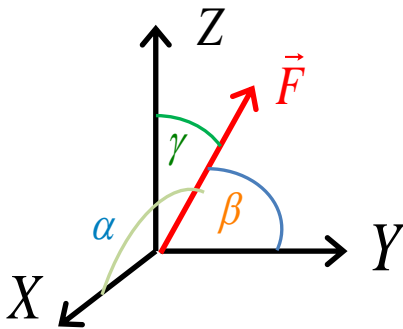
$$|F| = 100 [N]$$

$$\beta = 60^\circ$$

$$\gamma = 30^\circ$$

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:

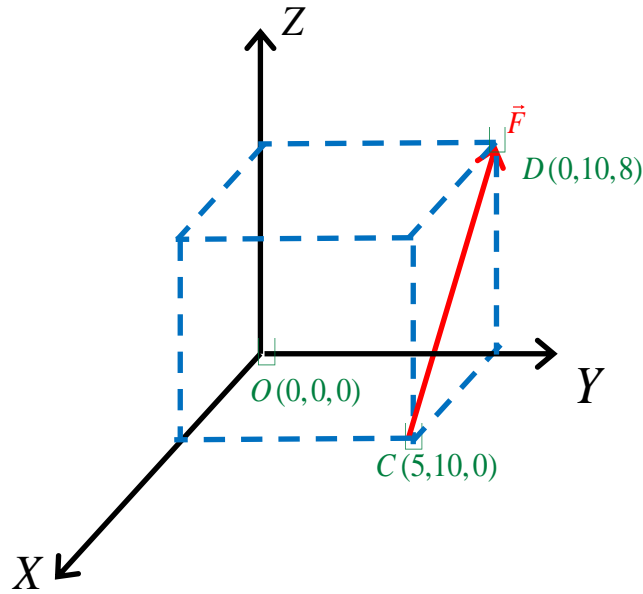
- למצוא את גודלו וכיוונו של הכוח השקול \vec{R}
- למצוא את הזוויות בין הוקטור לבין הצירים x, y, z.

תרגיל מספר 4:

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

דרוש:

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

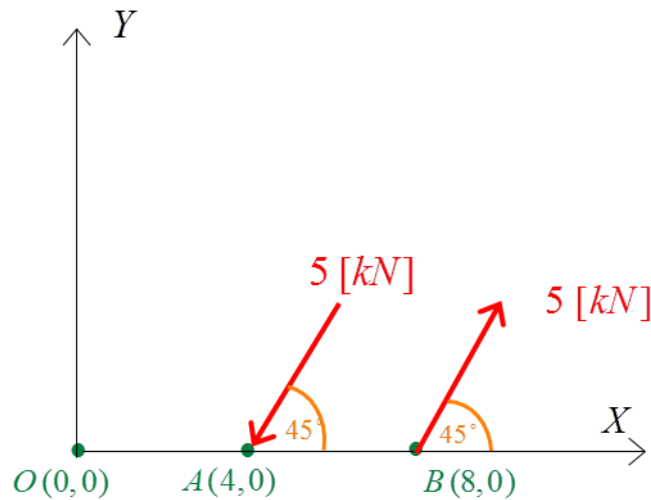


תרגיל מספר 5:

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.



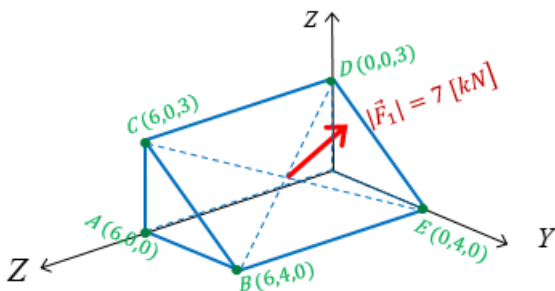
תרגיל מספר 6:

נתון כח $|\vec{F}_1| = 7 [kN]$

הכח פועל בניצב למשטח BCDE המתואר באיור.

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

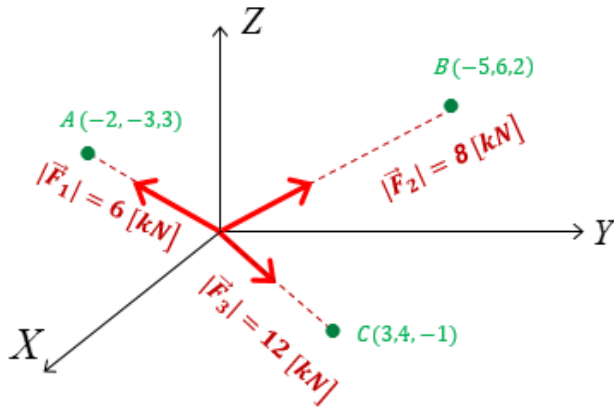
- לפי השיטה הוקטורית.
- לפי השיטה האנליטית.



תרגיל מספר 7:

נתונים כוחות במרחב כמתואר בציור:

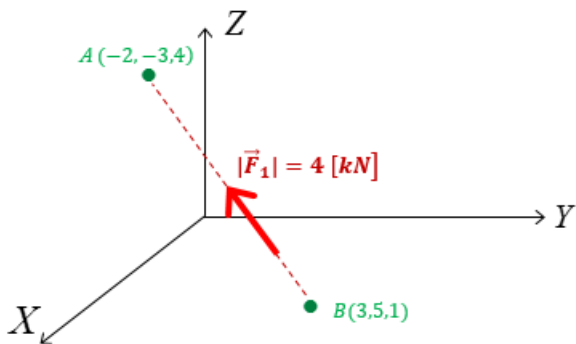
דרוש: להגדיר את גודלו וכיוונו של הכח השקול.



תרגיל 8: נתון כח הפועל במרחב XYZ כמתואר בציור.

דרוש:

למצוא את המומנט שהכח יוצר ביחס לראשית הצירים.



פרק 3

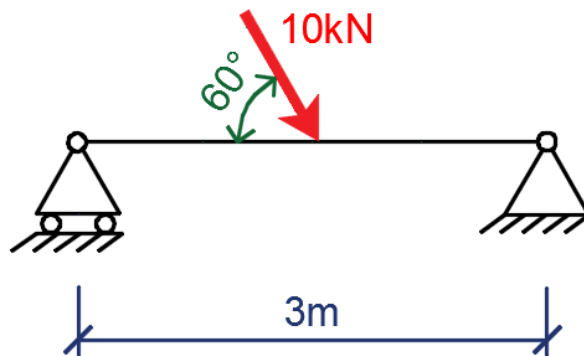
מבנים פשוטים וקורות פשוטות

נושא 1 – מבנים פשוטים וקורות פשוטות

תרגיל מספר 1:

עבור המבנה הבא דרוש:

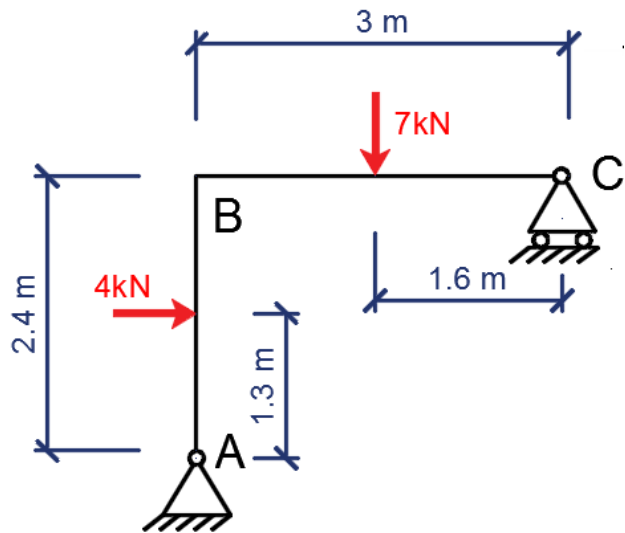
- יש למצוא דרגת אי סיום סטטי ולהוכיח את יציבות המבנה
- מצא את הראקציות בסמכים תוך שימוש בדיאגרמת גוף חופשי



תרגיל מספר 2:

עבור המבנה הבא דרוש:

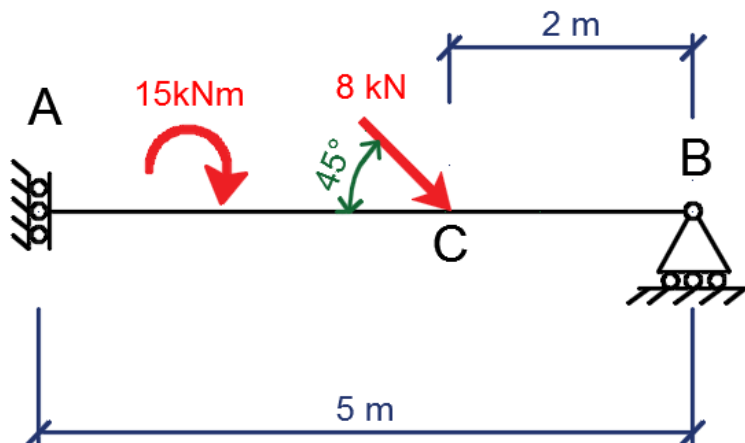
- א. יש למצוא דרגת אי סיום סטטי ולהוכיח את יציבות המבנה
- ב. מצא את הראקציות בסמכים תוך שימוש בדיאגרמת גוף חופשי



תרגיל מספר 3:

עבור המבנה הבא דרוש:

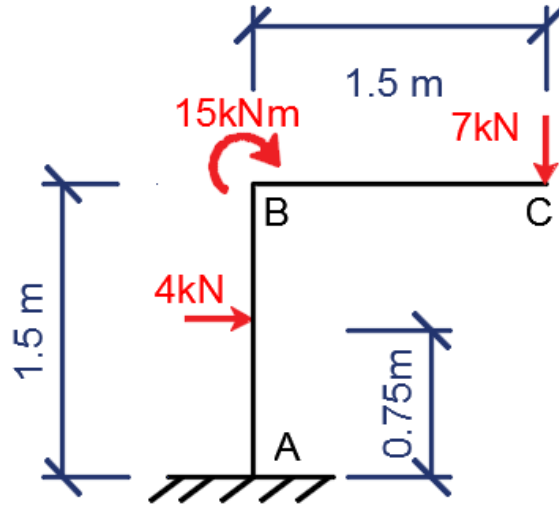
- א. יש למצוא דרגת אי סיום סטטי ולהוכיח את יציבות המבנה
- ב. מצא את הראקציות בסמכים תוך שימוש בדיאגרמת גוף חופשי



תרגיל מספר 4:

עבור המבנה הבא דרוש:

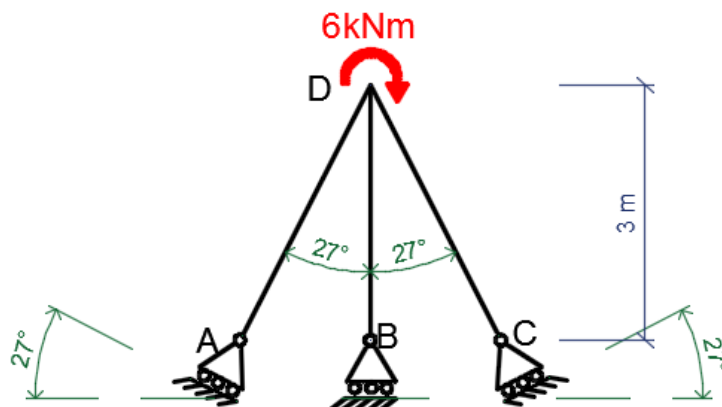
- א. יש למצוא דרגת אי סיוס סטטי ולהוכיח את יציבות המבנה
- ב. מצא את הראקציות בסמכים תוך שימוש בדיאגרמת גוף חופשי



תרגיל מספר 5:

עבור המבנה הבא דרוש:

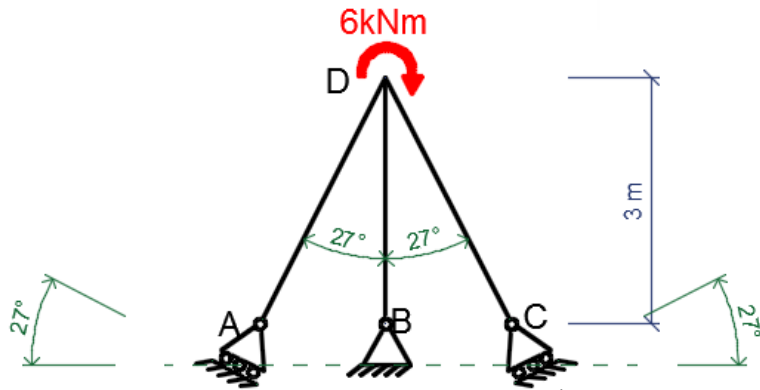
- א. יש למצוא דרגת אי סיוס סטטי ולהוכיח את יציבות המבנה
- ב. מצא את הראקציות בסמכים תוך שימוש בדיאגרמת גוף חופשי



תרגיל מספר 6:

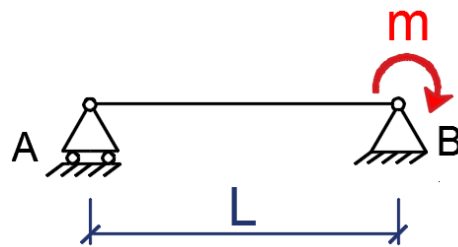
עבור המבנה הבאה דרוש:

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



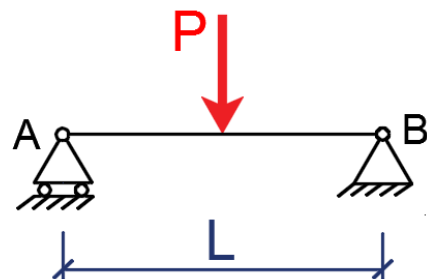
תרגיל מספר 7:

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



תרגיל מספר 8:

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



תרגיל מספר 9:

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



תרגיל מספר 10:

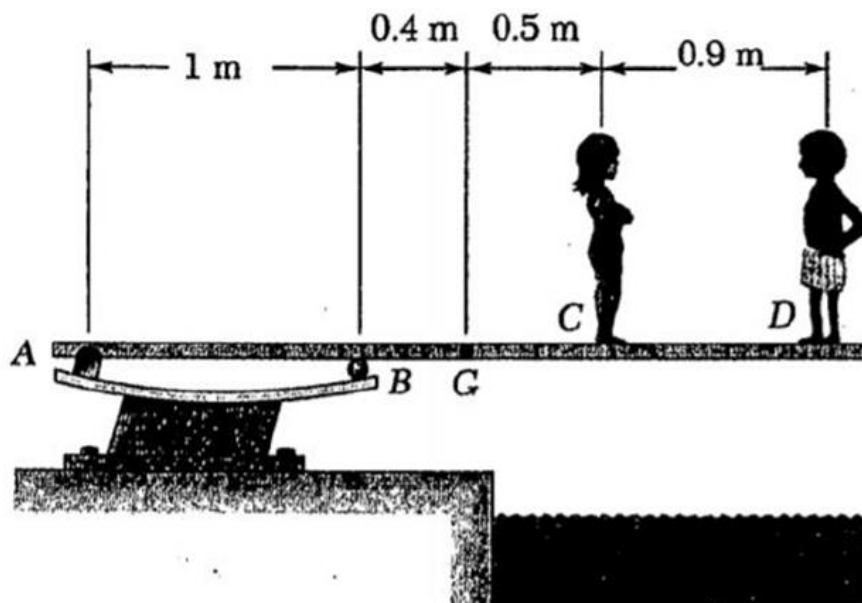
עבור המבנה הפשוט הבא, יש למצוא כוחות תגובה בסמכים כפונקציה של העומס הנתון.



תרגיל מספר 11

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.



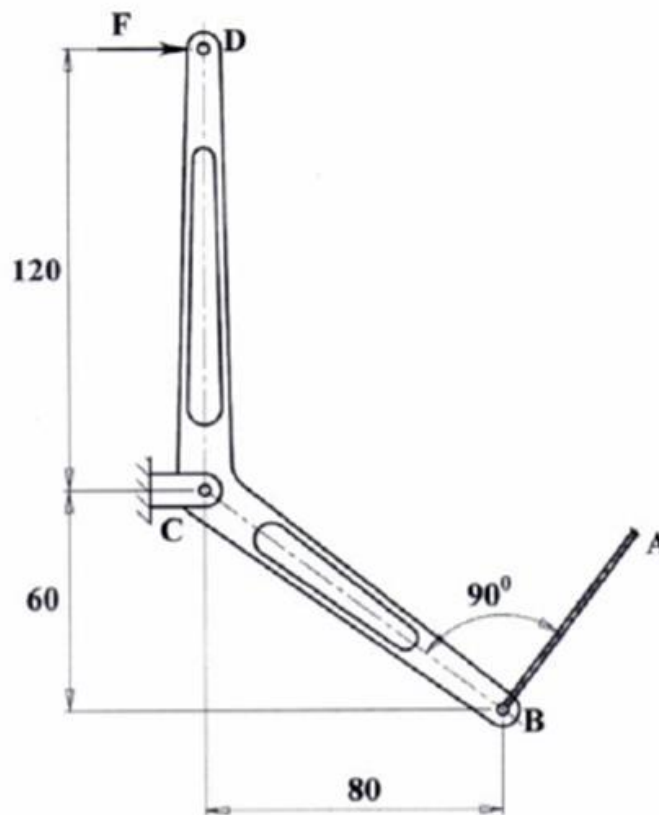
תרגיל מספר 12

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 13

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:

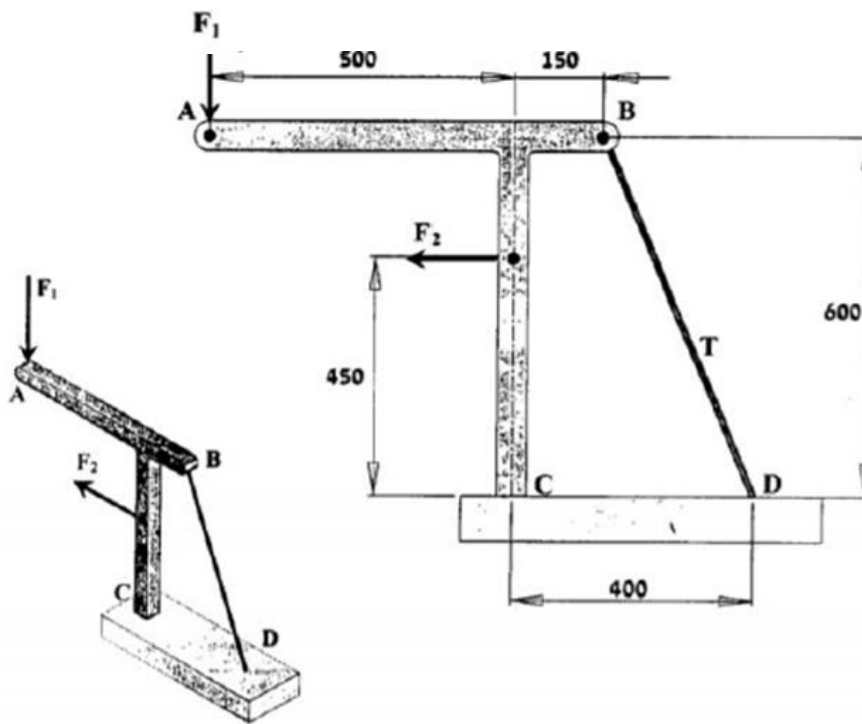
$$F_2=400\text{N}, F_1=700\text{N}$$

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.

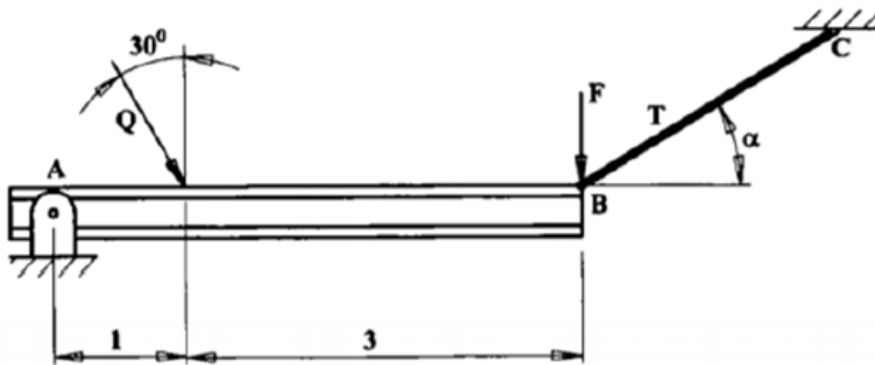


תרגיל מספר 14

הקורה האופקית AB נתמכת על סמך נייח בנקודה A וקשורה באמצעות כבל BC בנקודה B.
 הכבל BC נטוי לקו האופקי הזווית α כמתואר בתרשים.
 על הקורה מופעל כוח Q, הנטוי לקו האנכי בזווית של 30° , 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.

