

כפיפה של קורות

- בעיות לא מסוימות סטטית, סופרפוזיציה
- דגמאות
- משוואה דיפרנציאלית של סדר 4

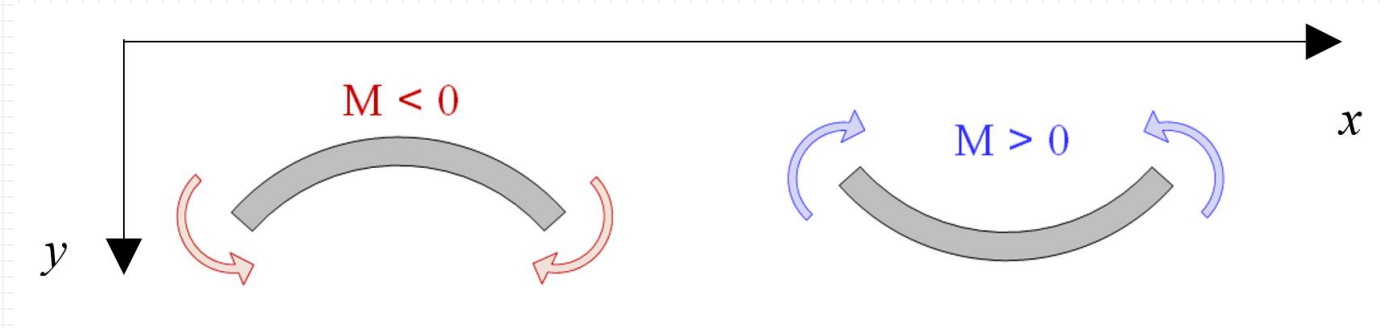
קשר מומנט - עקמומיות

$$M = -EI_{zz} \kappa \approx -EI_{zz} \frac{d^2 v}{dx^2}$$

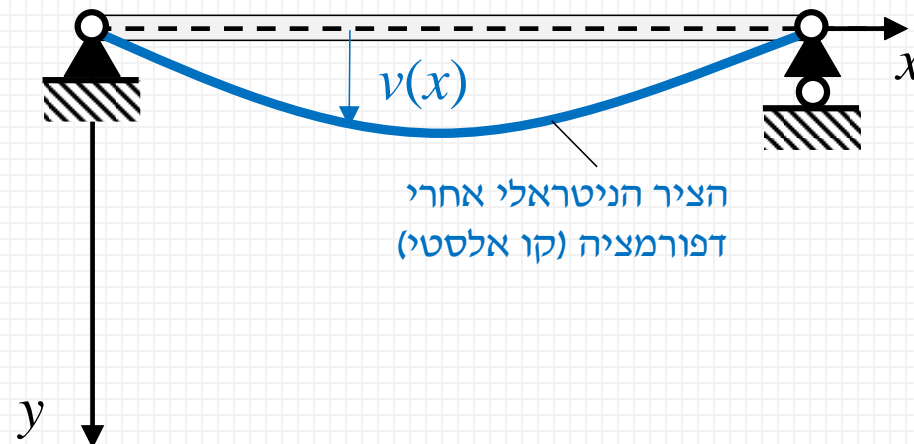
משוואה דיפרנציאלית של
הקו האלסטי של קורה

$$EI_{zz} \frac{d^2 v}{dx^2} = -M(x) \quad \text{or} \quad EI_{zz} v'' = -M(x)$$

סכס סמנים של המומנטים



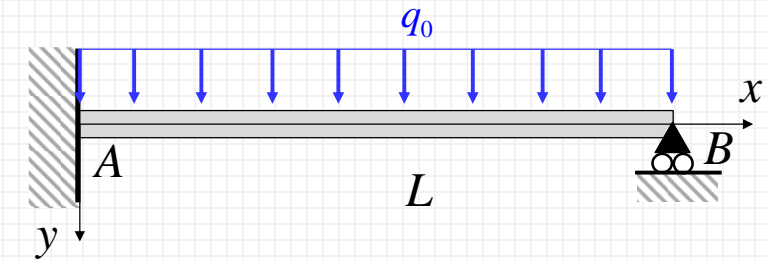
שקיעה היא שקיעה של **הציר הניטרלי**



דגמה 5 – בעיה לא מסוימות סטטית, כוח מפולג, סיכום

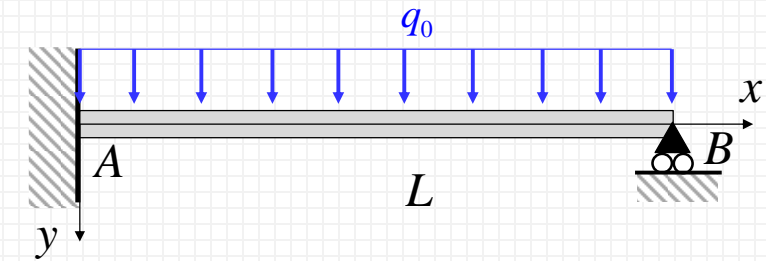
דגמה 5 – בעיה לא מסוימות סטטית, כוח מפולג, סיכום

למצוא: פונקציית השקיעה



דגמה 5 – בעיה לא מסוימות סטטית, כוח מפולג, סיכום

למצוא: פונקציית השקיעה פתרון

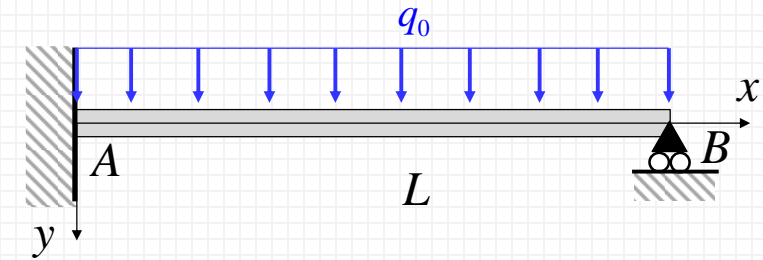


דגמה 5 – בעיה לא מסוימות סטטית, כוח מפולג, סיכום

למצוא: פונקציית השקיעה

פתרון

-שחרור אחד מהאילוצים

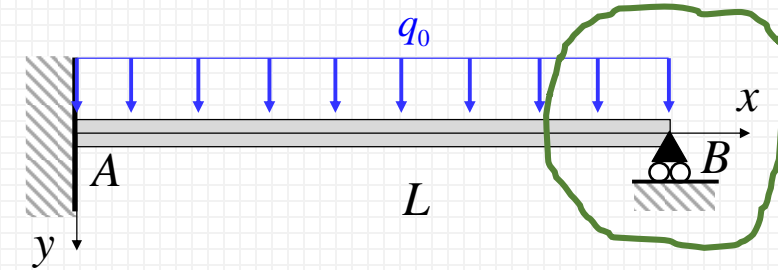


דגמה 5 – בעיה לא מסוימות סטטית, כוח מפולג, סיכום

למצוא: פונקציית השקיעה

פתרון

-שחרור אחד מהאילוצים

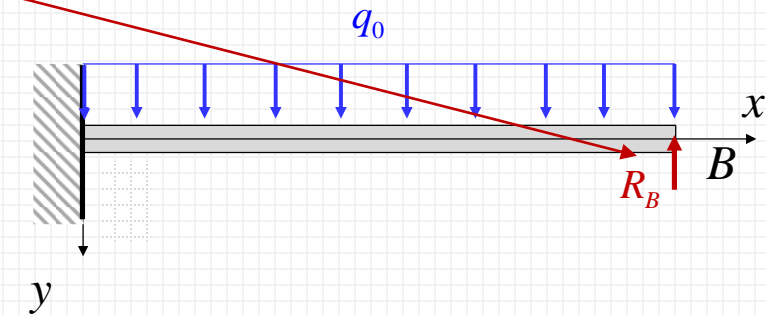
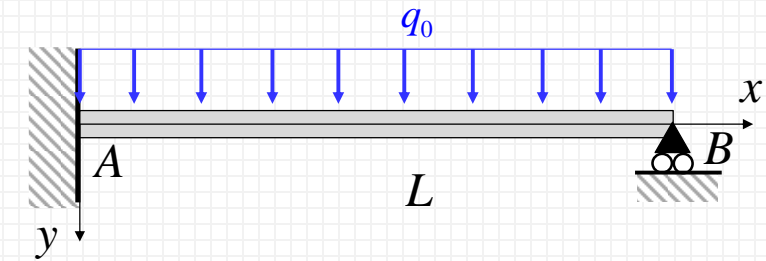


דגמה 5 – בעיה לא מסוימות סטטית, כוח מפולג, סיכום

פתרון

למצוא: פונקציית השקיעה

-שחרור אחד מהאילוצים, החלפת האילוץ על ידי **ריאקציה לא ידועה**

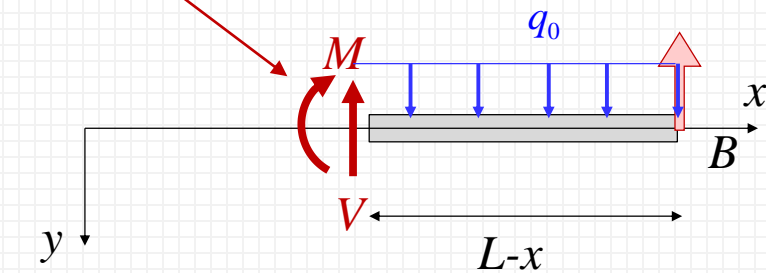
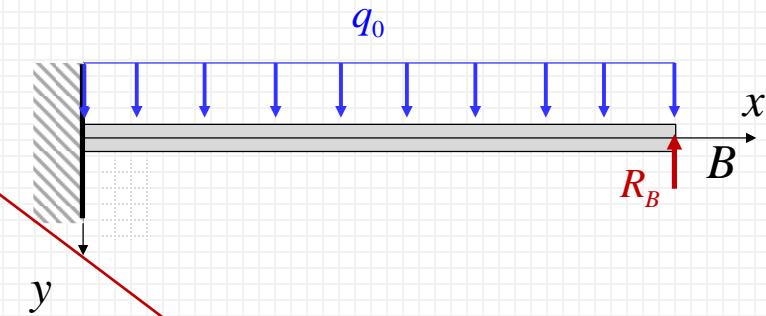
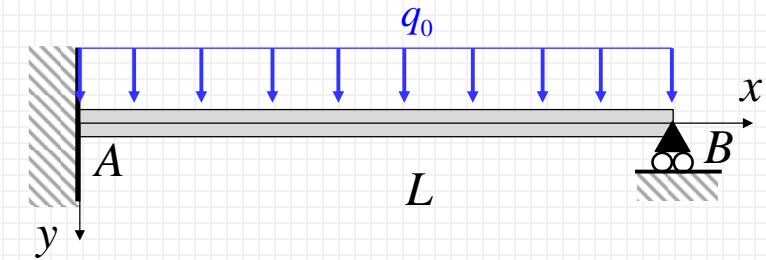


דגמה 5 – בעיה לא מסוימות סטטית, כוח מפולג, סיכום

פתרון

- שחרור אחד מהאילוצים, החלפת האילוץ על ידי **ריאקציה לא ידועה**
- קיום שיווי משקל של החלק של הקורה

למצוא: פונקציית השקיעה



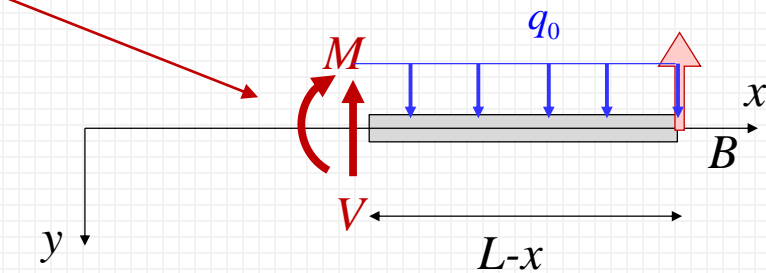
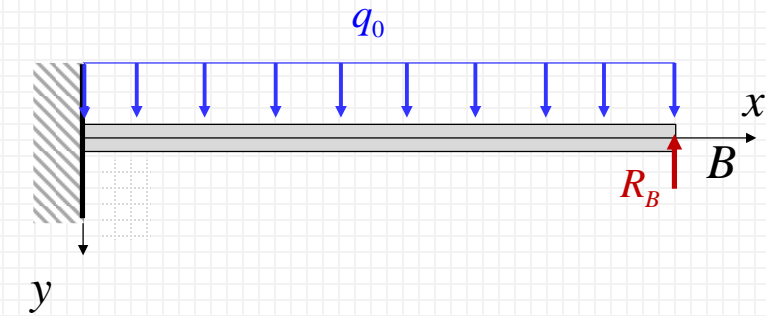
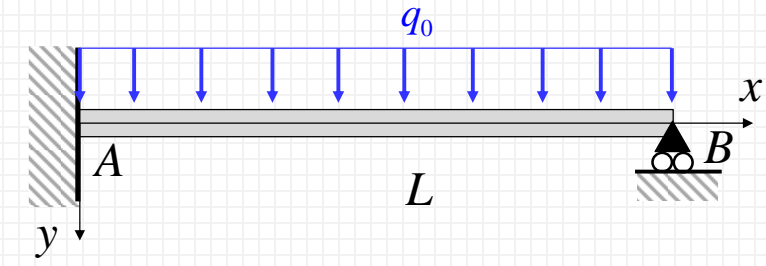
דגמה 5 – בעיה לא מסוימות סטטית, כוח מפולג, סיכום

פתרון

-שחרור אחד מהאילוצים, החלפת האילוץ על ידי **ריאקציה לא ידועה**

- קיום שיווי משקל של החלק של הקורה, ביטוי עבור מומנט וכוח גזירה פנימיים

למצוא: פונקציית השקיעה



דגמה 5 – בעיה לא מסוימות סטטית, כוח מפולג, סיכום

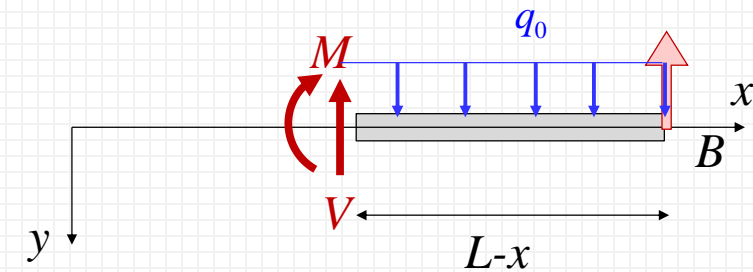
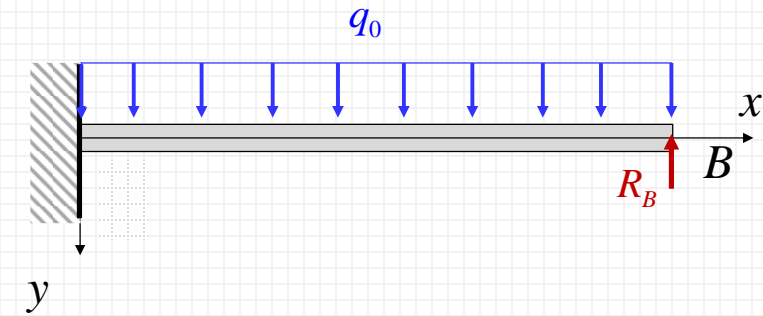
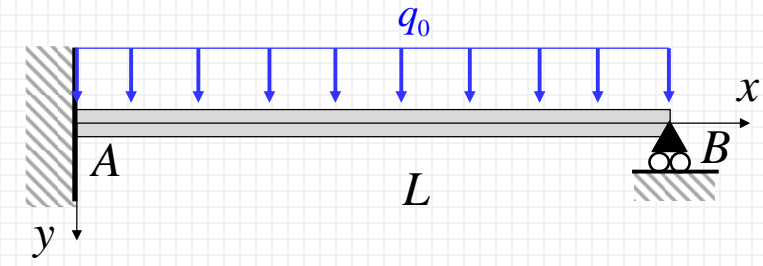
פתרון

-שחרור אחד מהאילוצים, החלפת האילוץ על ידי **ריאקציה לא ידועה**

- קיום שיווי משקל של החלק של הקורה, ביטוי עבור מומנט וכוח גזירה

$$M(x) = R_B(L-x) - \frac{q_0(L-x)^2}{2}, \quad V(x) = q_0(L-x) - R_B \quad \text{פנימיים}$$

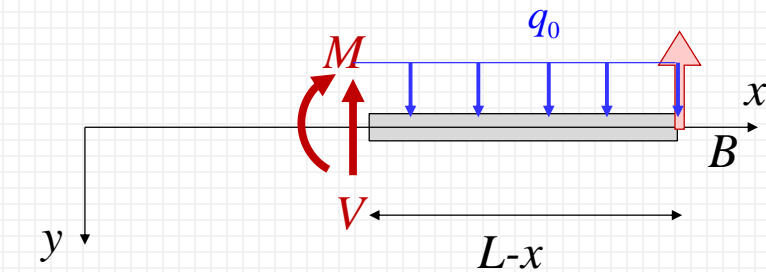
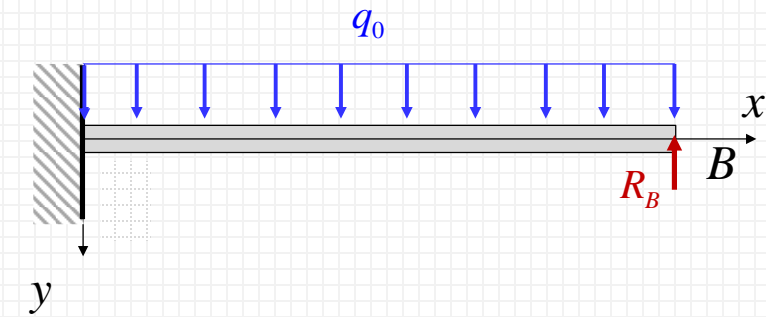
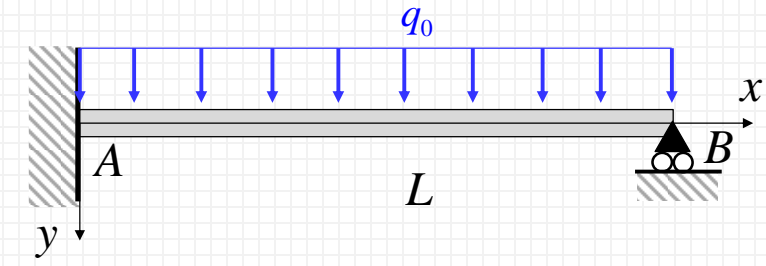
למצוא: פונקציית השקיעה



דגמה 5 – בעיה לא מסוימות סטטית, כוח מפולג, סיכום

פתרון

למצוא: פונקציית השקיעה



- שחרור אחד מהאילוצים, החלפת האילוץ על ידי **ריאקציה לא ידועה**

- קיום שיווי משקל של החלק של הקורה, ביטוי עבור מומנט וכוח גזירה פנימיים

$$M(x) = R_B(L-x) - \frac{q_0(L-x)^2}{2}, \quad V(x) = q_0(L-x) - R_B$$

- אינטגרציה של המשוואה הדיפרנציאלית

$$EI_{zz}v''(x) = -M(x)$$

דגמה 5 – בעיה לא מסוימות סטטית, כוח מפולג, סיכום

פתרון

למצוא: פונקציית השקיעה

- שחרור אחד מהאילוצים, החלפת האילוץ על ידי **ריאקציה לא ידועה**

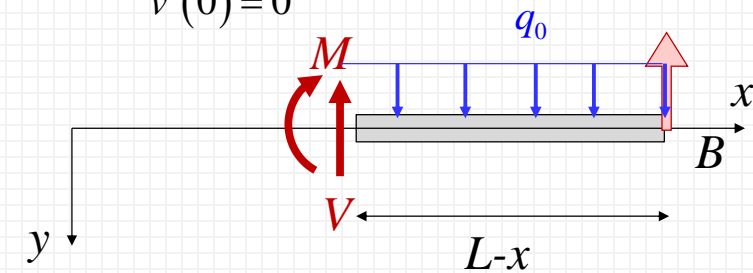
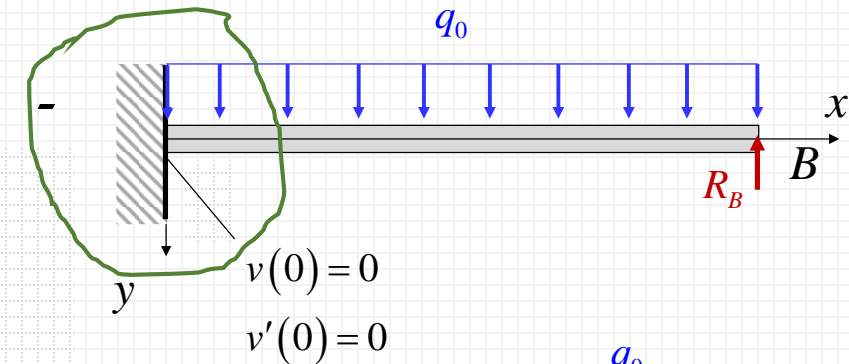
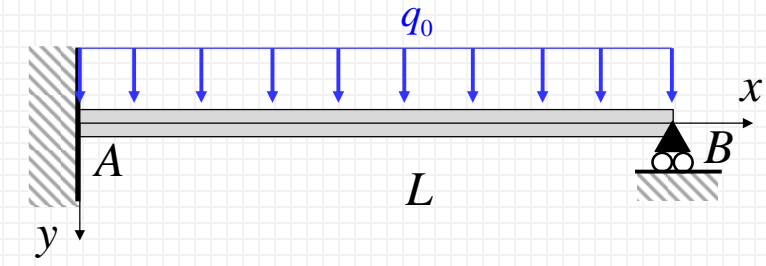
- קיום שיווי משקל של החלק של הקורה, ביטוי עבור מומנט וכוח גזירה פנימיים

$$M(x) = R_B(L-x) - \frac{q_0(L-x)^2}{2}, \quad V(x) = q_0(L-x) - R_B$$

- אינטגרציה של המשוואה הדיפרנציאלית

$$EI_{zz}v''(x) = -M(x)$$

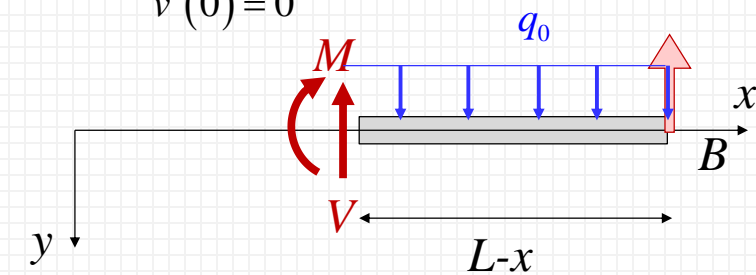
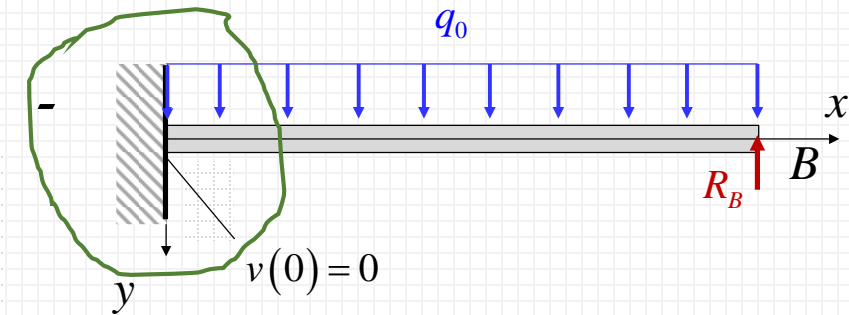
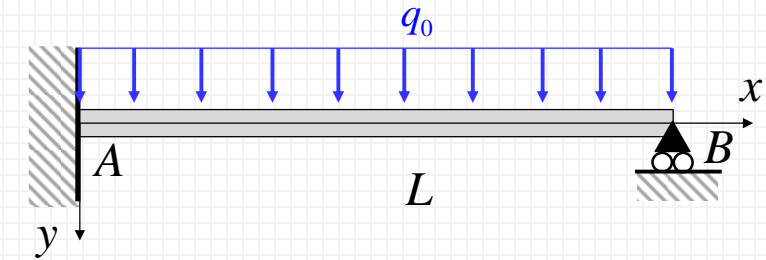
- קיום תנאי שפה, מציאת השקיעה שתלויה בריאקציה לא ידועה