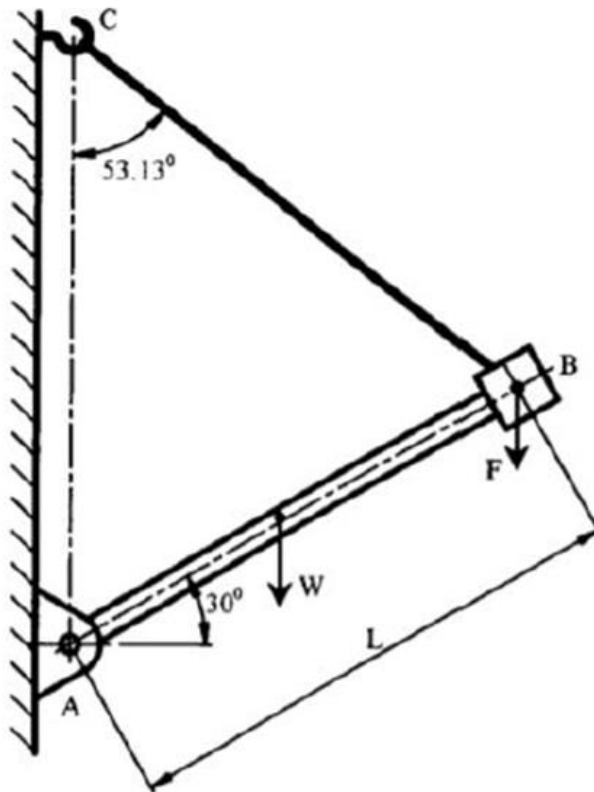


תרגיל מספר 15

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.

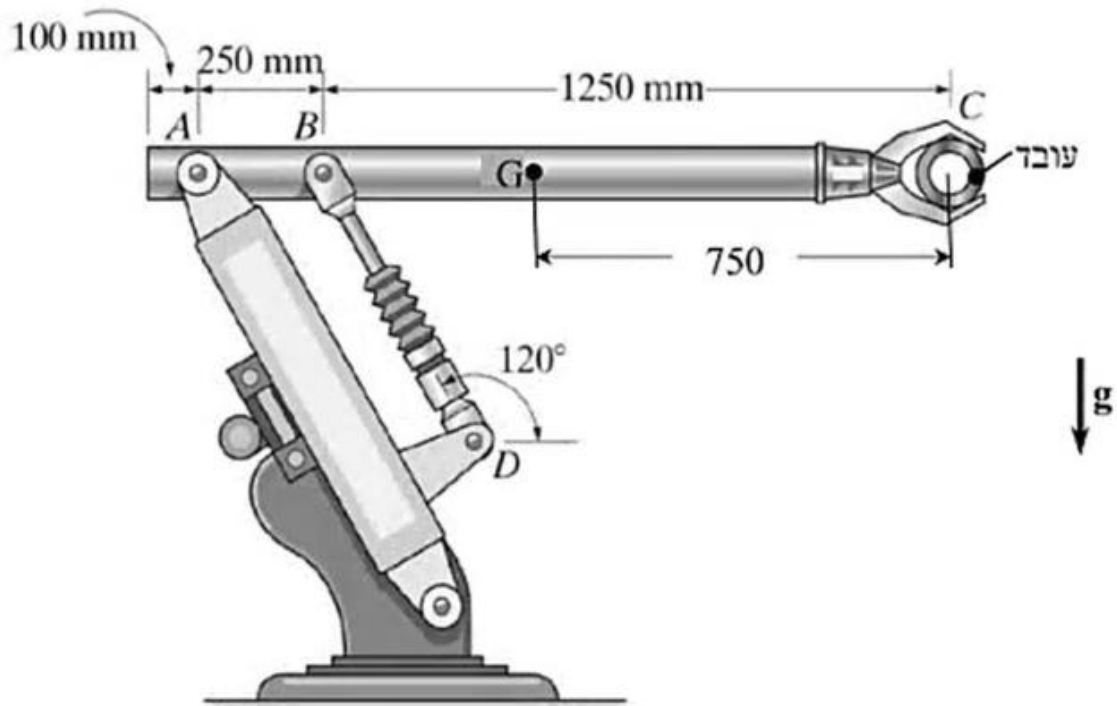
ב. חשב את כוח התגובה בנקודה A.



תרגיל מספר 16

באיור לשאלה מתוארת זרוע רובוטית ABC. משקל הזרוע 50 ניוטון ומרכז הכובד שלה נמצא בנקודה G. בתפסנית הזרוע C נמצא עובד שמשקלו 30 ניוטון. בנקודה A, הזרוע מחוברת לסמך נייח ובנקודה B לבוכנה BD. הבוכנה מחוברת לבסיס הרובוט כמתואר באיור. ובמצב זה הזרוע אופקית ונמצאת בשיווי משקל. החיבורים בנקודות A, B ו-D הם ציריים פרקיים.

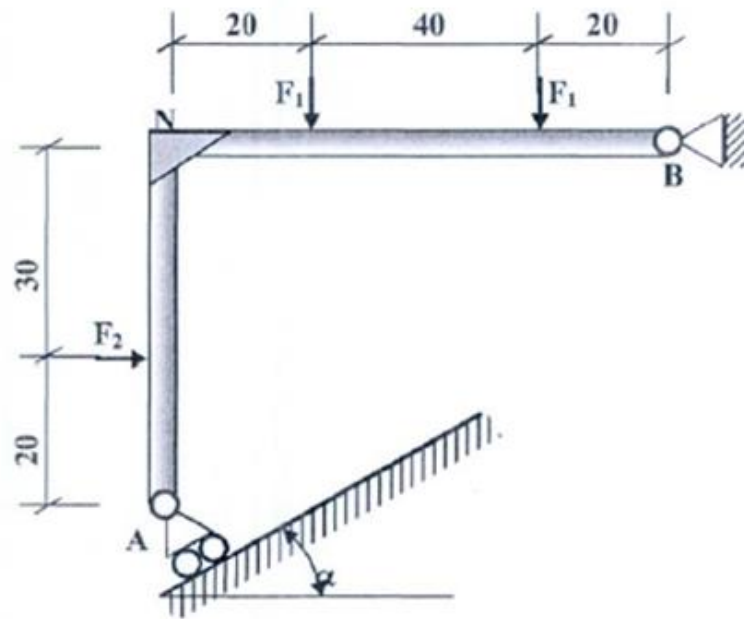
- א. נדרש לשרטט את דיאגרמת הגוף החופשי של הזרוע.
 ב. נדרש לחשב את הכוח שהבוכנה מפעילה על הזרוע.



תרגיל מספר 17

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

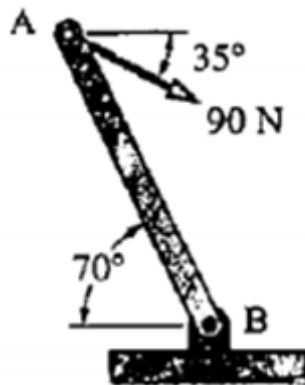
חשב את כוחות התגובה בסמכים A ו-B.



תרגיל מספר 18

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).

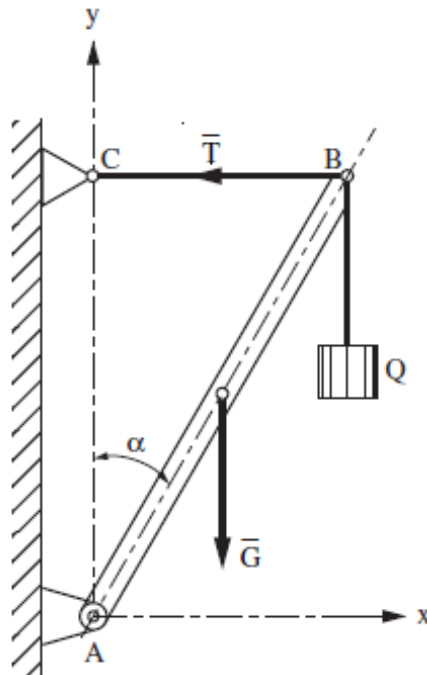


תרגיל מספר 19

- מתקן ההרמה שבאיור לשאלה 2 מורכב מקורה אחידה AB ומכבל אופקי BC.
- הקורה מוחזקת בנקודה A על ידי מפרק, ונקודה B – על ידי הכבל BC.
- נקודה B של הקורה תלויה גם המשקולת Q.

נתונים:

- משקל המשקולת: $Q = 200 \text{ N}$
- משקל הקורה: $G = 100 \text{ N}$
- הזווית של הקורה: $\alpha = 30^\circ$

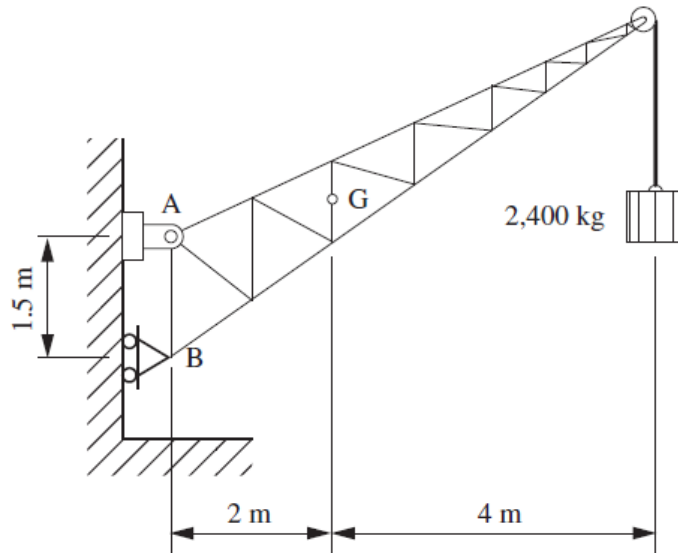


איור לשאלה 2

- א. חשב את כוח המתיחה, T, בכבל.
- ב. חשב את כוח התגובה במפרק A (ערך מוחלט וכיוון).

תרגיל מספר 20

המנוף המתואר באיור לשאלה 2 מחובר לקיר באמצעות הפין A והסמך הנייד B. המנוף מיועד להרים עומס שמסתו 2,400 kg. המסה של המנוף, ללא עומס, היא: 1,000 kg. מרכז הכובד של המנוף מצוין באיור באות G.



איור לשאלה 2

מצא את כוח התגובה בפין A (גודל וכיוון) ואת כוח התגובה בסמך B (גודל וכיוון).
הנח שתאוצת הכובד היא: $g = 9.8 \frac{m}{s^2}$.

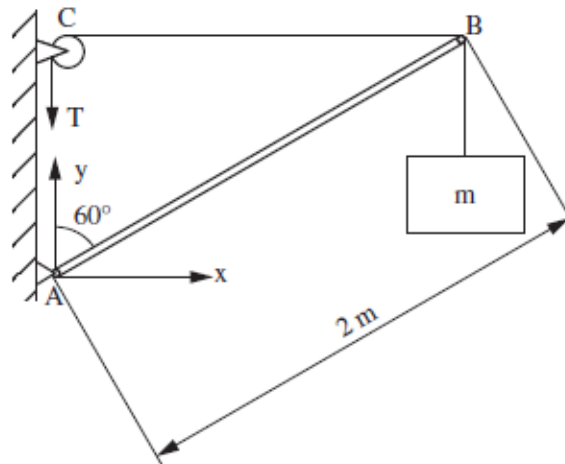
תרגיל מספר 21

באיור לשאלה 2 מתוארת זרוע AB הנתמכת בקיר באמצעות סמך ניח A (ציר ללא חיכוך) ומוחזקת באמצעות הכבל האופקי BC בנקודה B. הכבל עובר על-פני הגלגלת C האנכי שאחרי הגלגלת.

בנקודה B תלויה מסה: $m = 200 \text{ kg}$.

במצב המתואר, הזרוע AB נמצאת בשיווי משקל.

הנח שתאוצת הכובד היא: $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.



איור לשאלה 2

- א. חשב את כוח המתיחה T הדרוש בכבל BC.
- ב. חשב את כוח התגובה (גודל וכיוון) שמפעיל הסמך A על הזרוע AB.
- ג. חשב את ערכו של הכוח הפועל על הגלגלת.

תרגיל מספר 22

באיור לשאלה מתוארים שני מצבי תמיכה במוט AB. אורך המוט 3 m, חתכו אחיד לכל אורכו ועוביו זניח. משקל המוט: $G = 300 \text{ N}$. בקצה A של המוט מותקן גלגלון חסר חיכוך שקוטרו זניח.

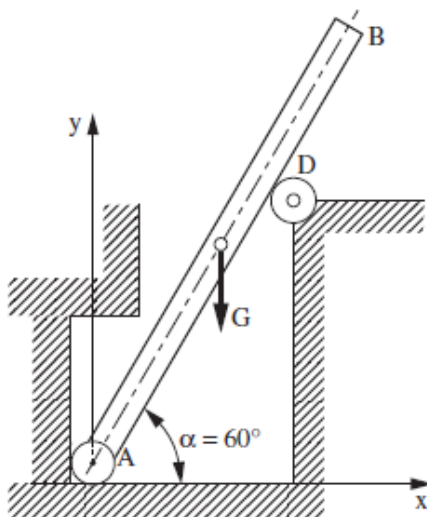
$DB = 1 \text{ m}$.

מצב I:

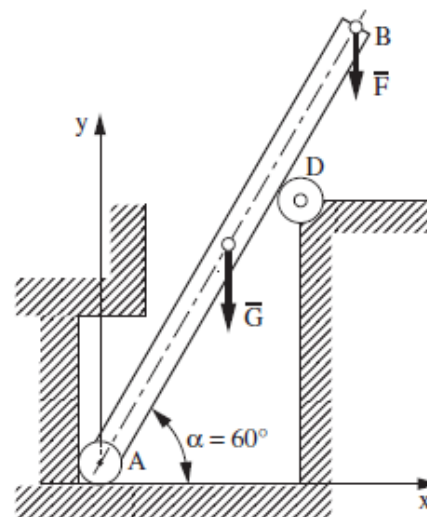
המוט נתמך בקצה A על רצפה אופקית חלקה (ללא חיכוך) ועל קיר אנכי, ובנקודה D – על גלגלון חסר חיכוך, שקוטרו זניח.

מצב II:

המוט נתמך בקצה A ובנקודה D, כמו במצב I, ונוסף על כך פועל עליו הכוח F בנקודה B. $F = 250 \text{ N}$



מצב I



מצב II

איור לשאלה

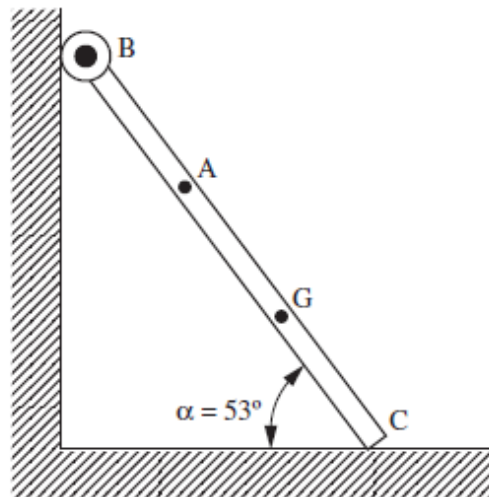
- א. חשב את הערכים של כוחות התגובה הפועלים על המוט AB, בנקודות התמיכה A ו-D, במצב I.
- ב. חשב את הערך של כוח התגובה הפועל על המוט AB, בנקודת התמיכה A, במצב II.

תרגיל מספר 23

באיור לשאלה 1 מתואר סולם שבקצה B שלו מותקן גלגל זעיר וקצה C שלו נשען על רצפה מחוספת.

נתונים:

1. אורך הסולם: $BC = 1.8 \text{ m}$.
2. מרכז הכובד של הסולם נמצא בנקודה G. $GC = 0.8 \text{ m}$.
3. משקלו של הסולם 300 N .
4. מקדם החיכוך הסטטי בין הסולם לרצפה: $\mu = 0.5$.



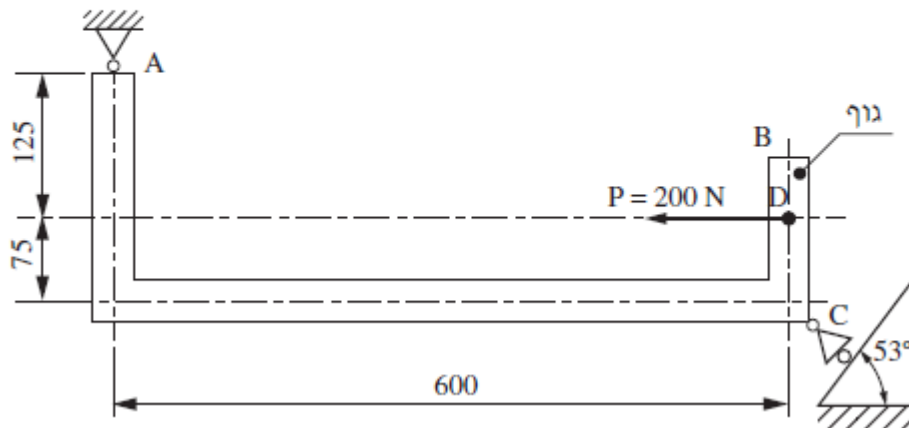
איור לשאלה 1

אדם עומד על הסולם וכתוצאה ממשקלו פועל כוח אנכי בן 700 N בנקודה A.

- א. סרטט דג"ח של הסולם BC.
- ב. הסולם נמצא על סף החלקה. חשב את ערכי הכוחות הפועלים על הסולם בנקודות B ו-C.
- ג. מצא את ערכו המרבי האפשרי של המרחק AC.

תרגיל מספר 24

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° 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.

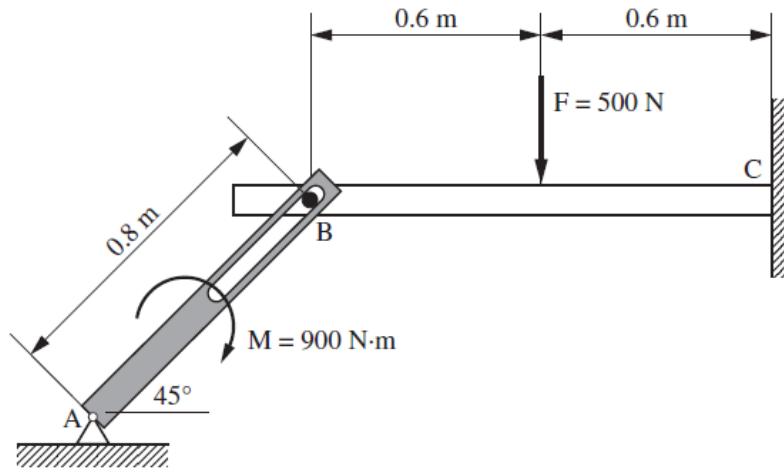
תרגיל מספר 25

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 של 45° 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.



איור לשאלה 2

- 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.
- ד. חשב את רכיבי כוח התגובה בסמך A.

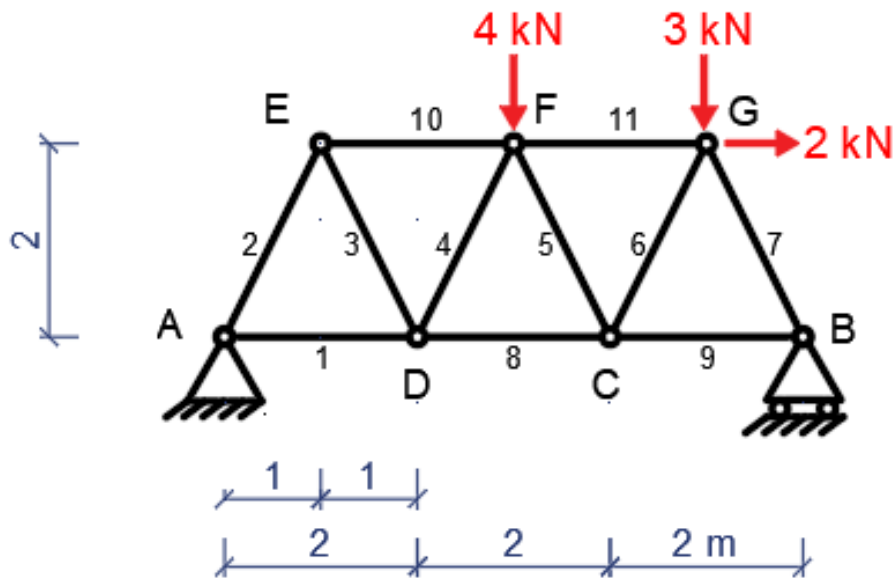
פרק 4

מסבכים

נושא 1 – מסבכים

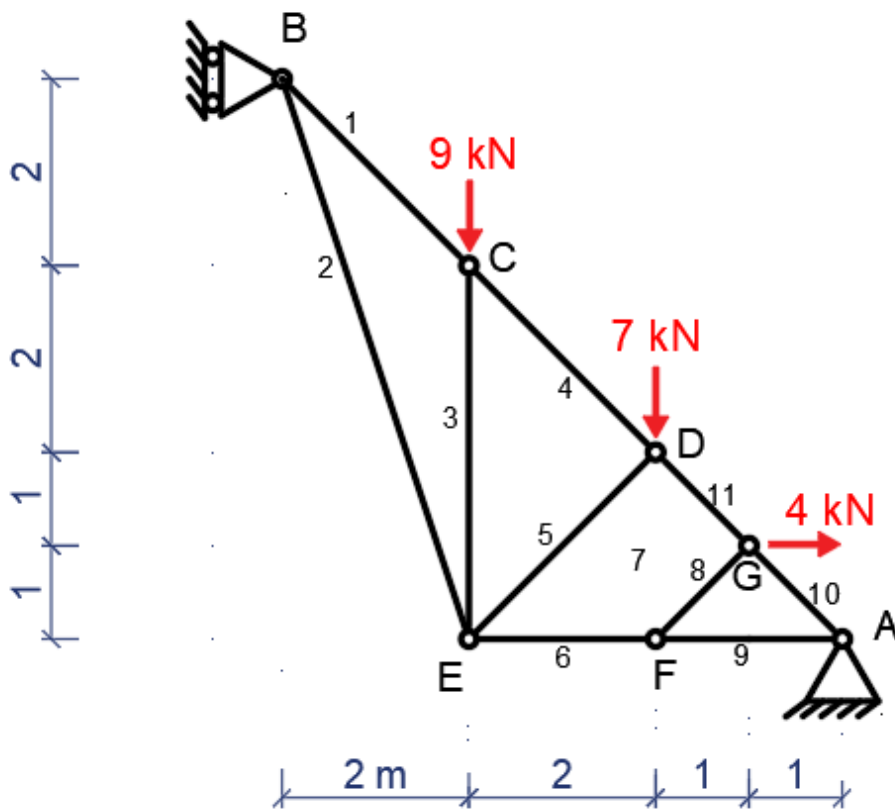
תרגיל מספר 1:

- 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 "הצמתיים".