דגמה 5 – בעיה לא מסוימות סטטית, כוח מפולג, סיכום

פתרון

למצוא: פונקציית השקיעה



- שחרור אחד מהאילוצים, החלפת האילוץ על ידי **ריאקציה לא ידועה**

- קיום שיווי משקל של החלק של הקורה, ביטוי עבור מומנט וכוח גזירה

$$\text{פנימיים} \quad V(x) = q_0(L-x) - R_B, \quad M(x) = R_B(L-x) - \frac{q_0(L-x)^2}{2}$$

- אינטגרציה של המשוואה הדיפרנציאלית $EI_{zz}v''(x) = -M(x)$

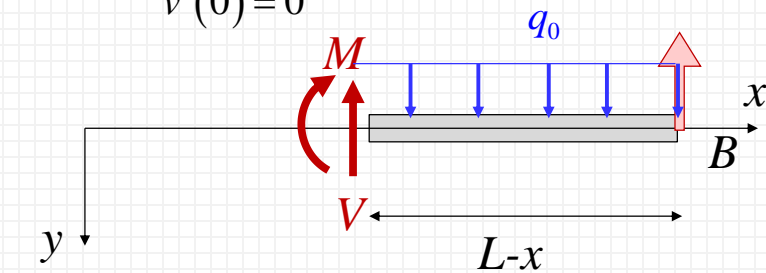
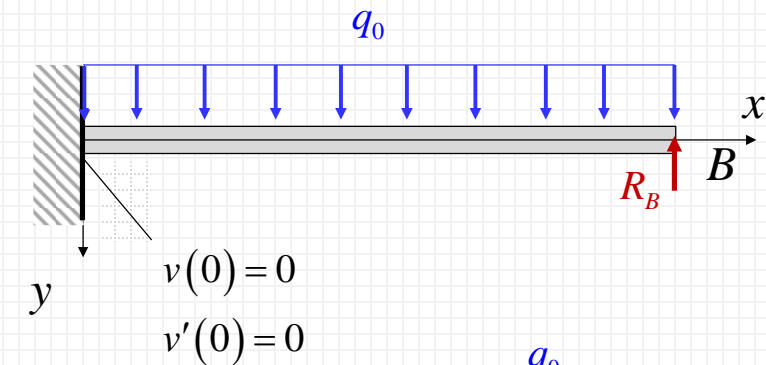
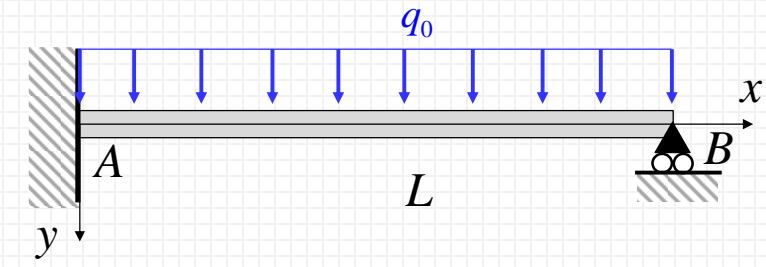
- קיום תנאי שפה, מציאת השקיעה שתלויה בריאקציה לא ידועה

$$v'(0) = 0, \quad v(0) = 0,$$

דגמה 5 – בעיה לא מסוימות סטטית, כוח מפולג, סיכום

פתרון

למצוא: פונקציית השקיעה



- שחרור אחד מהאילוצים, החלפת האילוץ על ידי **ריאקציה לא ידועה**

- קיום שיווי משקל של החלק של הקורה, ביטוי עבור מומנט וכוח גזירה פנימיים

$$M(x) = R_B(L-x) - \frac{q_0(L-x)^2}{2}, \quad V(x) = q_0(L-x) - R_B$$

- אינטגרציה של המשוואה הדיפרנציאלית

$$EI_{zz}v''(x) = -M(x)$$

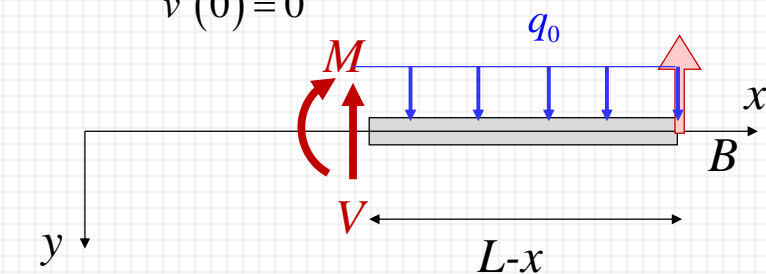
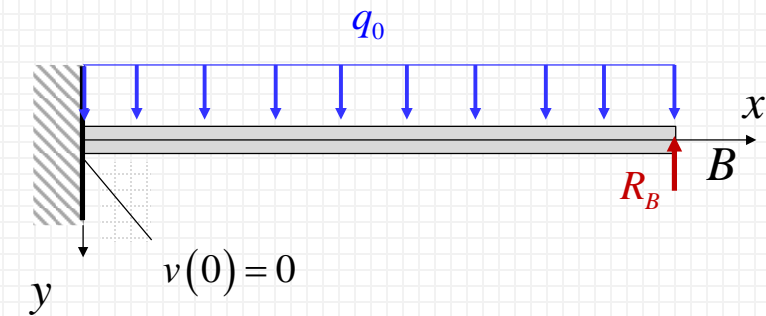
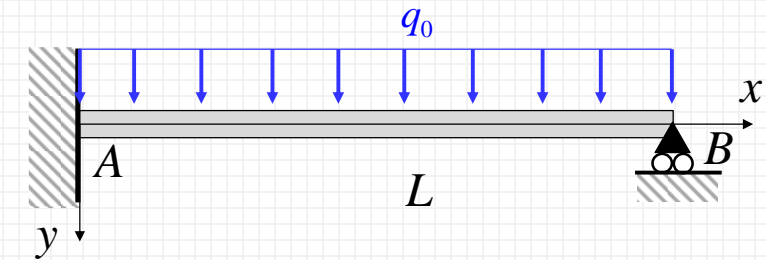
- קיום תנאי שפה, מציאת השקיעה שתלויה בריאקציה לא ידועה

$$v'(0) = 0, \quad v(0) = 0, \quad \rightarrow \quad v(x) = \frac{1}{EI_{zz}} \left[R_B \frac{x^2}{6} (x-3L) + \frac{q_0}{2} \left(L^2 \frac{x^2}{2} - L \frac{x^3}{3} + \frac{x^4}{12} \right) \right]$$

דגמה 5 – בעיה לא מסוימות סטטית, כוח מפולג, סיכום

פתרון

למצוא: פונקציית השקיעה



- שחרור אחד מהאילוצים, החלפת האילוץ על ידי **ריאקציה לא ידועה**

- קיום שיווי משקל של החלק של הקורה, ביטוי עבור מומנט וכוח גזירה פנימיים

$$M(x) = R_B(L-x) - \frac{q_0(L-x)^2}{2}, \quad V(x) = q_0(L-x) - R_B$$

- אינטגרציה של המשוואה הדיפרנציאלית

$$EI_{zz}v''(x) = -M(x)$$

- קיום תנאי שפה, מציאת השקיעה שתלויה בריאקציה לא ידועה

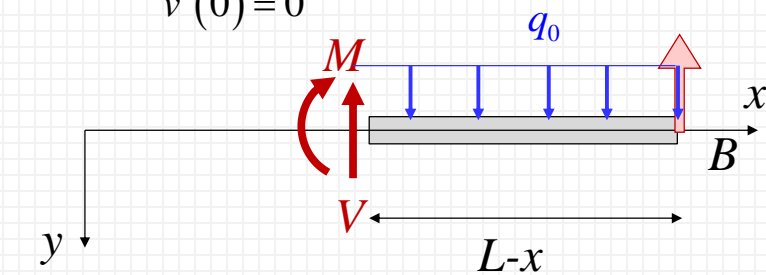
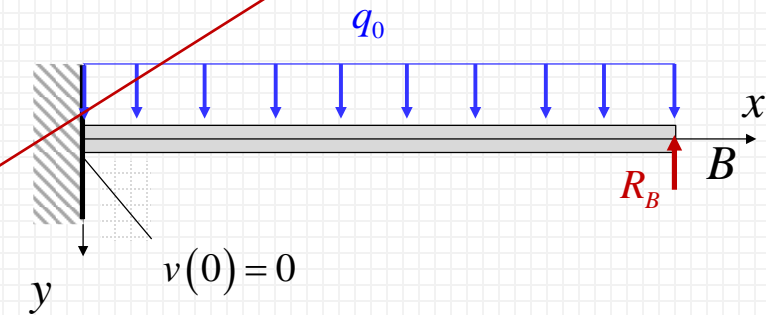
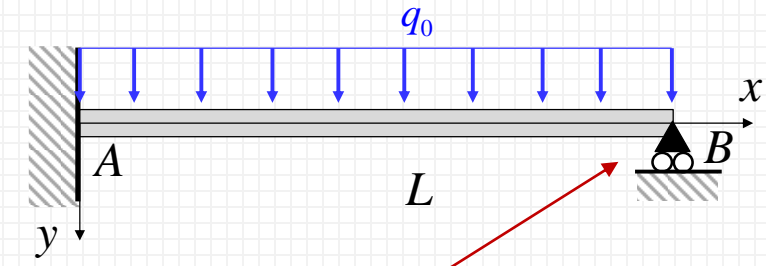
$$v'(0) = 0, \quad v(0) = 0, \quad \rightarrow \quad v(x) = \frac{1}{EI_{zz}} \left[R_B \frac{x^2}{6} (x-3L) + \frac{q_0}{2} \left(L^2 \frac{x^2}{2} - L \frac{x^3}{3} + \frac{x^4}{12} \right) \right]$$

- קיום **תנאי התאמה**

דגמה 5 – בעיה לא מסוימות סטטית, כוח מפולג, סיכום

פתרון

למצוא: פונקציית השקיעה



- שחרור אחד מהאילוצים, החלפת האילוץ על ידי **ריאקציה לא ידועה**

- קיום שיווי משקל של החלק של הקורה, ביטוי עבור מומנט וכוח גזירה פנימיים

$$M(x) = R_B(L-x) - \frac{q_0(L-x)^2}{2}, \quad V(x) = q_0(L-x) - R_B$$

- אינטגרציה של המשוואה הדיפרנציאלית

$$EI_{zz}v''(x) = -M(x)$$

- קיום תנאי שפה, מציאת השקיעה שתלויה בריאקציה לא ידועה

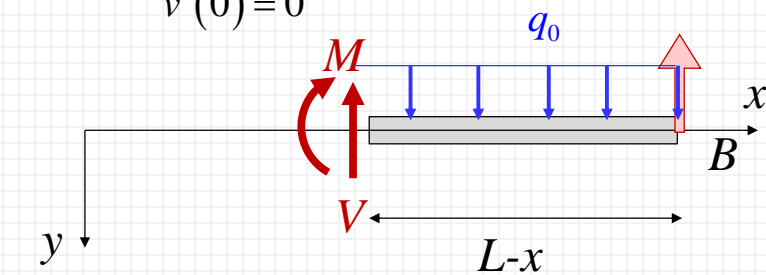
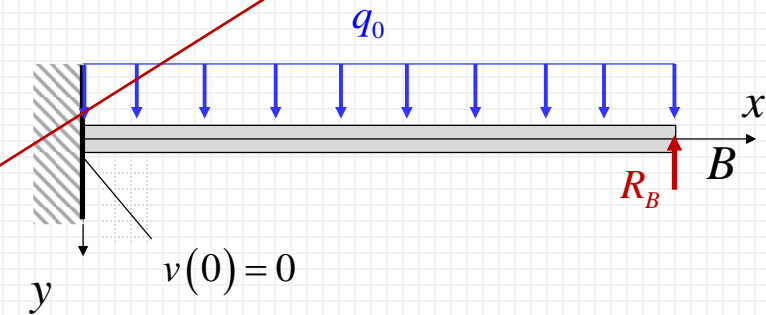
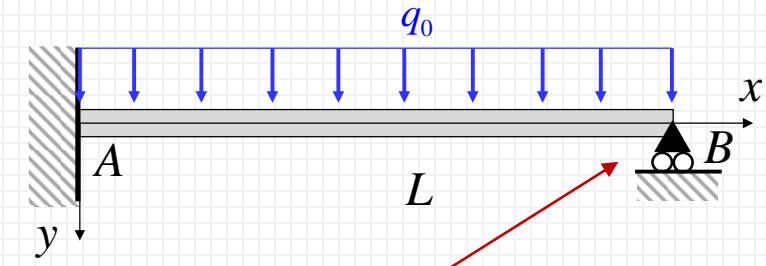
$$v'(0) = 0, \quad v(0) = 0, \quad \rightarrow \quad v(x) = \frac{1}{EI_{zz}} \left[R_B \frac{x^2}{6} (x-3L) + \frac{q_0}{2} \left(L^2 \frac{x^2}{2} - L \frac{x^3}{3} + \frac{x^4}{12} \right) \right]$$

- קיום **תנאי התאמה**

דגמה 5 – בעיה לא מסוימות סטטית, כוח מפולג, סיכום

פתרון

למצוא: פונקציית השקיעה



- שחרור אחד מהאילוצים, החלפת האילוץ על ידי **ריאקציה לא ידועה**

- קיום שיווי משקל של החלק של הקורה, ביטוי עבור מומנט וכוח גזירה פנימיים

$$M(x) = R_B(L-x) - \frac{q_0(L-x)^2}{2}, \quad V(x) = q_0(L-x) - R_B$$

- אינטגרציה של המשוואה הדיפרנציאלית

$$EI_{zz}v''(x) = -M(x)$$

- קיום תנאי שפה, מציאת השקיעה שתלויה בריאקציה לא ידועה

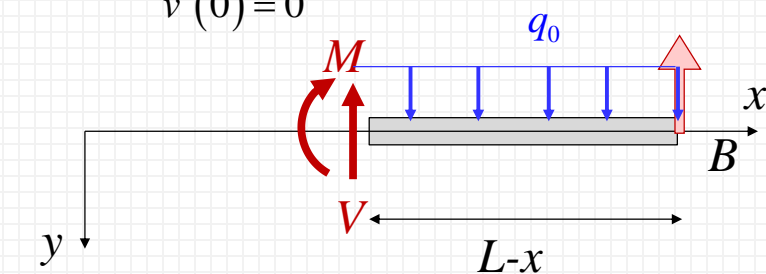
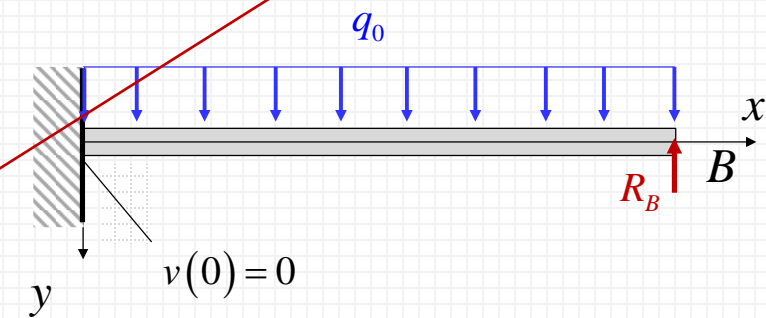
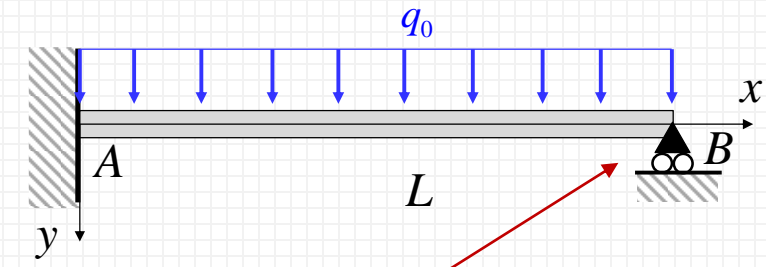
$$v'(0) = 0, \quad v(0) = 0, \quad \rightarrow \quad v(x) = \frac{1}{EI_{zz}} \left[R_B \frac{x^2}{6} (x-3L) + \frac{q_0}{2} \left(L^2 \frac{x^2}{2} - L \frac{x^3}{3} + \frac{x^4}{12} \right) \right]$$

- קיום **תנאי התאמה**, מציאת ריאקציה לא ידועה

דגמה 5 – בעיה לא מסוימות סטטית, כוח מפולג, סיכום

פתרון

למצוא: פונקציית השקיעה



- שחרור אחד מהאילוצים, החלפת האילוץ על ידי **ריאקציה לא ידועה**

- קיום שיווי משקל של החלק של הקורה, ביטוי עבור מומנט וכוח גזירה פנימיים

$$M(x) = R_B(L-x) - \frac{q_0(L-x)^2}{2}, \quad V(x) = q_0(L-x) - R_B$$

- אינטגרציה של המשוואה הדיפרנציאלית

$$EI_{zz}v''(x) = -M(x)$$

- קיום תנאי שפה, מציאת השקיעה שתלויה בריאקציה לא ידועה

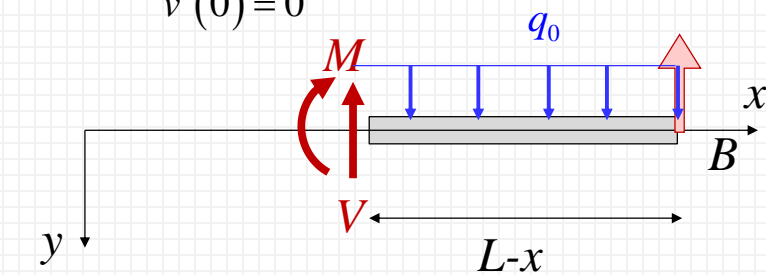
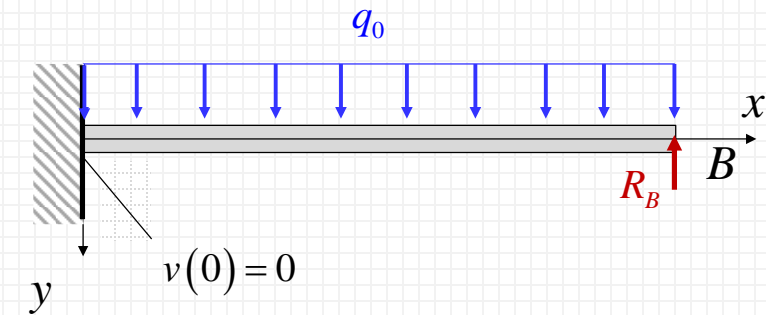
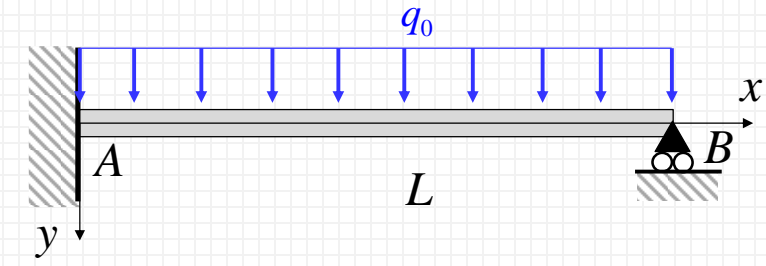
$$v'(0)=0, \quad v(0)=0, \quad \rightarrow \quad v(x) = \frac{1}{EI_{zz}} \left[R_B \frac{x^2}{6} (x-3L) + \frac{q_0}{2} \left(L^2 \frac{x^2}{2} - L \frac{x^3}{3} + \frac{x^4}{12} \right) \right]$$

- קיום **תנאי התאמה**, מציאת ריאקציה לא ידועה $R_B = \frac{3}{8} q_0 L$ $\rightarrow v(L)=0$

דגמה 5 – בעיה לא מסוימות סטטית, כוח מפולג, סיכום

פתרון

למצוא: פונקציית השקיעה



- שחרור אחד מהאילוצים, החלפת האילוץ על ידי **ריאקציה לא ידועה**

- קיום שיווי משקל של החלק של הקורה, ביטוי עבור מומנט וכוח גזירה פנימיים

$$M(x) = R_B(L-x) - \frac{q_0(L-x)^2}{2}, \quad V(x) = q_0(L-x) - R_B$$

- אינטגרציה של המשוואה הדיפרנציאלית

$$EI_{zz}v''(x) = -M(x)$$

- קיום תנאי שפה, מציאת השקיעה שתלויה בריאקציה לא ידועה

$$v'(0) = 0, \quad v(0) = 0, \quad \rightarrow \quad v(x) = \frac{1}{EI_{zz}} \left[R_B \frac{x^2}{6} (x-3L) + \frac{q_0}{2} \left(L^2 \frac{x^2}{2} - L \frac{x^3}{3} + \frac{x^4}{12} \right) \right]$$

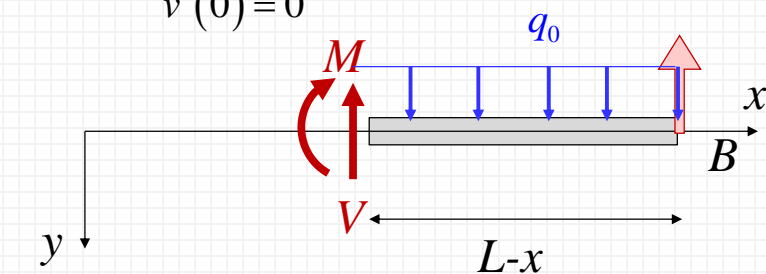
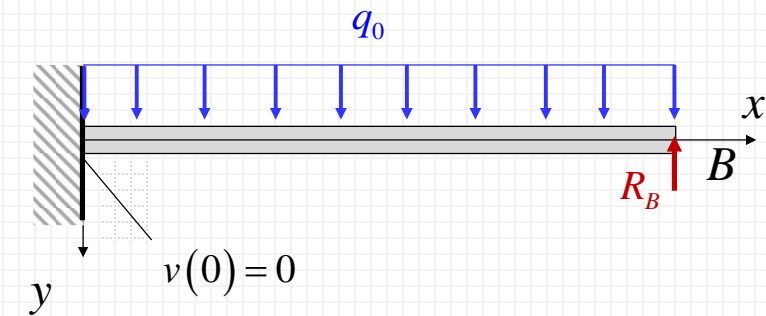
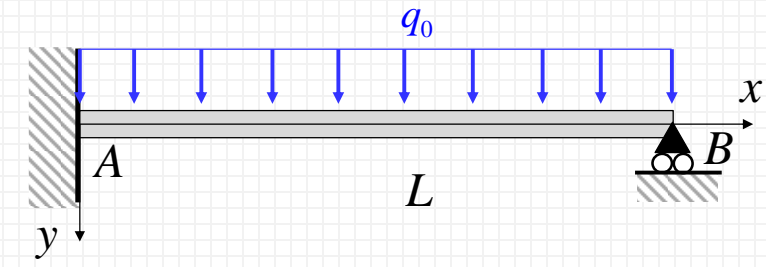
- קיום **תנאי התאמה**, מציאת ריאקציה לא ידועה $R_B = \frac{3}{8} q_0 L$ $v(L) = 0 \rightarrow$

- הצבה של הריאקציה לביטוי של השקיעה, מציאת השקיעה $v(x)$

דגמה 5 – בעיה לא מסוימות סטטית, כוח מפולג, סיכום

פתרון

למצוא: פונקציית השקיעה



- שחרור אחד מהאילוצים, החלפת האילוץ על ידי **ריאקציה לא ידועה**

- קיום שיווי משקל של החלק של הקורה, ביטוי עבור מומנט וכוח גזירה פנימיים

$$M(x) = R_B(L-x) - \frac{q_0(L-x)^2}{2}, \quad V(x) = q_0(L-x) - R_B$$

- אינטגרציה של המשוואה הדיפרנציאלית

$$EI_{zz}v''(x) = -M(x)$$

- קיום תנאי שפה, מציאת השקיעה שתלויה בריאקציה לא ידועה

$$v'(0) = 0, \quad v(0) = 0, \quad \rightarrow \quad v(x) = \frac{1}{EI_{zz}} \left[R_B \frac{x^2}{6} (x-3L) + \frac{q_0}{2} \left(L^2 \frac{x^2}{2} - L \frac{x^3}{3} + \frac{x^4}{12} \right) \right]$$