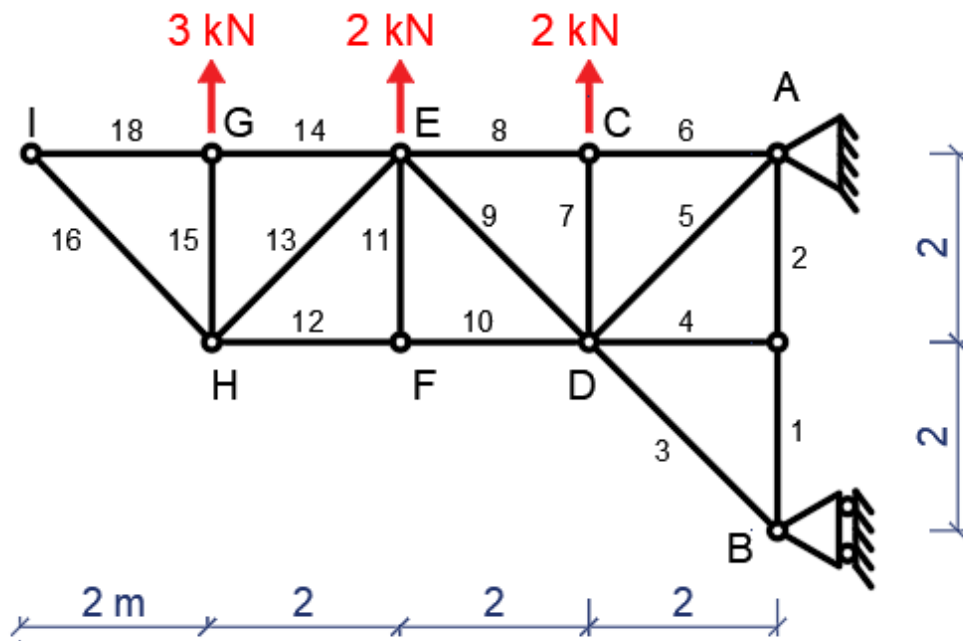
תרגיל מספר 2:

- 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".



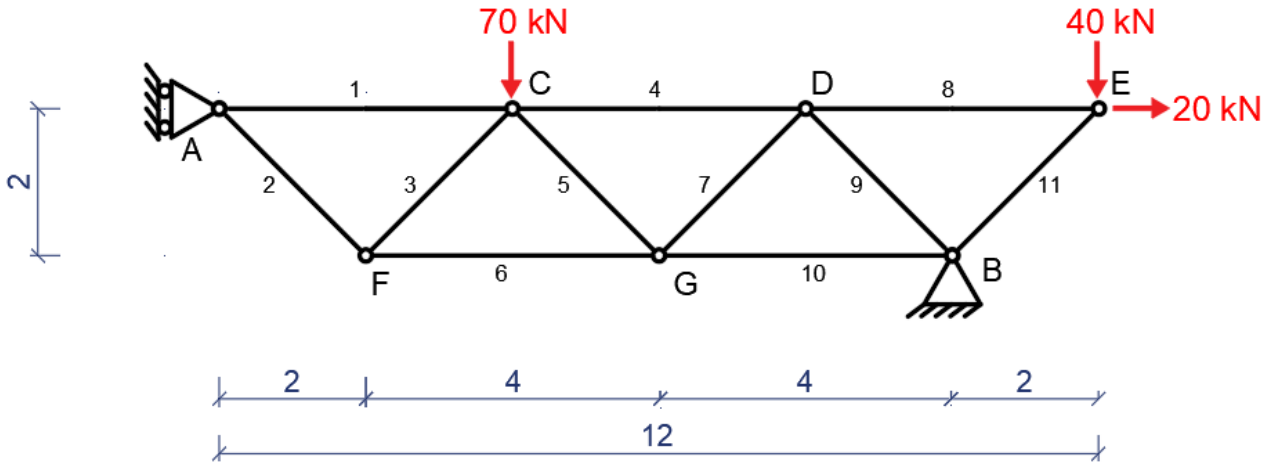
תרגיל מספר 3:

- 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:

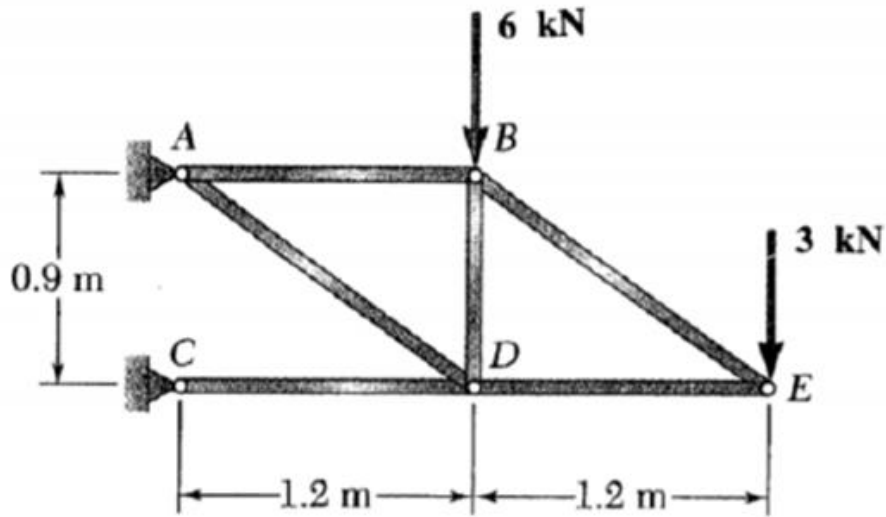
- א. יש למצוא ולחשב את הכוחות בסמכים B,A
 ב. יש למצוא ולחשב את הכוחות N בכל מוטות המסבך



תרגיל מספר 5

במסבך המוטות המתואר בתרשים חשב:

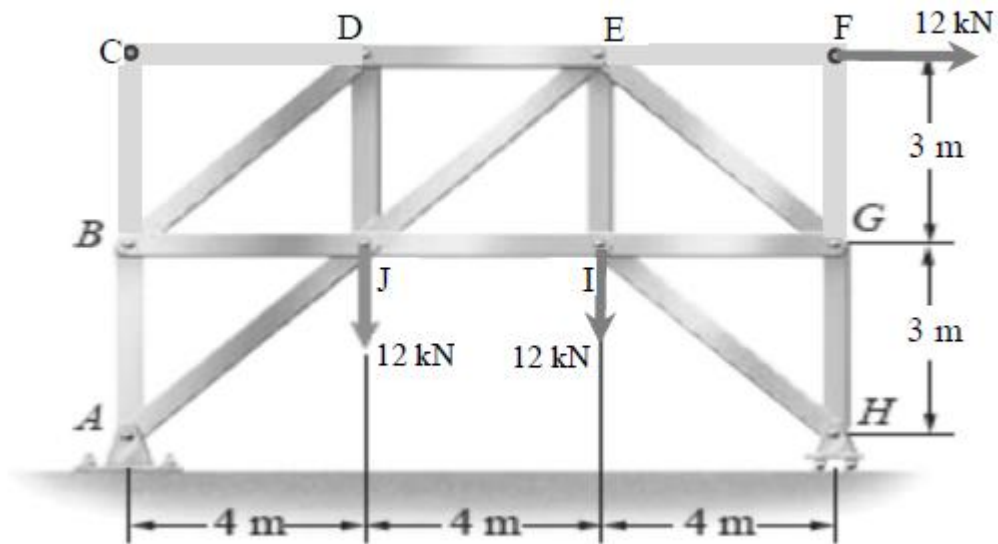
- א. את התגובות במסכים A ו-C.
- ב. את כוחות התגובה במוטות AB, CD, DE וציין האם הם כוחות מתיחה או לחיצה.
- הערה: יש לבצע חישוב אנליטי ולא להשתמש בכל שיטה גראפית.



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.

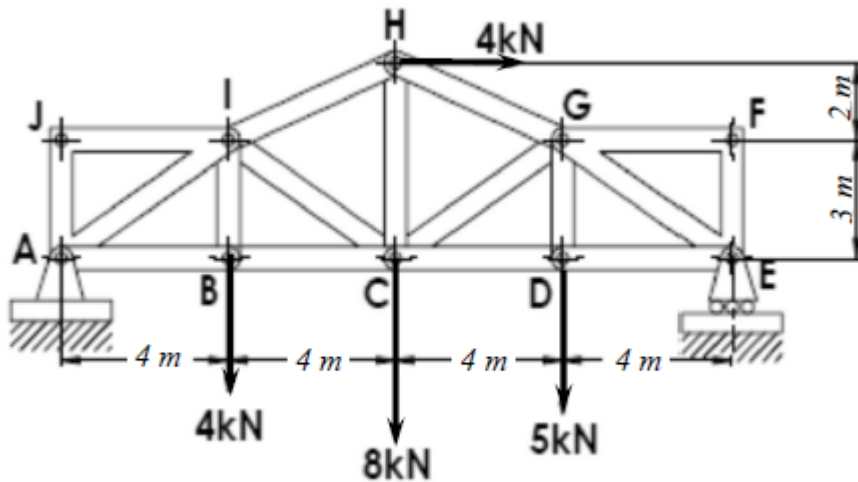
- א. חשב את התגובות בסמכים של המסבך.
- ב. חשב את הכוחות הפנימיים במוטות DE, EJ, ו- JI. אילו מוטות נלחצים ואיזה נמתחים?
- ג. באילו מוטות של המסבך לא נוצרים כוחות פנימיים? הסבר את תשובתך.



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.

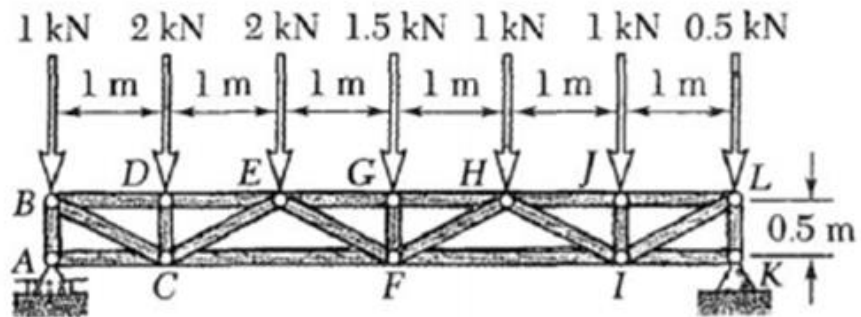
- א. חשב את התגובות בסמכים של המסבך.
- ב. חשב את הכוחות הפנימיים במוטות CD, CG, ו-HG. אילו מוטות נלחצים ואילו נמתחים?
- ג. באילו מוטות של המסבך לא נוצרים כוחות פנימיים? הסבר את תשובתך.



תרגיל מספר 8

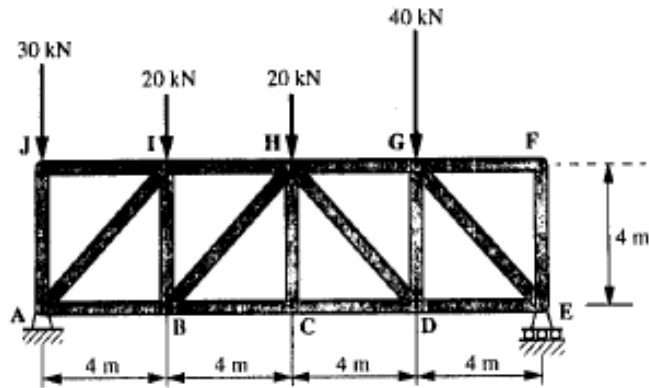
על המסבך פועלים כוחות חיצוניים כמתואר בתרשים.
חשב את:

- 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.

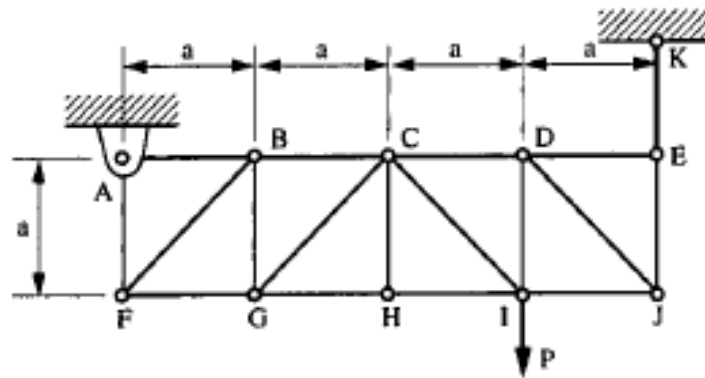
תרגיל מספר 10

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

נתון:

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

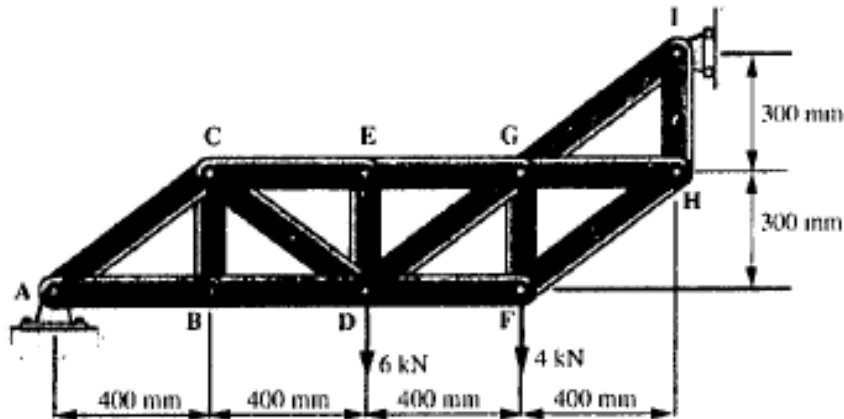
$$P=20 \text{ kN}$$



- 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

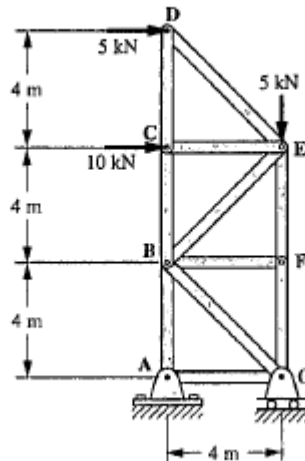
המסבך המתואר באיור לשאלה מורכב מ-15 מוטות המחברים באמצעות מפרקים. המסבך נתמך על ידי סמך נייד בנקודה A וסמך נייד בנקודה I. על המסבך פועלים שני כוחות אנכיים במפרקים D ו-F כמתואר באיור לשאלה.



- א. חשב את התגובות בסמכים של המסבך.
- ב. חשב את הכוחות הפנימיים במוטות EG, DG, DF. 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

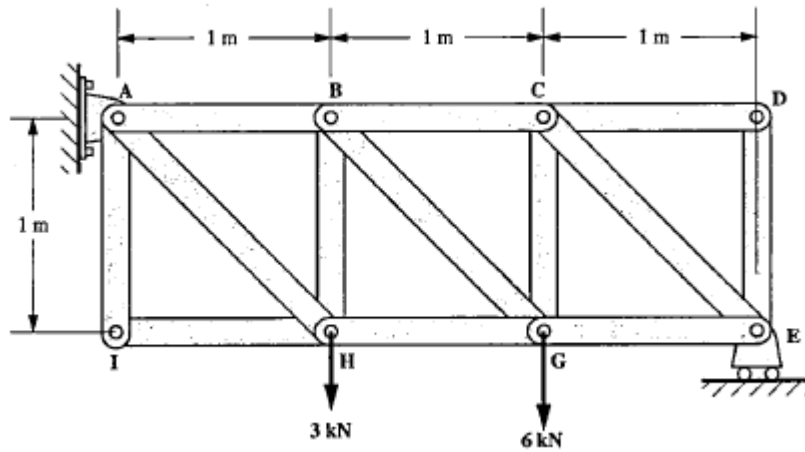
באיור לשאלה מתואר מסבך הנתמך על ידי סמך נייח בנקודה A ועל ידי סמך נייד בנקודה G. על המסבך פועלים שני כוחות אופקיים וכוח אחד אנכי, כמתואר באיור



- 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.

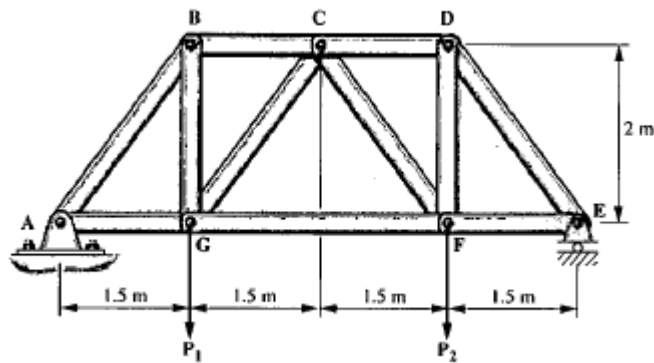
תרגיל מספר 14

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

נתון:

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

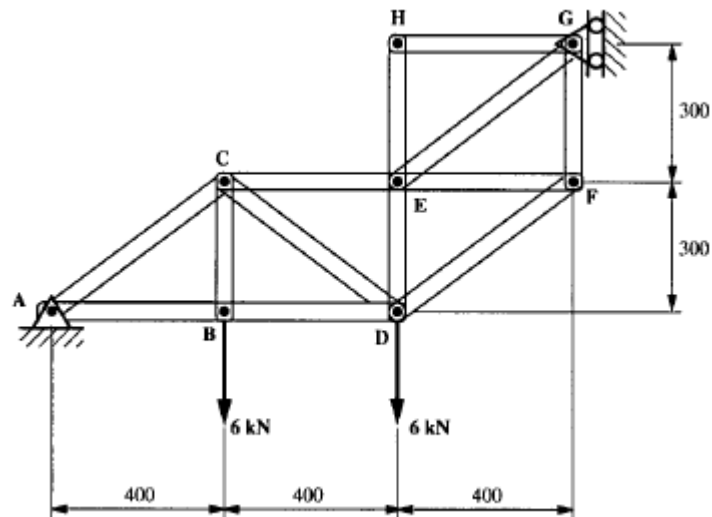
$$P_1 = 12 \text{ kN}$$



- 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

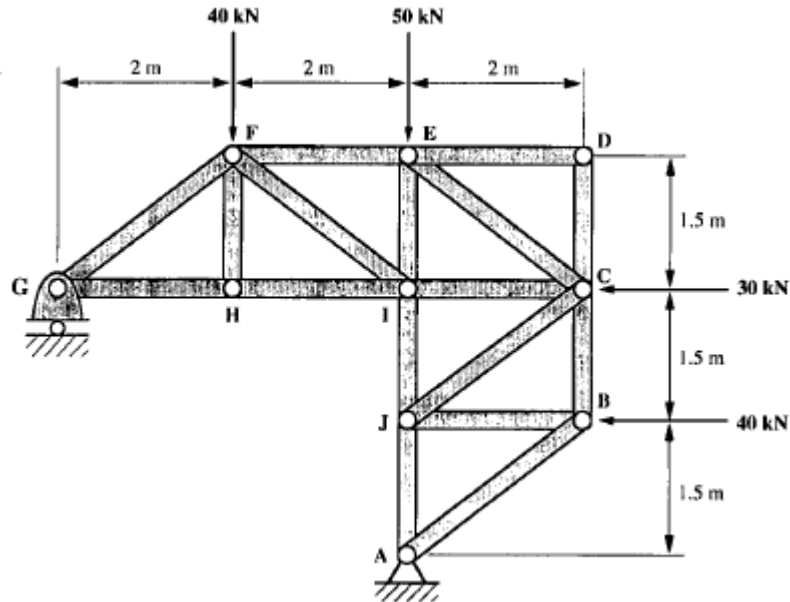
המסבך המתואר באיור לשאלה נתמך על ידי סמך נייד בנקודה A ועל ידי סמך נייד בנקודה G. על המסבך פועלים שני כוחות אנכיים, כל אחד של 6 kN, כמתואר באיור.



- 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.

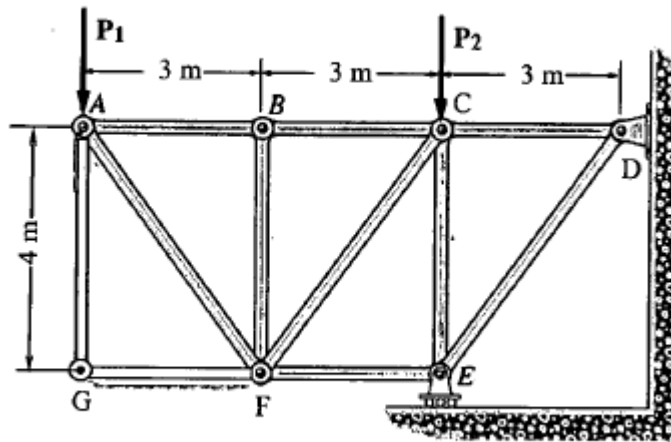
תרגיל מספר 17

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

נתון:

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

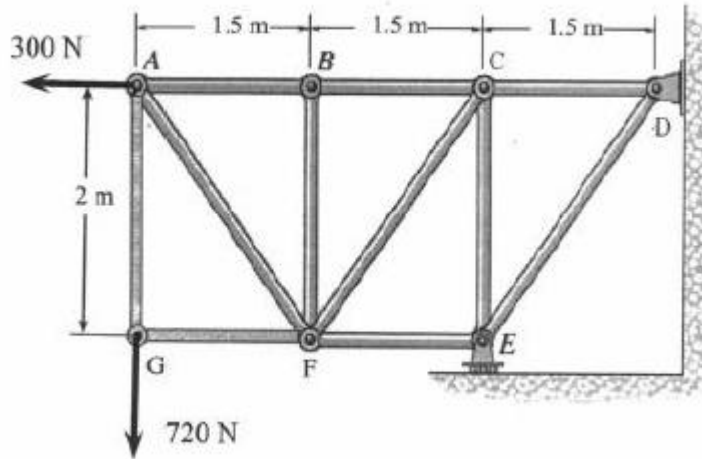
$$P_1 = 20 \text{ kN}$$



- 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.

פרק 5

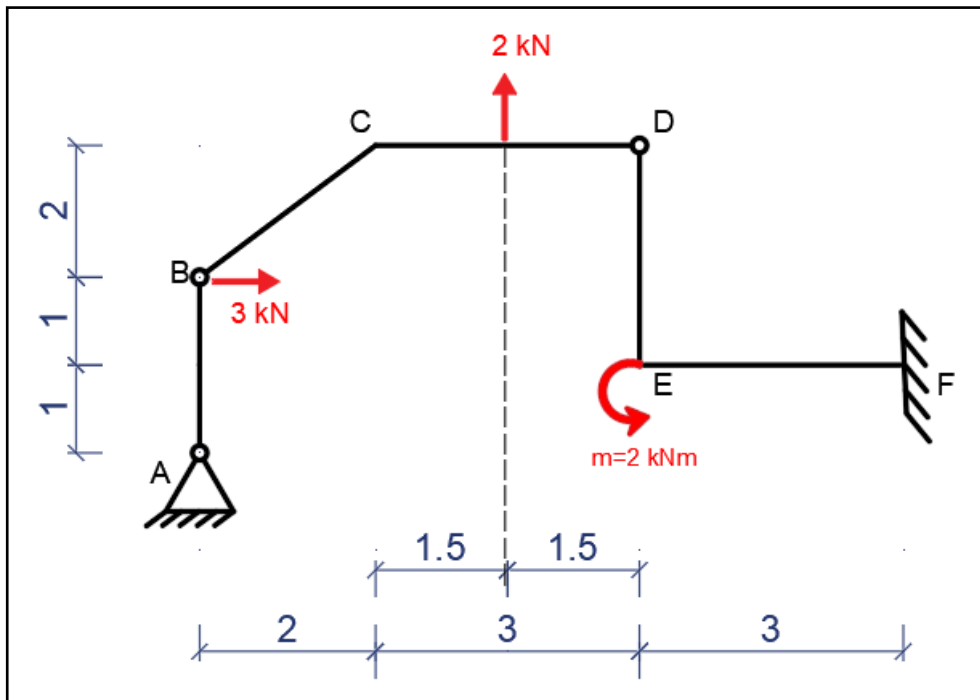
מבנים מורכבים

תרגיל מספר 1

נתונה מסגרת פרקית מישורית כמתואר באיור

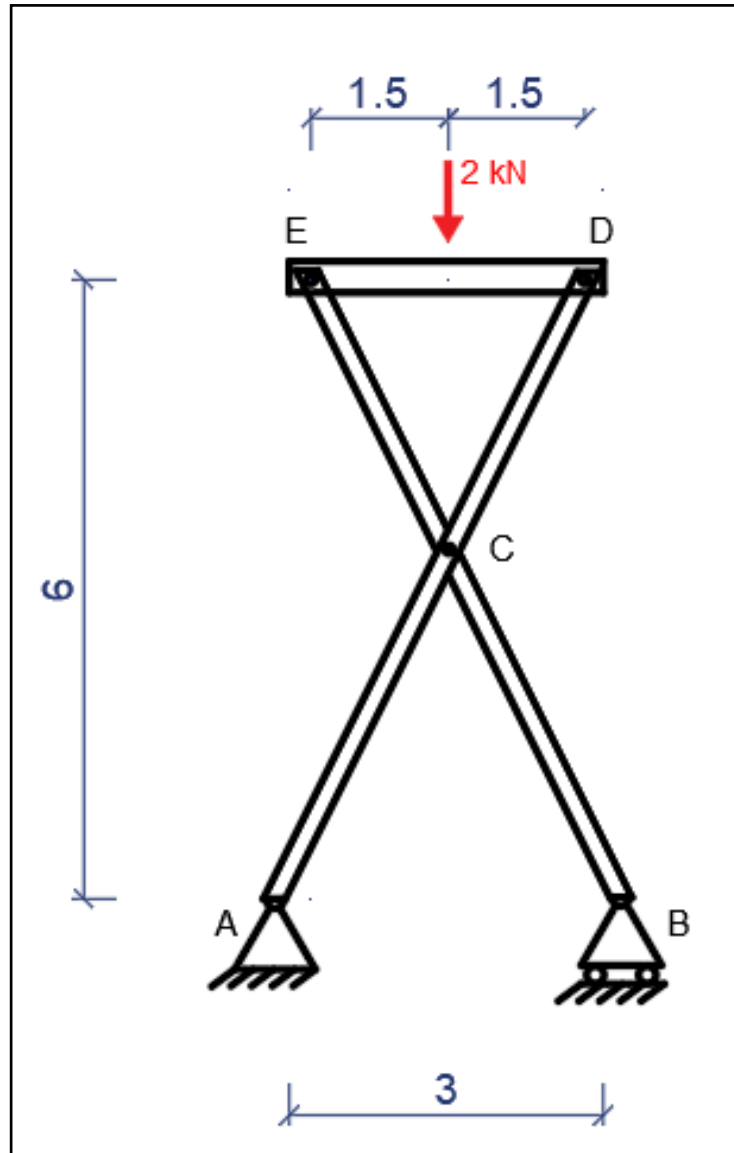
א. דרוש למצוא ולחשב את כוחות הראקציות F,A

ב. דרוש למצוא ולחשב את הכוחות בפרקים D,B



תרגיל מספר 2

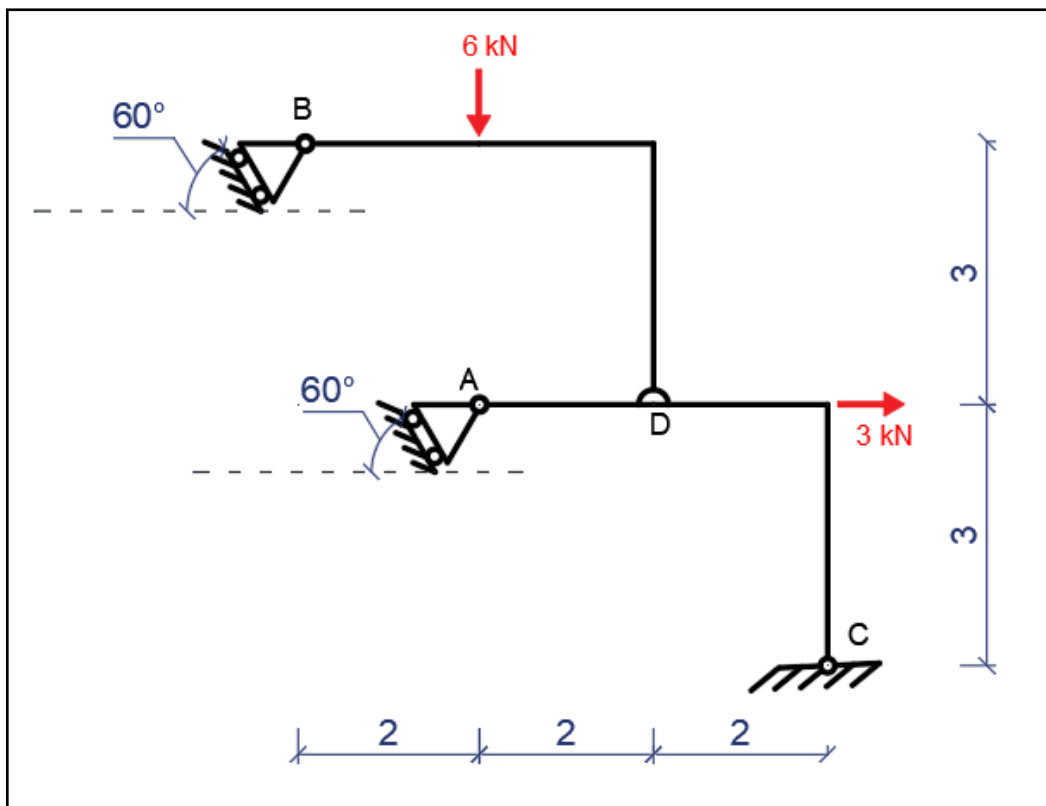
- נתון מבנה מישורי כמתואר בציור. המבנה נתמך בשני סמכים: A סמך קבוע, B סמך נייד.
- א. דרוש למצוא את הראקציות בסמכים.
- ב. דרוש למצוא את הכוחות הפנימיים בפרקים E,D,C.



תרגיל מספר 3

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.

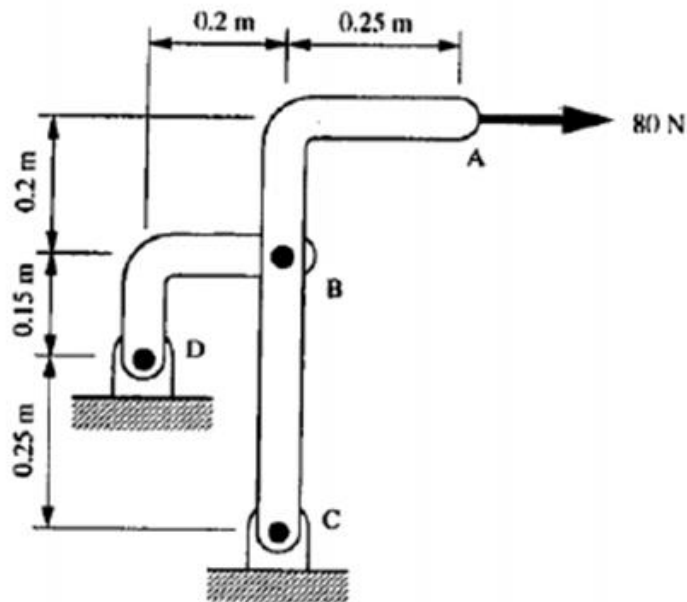
- א. דרוש למצוא את הראקציות בסמכים A, B, C.
 ב. דרוש למצוא את הכוחות הפנימיים בפרק D.



תרגיל מספר 4

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.

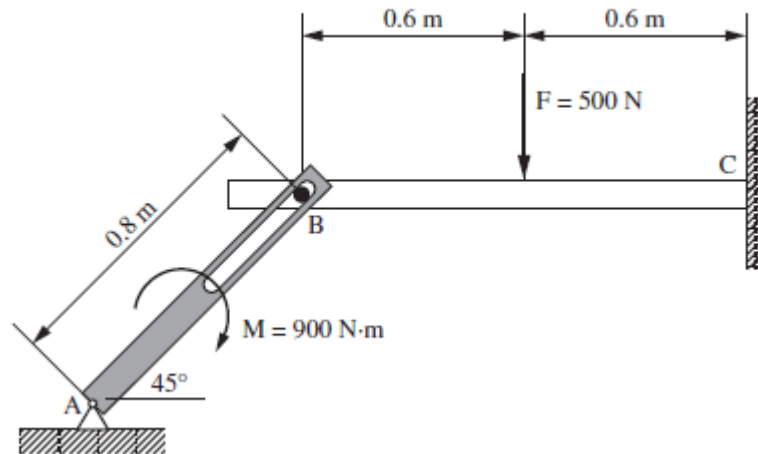


תרגיל מספר 5

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 $F=500 \text{ N}$.

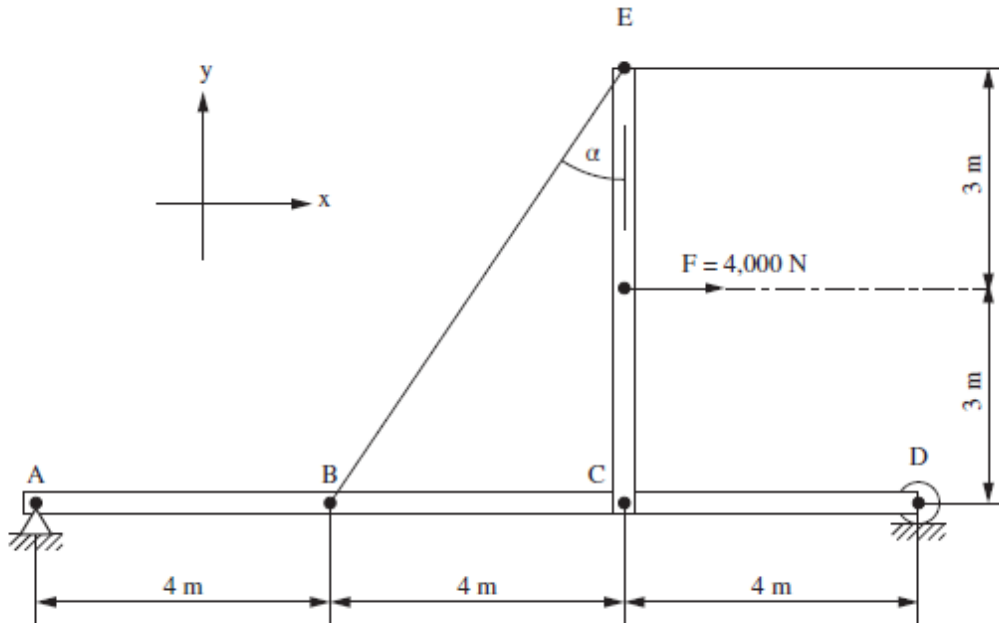
מסת הקורה BC ומסת המוט AB זניחות. הנח שהמערכת נמצאת בשיווי משקל.



- 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 6

באיור לשאלה זו מתואר מנגנון שמורכב מקורה ABCD וממוט EC המחברים ביניהם באמצעות 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.



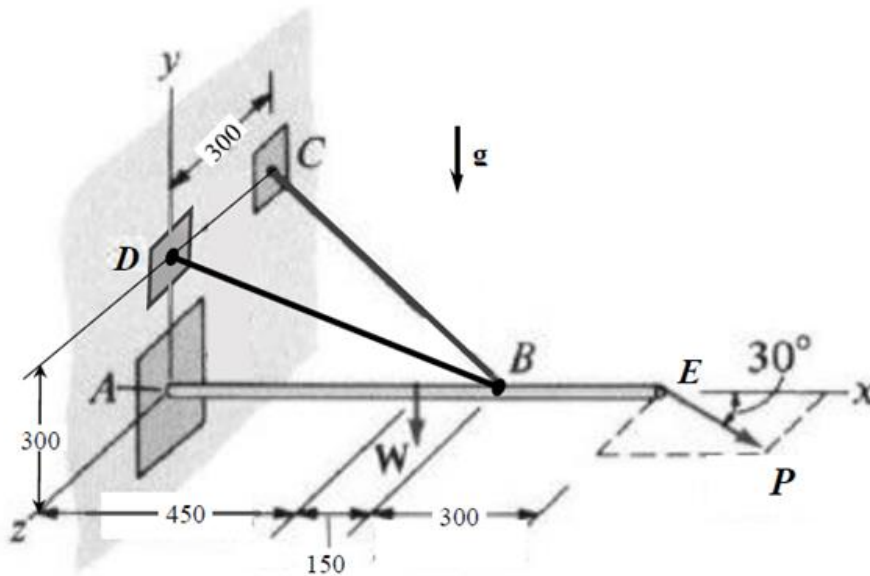
- א. חשב את הזווית α
- ב. סרטט דג"ח (דיאגרמת גוף חופשי) למוט EC ודג"ח לקורה ABCD. סמן בכל אחד מהסרטוטים את הכוחות המתאימים
- ג. חשב את כוח המתיחה בכבל BE
- ד. חשב את רכיבי כוח התגובה בסמך A

חלק ב' – מבנים מרחביים

תרגיל מספר 7

קורה אחידה AE שמשקלה $W=1000\text{ N}$ מחוברת לקיר אנכי בנקודה A, באמצעות מפרק כדורי ובנקודה B באמצעות שני כבלים BC ו-BD, כמתואר באיור לשאלה. בקצה E של הקורה מופעל כוח אופקי P של 600 N במישור xz בכיוון המסומן. במצב זה הקורה היא אופקית ונמצאת בשיווקי משקל.

- א. שרטט את דיאגרמת הגוף החופשי של הקורה.
- ב. חשב את המתחיוות בכל אחד מהכבלים.
- ג. חשב את רכיבי כוח התגובה במפרק A.

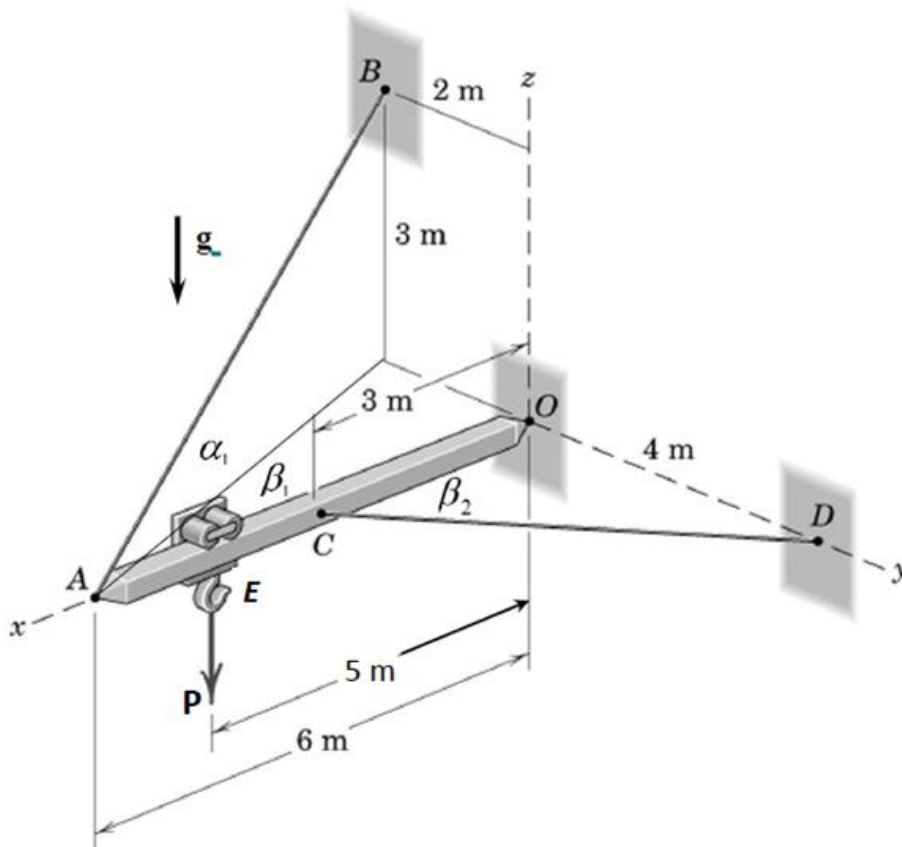


תרגיל מספר 8

קורה אחידה OA, שמשקלה הוא 2000 N מחוברת לקיר אנכי בנקודה O באמצעות מפרק כדורי ובנקודות A ו-C באמצעות שני כבלים AB ו-CD, כמתואר באיור לשאלה. בנקודה E של הקורה מופעל כוח אנכי P של 1200 N. במצב זה הקורה היא אופקית ונמצאת בשיווי משקל.