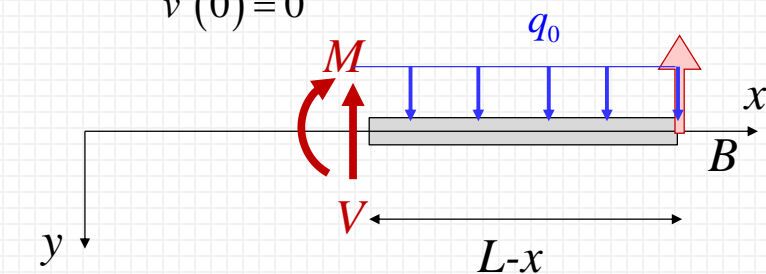
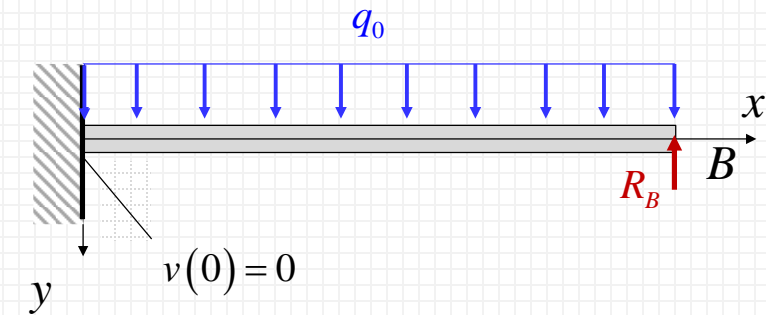
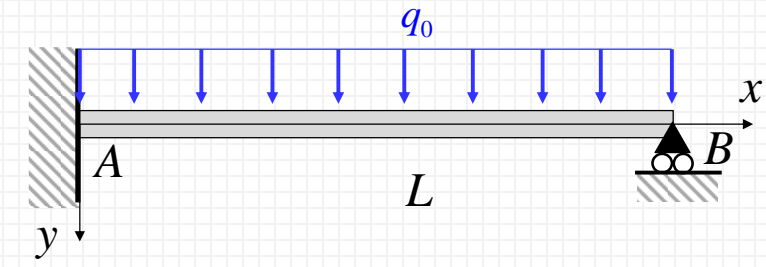
- קיום **תנאי התאמה**, מציאת ריאקציה לא ידועה $R_B = \frac{3}{8} q_0 L$

- הצבה של הריאקציה לביטוי של השקיעה, מציאת השקיעה $v(x)$

דגמה 5 – בעיה לא מסוימות סטטית, כוח מפולג, סיכום

פתרון

למצוא: פונקציית השקיעה



- שחרור אחד מהאילוצים, החלפת האילוץ על ידי **ריאקציה לא ידועה**

- קיום שיווי משקל של החלק של הקורה, ביטוי עבור מומנט וכוח גזירה פנימיים

$$M(x) = R_B(L-x) - \frac{q_0(L-x)^2}{2}, \quad V(x) = q_0(L-x) - R_B$$

- אינטגרציה של המשוואה הדיפרנציאלית

$$EI_{zz}v''(x) = -M(x)$$

- קיום תנאי שפה, מציאת השקיעה שתלויה בריאקציה לא ידועה

$$v'(0) = 0, \quad v(0) = 0, \quad \rightarrow \quad v(x) = \frac{1}{EI_{zz}} \left[R_B \frac{x^2}{6} (x-3L) + \frac{q_0}{2} \left(L^2 \frac{x^2}{2} - L \frac{x^3}{3} + \frac{x^4}{12} \right) \right]$$

- קיום **תנאי התאמה**, מציאת ריאקציה לא ידועה $R_B = \frac{3}{8} q_0 L$ $v(L) = 0 \rightarrow$

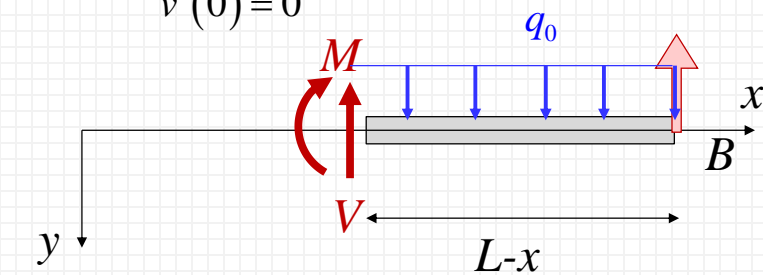
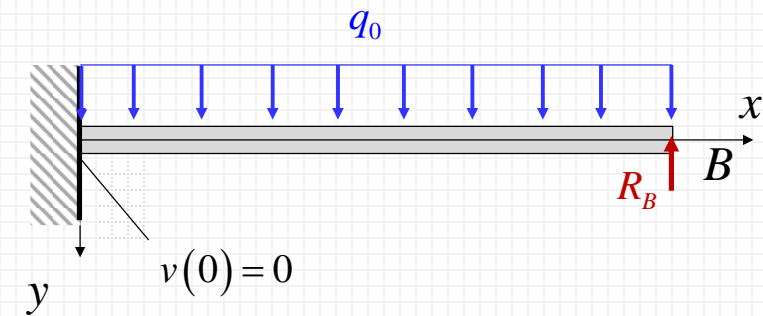
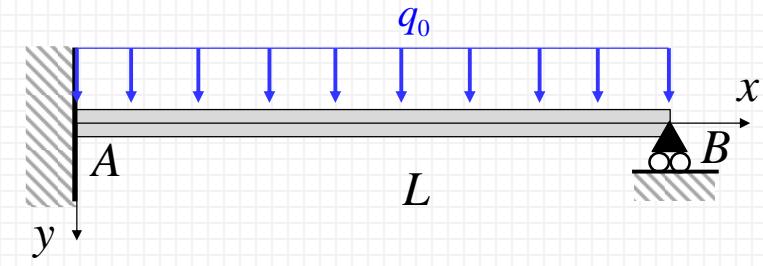
- הצבה של הריאקציה לביטוי של השקיעה, מציאת השקיעה $v(x)$

- הצבת הריאקציה לביטוי של המומנט

דגמה 5 – בעיה לא מסוימות סטטית, כוח מפולג, סיכום

פתרון

למצוא: פונקציית השקיעה



- שחרור אחד מהאילוצים, החלפת האילוץ על ידי **ריאקציה לא ידועה**

- קיום שיווי משקל של החלק של הקורה, ביטוי עבור מומנט וכוח גזירה פנימיים

$$M(x) = R_B(L-x) - \frac{q_0(L-x)^2}{2}, \quad V(x) = q_0(L-x) - R_B$$

- אינטגרציה של המשוואה הדיפרנציאלית

$$EI_{zz}v''(x) = -M(x)$$

- קיום תנאי שפה, מציאת השקיעה שתלויה בריאקציה לא ידועה

$$v'(0)=0, \quad v(0)=0, \quad \rightarrow \quad v(x) = \frac{1}{EI_{zz}} \left[R_B \frac{x^2}{6} (x-3L) + \frac{q_0}{2} \left(L^2 \frac{x^2}{2} - L \frac{x^3}{3} + \frac{x^4}{12} \right) \right]$$

- קיום **תנאי התאמה**, מציאת ריאקציה לא ידועה $R_B = \frac{3}{8} q_0 L$

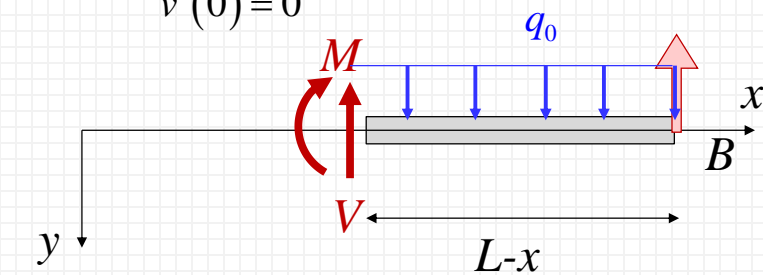
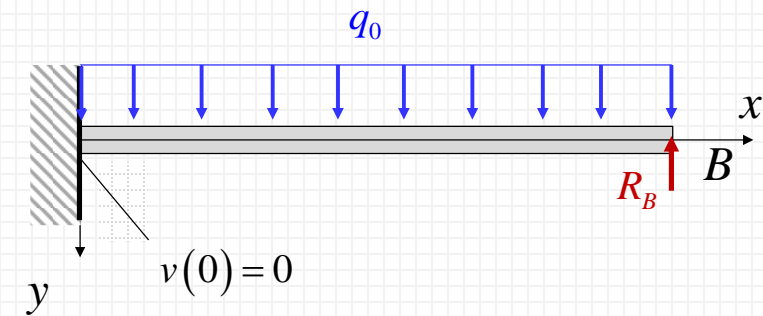
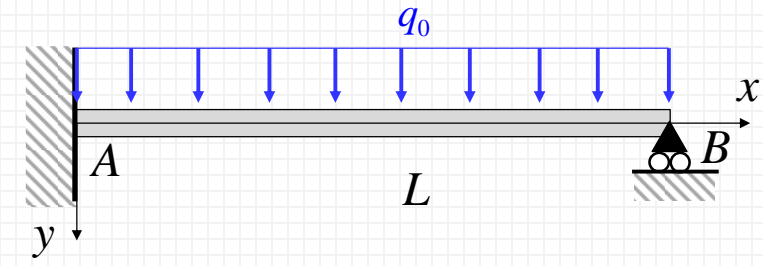
- הצבה של הריאקציה לביטוי של השקיעה, מציאת השקיעה $v(x)$

- הצבת הריאקציה לביטוי של המומנט

דגמה 5 – בעיה לא מסוימות סטטית, כוח מפולג, סיכום

פתרון

למצוא: פונקציית השקיעה



- שחרור אחד מהאילוצים, החלפת האילוץ על ידי **ריאקציה לא ידועה**

- קיום שיווי משקל של החלק של הקורה, ביטוי עבור מומנט וכוח גזירה פנימיים

$$M(x) = R_B(L-x) - \frac{q_0(L-x)^2}{2}, \quad V(x) = q_0(L-x) - R_B$$

- אינטגרציה של המשוואה הדיפרנציאלית

$$EI_{zz}v''(x) = -M(x)$$

- קיום תנאי שפה, מציאת השקיעה שתלויה בריאקציה לא ידועה

$$v'(0) = 0, \quad v(0) = 0, \quad \rightarrow \quad v(x) = \frac{1}{EI_{zz}} \left[R_B \frac{x^2}{6} (x-3L) + \frac{q_0}{2} \left(L^2 \frac{x^2}{2} - L \frac{x^3}{3} + \frac{x^4}{12} \right) \right]$$

- קיום **תנאי התאמה**, מציאת ריאקציה לא ידועה $R_B = \frac{3}{8} q_0 L$

- הצבה של הריאקציה לביטוי של השקיעה, מציאת השקיעה $v(x)$

- הצבת הריאקציה לביטוי של המומנט, חישוב ומאמץ $\sigma_{xx}(x, y) = \frac{M(x)y}{I_{zz}}$

דגמה 5 – בעיה לא מסוימות סטטית, כוח מפולג, סיכום

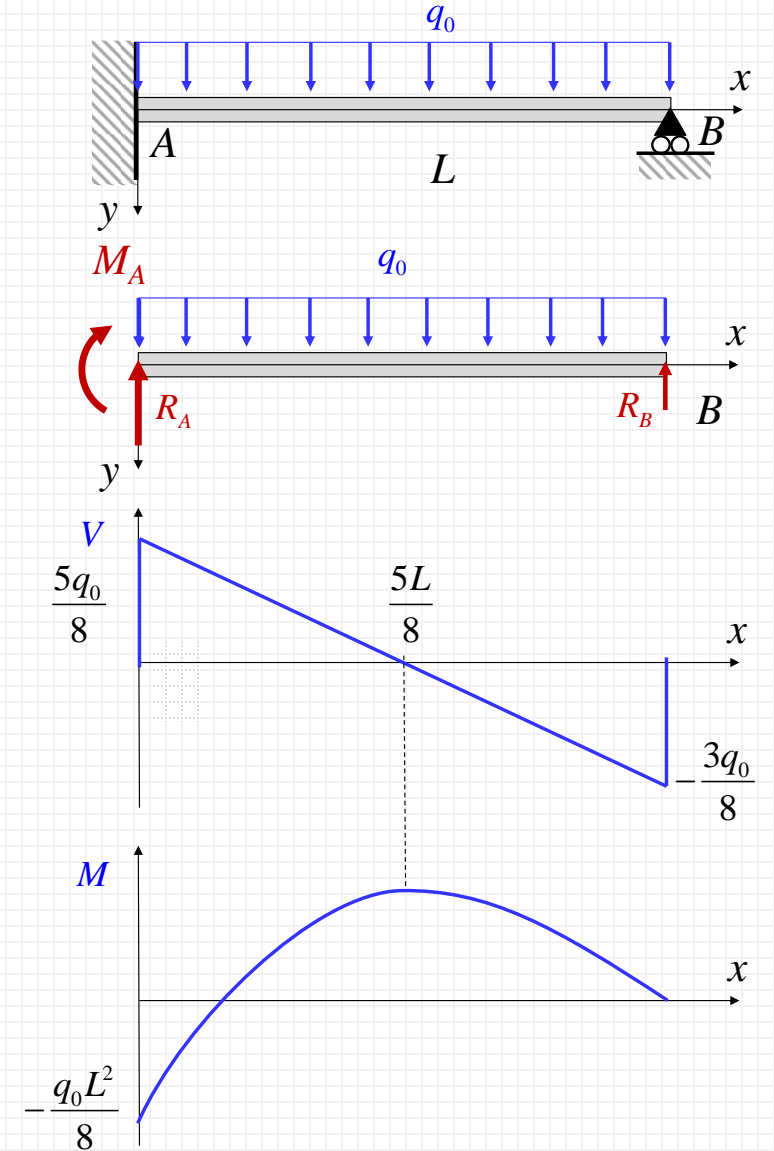
סיכום תוצאות

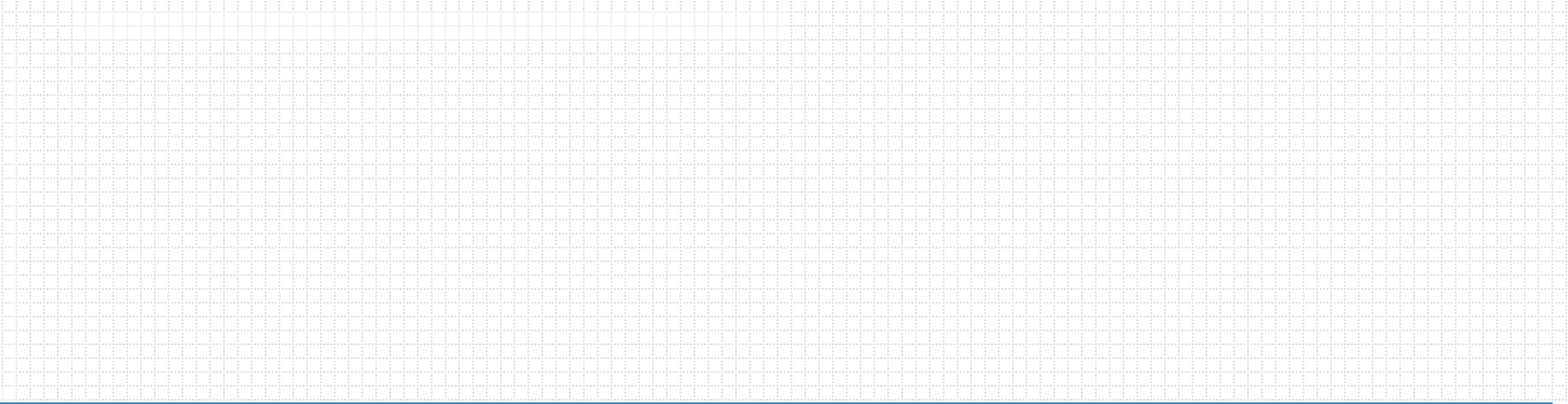
$$R_B = \frac{3}{8} q_0 L$$

$$v(x) = \frac{q_0 L^4}{48 EI_{zz}} \left(\frac{x}{L} \right)^2 \left[3 - 5 \left(\frac{x}{L} \right) + 2 \left(\frac{x}{L} \right)^2 \right]$$

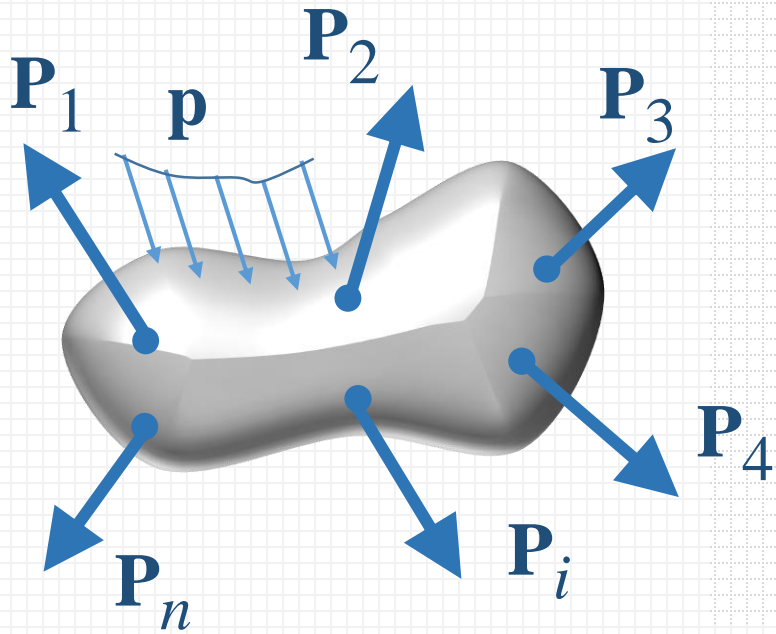
$$M(x) = \frac{q_0 L^2}{8} \left(1 - \frac{x}{L} \right) \left(\frac{4x}{L} - 1 \right)$$

$$V(x) = \frac{5q_0 L}{8} \left(1 - \frac{8}{5} \left(\frac{x}{L} \right) \right)$$