- א. שרטט דיאגרמות הגוף החופשי של הקורה.
- ב. חשב את המתחיות בכל אחד מהכבלים.
- ג. חשב את רכיבי כוח התגובה במפרק O.

הערות: יש להזניח את משקלם של הכבלים. המידות באיור נתונות במטרים.

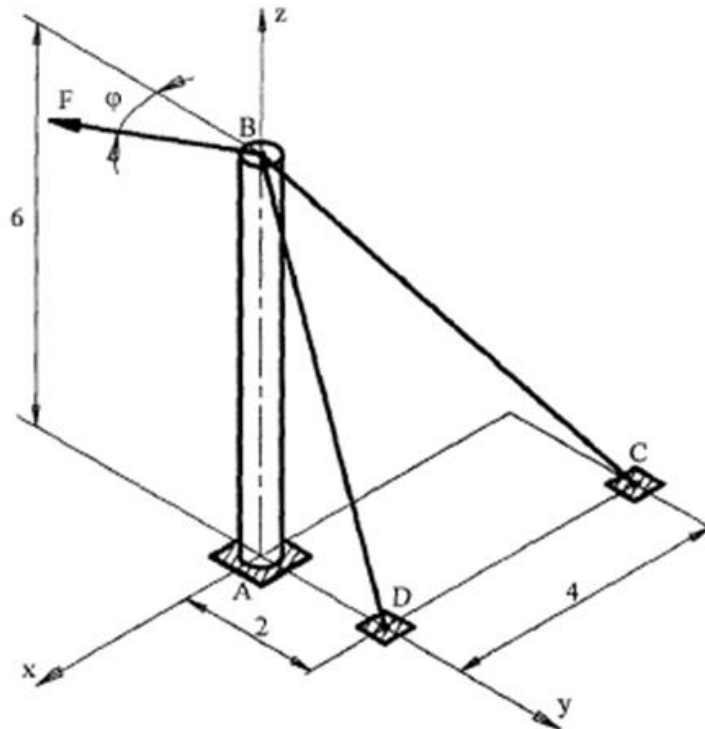


תרגיל מספר 9

העמוד AB נתמך בנקודה A על מפרק כדורי, ומוחזק בנקודה B בשני כבלים BC ו-BD, כמתואר בתרשים. בנקודה B מופעל על העמוד כוח F ששיעורו 500 ניוטון. הכוח F פועל במישור האופקי המקביל ל- Axy , והוא נטוי לציר, המקביל לציר y , בזווית θ השווה 30° . חשב:

- א. את מתיחויות הכבלים.
- ב. את רכיבי כוח התגובה בסמך A.

המידות נתונות בתרשים במטרים.



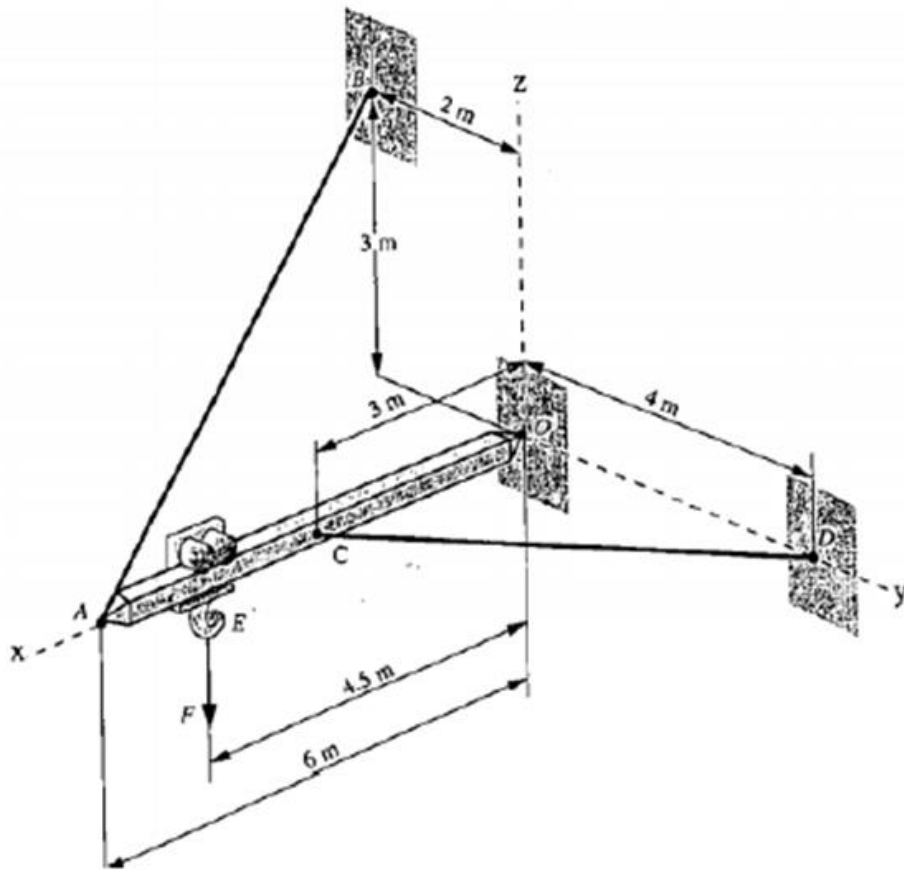
תרגיל מספר 10

קורה אחידה OA מחוברת לקיר בקצה O באמצעות מפרק כדורי ובנקודות B ו-D באמצעות שני כבלים AB ו-CD כמתואר באיור לשאלה. בנקודה E פועל על הקורה כוח אנכי $F = 5 \text{ kN}$. מסת הקורה $m = 200 \text{ kg}$. הקורה נמצאת בשיווי משקל.

יש להזניח את משקל הכבלים.

א. חשב את המתחיות בכל אחד מהכבלים.

ב. חשב את רכיבי כוח התגובה במפרק O.



תרגיל מספר 11

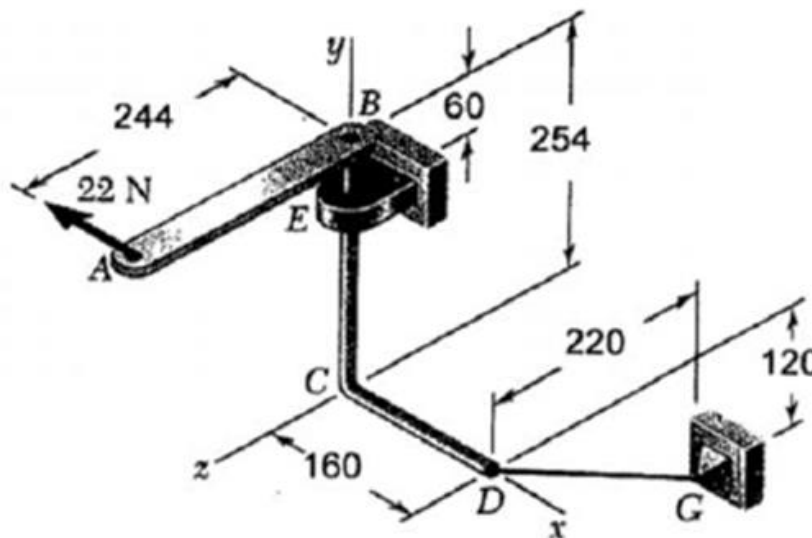
מנוף AB מחובר באופן קשיח בנקודה B למוט מכופף BCD. המוט נתמך ע"י מיסב E ומחובר לקיר באמצעות כבל DG (הנמצא במישור המקביל למישור yz). על המנוף פועל בנקודה A כוח של 22 ניוטון, מקביל לציר x, כמתואר בתרשים.

חשב:

א. את המתוחות בכבל DG.

ב. את התגובות במיסב E.

הערה: מיסב E יכול לשאת כוחות בצירים x, y, z ומומנטים סביב צירים x, z.



תרגיל מספר 12

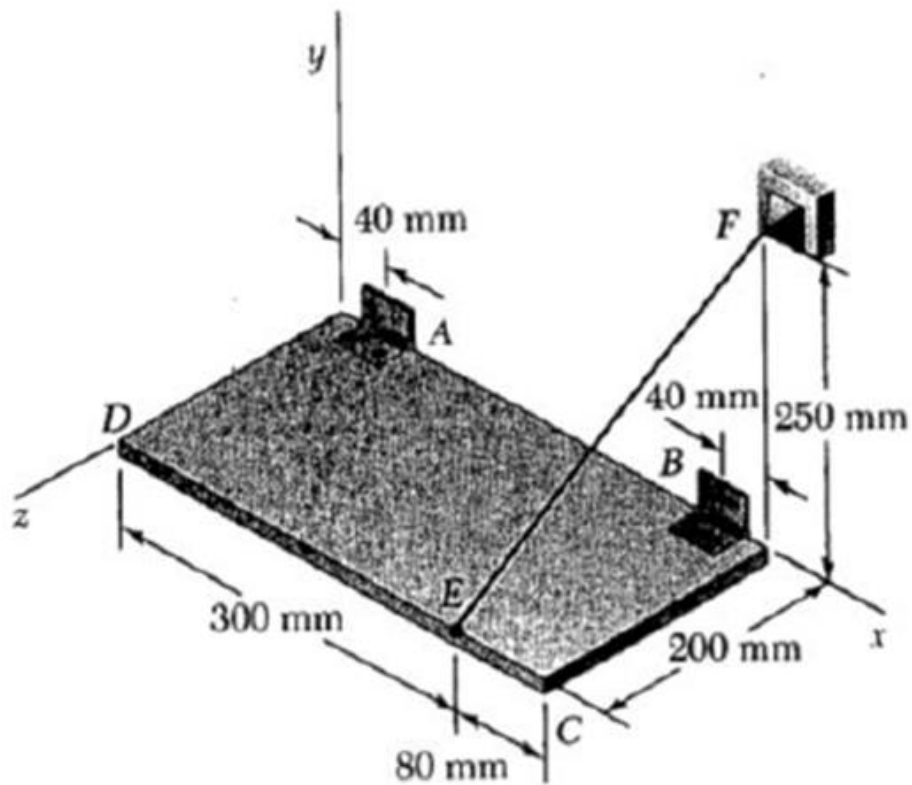
לוח מלבני מוחזק במצב המוראה בתרשים באמצעות תופסנים A ו-B וכבל EF. משקל הלוח 150 ניוטון.

נתון כי כוח התגובה בכיוון ציר X בתוספת B הינה אפס (0).

חשב:

א. את המתיחות בכבל EF.

ב. את התגובות בתופסנים $(B_z, B_y, A_z, A_y, A_x)$.



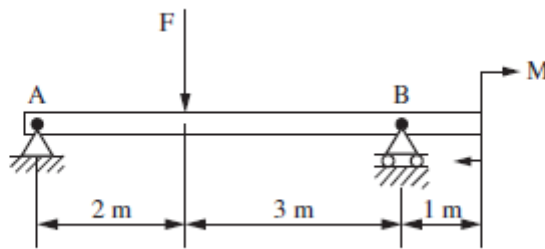
פרק 6

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.



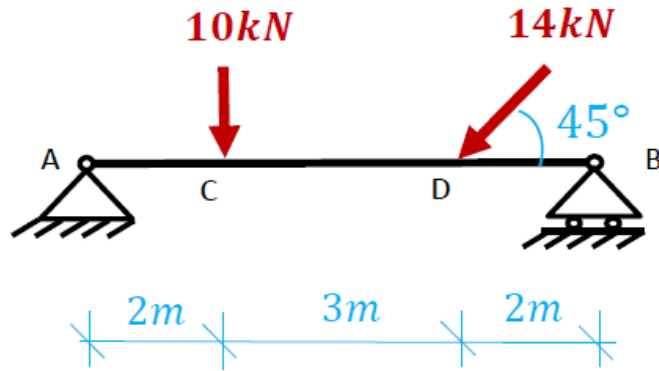
נתונים:

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

- 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

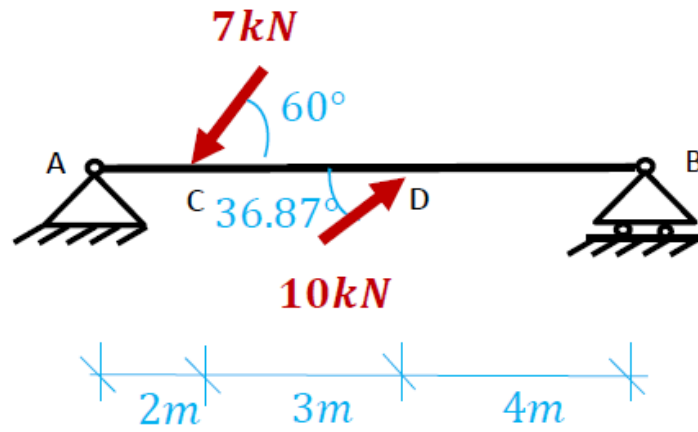
עבור הקורה המועמסת הנתונה באיור, דרוש:



- 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

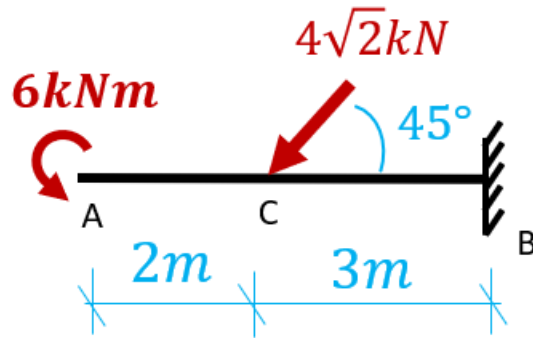
עבור הקורה המועמסת הנתונה באיור, דרוש:



- 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

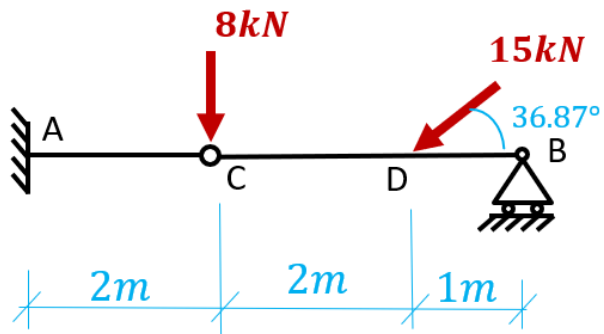
עבור הקורה המועמסת הנתונה באיור, דרוש:



- 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

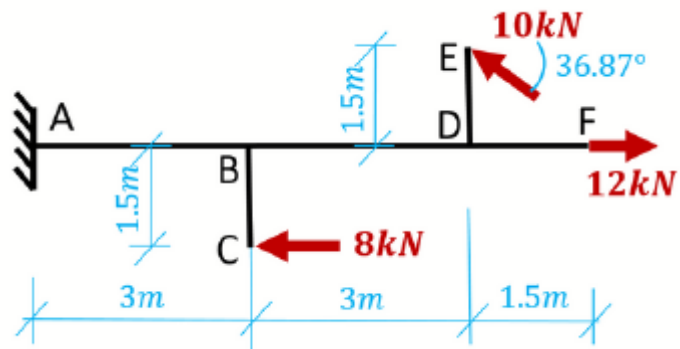
עבור הקורה המועמסת הנתונה באיור, דרוש:



- 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:

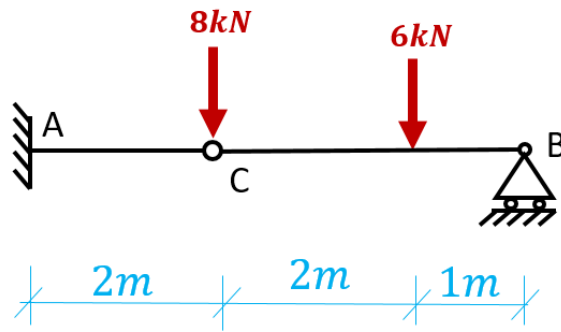


- א. תגובות תגובה בסמכים
- ב. חישוב ושרטוט מהלך כוחות ציריים
- ג. חישוב ושרטוט מהלך כוחות גזירה
- ד. חישוב ושרטוט מהלך מומנטי כפיפה

תרגיל מספר 7

עבור המבנה המועמס המתואר, דרוש לחשב ולשרטט:

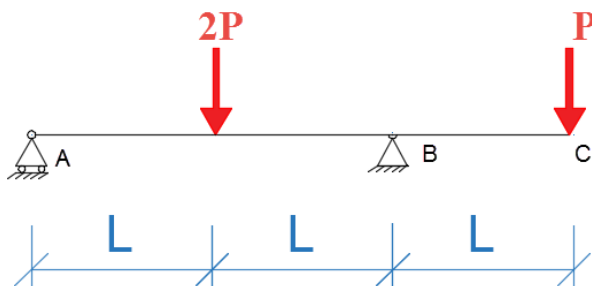
- א. מהלכי כוחות גזירה.
- ב. מהלכי מומנטי כפיפה.



תרגיל מספר 8

עבור המבנה המועמס המתואר, דרוש לחשב ולשרטט:

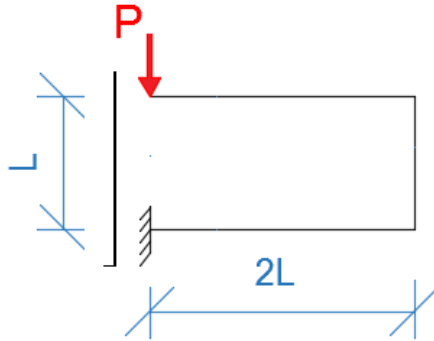
- א. מהלכי כוחות גזירה.
- ב. מהלכי מומנטי כפיפה.



תרגיל מספר 9

עבור המבנה המועמס המתואר, דרוש לחשב ולשרטט:

- א. מהלכי כוחות גזירה.
- ב. מהלכי מומנטי כפיפה.
- ג. מהלכי כוחות ציריים.

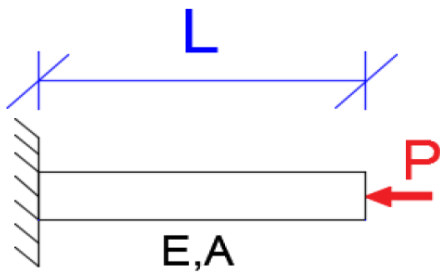


פרק 7

העמסה צירית – מאמצים ועיבורים

תרגיל מספר 1

נתון מוט אחיד העמוס בעומס P כמתואר:



$$P = 10 \text{ kN}$$

$$L = 4 \text{ m}$$

$$E = 12 \text{ GPa}$$

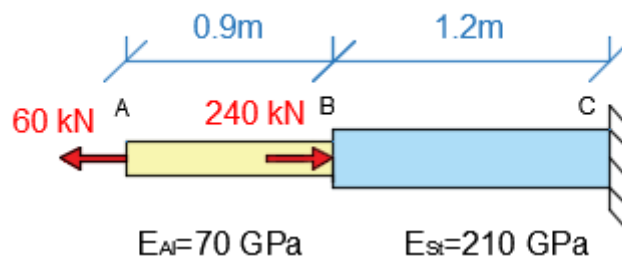
$$A = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

דרוש:

- העיבור.
- התקצרות המוט.
- מאמצים בחתך.

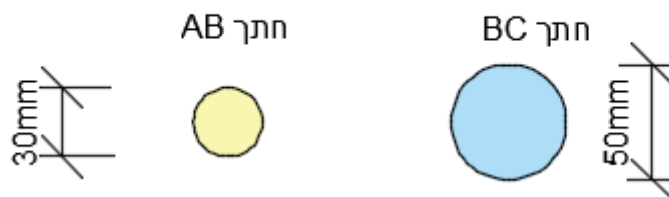
תרגיל מספר 2

נתון מוט עם חתך משתנה כמתואר:



דרוש:

- למצוא את המאמצים בפלדה ובאלומיניום.
- הזזה של נקודה B.
- הזזה של נקודה A.



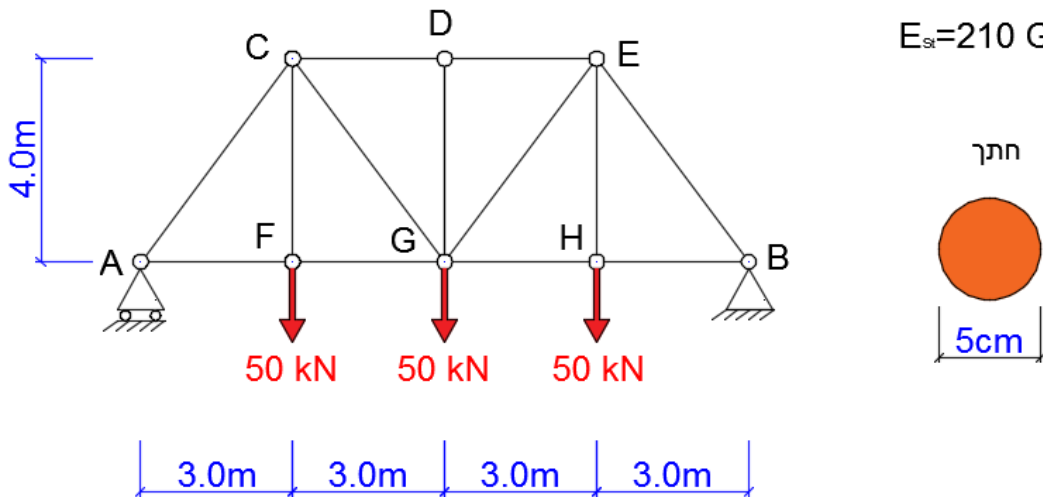
תרגיל מספר 3

במסבך המתואר, כל המוטות עשויים פלדה ובעלי אותו חתך כמתואר:

דרוש:

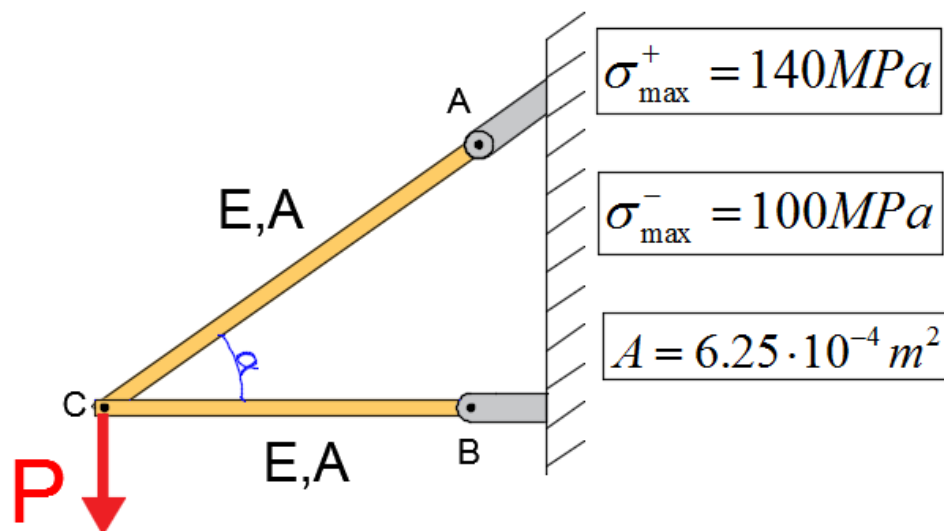
א. למצוא את המאמץ במוט CG

$$E_s = 210 \text{ GPa}$$



תרגיל מספר 4

נתון מסבך המורכב משני מוטות דו פרקיים המחוברים בנקודה C כמתואר. שני המוטות עשויים אותו חומר ולשניהם אותו שטח חתך נתון. מאמצים מותרים ללחיצה ומתיחה נתונים.

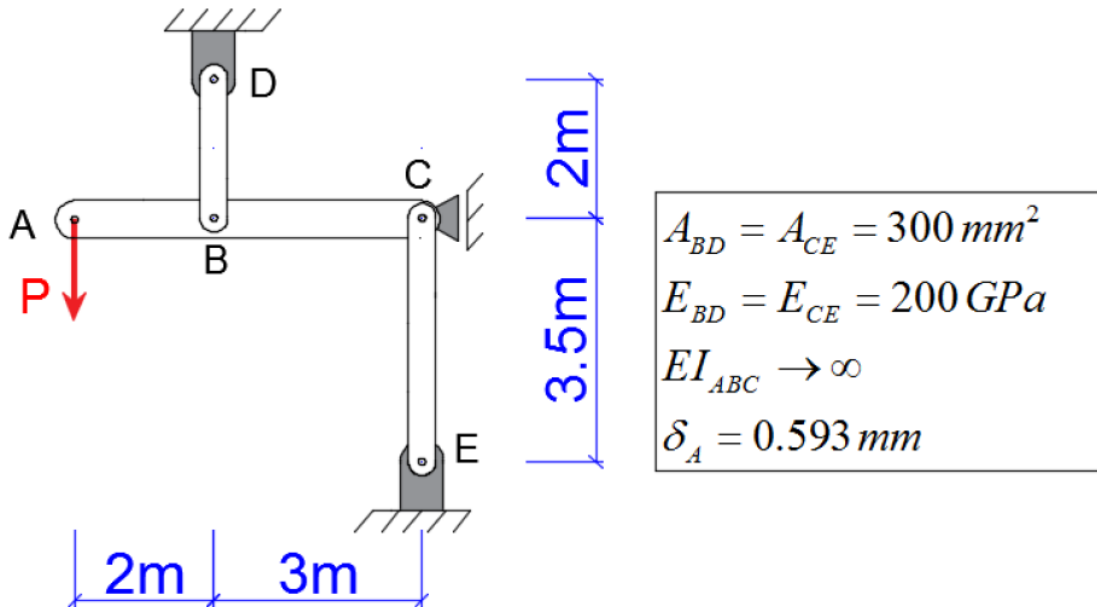


דרוש:

- מהי הזווית האופטימלית בין שני המוטות?
- ניצול מקסימלי של החומר יתקבל כאשר שני המוטות יגיעו למאמץ המותר בו זמנית (מהו העומס P המקסימלי עבור הזווית שהתקבלה בסעיף א'?)

תרגיל מספר 5

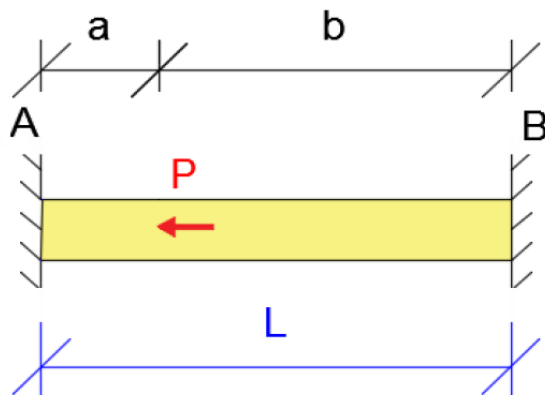
נתוני המוטות המרכיבים את המבנה נתונים בתרשים.
נתון כי בעקבות הפעלת הכוח, נקודה A שקעה בשיעור של 0.593 ס"מ.



דרוש:
א. למצוא את הכוח P.

תרגיל מספר 6

נתון מוט החסום בשני קצותיו.
מופעל עומס מרוכז עם כיוון הציר במיקום כמתואר.

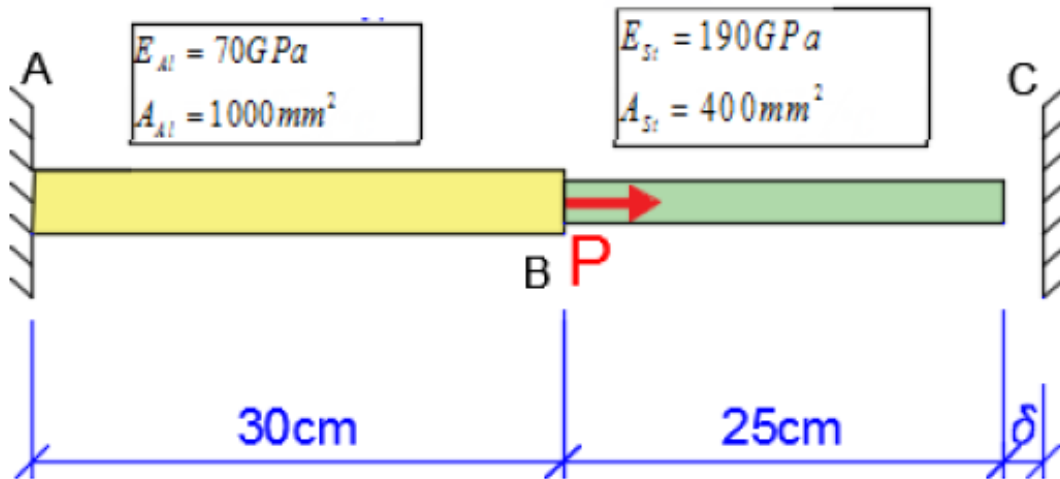


דרוש:
א. למצוא את הריאקציות בסמכים.
ב. לשרטט מהלך כוחות ציריים.

תרגיל מספר 7

נתון מוט עם חתך המשתנה בנקודה B.
 קטע AB עשוי אלומיניום וקטע BC עשוי פלדה.
 כל הנתונים הרלוונטיים באיור.
 ישנו מרווח של 0.05 ס"מ בין קצה מוט BC לבין הקיר.
 במצב זה, מופעל כח בגודל P בנקודה B.

$\delta = 0.05 \text{ cm}$

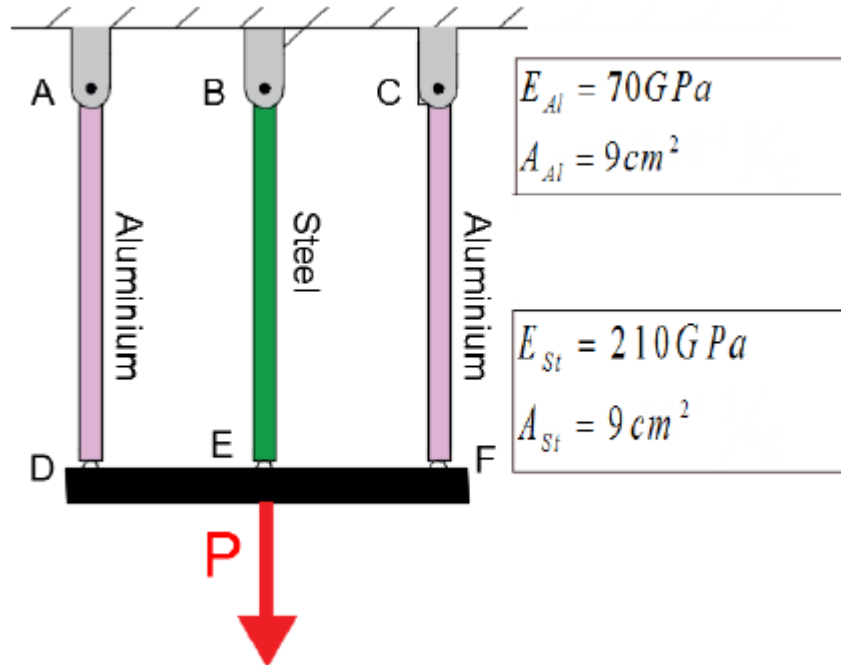


דרוש:

- א. מהו גודלו של הכוח $P=P_0$ הדרוש לסגירת הרווח?
- ב. עבור כוח $P=250 \text{ kN}$, נדרש לחשב ולשרטט גרפים עבור:
 1. מהלכי כוחות ציריים.
 2. מהלכי מאמצים.
 3. מהלכי הזזות.

תרגיל מספר 8

שני מוטות אלומיניום ומוט פלדה מחוברים לקורה קשיחה אינסופית כמתואר באיור. תכונות המוטות נתונים בתרשים. בנקודה E פועל כוח מרוכז P.

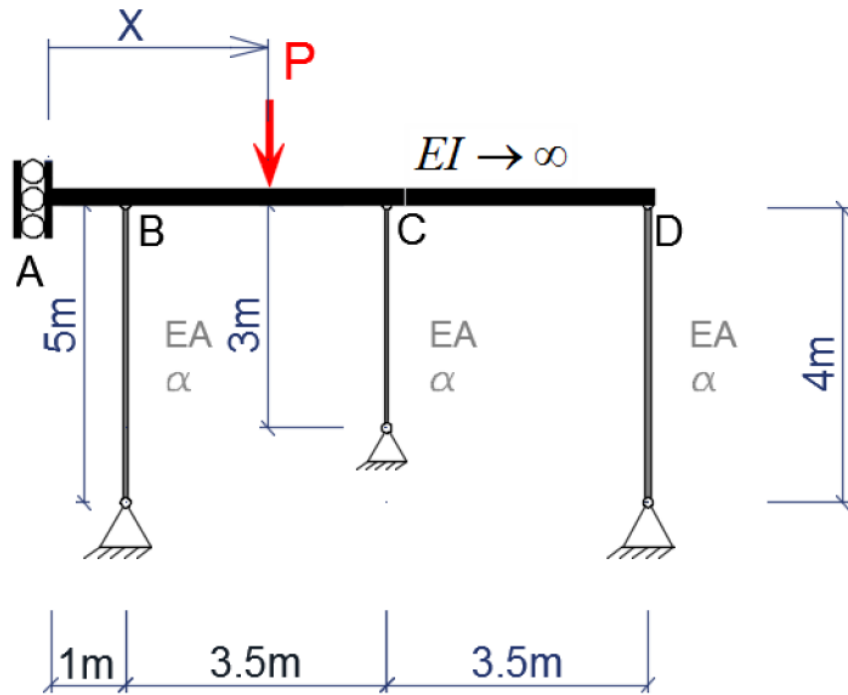


דרוש:
א. למצוא את הכוחות הציריים הפועלים בשלושת המוטות.

תרגיל מספר 9

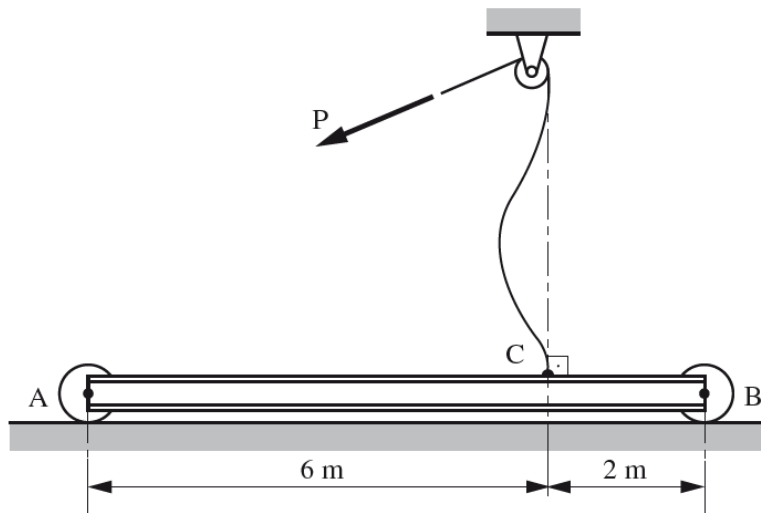
נתון המבנה שבאיור.
דרוש:

א. למצוא את מיקום הפעלת הכוח P (המרחק X) כך שמומנט הכפיפה בנקודה A יהיה שווה לאפס.



תרגיל מספר 10

לקורה AB, המתוארת באיור לשאלה 1, חתך אחיד לכל אורכה. לקורה שני גלגלים בקצותיה, והמסה של הקורה עם הגלגלים היא 100 kg. הקורה מונחת על משטח אופקי, וממצב זה מרימים אותה כלפי מעלה באמצעות הכבל. לאחר ההרמה הקצה B נמצא 3 m מעל המשטח, והקצה A מונח על המשטח.

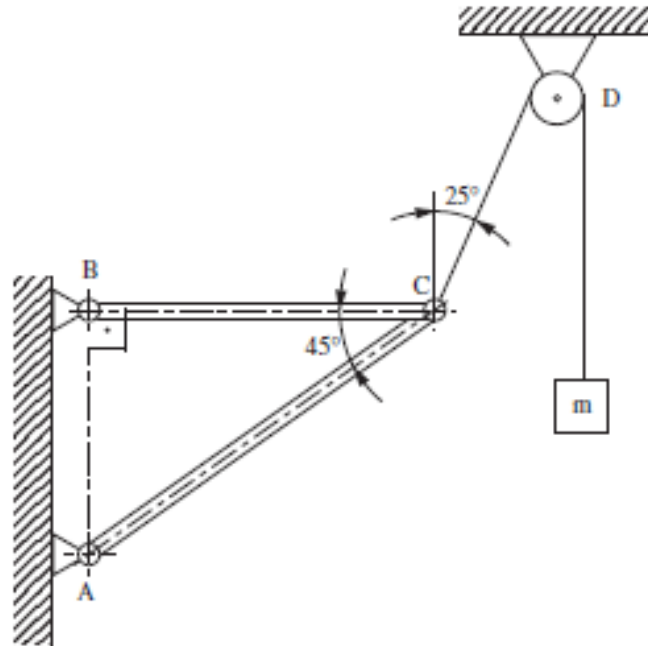


חשב את:

- א. כוח המשיכה, P, הדרוש להחזקת הקורה לאחר ההרמה.
- ב. כוח התגובה הפועל על הגלגל A, לאחר ההרמה.
- ג. הזווית שבין המשטח לבין הקורה, לאחר ההרמה.
- ד. המאמץ בכבל, אם שטח החתך שלו הוא 25 mm^2 .

תרגיל מספר 11

באיור לשאלה 1 מתואר מבנה מוטות קשיח, ACB, לשני המוטות (AC ו-BC) חתך אחיד לכל אורכם. המבנה נתמך על קיר אנכי באמצעות הסמכים A ו-B, נושא את המסה: $m = 300 \text{ kg}$, באמצעות כבל העובר על-פני גלגלת חסרת חיכוך, D, ומתחבר למבנה בנקודה C.



איור לשאלה.

- א. הצג דיאגרמת גוף חופשי של הצומת C.
- ב. חשב את ערכי הכוחות הפועלים במוטות AC ו-BC, וקבע איזה סוג מאמץ פועל בכל אחד משני המוטות.
- ג. בדוק אם מוטות המבנה עומדים בתנאי החזק.

נתונים:

תאוצת הכובד: $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

שטח החתך של כל אחד מהמוטות: $A = 40 \text{ mm}^2$

המאמצים המותרים בחומר המוטות:

למתיחה: $[\sigma_t] = 80 \text{ MPa}$

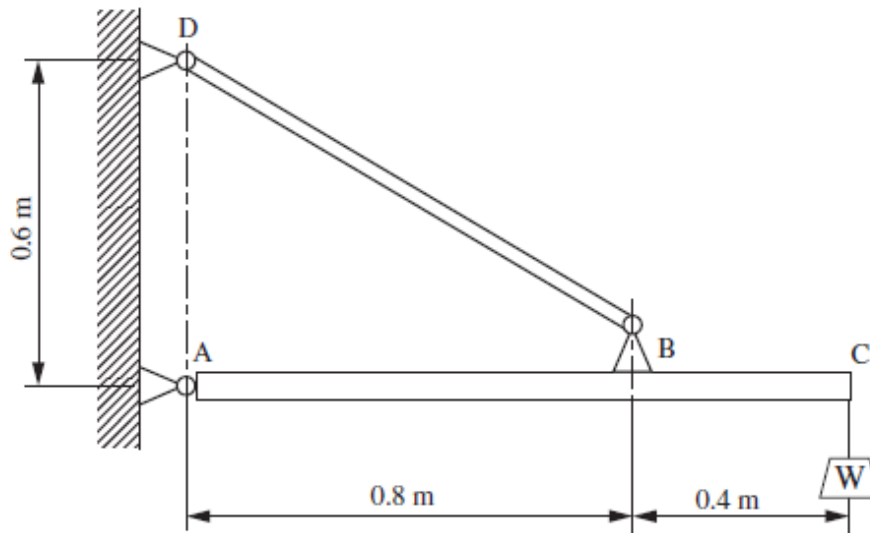
ללחיצה: $[\sigma_c] = 100 \text{ MPa}$

תרגיל מספר 12

באיור לשאלה מתוארת קורה ABC, קשיחה לחלוטין, הנתמכת על ידי פרק A ומוט BD. בקצה C של הקורה תלויה משקולת W. כל מידות המרחקים נתונות באיור.

נתונים:

1. חתכו של המוט BD הוא ריבוע שצלעו: $a = 5 \text{ mm}$
2. מאמץ הכניעה של חומר המוט הוא: $\sigma_y = 250 \text{ MPa}$
3. מקדם הבטיחות הנדרש עבור המוט הוא: $k = 2.5$



איור לשאלה

- א. מהו כוח המתיחה המרבי שמוותר להפעיל על המוט BD ?
- ב. הנח שעל המוט BD פועל כוח מתיחה שערכו 2,000 N.
 1. סרטט דג"ח של הקורה ABC.
 2. חשב את ערכו של כוח התגובה השקול בפרק A ואת משקל המשקולת W, אם ידוע שהקורה נמצאת בשיווי משקל.