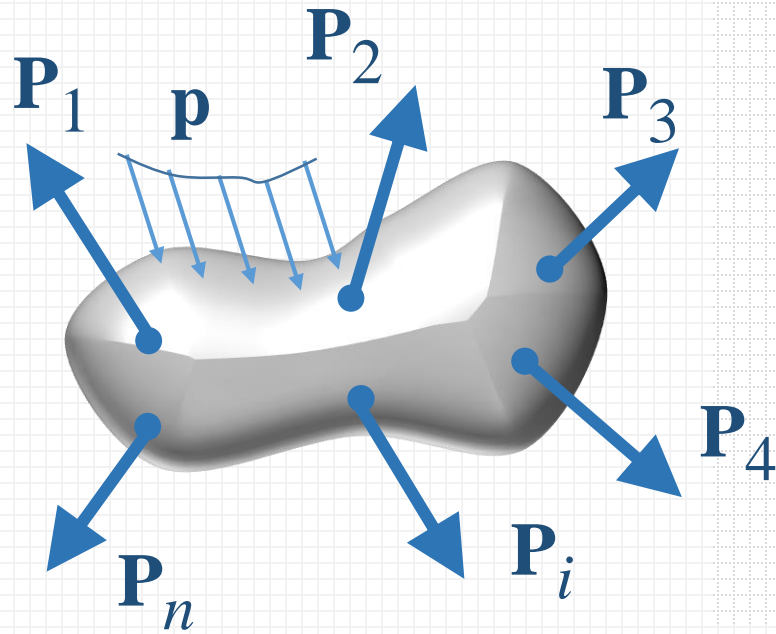




מערכת כוחות 1



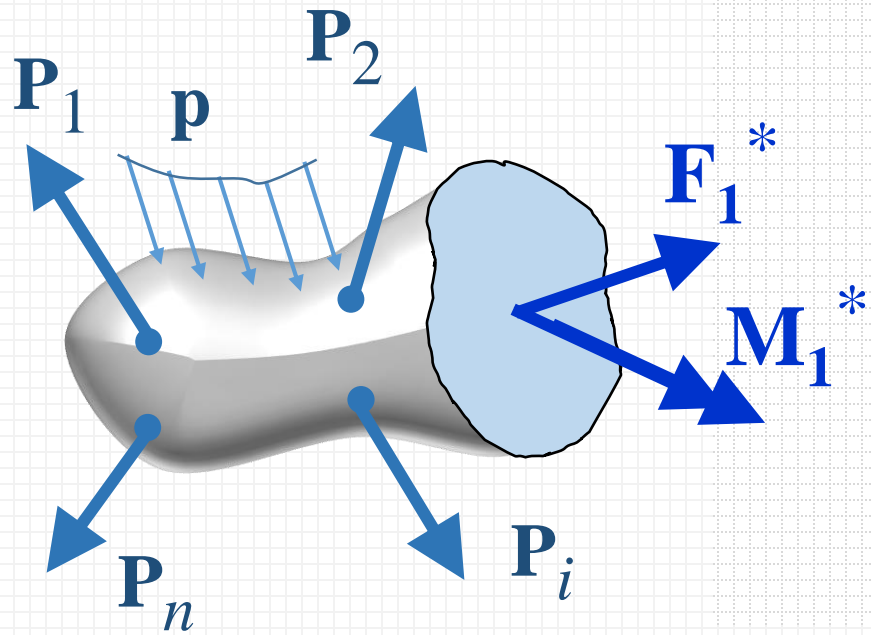
מערכת כוחות 1



M_1^*, F_1^*

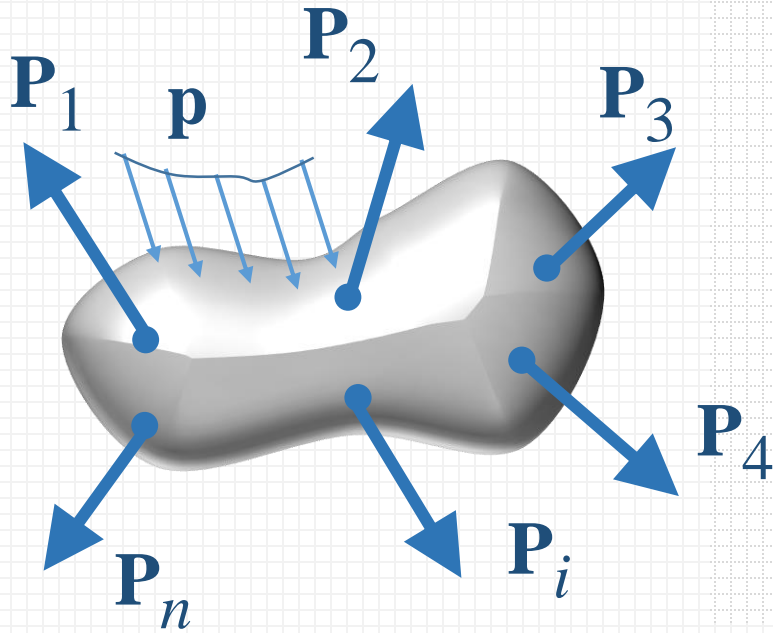
כוחות פנימיים

מערכת כוחות 1



M_1^*, F_1^* כוחות פנימיים

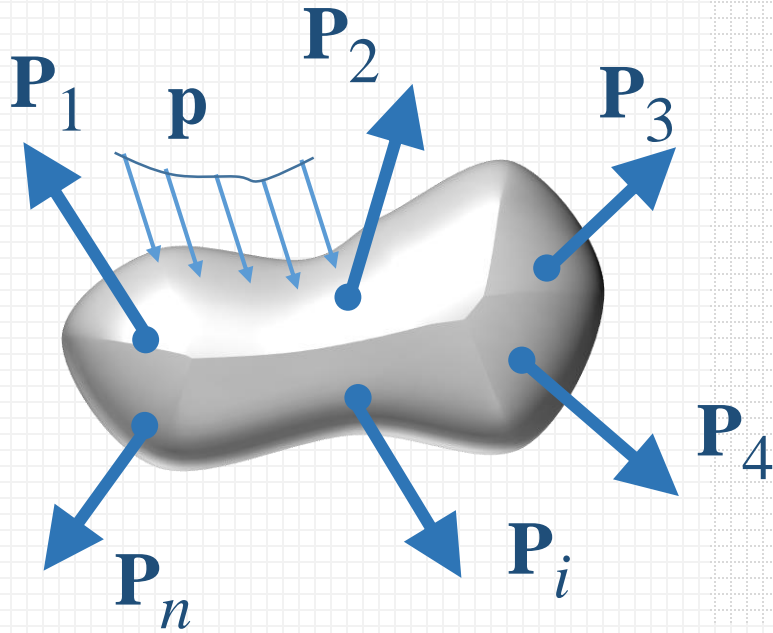
מערכת כוחות 1



M_1^*, F_1^* כוחות פנימיים

$\sigma_{i,j}^1, \tau_{i,j}^1$ מאמצים

מערכת כוחות 1

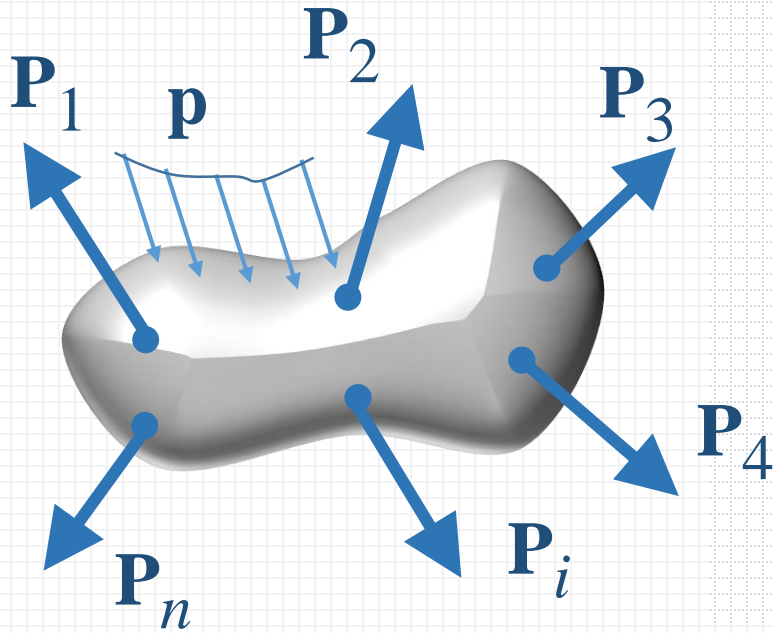


M_1^*, F_1^* כוחות פנימיים

$\sigma_{i,j}^1, \tau_{i,j}^1$ מאמצים

$\varepsilon_{i,j}^1$ עיבורים

מערכת כוחות 1



M_1^*, F_1^* כוחות פנימיים

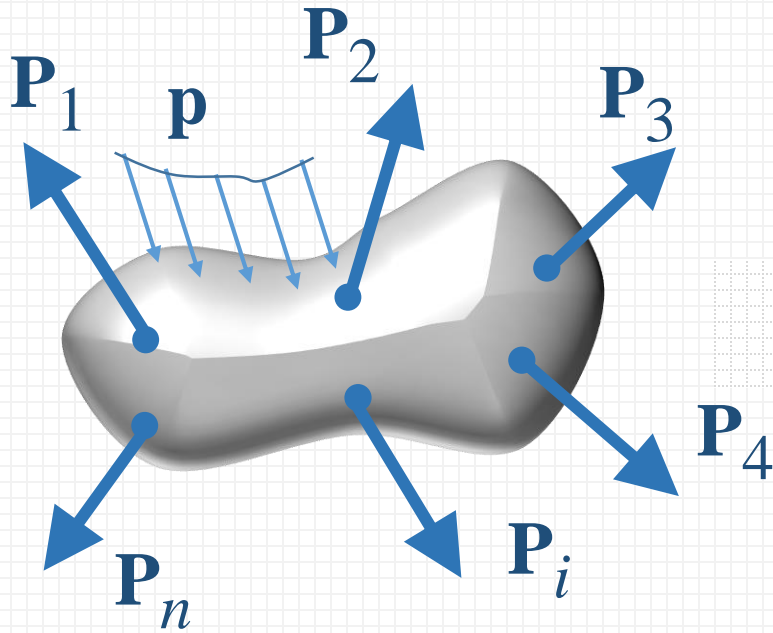
$\sigma_{i,j}^1, \tau_{i,j}^1$ מאמצים

$\varepsilon_{i,j}^1$ עיבורים

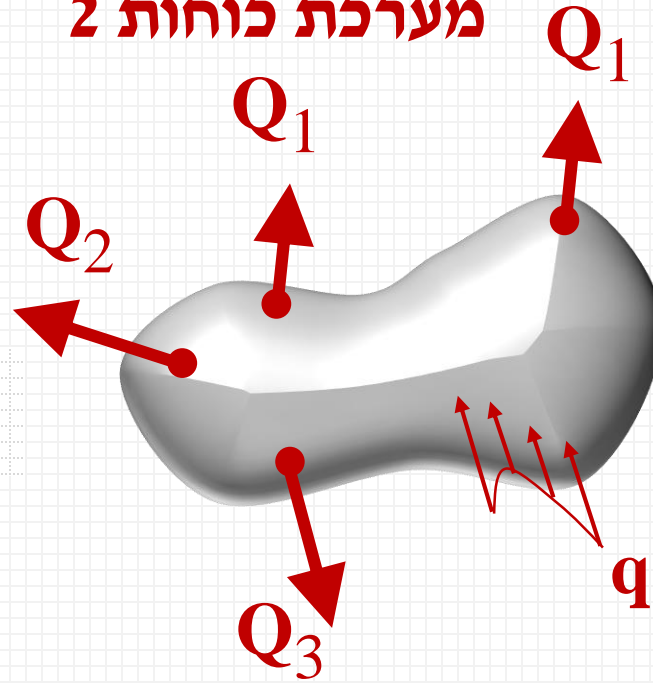
u^1, v^1, w^1 הזזות

פתרון של בעיות בעזרת סופרפוזיציה

מערכת כוחות 1



מערכת כוחות 2



M_1^*, F_1^* כוחות פנימיים

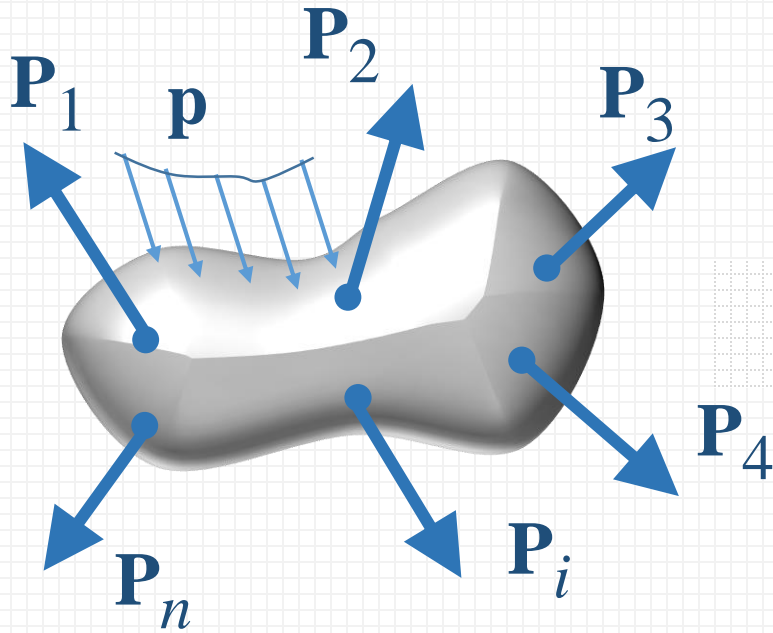
$\sigma_{i,j}^1, \tau_{i,j}^1$ מאמצים

$\varepsilon_{i,j}^1$ עיבורים

u^1, v^1, w^1 הזזות

פתרון של בעיות בעזרת סופרפוזיציה

מערכת כוחות 1



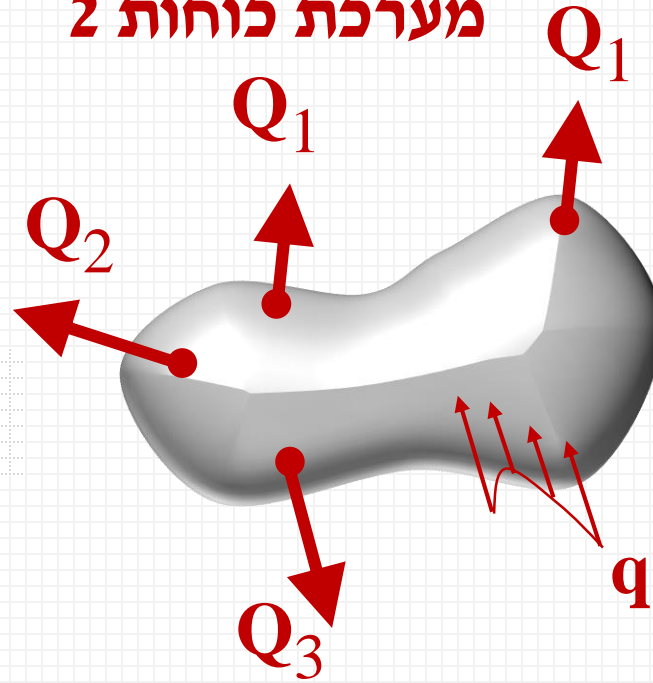
M_1^*, F_1^* כוחות פנימיים

$\sigma_{i,j}^1, \tau_{i,j}^1$ מאמצים

$\varepsilon_{i,j}^1$ עיבורים

u^1, v^1, w^1 הזזות

מערכת כוחות 2



M_2^*, F_2^* כוחות פנימיים

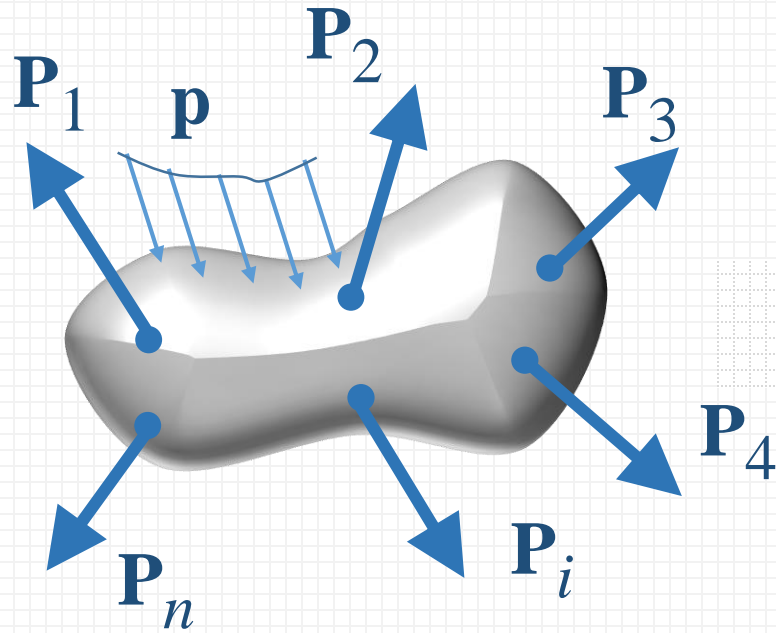
$\sigma_{i,j}^2, \tau_{i,j}^2$ מאמצים

$\varepsilon_{i,j}^2$ עיבורים

u^2, v^2, w^2 הזזות

פתרון של בעיות בעזרת סופרפוזיציה

מערכת כוחות 1



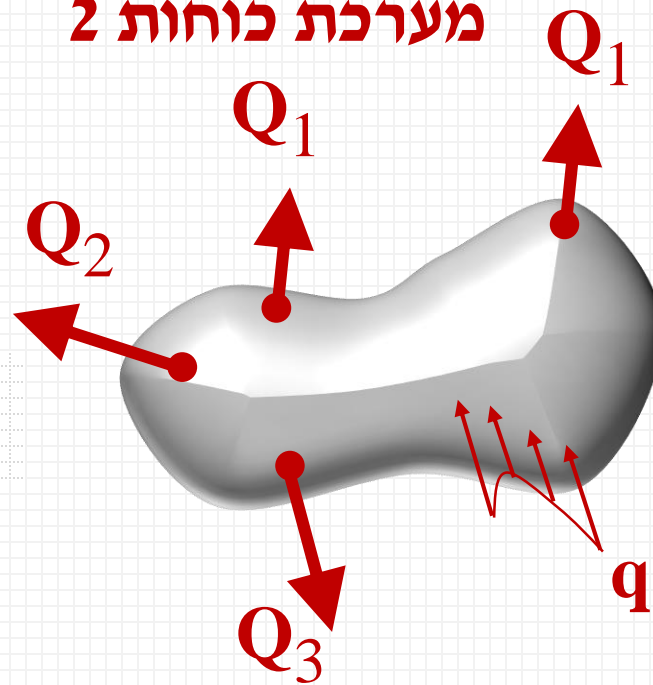
M_1^*, F_1^* כוחות פנימיים

$\sigma_{i,j}^1, \tau_{i,j}^1$ מאמצים

$\varepsilon_{i,j}^1$ עיבורים

u^1, v^1, w^1 הזזות

מערכת כוחות 2



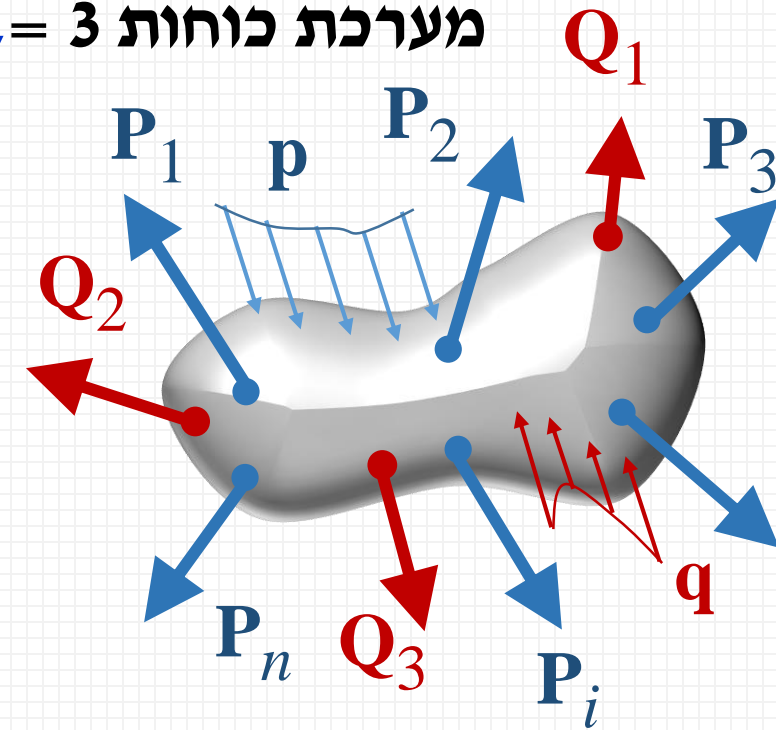
M_2^*, F_2^* כוחות פנימיים

$\sigma_{i,j}^2, \tau_{i,j}^2$ מאמצים

$\varepsilon_{i,j}^2$ עיבורים

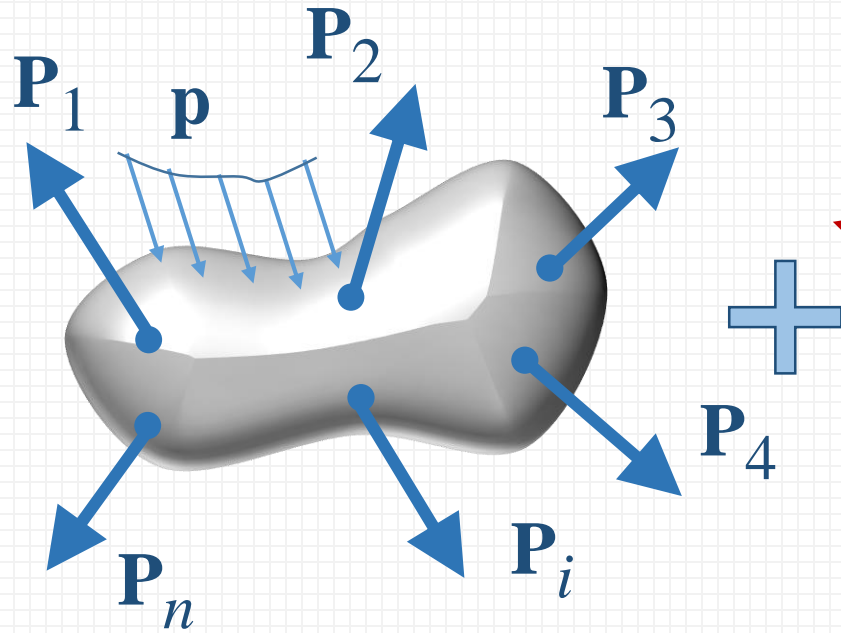
u^2, v^2, w^2 הזזות

מערכת כוחות $2+1=3$



פתרון של בעיות בעזרת סופרפוזיציה

מערכת כוחות 1



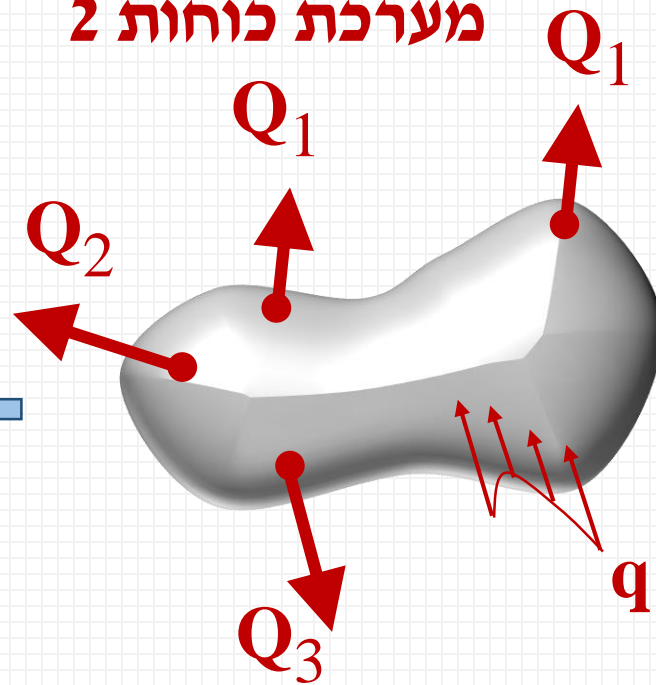
M_1^*, F_1^* כוחות פנימיים

$\sigma_{i,j}^1, \tau_{i,j}^1$ מאמצים

$\varepsilon_{i,j}^1$ עיבורים

u^1, v^1, w^1 הזזות

מערכת כוחות 2



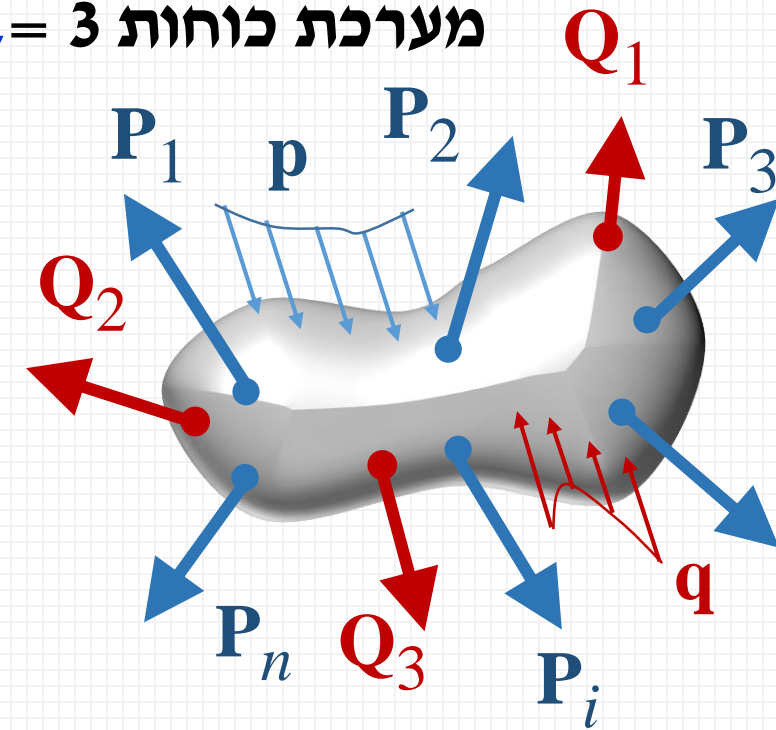
M_2^*, F_2^* כוחות פנימיים

$\sigma_{i,j}^2, \tau_{i,j}^2$ מאמצים

$\varepsilon_{i,j}^2$ עיבורים

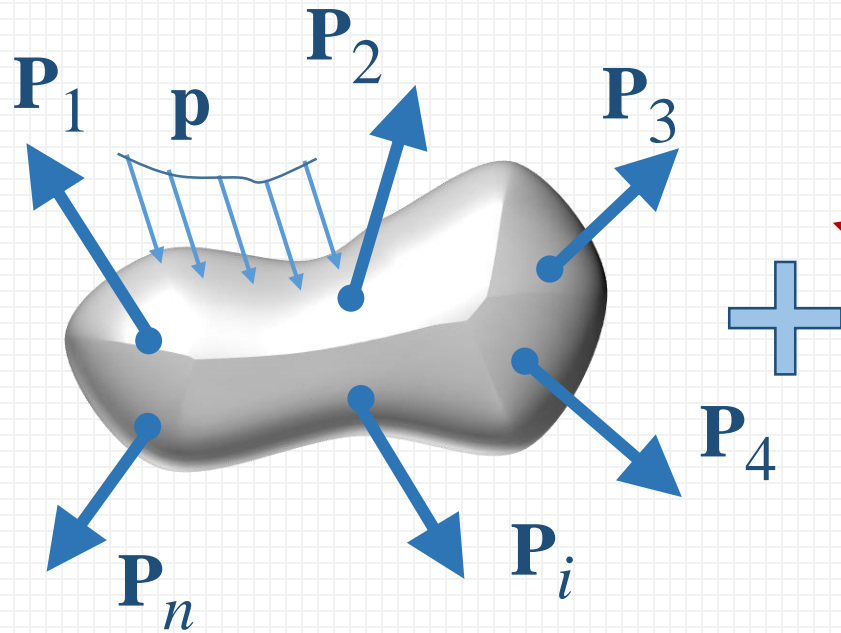
u^2, v^2, w^2 הזזות

מערכת כוחות $2+1=3$



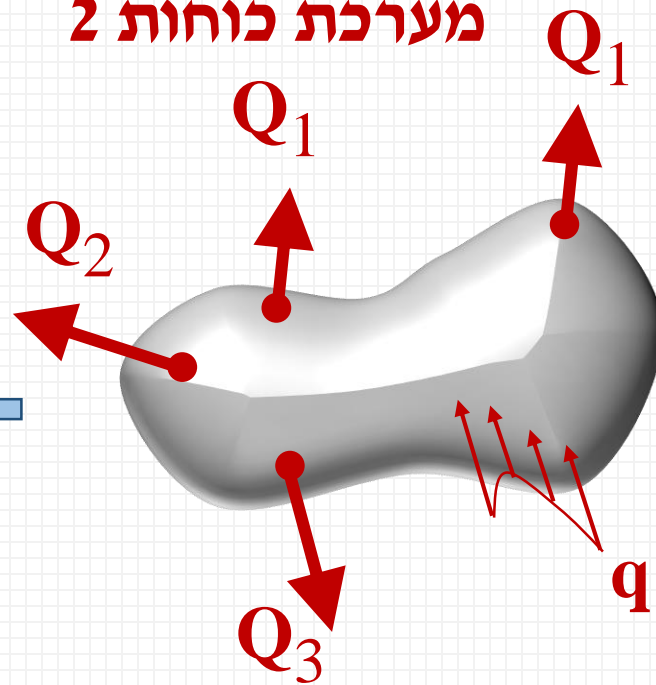
פתרון של בעיות בעזרת סופרפוזיציה

מערכת כוחות 1



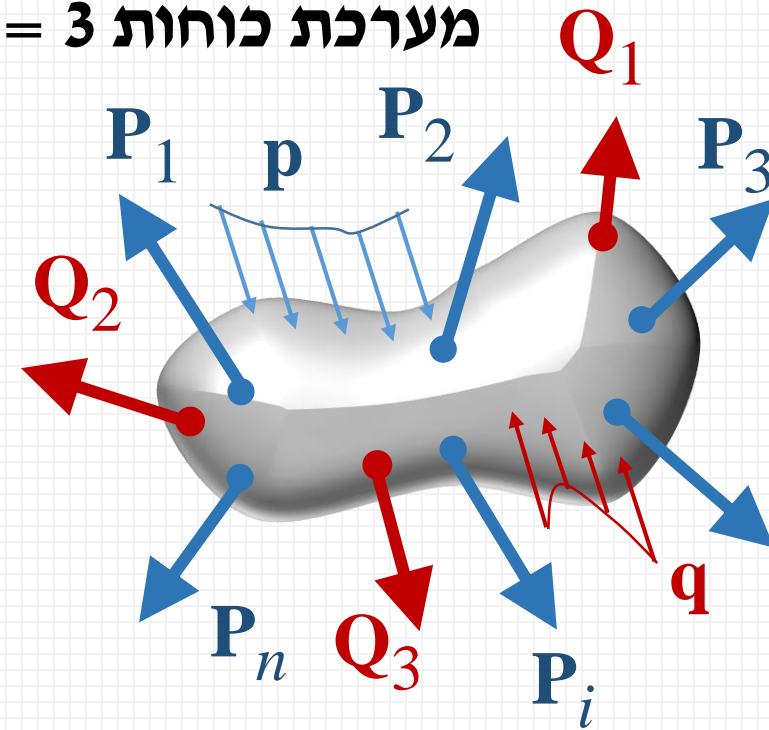
M_1^*, F_1^* כוחות פנימיים
 $\sigma_{i,j}^1, \tau_{i,j}^1$ מאמצים
 $\varepsilon_{i,j}^1$ עיבורים
 u^1, v^1, w^1 הזזות