תרגיל מספר 13

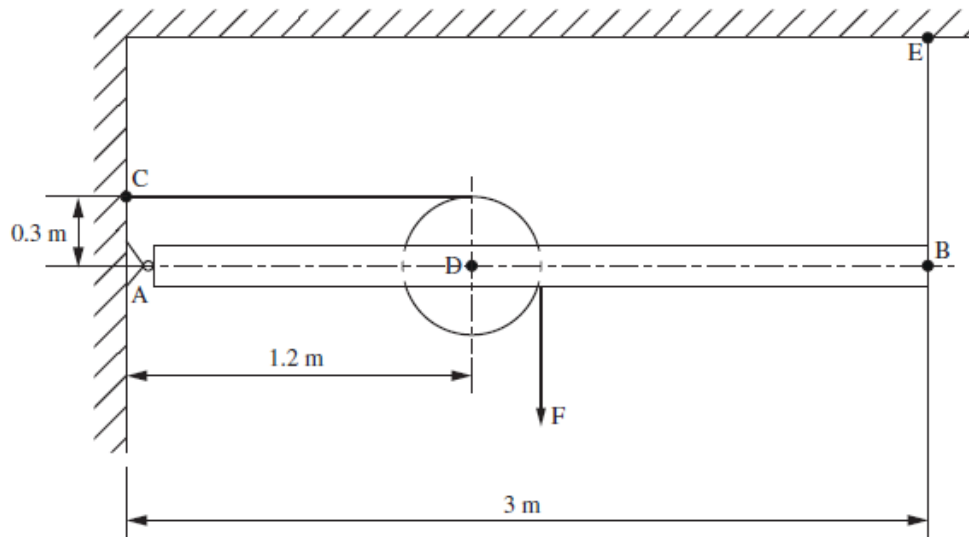
באיור לשאלה מתוארת קורה AB, קשיחה לחלוטין, הנתמכת על-ידי פרק A וכבל BE. הכבל מורכב ממספר לא ידוע של חוטי פלדה. בנקודה D של הקורה מותקנת גלגלת בעלת רדיוס של 0.3 m. על הכבל, המחובר לקיר בנקודה C ועובר דרך הגלגלת, פועל כוח אנכי, F. כל המידות נתונות באיור.

נתונים:

1. הקוטר של כל חוט פלדה בכבל BE: $d = 1 \text{ mm}$

2. מאמץ המתיחה המותר בחומר חוטי הפלדה הוא: $[\sigma] = 120 \text{ MPa}$

3. כוח המתיחה בכבל BE הוא: $T = 6 \text{ kN}$

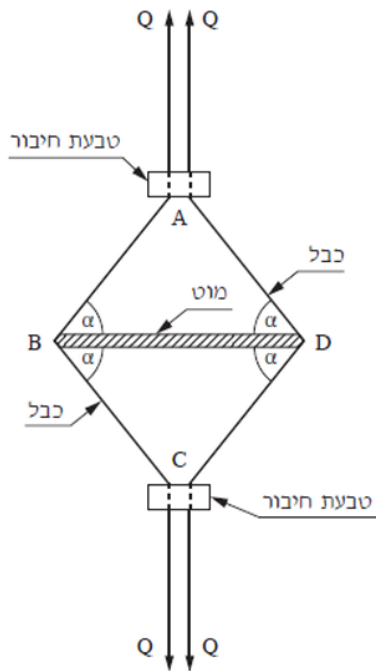


איור לשאלה

- א. חשב את המספר המזערי (המינימלי) של חוטי הפלדה הדרוש בכבל BE.
- ב. סרטט דג"ח של הגלגלת ודג"ח של הקורה AB.
- ג. מצא את גודלו ואת כיוונו של כוח התגובה השקול בפרק A ואת ערכו של הכוח F, אם ידוע שהקורה מצויה בשיווי-משקל.

תרגיל מספר 14

באיור לשאלה זו מתוארת מערכת הכוללת שני כבלים זהים. הכבלים עשויים מחוטי פלדה ומופרדים ביניהם על-ידי מוט BD. כל כבל נמתח על-ידי כוח Q.



- נתונים:**
- מספר חוטי הפלדה בכל כבל: $n = 50$
 - הקוטר של כל חוט פלדה: $d = 1 \text{ mm}$
 - מאמץ המתחה הקיים בכל חוט פלדה: $\sigma = 100 \text{ MPa}$
 - מאמץ הלחיצה המותר בחומר המוט: $\sigma = 120 \text{ MPa}$
 - $BD = 150 \text{ mm}$, $AB = BC = CD = DA = 250 \text{ mm}$

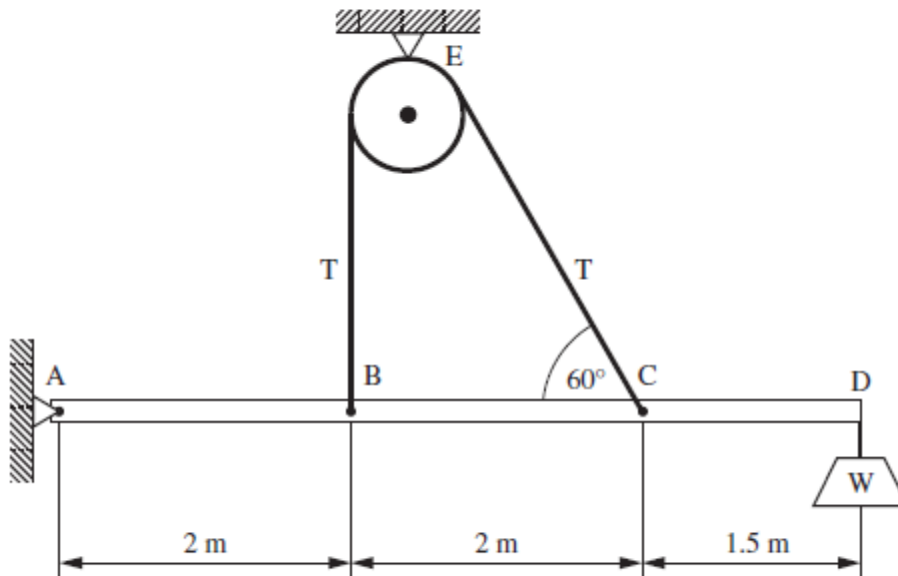
א. חשב את הכוח Q.

ב. ללא קשר לתוצאה שקיבלת בסעיף א', הנח בסעיף זה ש- $Q = 3 \text{ kN}$.

1. חשב את כוח הלחיצה במוט BD.
2. חתך המוט BD הוא ריבוע בעל צלע באורך a. מה צריך להיות ערכו המינימלי של a כדי שהמוט יעמוד בכוח הלחיצה שחישבת בסעיף ב'?

תרגיל מספר 15

באיור לשאלה זו מתוארת קורה ABCD, הנתמכת על-ידי פרק A, וקשורה לתקרה באמצעות כבל BEC. הכבל מורכב ממספר לא ידוע של חוטי פלדה. בנקודה D של הקורה תלויה משקולת W. כל המידות נתונות באיור.



איור לשאלה 1

נתוני הכבל BEC :

- הקוטר של כל חוט פלדה בכבל: $d = 1 \text{ mm}$
- מאמץ המתיחה המותר של כל חוט פלדה: $[\sigma] = 120 \text{ MPa}$
- כוח המתיחה בכבל: $T = 6 \text{ kN}$

- א. חשב את המספר המזערי (המינימלי) של חוטי פלדה הדרוש לכבל BEC.
- ב. סרטט דג"ח (דיאגרמת גוף חופשי) לקורה ABCD. סמן בסרטוט את הכוחות הפועלים על הקורה.
- ג. חשב את ערכו של המשקל W ואת ערכו של כוח התגובה השקול בפרק A, אם ידוע שהקורה נמצאת בשיווי-משקל.

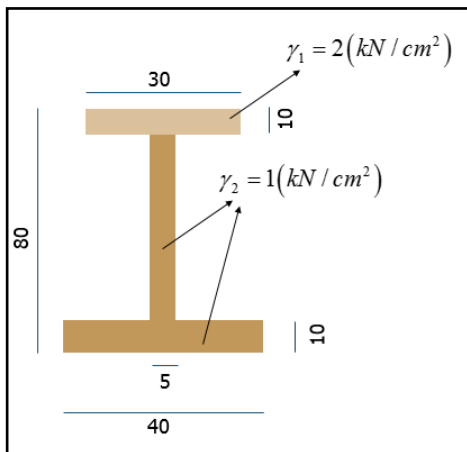
פרק 8

תכונות של שטחים וגופים

תרגיל מספר 1:

עבור החתך הנתון נדרש למצוא:

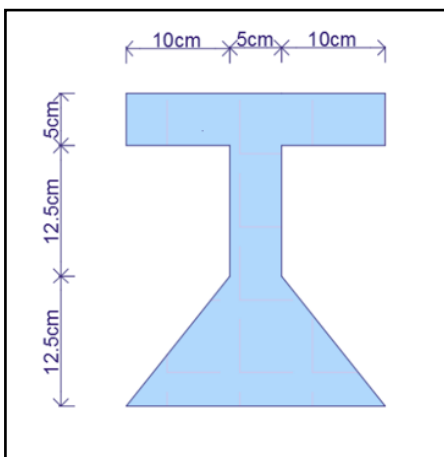
- מרכזית החתך
- מרכז כובד
- מומנט אינרציה סביב ציר מרכזית בחתך I_x
- מומנט אינרציה סביב מרכזית החתך I_y
- מומנט אינרציה סביב ציר X בתחתית הצורה



תרגיל מספר 2:

עבור החתך הנתון נדרש למצוא:

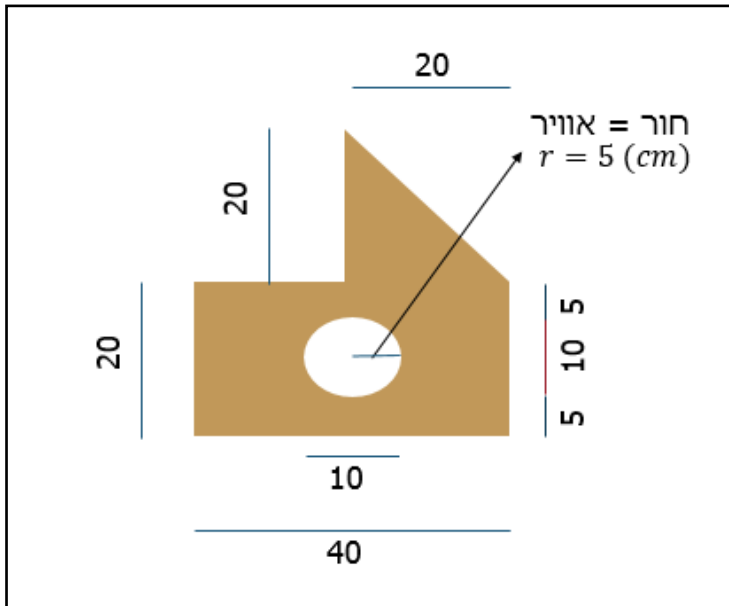
- מרכזית החתך
- מומנט אינרציה סביב ציר X



תרגיל מספר 3:

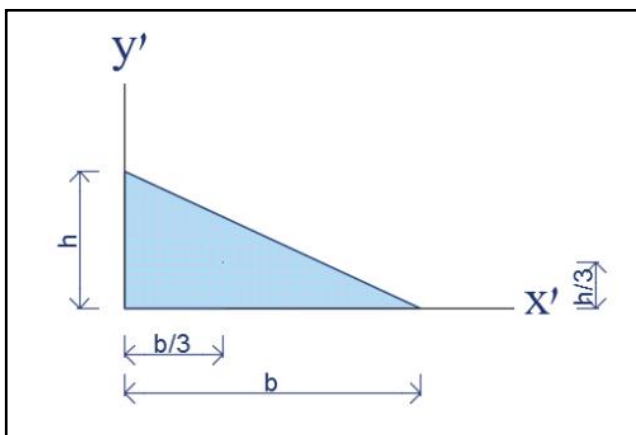
עבור החתך הנתון נדרש למצוא:

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



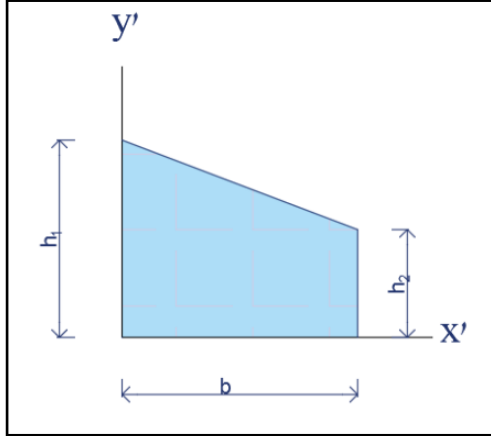
תרגיל מספר 4:

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



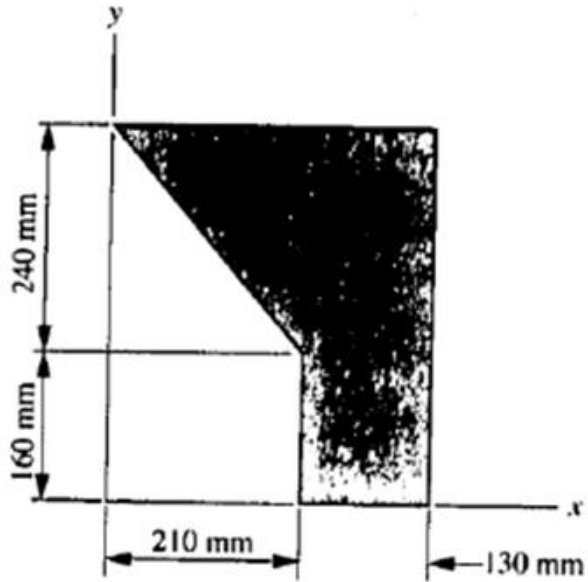
תרגיל מספר 5:

עבור החתך הנתון נדרש לפתח נוסחה לקביעת מיקום המרכזית Y_c



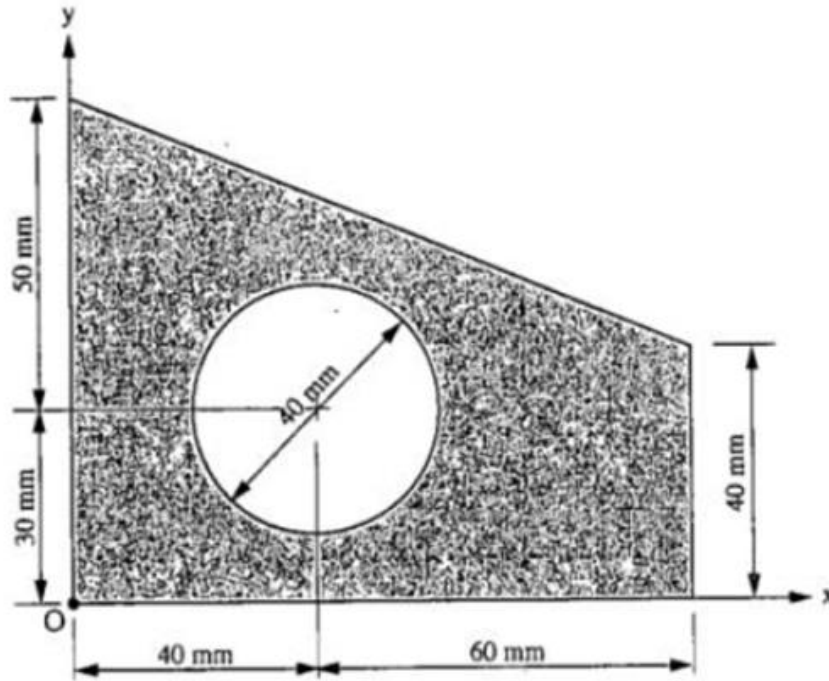
תרגיל מספר 6

חשב את הקואורדינטות של מרכז הכובד של השטח הכהה במערכת הצירים x ו- y באיור לשאלה.



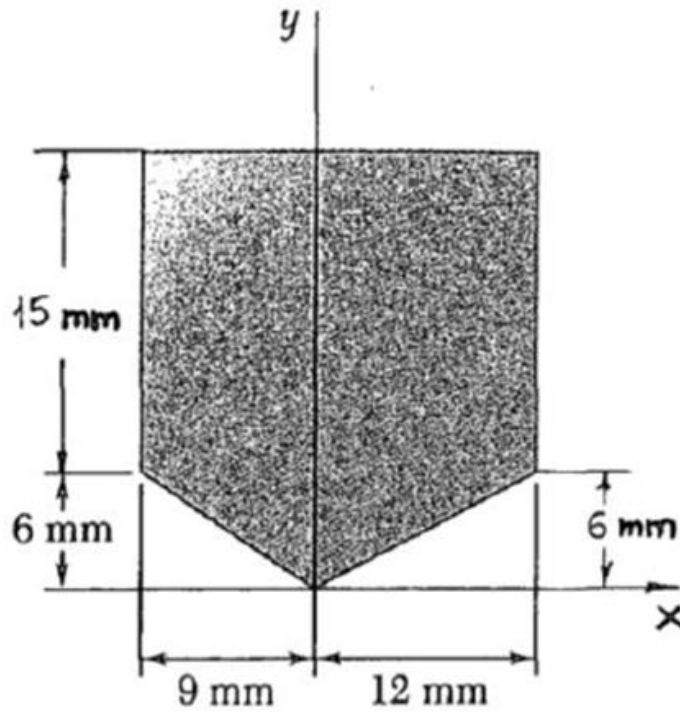
תרגיל מספר 7

חשב את הקואורדינטות של מרכז הכובד של השטח הכהה במערכת הצירים הנתונה באיור לשאלה.



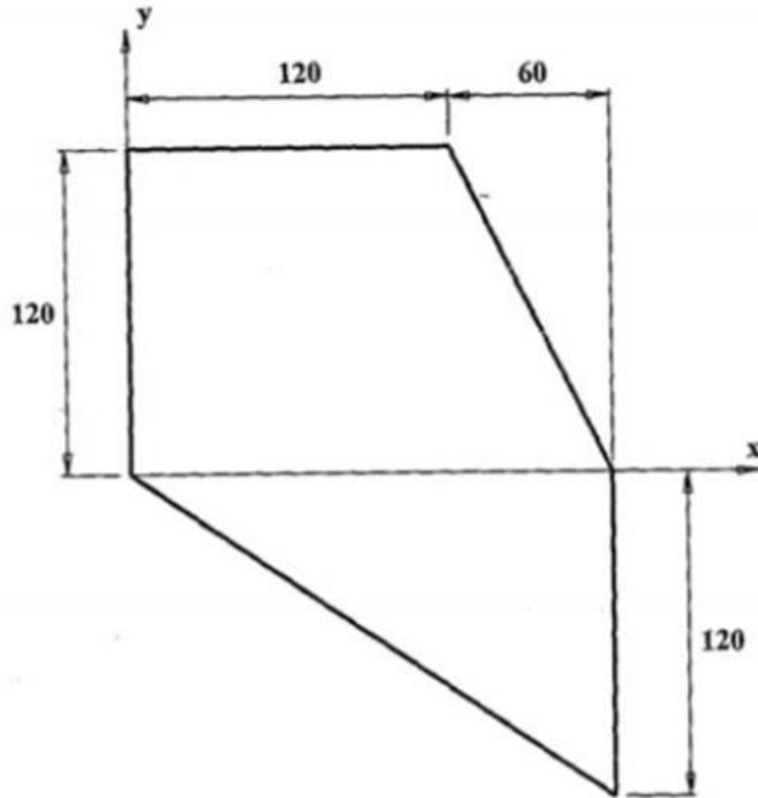
תרגיל מספר 8

חשב את קואורדינטות מרכז השטח המתואר בתרשים.



תרגיל מספר 9

חשב את מרכז הכובד של הלוח האחיד, המתואר בתרשים.
המידות נתונות בתרשים במ"מ.



תרגיל מספר 10

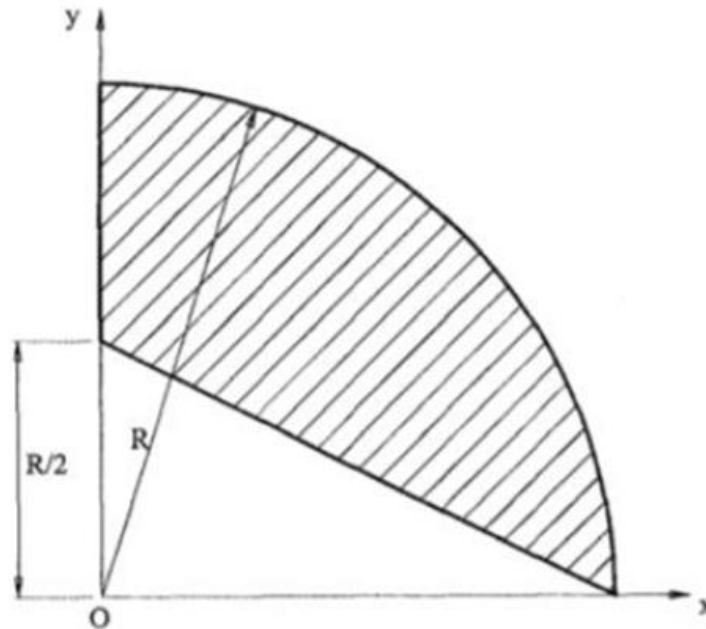
השטח המקווקו של הלוח האחיד הדק, המתואר בתרשים, מורכב מרבע עיגול, שחתכו ממנו משולש ישר זווית.

רדיוס המעגל: $R=100\text{ mm}$.

חשב את קואורדינטות מרכז הכובד של השטח המקווקו.

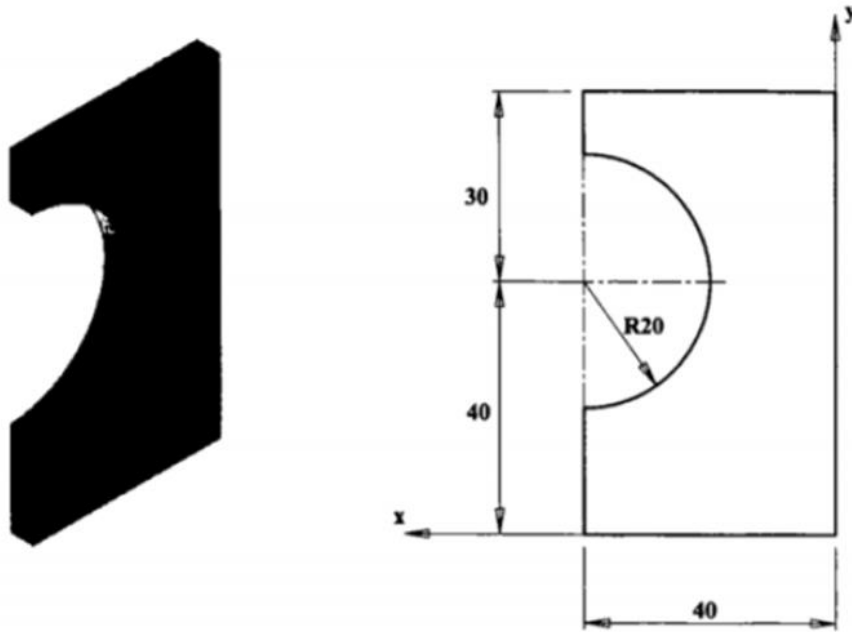
הערה:

מרכז הכובד של רבע עיגול בעל רדיוס R שווה: $X_c = Y_c = \frac{4R}{3\pi}$



תרגיל מספר 11

עבור הלוח האחיד הדק, המתואר בתרשים. חשב את קואורדינטות מרכז הכובד.

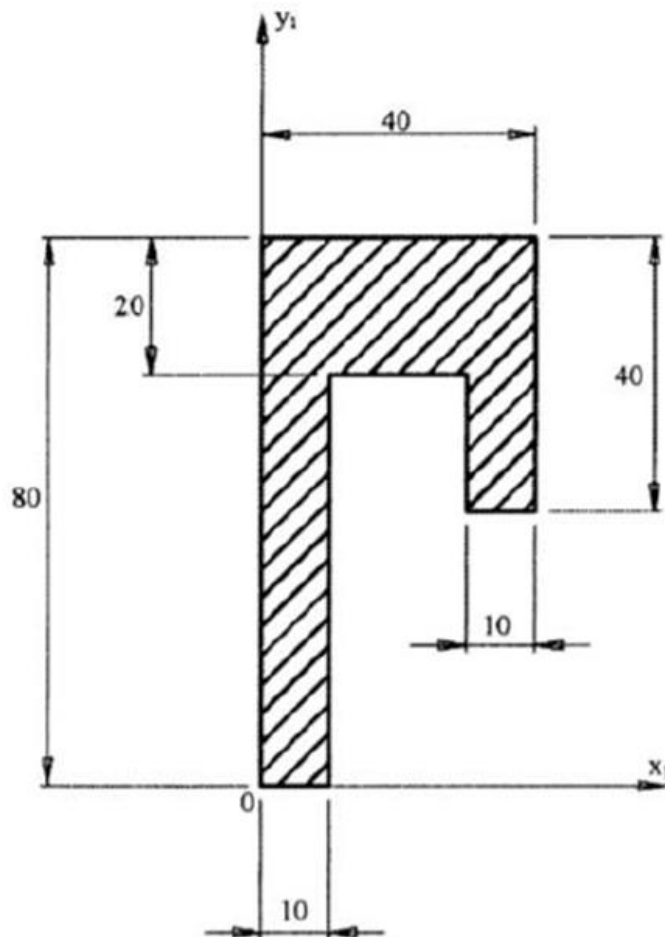


תרגיל מספר 12

עבור הצורה המישורית המקווקות בתרשים :

- א. חשב את קואורדינטות מרכז הכובד כלפי הצירים x ו- y .
- ב. מה יהיה שיעורו של המומנט הסטטי של הצורה המישורית כלפי הציר x , העובר דרך מרכז הכובד שלה (מתבקשת תשובה ללא חישובים).

המידות נתונות בתרשים במ"מ.



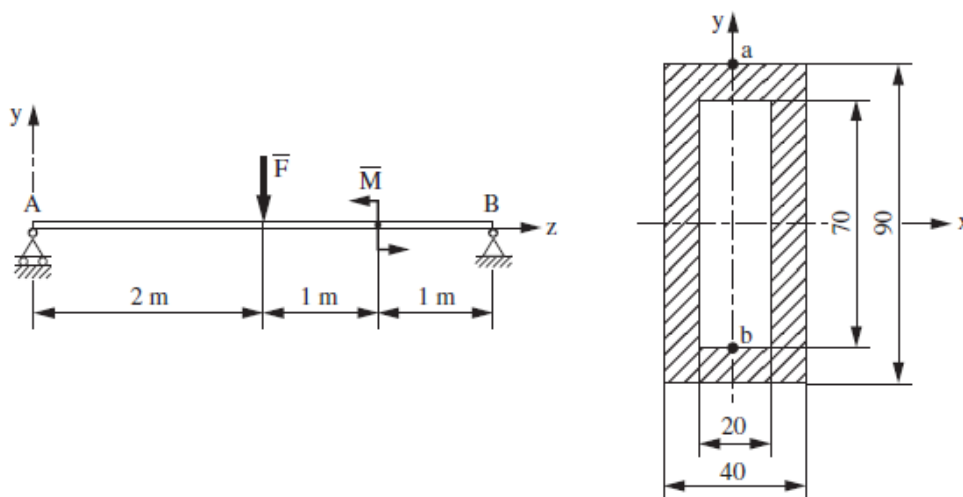
פרק 9

מאמצים הנובעים מכפיפה

תרגיל מספר 1

לקורה המתוארת באיור לשאלה 1 חתך מלבני חלול. על הקורה פועל הכוח \bar{F} ומומנט \bar{M} .
 $M = 2 \text{ kNm}$; $F = 8 \text{ kN}$

החתך העמוס ביותר של הקורה



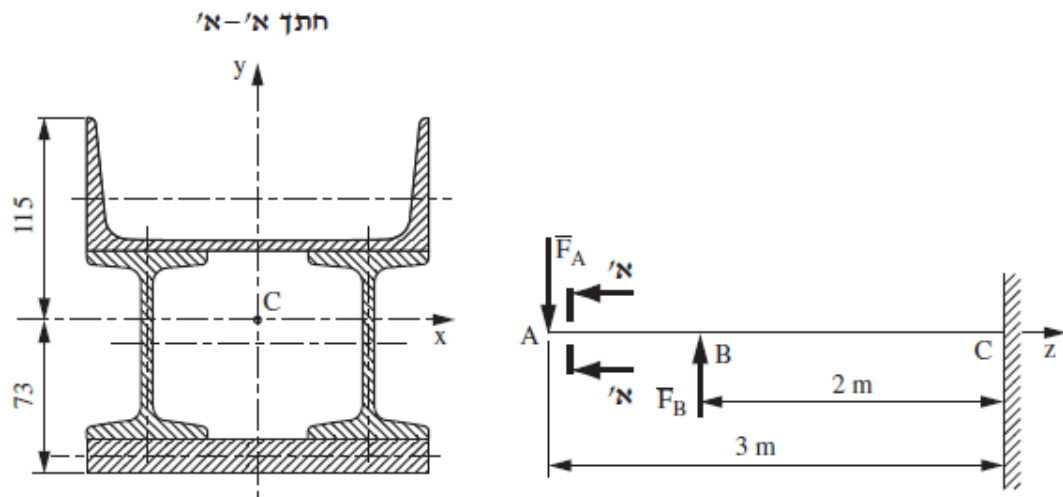
איור לשאלה 1

- חשב את הערכים של כוחות הגזירה ושל מומנטי הכפיפה לאורך הקורה והצג את מהלכיהם.
- חשב את המאמצים הנורמליים בנקודות a ו-b של החתך העמוס ביותר.
- חשב את המאמץ הטנגנטי המרבי בקורה.

תרגיל מספר 2

הקורה המתוארת באיור לשאלה 1 רתומה בקיר בקצה C ועמוסה בשני כוחות המאונכים לה בנקודות A ו-B. $\bar{F}_B = 15 \text{ kN}$; $\bar{F}_A = 5 \text{ kN}$.

הקורה אחידה לכל אורכה וחתך א'-א' שלה נתון אף הוא באיור. (שים לב: המידות בחתך הן במ"מ). מומנט ההתמד של החתך ביחס לציר הניטרלי x הוא: $I_x = 2,190 \text{ cm}^4$.



- א. בנה את המהלכים של כוחות הגזירה ואת המהלכים של מומנטי הכפיפה, לאורך הקורה.
- ב. בנה את מהלך המאמצים הנורמליים המרביים בחתכים שלאורך הקורה.
- ג. בדוק אם הקורה תעמוד בתנאי החוזק, אם נתון שהמאמץ המותר לחומר הקורה הוא: $[\sigma] = 150 \text{ MPa}$.

3 ד

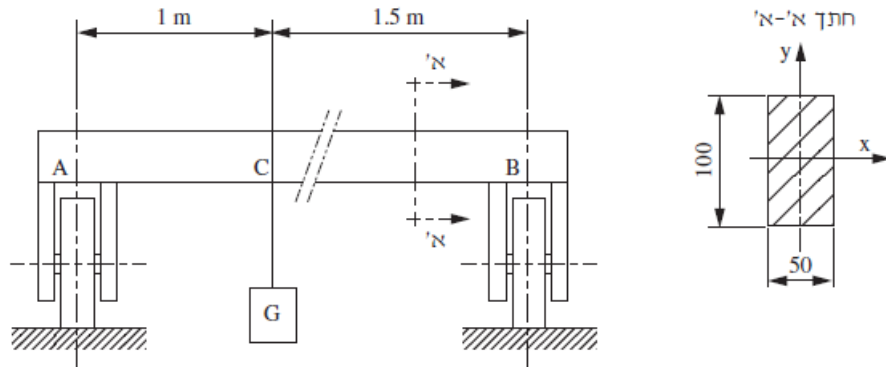
תרגיל מספר 3

הקורה האופקית המתוארת באיור לשאלה 3 נתמכת על שני הגלגלים, A ו-B, ועמוסה באמצעות המשקולת G בחתך C.

הקורה עשויה מפלדה SAE 1010 שמאמץ הכניעה שלה הוא: $\sigma_y = 180 \text{ MPa}$, והיא בעלת חתך אחיד לכל אורכה.

משקל הקורה: $G = 5 \text{ kN}$

מקדם הבטיחות לעבודת הקורה: $K = 1.7$

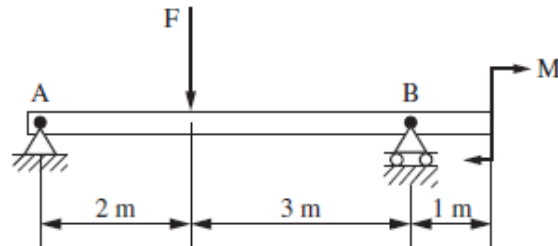


איור לשאלה.

- א. בנה את המהלכים של כוחות הגזירה ואת המהלכים של מומנטי הכפיפה לאורך הקורה.
- ב. חשב את המאמץ המרבי (המקסימלי) בקורה.
- ג. בדוק אם הקורה עומדת בתנאי החוזק.

תרגיל מספר 4

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



איור לשאלה 3

נתונים:

$F = 3 \text{ kN}$ -

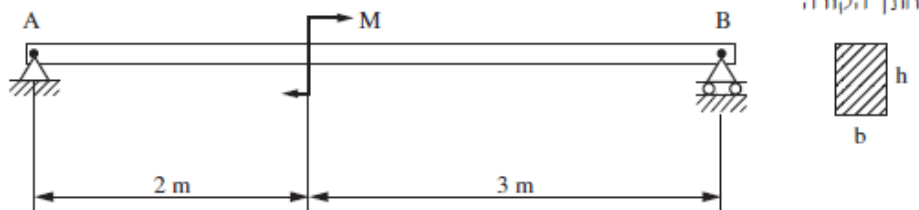
$M = 2,000 \text{ N} \cdot \text{m}$ -

המאמץ המותר של חומר הקורה: $[\sigma] = 140 \text{ MPa}$ -

- 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.
- ג. ללא קשר לתוצאות שקיבלת בסעיפים א' ו-ב', הנח שמומנט הכפיפה המקסימלי שפועל בחתך המסוכן בקורה הוא $M_{\max} = 2.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$. חשב את הקוטר המינימלי הדרוש לחתך הקורה.

שאלה 5

באיור א' לשאלה זו מתוארת קורה בעלת חתך מלבני מלא, הנתמכת על ידי שני הסמכים A ו-B. על הקורה פועל מומנט M.

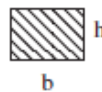


איור א' לשאלה

נתונים:

- המומנט הפועל על הקורה: $M = 2 \text{ kN} \cdot \text{m}$
- רוחב החתך של הקורה: $b = 30 \text{ mm}$
- גובה החתך של הקורה: $h = 40 \text{ mm}$
- המאמץ המותר של חומר הקורה: $[\sigma] = 160 \text{ MPa}$

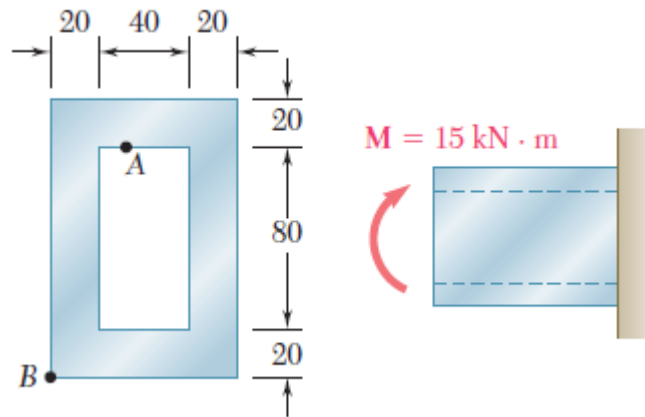
- א. חשב את כוחות התגובה בסמכים A ו-B.
- ב. סרטט במחברתך את מהלך כוחות הגזירה ואת מהלך מומנטי הכפיפה לאורך הקורה, ומצא את החתך המסוכן בקורה.
- ג. קבע באמצעות חישוב אם הקורה עומדת בחוזק לכפיפה.
- ד. מסובבים את הקורה ב- 90° , כמתואר באיור ב' לשאלה. קבע באמצעות חישוב אם במוצב זה הקורה תעמוד בחוזק לכפיפה.



איור ב' לשאלה 3

שאלה 6

נתונה קורה זיזית מועמסת במומנט כפיפה כמתואר באיור.
מידות החתך נתונות במ"מ.

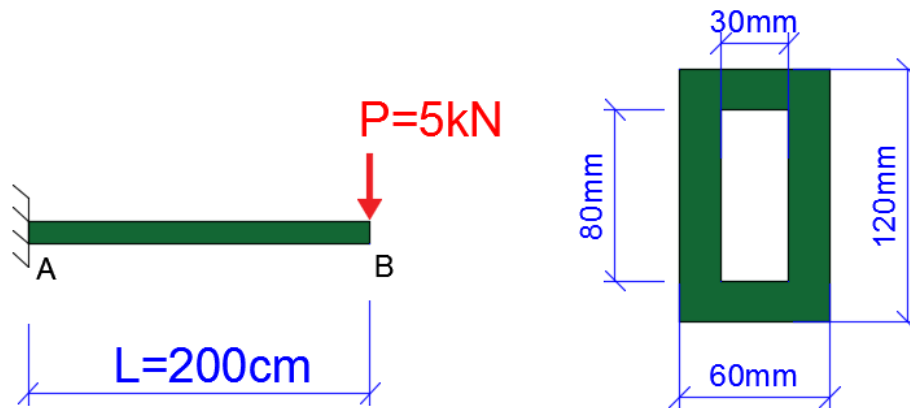


דרוש לקבוע מהם המאמצים הנורמליים בנקודות A ו-B המסומנות בחתך.

שאלה 7

נתונה קורה זיזית הרתומה בקצה A ומועמסת בכוח מרוכז בקצה B.
מידות החתך נתונות במ"מ.

$$\sigma_{all} = 140 MPa$$

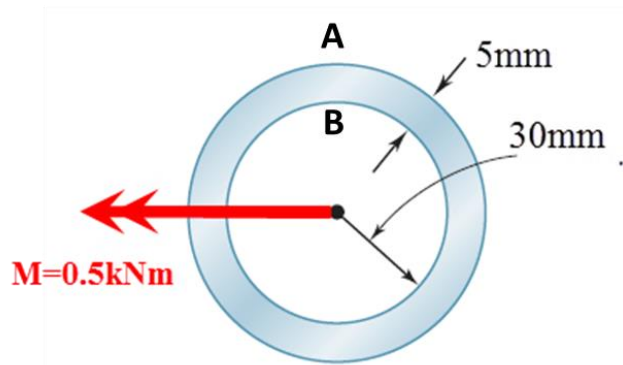


דרוש :

- א. מומנט תסבולת של החתך.
- ב. מאמץ צירי מקסימלי בחתך ומיקומו.

שאלה 8

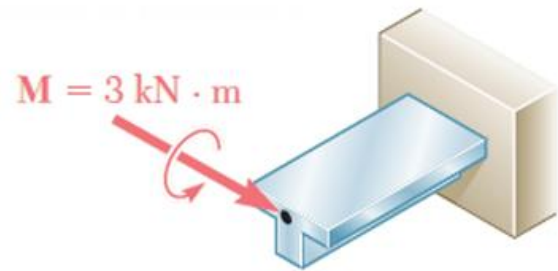
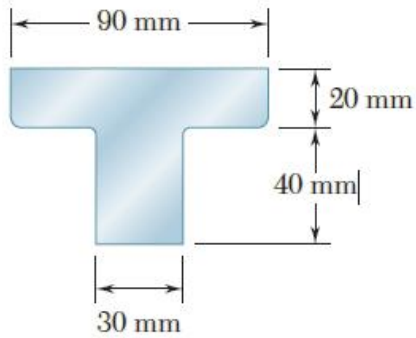
נתונה קורה זיזית מועמסת במומנט כפיפה כמתואר באיור.
חתך הקורה עגול חלול.
מידות החתך נתונות במ"מ.



דרוש לקבוע מהם המאמצים הנורמליים בנקודות A ו-B המסומנות בחתך.

שאלה 9

על קצה הזיז פועל מומנט מרוכז כמתואר.
מודול האלסטיות $E=165\text{GPa}$.



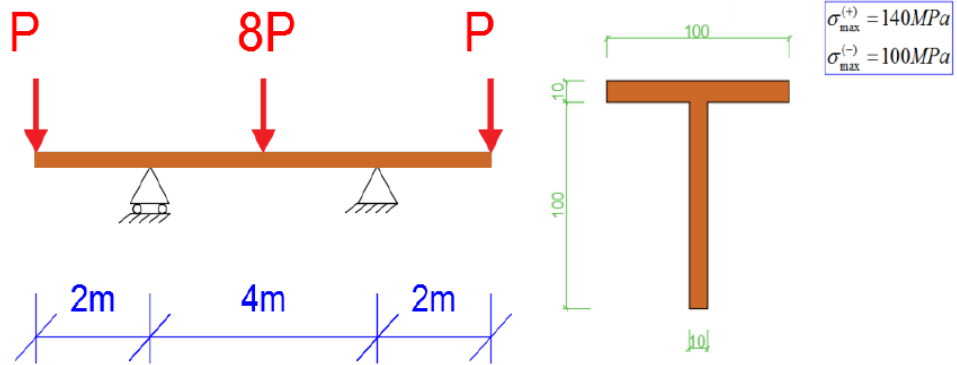
דרוש :

א. מאמץ מתיחה ולחיצה מקסימליים בחתך.

שאלה 10

נתונה קורה עמוסה כמתואר.

מידות החתך נתונות במ"מ.



דרוש:

- מומנט תסבולת של החתך למומנט כפיפה חיובי ולמומנט כפיפה שלילי.
- מהלכי מומנטים וכוחות גזירה לאורך הקורה.
- מהו P_{\max} שאפשר להפעיל על הקורה בהתחשב בכפיפה?