מערכת כוחות 2



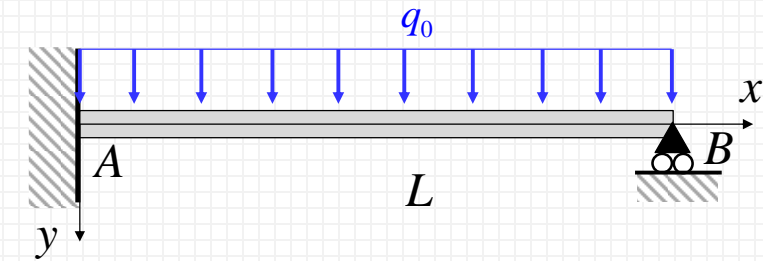
M_2^*, F_2^* כוחות פנימיים
 $\sigma_{i,j}^2, \tau_{i,j}^2$ מאמצים
 $\varepsilon_{i,j}^2$ עיבורים
 u^2, v^2, w^2 הזזות

מערכת כוחות $2+1=3$



$M_1^* + M_2^*, F_1^* + F_2^*$
 $\sigma_{i,j}^1 + \sigma_{i,j}^2, \tau_{i,j}^1 + \tau_{i,j}^2$
 $\varepsilon_{i,j}^1 + \varepsilon_{i,j}^2$
 $u^1 + u^2, v^1 + v^2, w^1 + w^2$

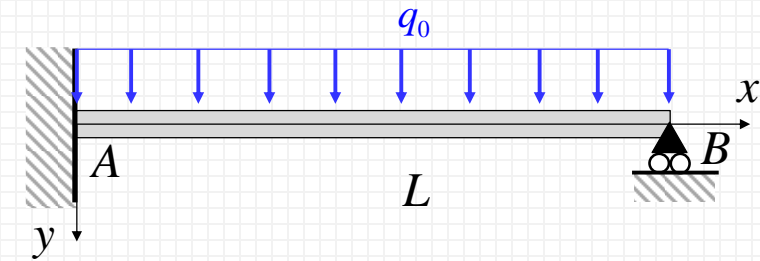
דגמה 5 – בעיה לא מסוימות סטטית, כוח מפולג, סכום



דגמה 5 – בעיה לא מסוימות סטטית, כוח מפולג, סכום

פתרון

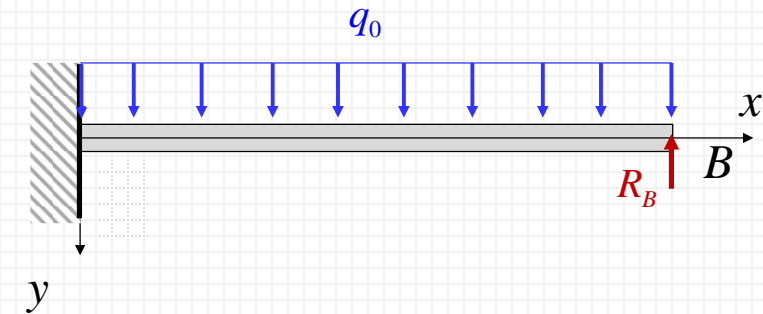
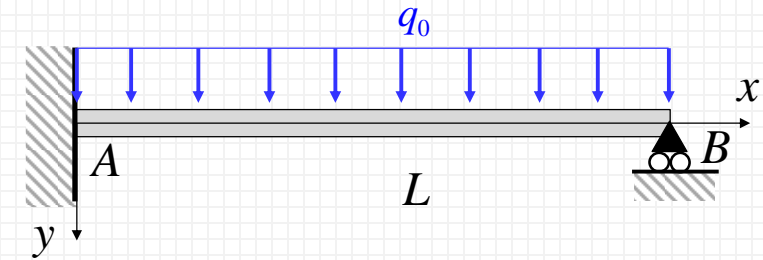
-שחרור אחד מהאילוצים, החלפת האילוץ על ידי **ריאקציה לא ידועה**



דגמה 5 – בעיה לא מסוימות סטטית, כוח מפולג, סכום

פתרון

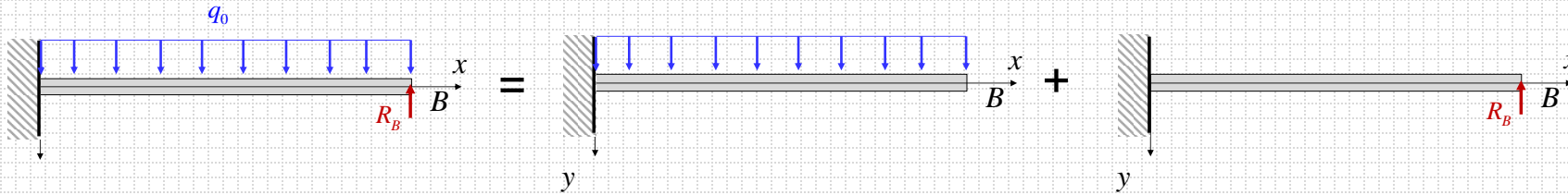
-שחרור אחד מהאילוצים, החלפת האילוץ על ידי **ריאקציה לא ידועה**



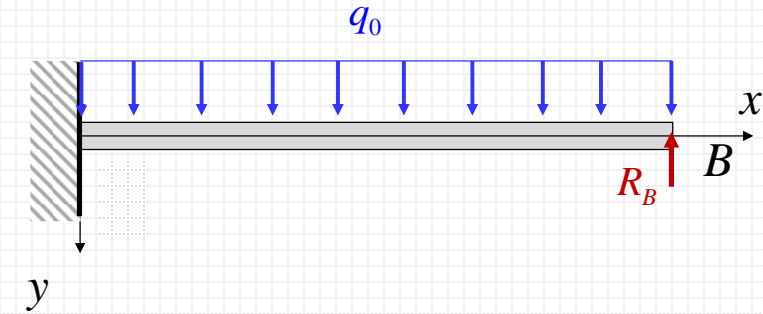
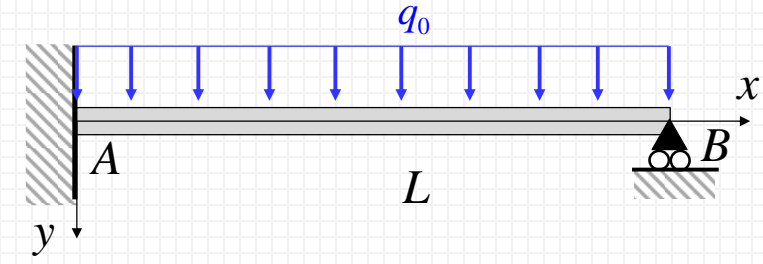
דגמה 5 – בעיה לא מסוימות סטטית, כוח מפולג, סכום

פתרון

-שחרור אחד מהאילוצים, החלפת האילוץ על ידי **ריאקציה לא ידועה**



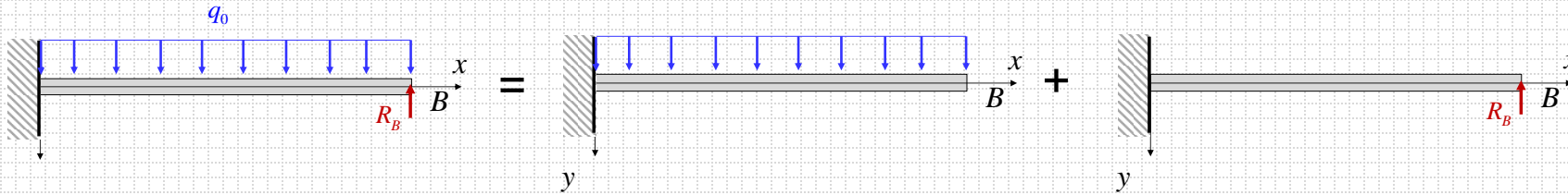
$$v(L) = v_q(L) = \frac{q_0 L^4}{8EI_{zz}} + v_R(L) = -\frac{R_B L^3}{3EI_{zz}}$$



דגמה 5 – בעיה לא מסוימות סטטית, כוח מפולג, סכום

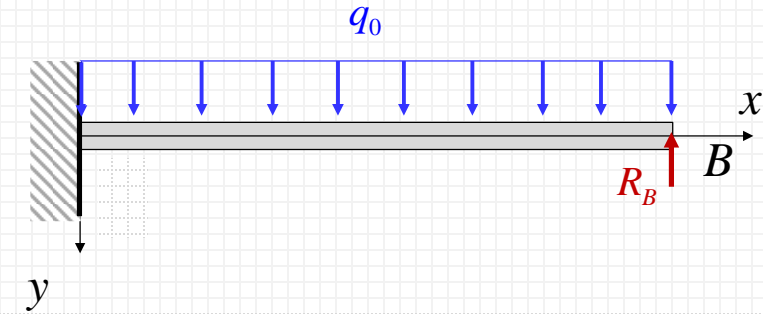
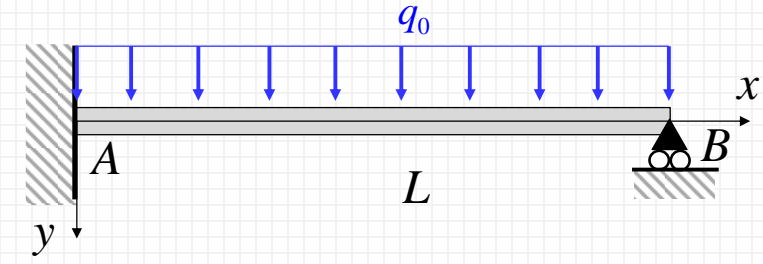
פתרון

-שחרור אחד מהאילוצים, החלפת האילוץ על ידי **ריאקציה לא ידועה**



$$v(L) = v_q(L) = \frac{q_0 L^4}{8EI_{zz}} + v_R(L) = -\frac{R_B L^3}{3EI_{zz}}$$

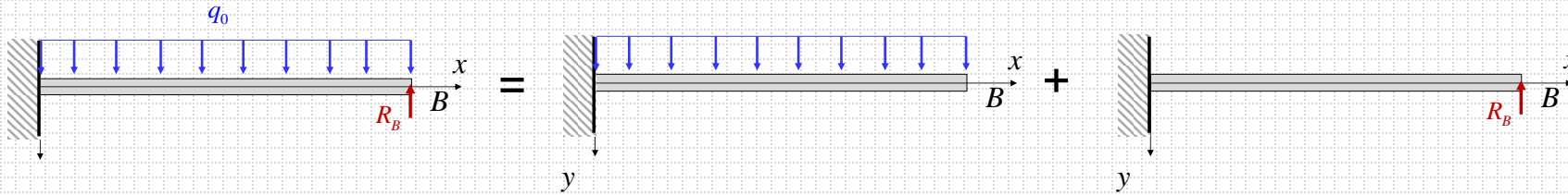
- נקיים תנאי בקצה $x=L$



דגמה 5 – בעיה לא מסוימות סטטית, כוח מפולג, סכום

פתרון

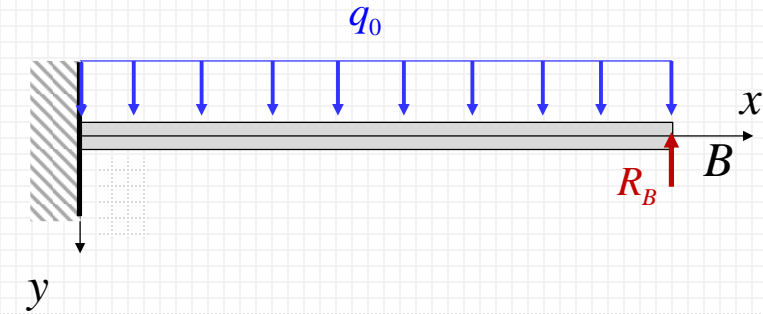
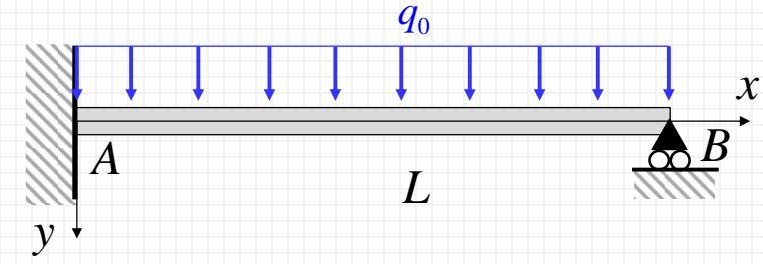
-שחרור אחד מהאילוצים, החלפת האילוץ על ידי **ריאקציה לא ידועה**

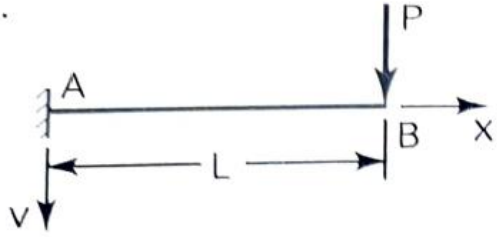
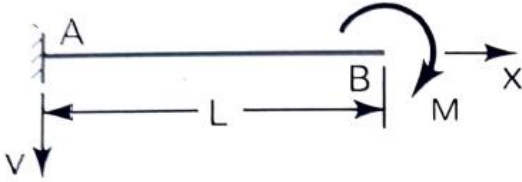
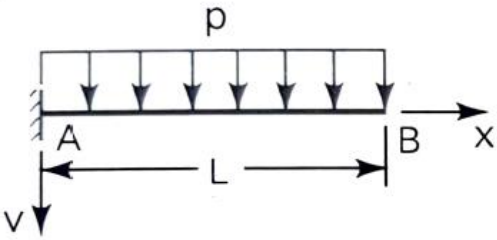


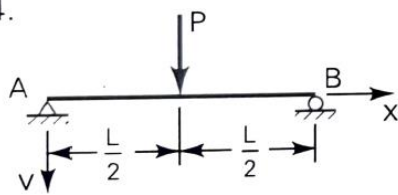
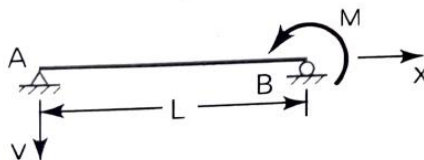
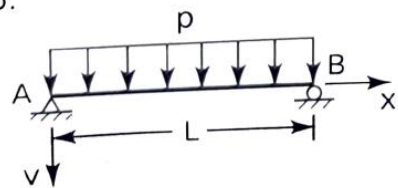
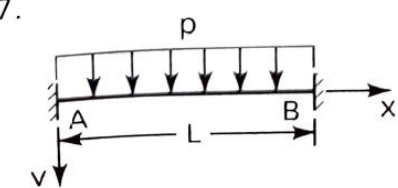
$$v(L) = v_q(L) = \frac{q_0 L^4}{8EI_{zz}} + v_R(L) = -\frac{R_B L^3}{3EI_{zz}}$$

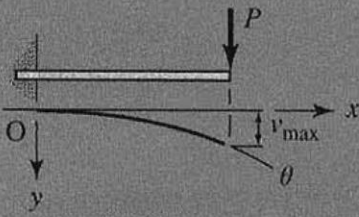
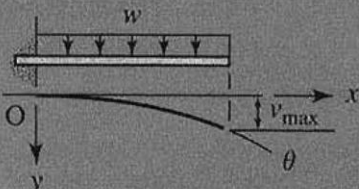
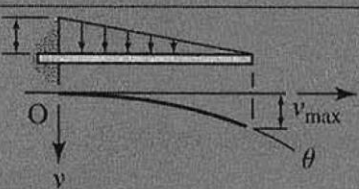
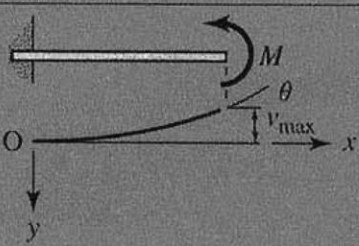
- נקיים תנאי בקצה $x=L$, נמצא את הריאקציה הלא ידועה

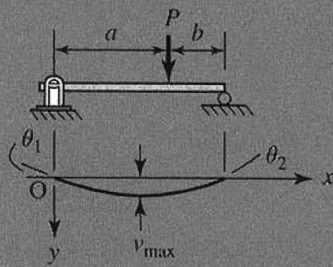
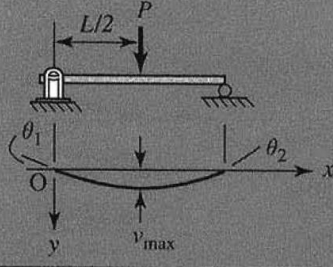
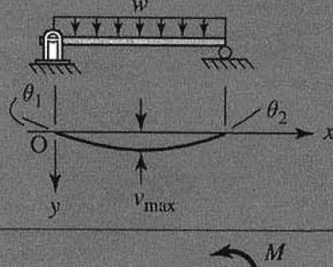
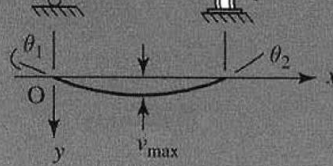
$$v(L) = v_q(L) + v_R(L) = \frac{q_0 L^4}{8EI_{zz}} - \frac{R_B L^3}{3EI_{zz}} = 0 \rightarrow R_B = \frac{3}{8} q_0 L$$

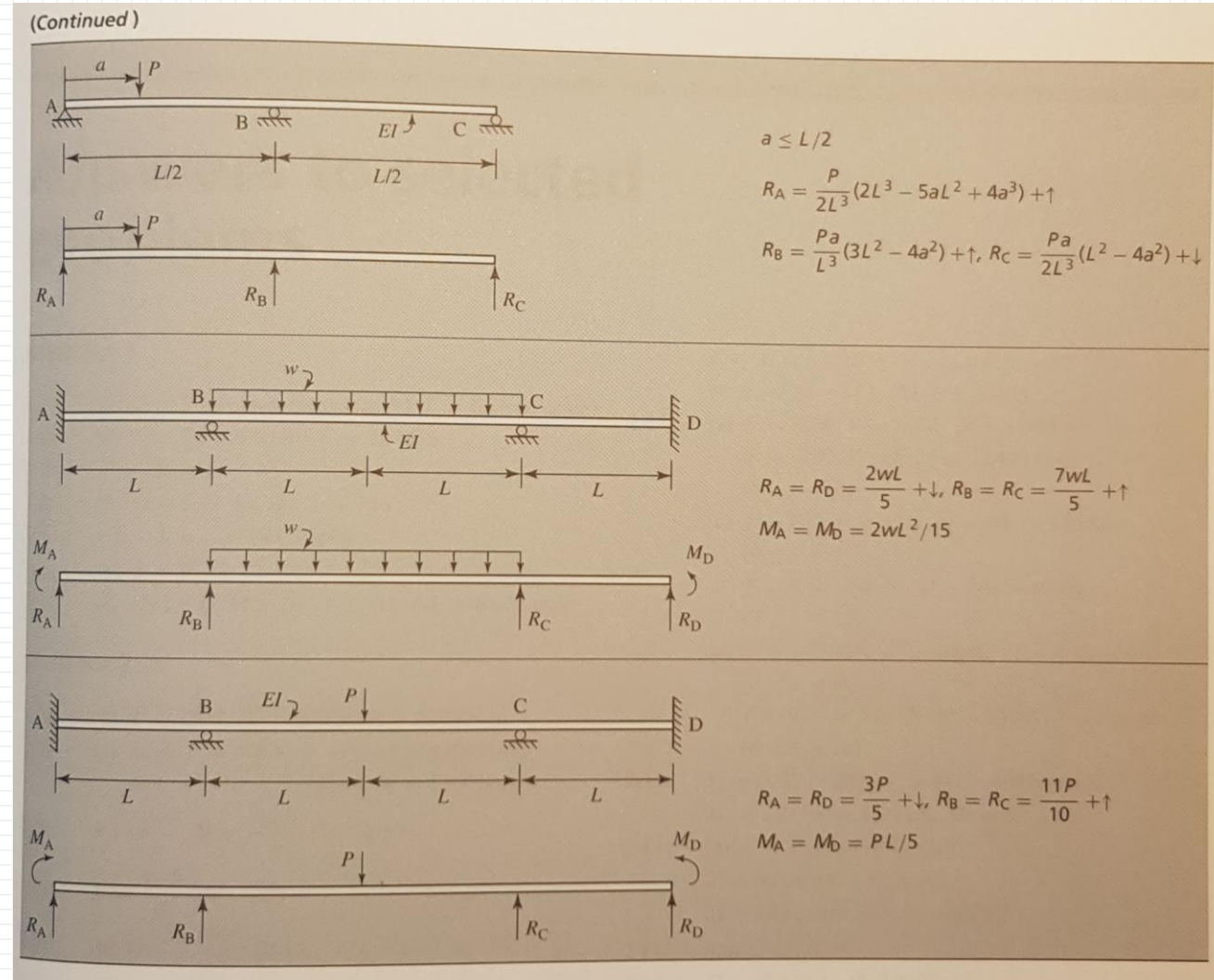
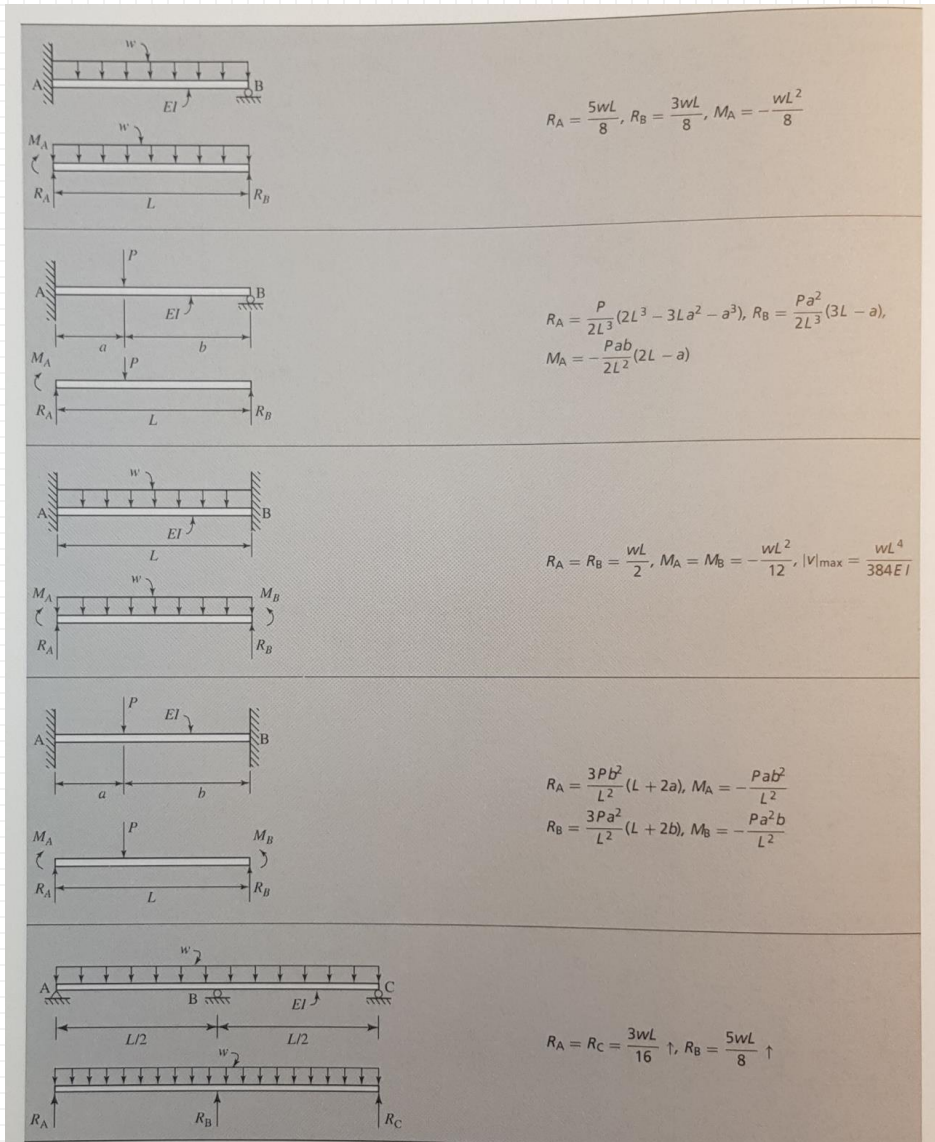


Loading	Deflection	Slope at
<p>1.</p> 	$v = \frac{Px^2}{6EI} (3L-x)$ $v_{\max} = v_B = \frac{PL^3}{3EI}$	$\theta_B = \frac{PL^2}{2EI}$
<p>2.</p> 	$v = \frac{Mx^2}{2EI}$ $v_{\max} = v_B = \frac{ML^2}{2EI}$	$\theta_B = \frac{ML}{EI}$
<p>3.</p> 	$v = \frac{px^2}{24EI} (6L^2 - 4Lx + x^2)$ $v_{\max} = v_B = \frac{pL^4}{8EI}$	$\theta_B = \frac{pL^3}{6EI}$

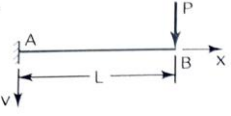
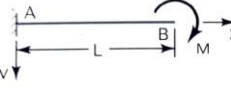
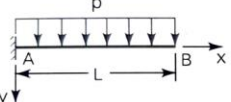
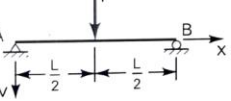
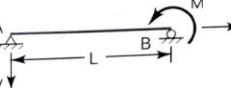
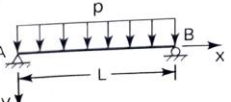
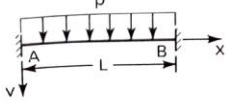
Loading	Deflection	Slope at
<p>4.</p> 	<p>For $x \leq L/2$</p> $v = \frac{Px}{48EI} (3L^2 - 4x^2)$ $v_{\max} = v\left(\frac{L}{2}\right) = \frac{PL^3}{48EI}$	$\theta_A = -\theta_B = \frac{PL^2}{16EI}$
<p>5.</p> 	$v = \frac{Mx}{6EI} (L^2 - x^2)$ $v_{\max} = v\left(\frac{L}{\sqrt{3}}\right) = \frac{ML^2}{9\sqrt{3}EI}$	$\theta_A = \frac{ML}{6EI}$ $\theta_B = -\frac{ML}{3EI}$
<p>6.</p> 	$v = \frac{px}{24EI} (L^3 - 2Lx^2 + x^3)$ $v_{\max} = v\left(\frac{L}{2}\right) = \frac{5pL^4}{384EI}$	$\theta_A = -\theta_B = \frac{pL^3}{24EI}$
<p>7.</p> 	$v = \frac{px^2}{24EI} (L-x)^2$ $v_{\max} = v\left(\frac{L}{2}\right) = \frac{pL^4}{384EI}$	$\theta_A = \theta_B = 0$

Load and support (Length L)	Equation of elastic curve	Maximum deflection (+ downward)	Slope at end (+ ↘)
	$v = -\frac{Px^2}{6EI}(x - 3L)$	$v_{\max} = \frac{PL^3}{3EI} \text{ at } x = L$	$\theta = \frac{PL^2}{2EI} \text{ at } x = L$
	$v = \frac{wx^2}{24EI}(x^2 - 4Lx + 6L^2)$	$v_{\max} = \frac{wL^4}{8EI} \text{ at } x = L$	$\theta = \frac{wL^3}{6EI} \text{ at } x = L$
	$v = \frac{w}{120EI L} [(L - x)^5 + 5L^4x - L^5]$	$v_{\max} = \frac{wL^4}{30EI} \text{ at } x = L$	$\theta = \frac{wL^3}{24EI} \text{ at } x = L$
	$v = -\frac{M}{2EI}x^2$	$ v _{\max} = \frac{ML^2}{2EI} \text{ at } x = L$	$\theta = -\frac{ML}{EI} \text{ at } x = L$

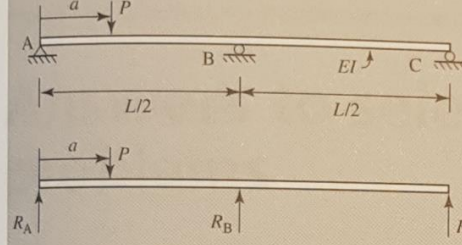
Load and support (Length L)	Equation of elastic curve	Maximum deflection (+ downward)	Slope at end (+ ↘)
	$x \leq a: v = -\frac{Pbx}{6EI} (x^2 - L^2 + b^2)$ $x = a: v = \frac{Pa^2b^2}{3EI}$	$v_{\max} = \frac{Pb(L^2 - b^2)^{3/2}}{9\sqrt{3}EI}$ $\text{at } x = \sqrt{(L^2 - b^2)/3}$ $v_{\text{center not max}} = \frac{Pb(3L^2 - 4b^2)}{48EI}$	$\theta_1 = \frac{Pb(L^2 - b^2)}{6EI} \text{ at } x = 0$ $\theta_2 = -\frac{Pa(L^2 - a^2)}{6EI} \text{ at } x = L$
	$x \leq L/2: v = -\frac{Px}{48EI} (4x^2 - 3L^2)$	$v_{\max} = \frac{PL^3}{48EI} \text{ at } x = L/2$	$\theta_1 = \frac{PL^2}{16EI} \text{ at } x = 0$ $\theta_2 = -\frac{PL^2}{16EI} \text{ at } x = L$
	$v = \frac{wx}{24EI} (x^3 - 2Lx^2 + L^2)$	$v_{\max} = \frac{5wL^4}{384EI} \text{ at } x = L/2$	$\theta_1 = \frac{wL^3}{24EI} \text{ at } x = 0$ $\theta_2 = -\frac{wL^3}{24EI} \text{ at } x = L$
	$v = -\frac{Mx}{6EI} (x^2 - L^2)$	$v_{\max} = \frac{ML^2}{9\sqrt{3}EI}$ $\text{at } x = L/\sqrt{3}$ $v_{\text{center not max}} = \frac{ML^2}{16EI}$	$\theta_1 = \frac{ML}{6EI} \text{ at } x = 0$ $\theta_2 = -\frac{ML}{3EI} \text{ at } x = L$



R. Parnes, Solid Mechanics in Engineering, Wiley (2000).

Loading	Deflection	Slope at
1. 	$v = \frac{Px^2}{6EI} (3L - x)$ $v_{\max} = v_B = \frac{PL^3}{3EI}$	$\theta_B = \frac{PL^2}{2EI}$
2. 	$v = \frac{Mx^2}{2EI}$ $v_{\max} = v_B = \frac{ML^2}{2EI}$	$\theta_B = \frac{ML}{EI}$
3. 	$v = \frac{px^2}{24EI} (6L^2 - 4Lx + x^2)$ $v_{\max} = v_B = \frac{pL^4}{8EI}$	$\theta_B = \frac{pL^3}{6EI}$
4. 	For $x \leq L/2$ $v = \frac{Px}{48EI} (3L^2 - 4x^2)$ $v_{\max} = v(L/2) = \frac{PL^3}{48EI}$	$\theta_A = -\theta_B = \frac{PL^2}{16EI}$
5. 	$v = \frac{Mx}{6EI} (L^2 - x^2)$ $v_{\max} = v(L/3) = \frac{ML^2}{9\sqrt{3}EI}$	$\theta_A = \frac{ML}{6EI}$ $\theta_B = -\frac{ML}{3EI}$
6. 	$v = \frac{px}{24EI} (L^3 - 2Lx^2 + x^3)$ $v_{\max} = v(L/2) = \frac{5pL^4}{384EI}$	$\theta_A = -\theta_B = \frac{pL^3}{24EI}$
7. 	$v = \frac{px^2}{24EI} (L - x)^2$ $v_{\max} = v(L/2) = \frac{pL^4}{384EI}$	$\theta_A = \theta_B = 0$

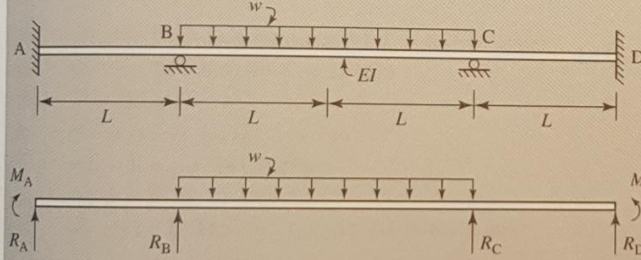
(Continued)



$a \leq L/2$

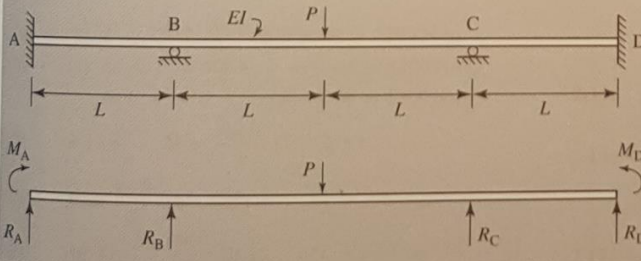
$$R_A = \frac{P}{2L^3} (2L^3 - 5aL^2 + 4a^3) + \uparrow$$

$$R_B = \frac{Pa}{L^3} (3L^2 - 4a^2) + \uparrow, R_C = \frac{Pa}{2L^3} (L^2 - 4a^2) + \downarrow$$



$R_A = R_D = \frac{2wL}{5} + \downarrow, R_B = R_C = \frac{7wL}{5} + \uparrow$

$$M_A = M_D = 2wL^2/15$$

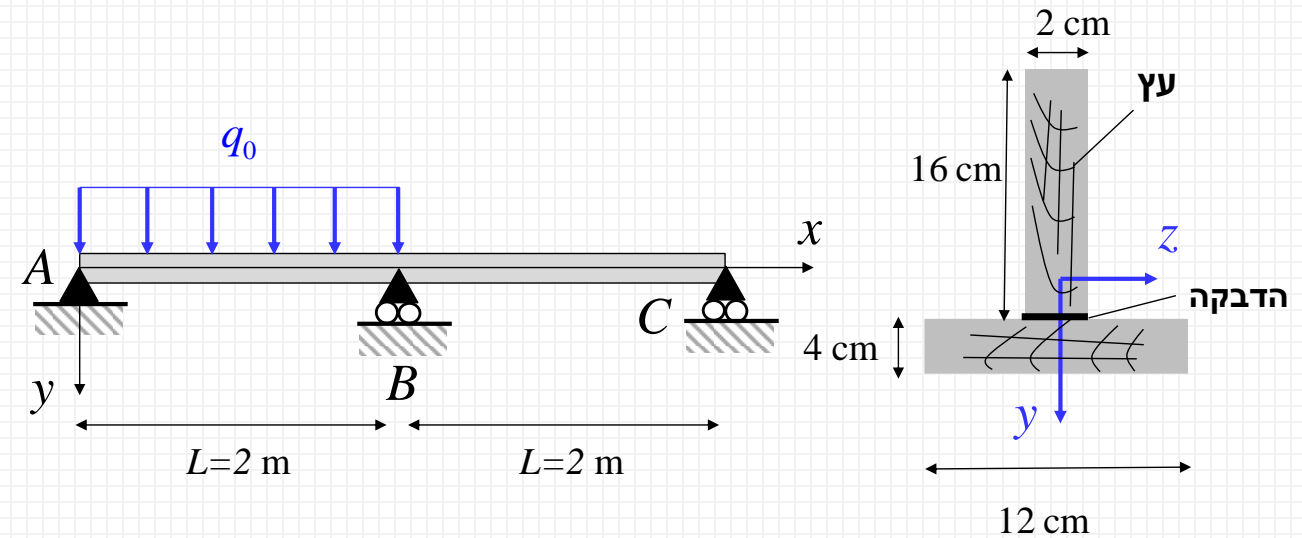


$R_A = R_D = \frac{3P}{5} + \downarrow, R_B = R_C = \frac{11P}{10} + \uparrow$

$$M_A = M_D = PL/5$$

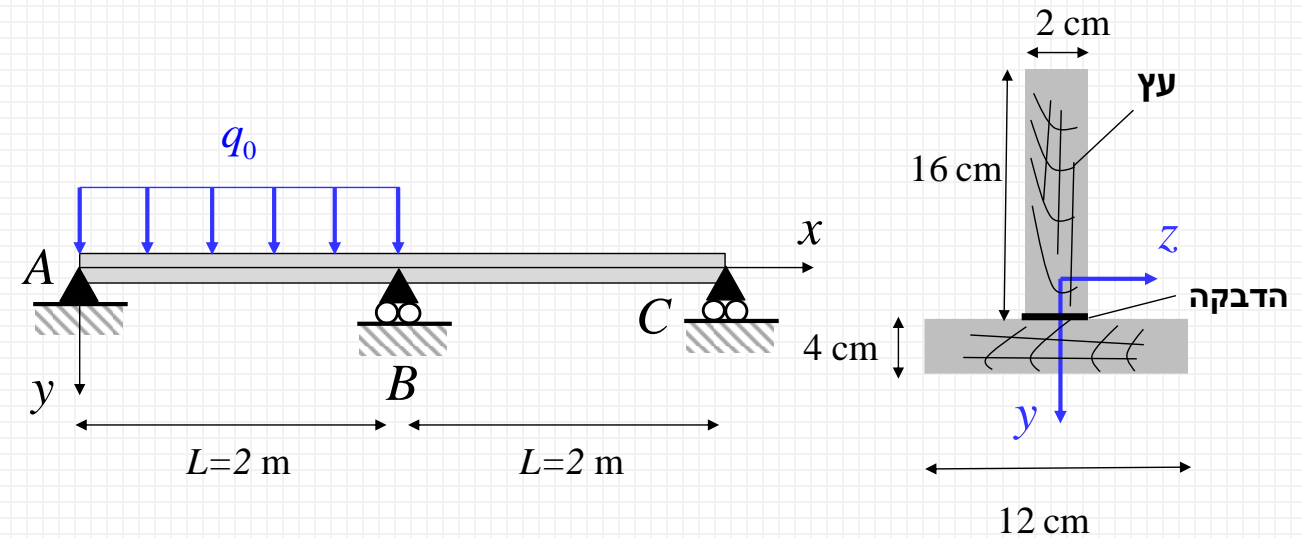
דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

נתונה קורה ABC שעשויה מעץ. שני חלקים של החתך מודבקים כמו שמתואר בציור. הקורה נתמכת על ידי 3 סמכים, על הקטע AB פועל כוח מפולג אחיד $q_0 = 10000 \text{ N/m}$



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

נתונה קורה ABC שעשויה מעץ. שני חלקים של החתך מודבקים כמו שמתואר בציור. הקורה נתמכת על ידי 3 סמכים, על הקטע AB פועל כוח מפולג אחיד $q_0 = 10000 \text{ N/m}$

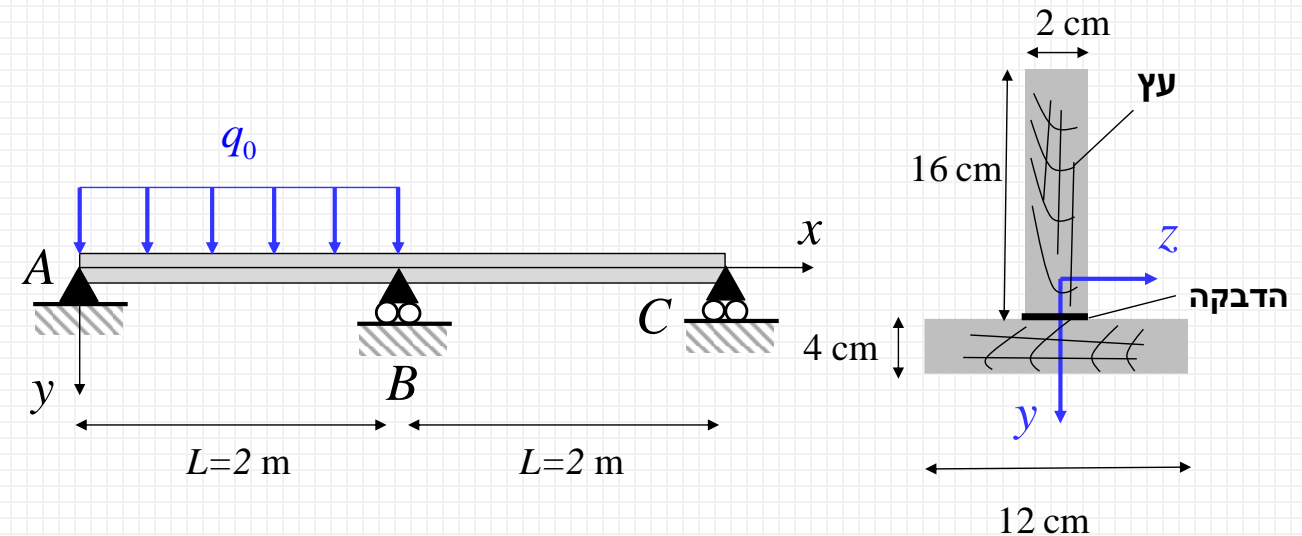


יש למצוא

- את הביטוי עבור פונקציית שקיעה של הקורה (הקו האלסטי) $v(x)$

דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

נתונה קורה ABC שעשויה מעץ. שני חלקים של החתך מודבקים כמו שמתואר בציור. הקורה נתמכת על ידי 3 סמכים, על הקטע AB פועל כוח מפולג אחיד $q_0 = 10000 \text{ N/m}$

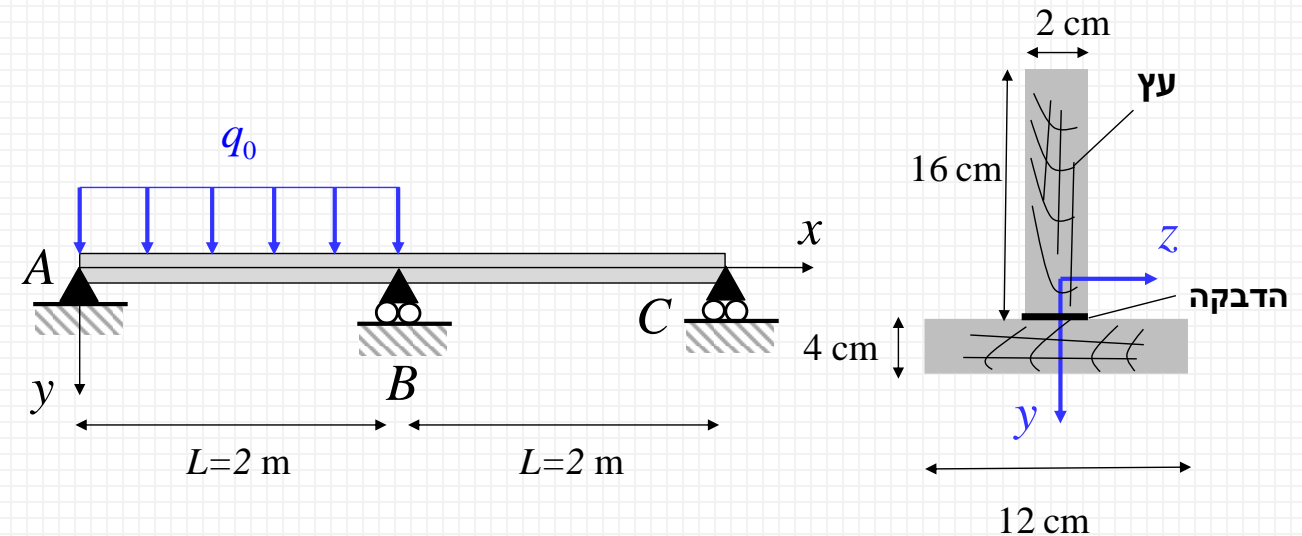


יש למצוא

- את הביטוי עבור פונקציית שקיעה של הקורה (הקו האלסטי) $v(x)$
- את המאמץ מתיחה ולחיצה מרביים

דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

נתונה קורה ABC שעשויה מעץ. שני חלקים של החתך מודבקים כמו שמתואר בציור. הקורה נתמכת על ידי 3 סמכים, על הקטע AB פועל כוח מפולג אחיד $q_0 = 10000 \text{ N/m}$



יש למצוא

- את הביטוי עבור פונקציית שקיעה של הקורה (הקו האלסטי) $v(x)$
- את המאמץ מתיחה ולחיצה מרביים
- את מאמץ הגזירה המרבי בדבק

פתרון

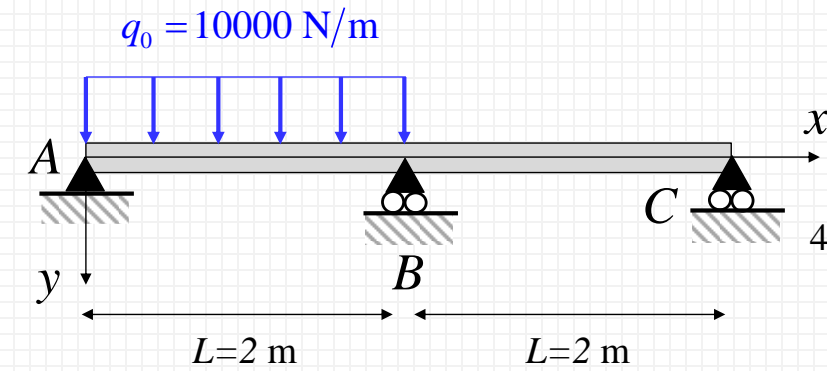
פתרון

בשלב ראשון נשתמש בסופרפוזיציה כדי להיפתר מי אי סיום סטטי.

דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

פתרון

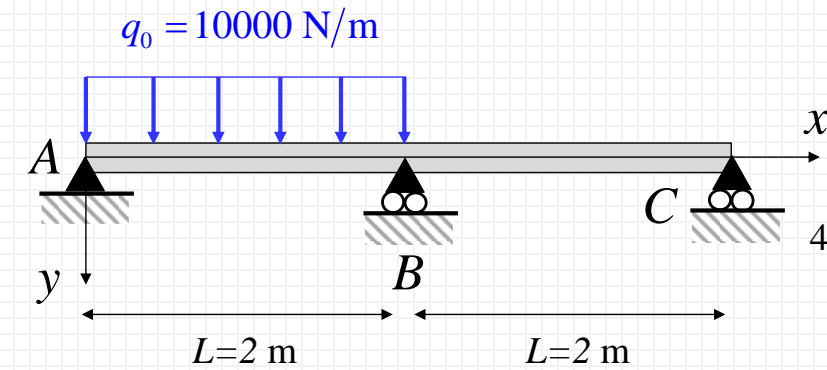
בשלב ראשון נשתמש בסופרפוזיציה כדי להיפתר מי אי סיום סטטי.



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

פתרון

בשלב ראשון נשתמש בסופרפוזיציה כדי להיפתר מי אי סיום סטטי.
נשחרר את האילוץ בנקודה C

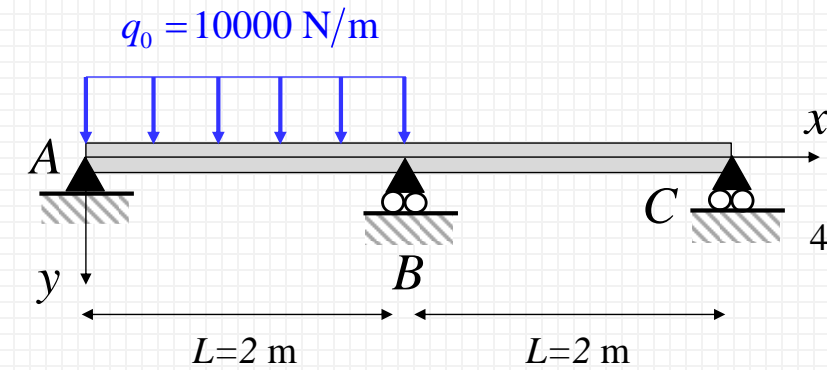
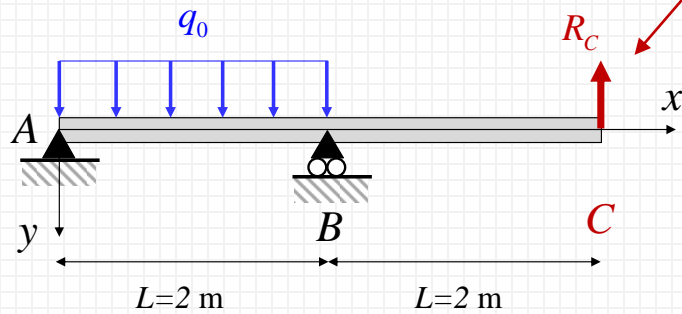


דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

פתרון

בשלב ראשון נשתמש בסופרפוזיציה כדי להיפתר מי אי סיום סטטי.
נשחרר את האילוץ בנקודה C

ריאקציה לא ידועה

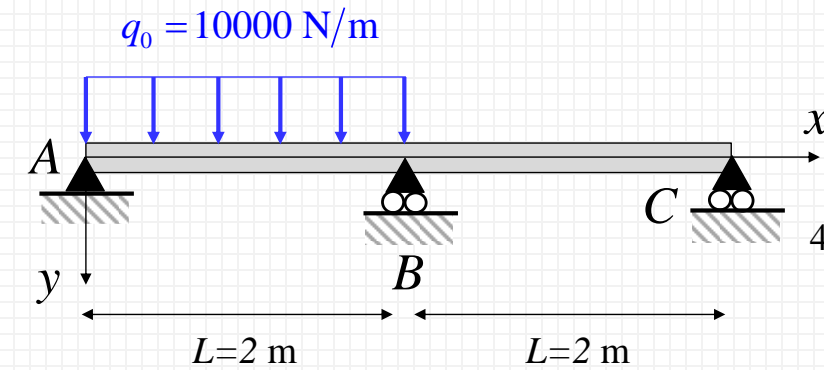
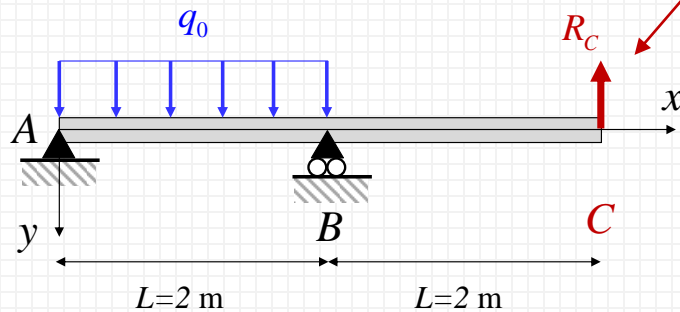


דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

פתרון

בשלב ראשון נשתמש בסופרפוזיציה כדי להיפתר מי אי סיום סטטי.
נשחרר את האילוץ בנקודה C

ריאקציה לא ידועה

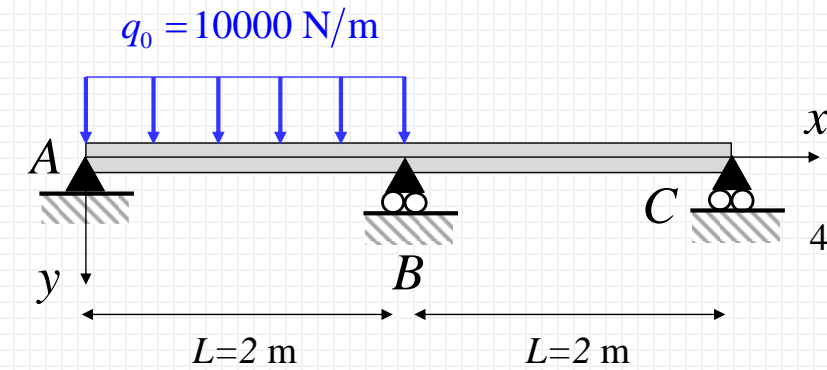
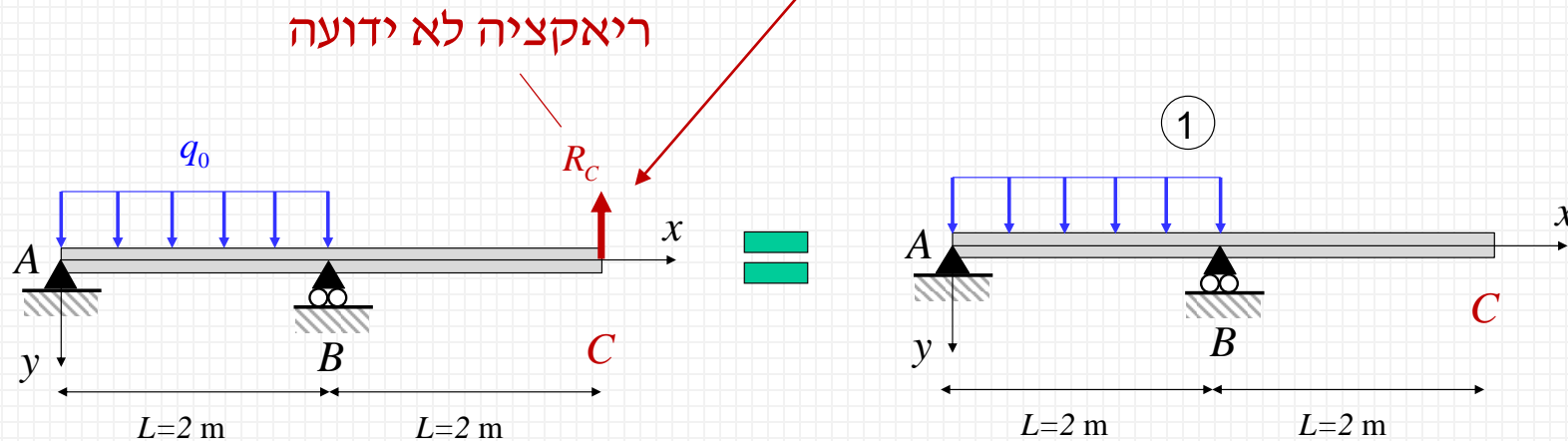


- נמצא שקיעה בנקודה C בעזרת סופרפוזיציה:

דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

פתרון

בשלב ראשון נשתמש בסופרפוזיציה כדי להיפטר מי אי סיום סטטי.
נשחרר את האילוץ בנקודה C



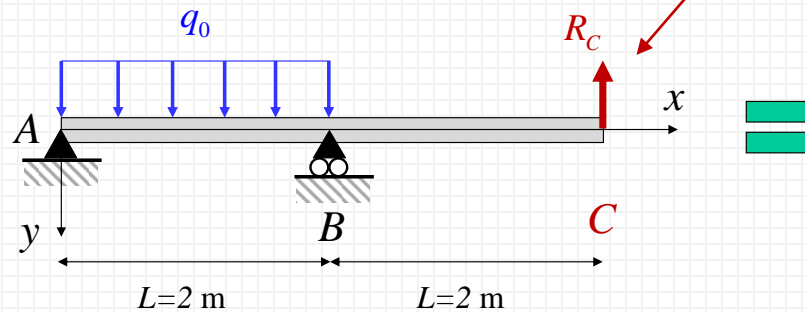
- נמצא שקיעה בנקודה C בעזרת סופרפוזיציה:

דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

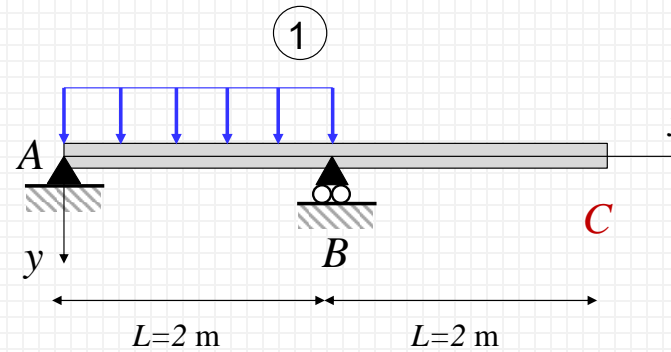
פתרון

בשלב ראשון נשתמש בסופרפוזיציה כדי להיפתר מי אי סיום סטטי.
נשחרר את האילוץ בנקודה C

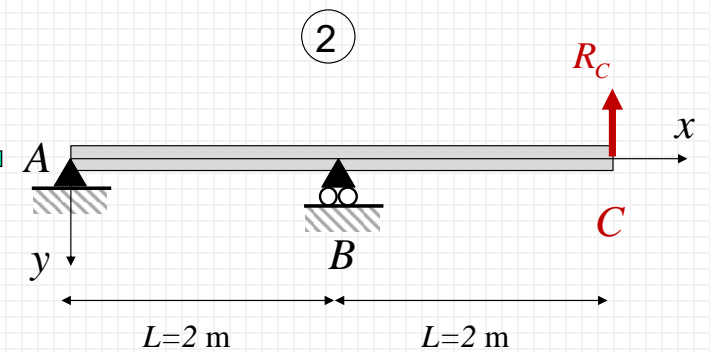
ריאקציה לא ידועה



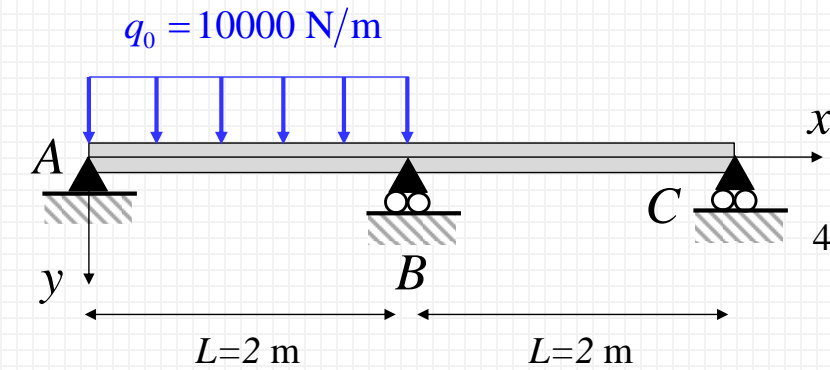
=



+



- נמצא שקיעה בנקודה C בעזרת סופרפוזיציה:

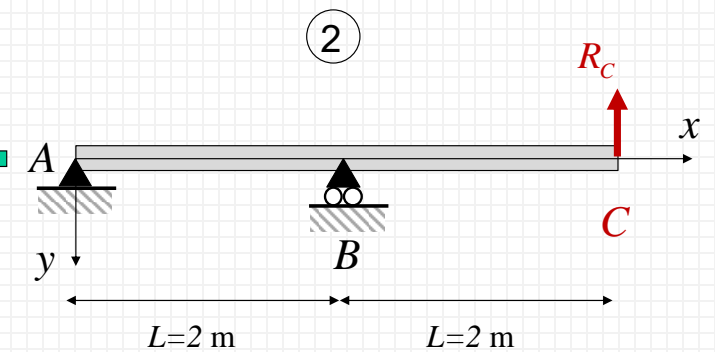
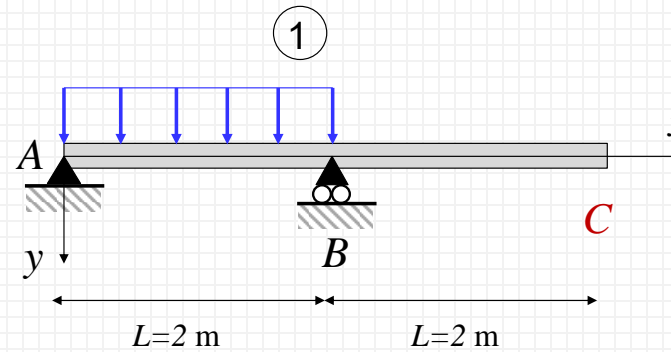
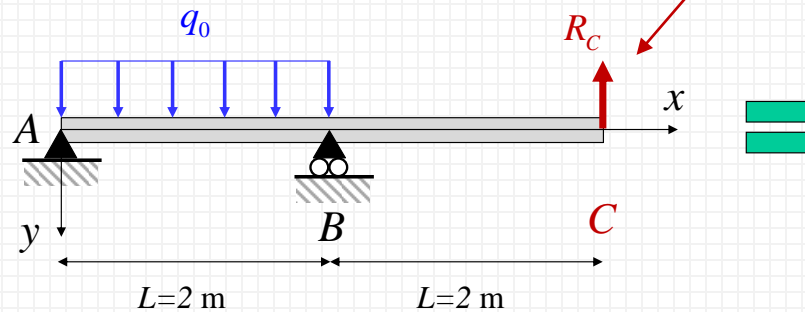


דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

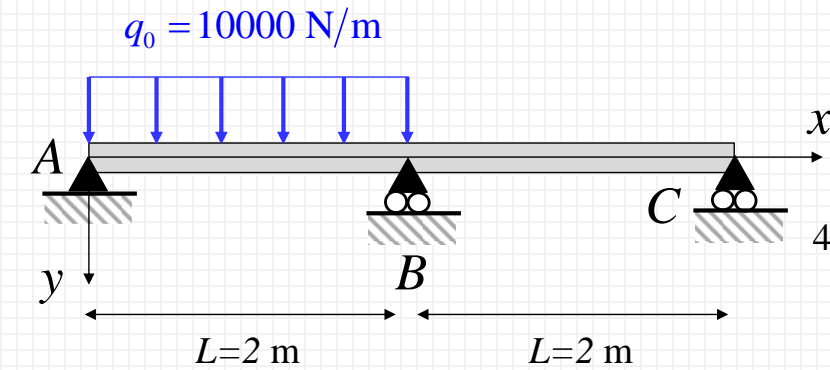
פתרון

בשלב ראשון נשתמש בסופרפוזיציה כדי להיפתר מי אי סיום סטטי.
נשחרר את האילוץ בנקודה C

ריאקציה לא ידועה



- נמצא שקיעה בנקודה C בעזרת סופרפוזיציה: $v_C = v(2L) = v_1(2L) + v_2(2L)$

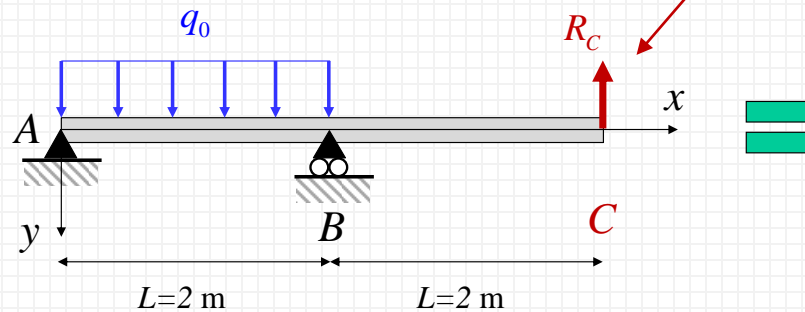


דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

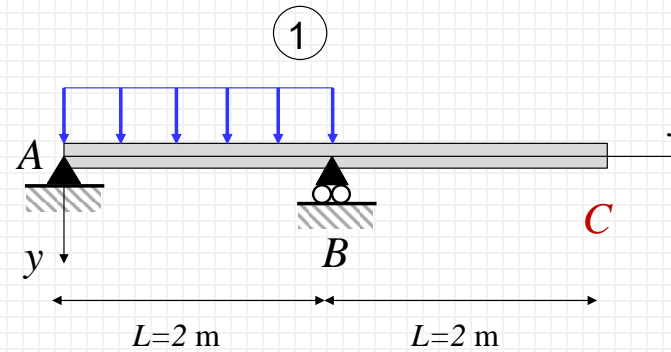
פתרון

בשלב ראשון נשתמש בסופרפוזיציה כדי להיפתר מי אי סיום סטטי.
נשחרר את האילוץ בנקודה C

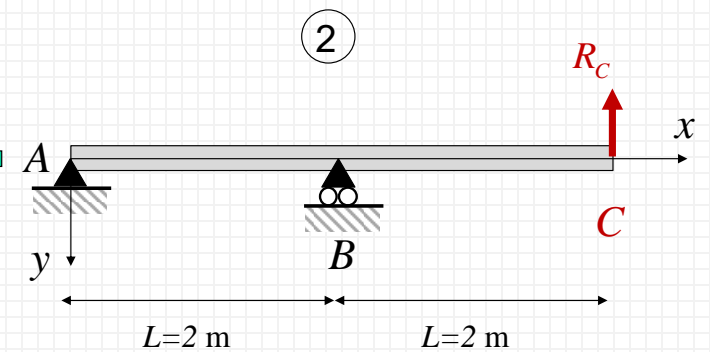
ריאקציה לא ידועה



=

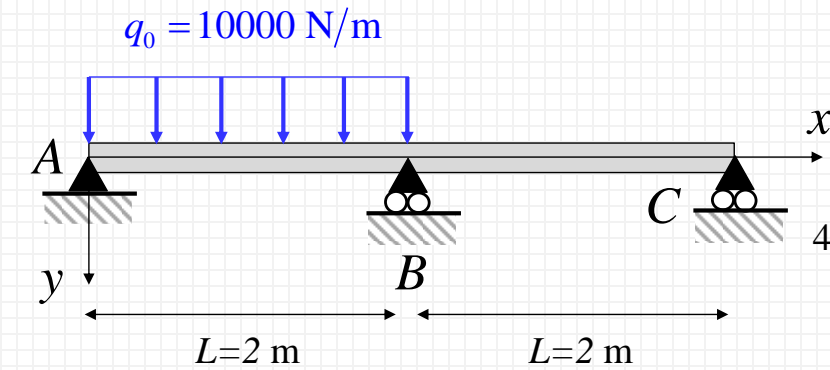


+



- נמצא שקיעה בנקודה C בעזרת סופרפוזיציה: $v_C = v(2L) = v_1(2L) + v_2(2L)$

- נקיים תנאי התאמה בנקודה C ונמצא ריאקציה בנקודה C

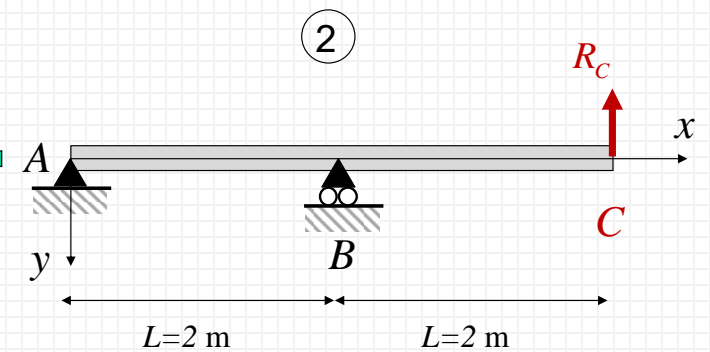
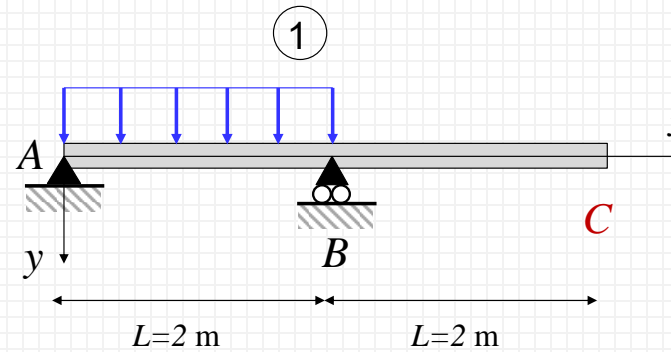
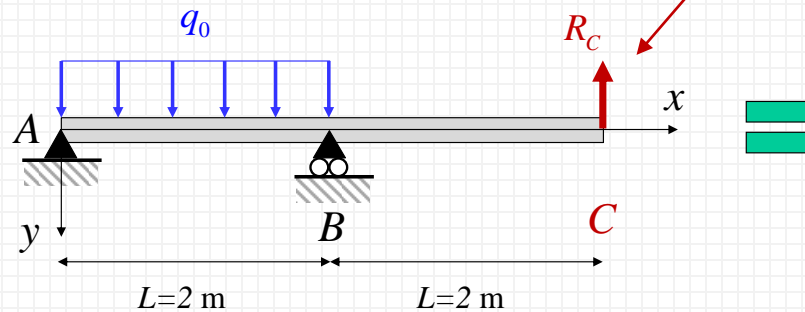


דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

פתרון

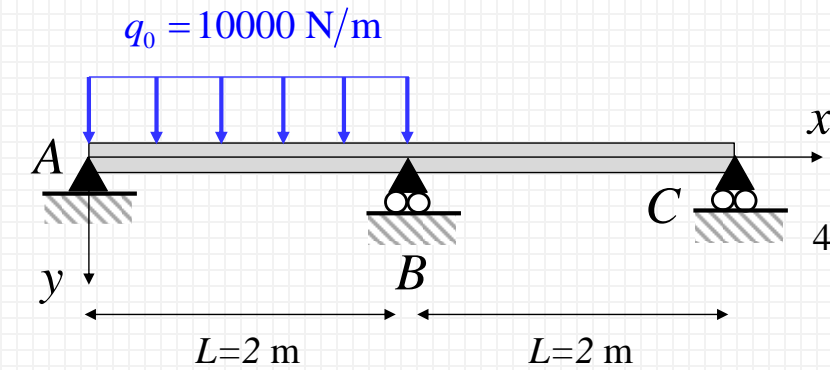
בשלב ראשון נשתמש בסופרפוזיציה כדי להיפתר מי אי סיום סטטי.
נשחרר את האילוץ בנקודה C

ריאקציה לא ידועה



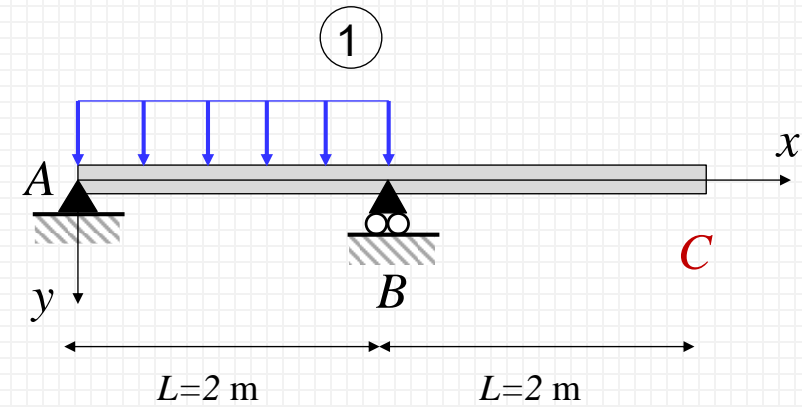
- נמצא שקיעה בנקודה C בעזרת סופרפוזיציה: $v_C = v(2L) = v_1(2L) + v_2(2L)$

- נקיים תנאי התאמה בנקודה C ונמצא ריאקציה בנקודה C: R_C $\rightarrow v_C = 0$



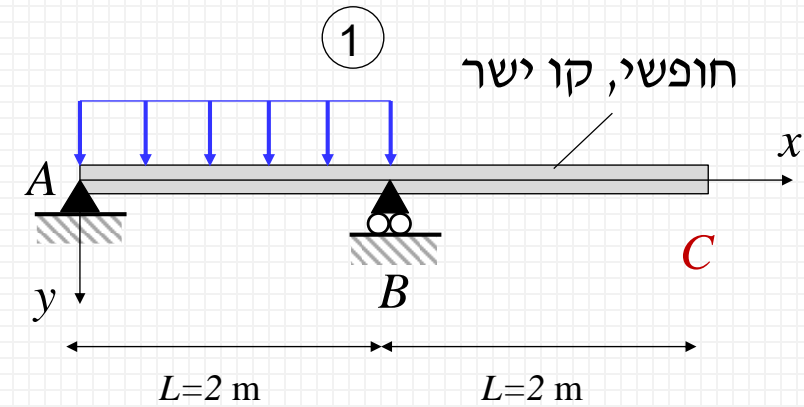
דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 1



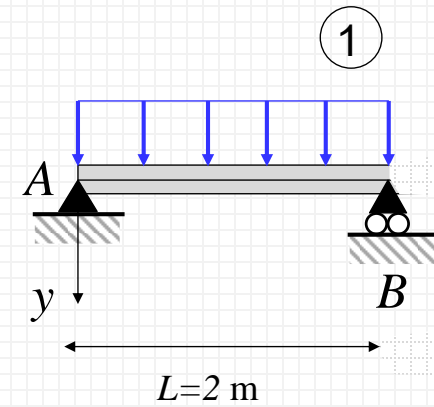
דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 1



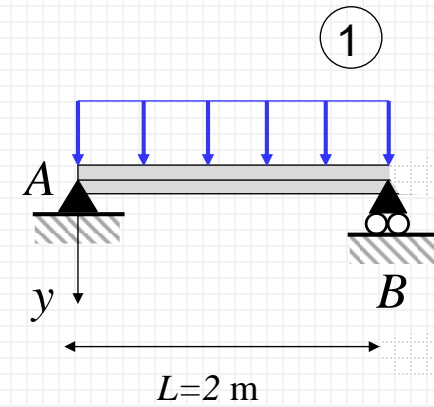
דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 1



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 1 (כבר פתרנו בעבר)

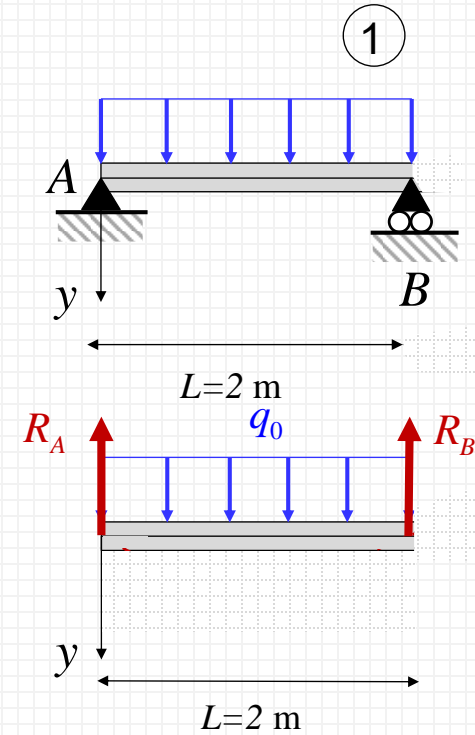


דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 1 (כבר פתרנו בעבר)

פתרון

ריאקציות- בעיה 1 (כבר פתרנו בעבר)



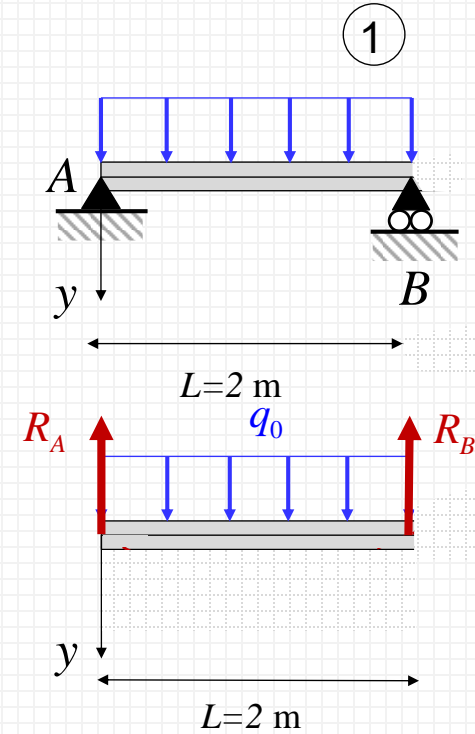
דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 1 (כבר פתרנו בעבר)

פתרון

ריאקציות- בעיה 1 (כבר פתרנו בעבר)

$$R_A = R_B = \frac{q_0 L}{2}$$



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 1 (כבר פתרנו בעבר)

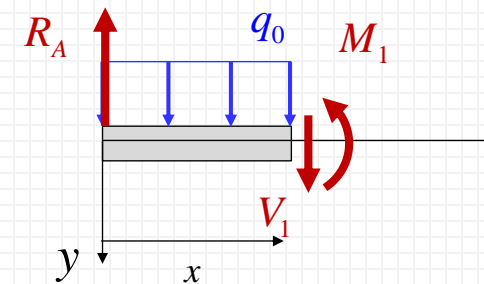
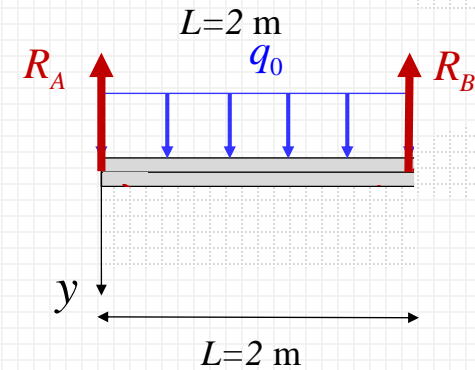
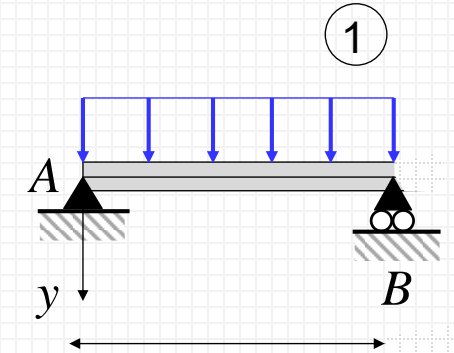
פתרון

ריאקציות- בעיה 1 (כבר פתרנו בעבר)

מומנט וכוח גזירה פנימיים- בעיה 1

$$R_A = R_B = \frac{q_0 L}{2}$$

$$M_1(x) = \frac{q_0 L^2}{2} \left(\frac{x}{L} \right) \left(1 - \frac{x}{L} \right)$$



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 1 (כבר פתרנו בעבר)

פתרון

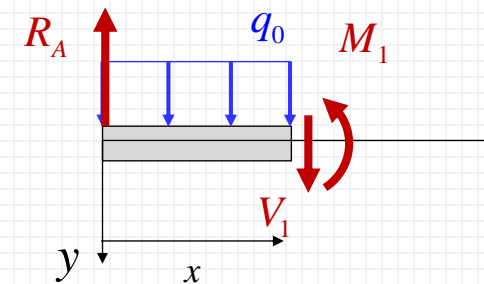
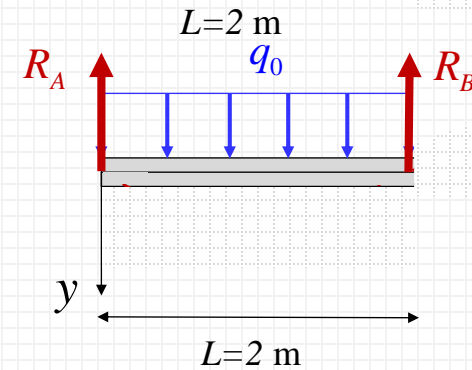
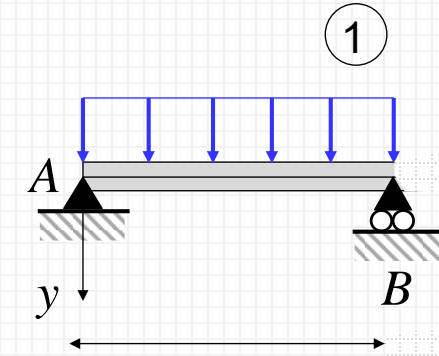
ריאקציות- בעיה 1 (כבר פתרנו בעבר)

מומנט וכוח גזירה פנימיים- בעיה 1

$$R_A = R_B = \frac{q_0 L}{2}$$

$$M_1(x) = \frac{q_0 L^2}{2} \left(\frac{x}{L} \right) \left(1 - \frac{x}{L} \right)$$

$$V_1(x) = \frac{q_0 L}{2} \left(1 - 2 \frac{x}{L} \right)$$



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 1 (כבר פתרנו בעבר)

פתרון

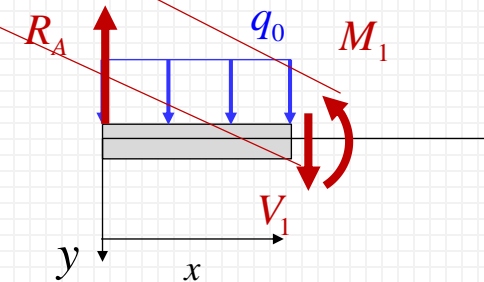
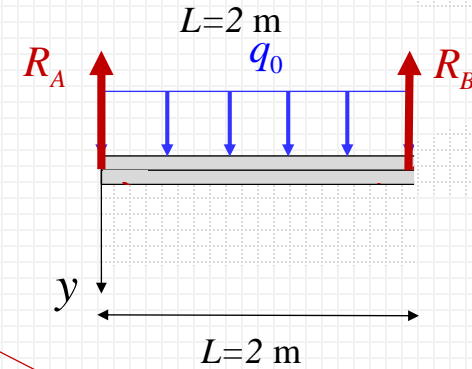
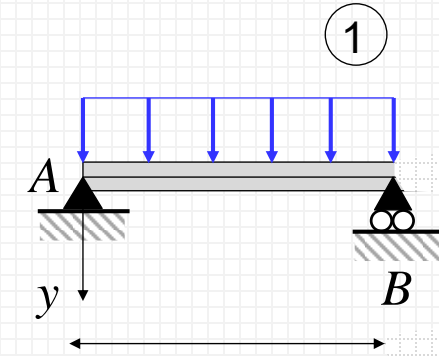
ריאקציות- בעיה 1 (כבר פתרנו בעבר)

מומנט וכוח גזירה פנימיים- בעיה 1

$$R_A = R_B = \frac{q_0 L}{2}$$

$$M_1(x) = \frac{q_0 L^2}{2} \left(\frac{x}{L} \right) \left(1 - \frac{x}{L} \right)$$

$$V_1(x) = \frac{q_0 L}{2} \left(1 - 2 \frac{x}{L} \right)$$



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 1 (כבר פתרנו בעבר)

פתרון

ריאקציות- בעיה 1 (כבר פתרנו בעבר)

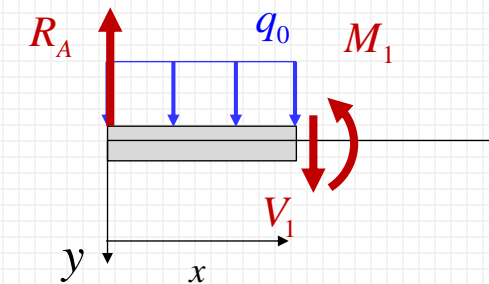
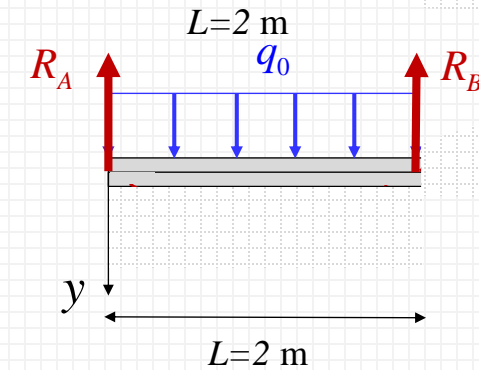
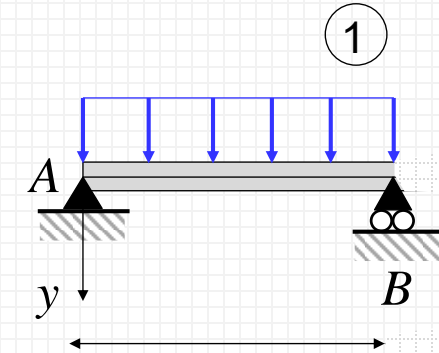
מומנט וכוח גזירה פנימיים- בעיה 1

אינטגרציה של המשוואה דיפרנציאלית

$$R_A = R_B = \frac{q_0 L}{2}$$

$$M_1(x) = \frac{q_0 L^2}{2} \left(\frac{x}{L} \right) \left(1 - \frac{x}{L} \right)$$

$$V_1(x) = \frac{q_0 L}{2} \left(1 - 2 \frac{x}{L} \right)$$



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 1 (כבר פתרנו בעבר)

פתרון

ריאקציות- בעיה 1 (כבר פתרנו בעבר)

מומנט וכוח גזירה פנימיים- בעיה 1

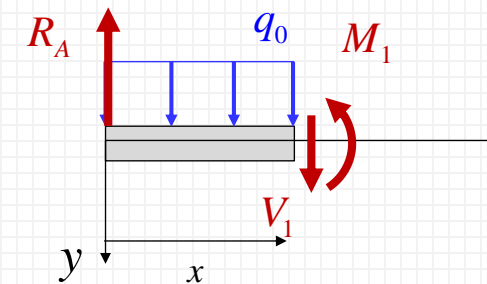
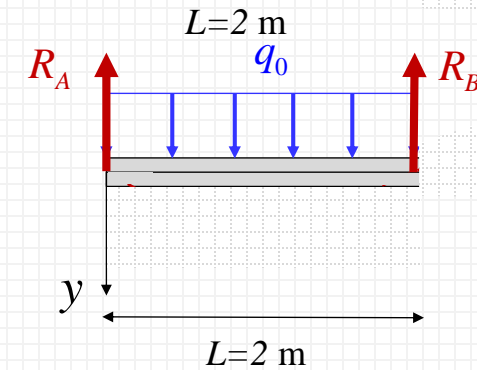
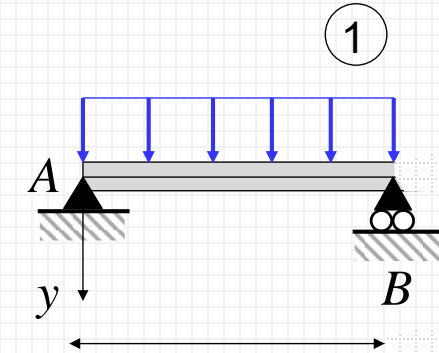
אינטגרציה של המשוואה דיפרנציאלית

$$R_A = R_B = \frac{q_0 L}{2}$$

$$M_1(x) = \frac{q_0 L^2}{2} \left(\frac{x}{L} \right) \left(1 - \frac{x}{L} \right)$$

$$V_1(x) = \frac{q_0 L}{2} \left(1 - 2 \frac{x}{L} \right)$$

$$EI v_1'' = -M_1(x) = -\frac{q_0 L x}{2} + \frac{q_0 x^2}{2}$$



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 1 (כבר פתרנו בעבר)

פתרון

ריאקציות- בעיה 1 (כבר פתרנו בעבר)

מומנט וכוח גזירה פנימיים- בעיה 1

אינטגרציה של המשוואה דיפרנציאלית

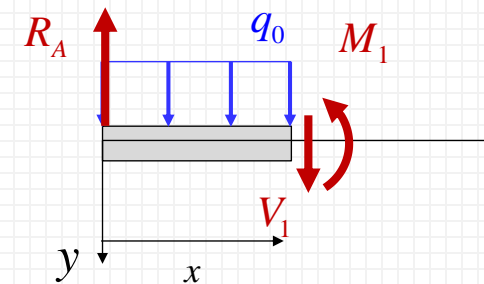
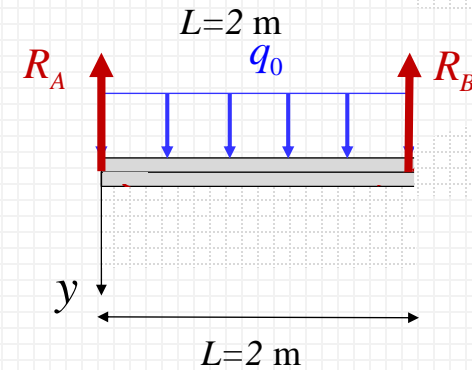
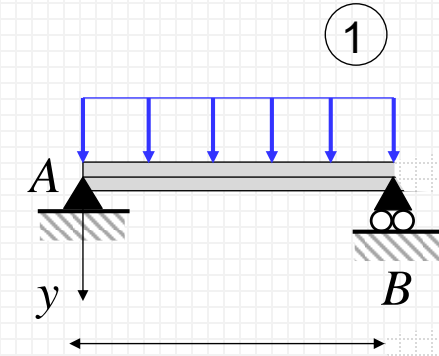
$$R_A = R_B = \frac{q_0 L}{2}$$

$$M_1(x) = \frac{q_0 L^2}{2} \left(\frac{x}{L} \right) \left(1 - \frac{x}{L} \right)$$

$$V_1(x) = \frac{q_0 L}{2} \left(1 - 2 \frac{x}{L} \right)$$

$$EI v_1'' = -M_1(x) = -\frac{q_0 L x}{2} + \frac{q_0 x^2}{2}$$

$$EI v_1 = C_2 + C_1 x - \frac{q_0 L x^3}{12} + \frac{q_0 x^4}{24}$$



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 1 (כבר פתרנו בעבר)

פתרון

ריאקציות- בעיה 1 (כבר פתרנו בעבר)

מומנט וכוח גזירה פנימיים- בעיה 1

אינטגרציה של המשוואה דיפרנציאלית

$$R_A = R_B = \frac{q_0 L}{2}$$

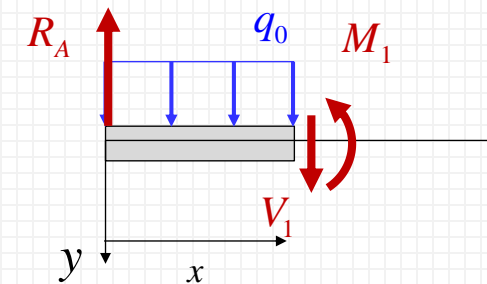
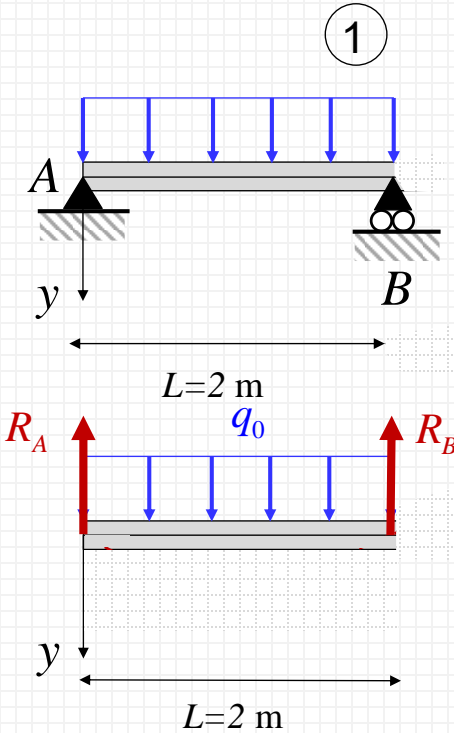
$$M_1(x) = \frac{q_0 L^2}{2} \left(\frac{x}{L} \right) \left(1 - \frac{x}{L} \right)$$

$$V_1(x) = \frac{q_0 L}{2} \left(1 - 2 \frac{x}{L} \right)$$

$$EI v_1'' = -M_1(x) = -\frac{q_0 L x}{2} + \frac{q_0 x^2}{2}$$

$$EI v_1 = C_2 + C_1 x - \frac{q_0 L x^3}{12} + \frac{q_0 x^4}{24}$$

$$BC: v_1(0) = 0 \rightarrow C_2 = 0,$$



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 1 (כבר פתרנו בעבר)

פתרון

ריאקציות- בעיה 1 (כבר פתרנו בעבר)

$$R_A = R_B = \frac{q_0 L}{2}$$

$$M_1(x) = \frac{q_0 L^2}{2} \left(\frac{x}{L} \right) \left(1 - \frac{x}{L} \right)$$

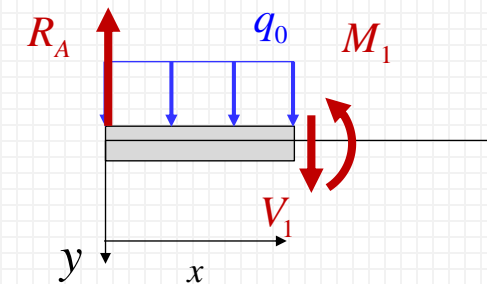
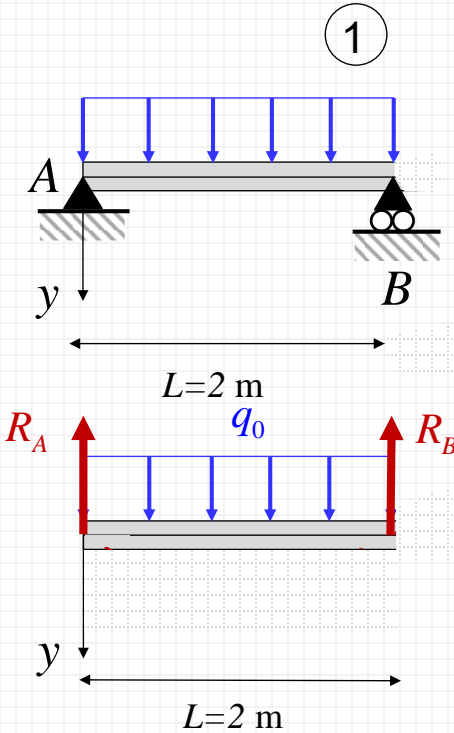
$$V_1(x) = \frac{q_0 L}{2} \left(1 - 2 \frac{x}{L} \right)$$

$$EI v_1'' = -M_1(x) = -\frac{q_0 L x}{2} + \frac{q_0 x^2}{2}$$

$$EI v_1 = C_2 + C_1 x - \frac{q_0 L x^3}{12} + \frac{q_0 x^4}{24}$$

$$BC: \quad v_1(0) = 0 \rightarrow C_2 = 0, \quad v_1(L) = 0 \rightarrow C_1 = \frac{q_0 L^3}{12} - \frac{q_0 L^3}{24} = \frac{q_0 L^3}{24}$$

אינטגרציה של המשוואה דיפרנציאלית



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 1 (כבר פתרנו בעבר)

פתרון

ריאקציות- בעיה 1 (כבר פתרנו בעבר)

$$R_A = R_B = \frac{q_0 L}{2}$$

$$M_1(x) = \frac{q_0 L^2}{2} \left(\frac{x}{L} \right) \left(1 - \frac{x}{L} \right)$$

$$V_1(x) = \frac{q_0 L}{2} \left(1 - 2 \frac{x}{L} \right)$$

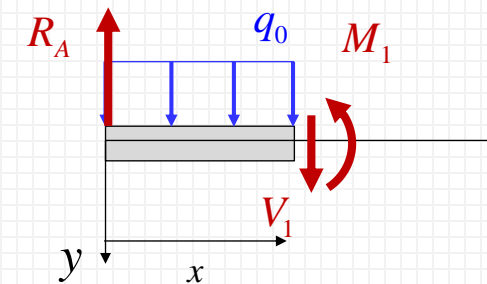
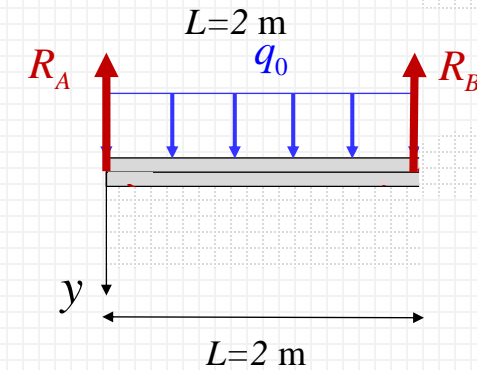
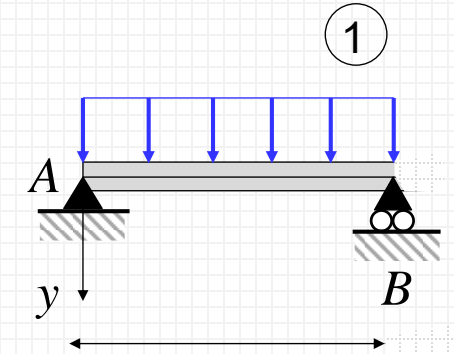
$$EI v_1'' = -M_1(x) = -\frac{q_0 L x}{2} + \frac{q_0 x^2}{2}$$

$$EI v_1 = C_2 + C_1 x - \frac{q_0 L x^3}{12} + \frac{q_0 x^4}{24}$$

$$BC: \quad v_1(0) = 0 \rightarrow C_2 = 0, \quad v_1(L) = 0 \rightarrow C_1 = \frac{q_0 L^3}{12} - \frac{q_0 L^3}{24} = \frac{q_0 L^3}{24}$$

$$v_1(x) = \frac{q_0 L^4}{24 EI} \left(\frac{x}{L} \right) \left[1 - 2 \left(\frac{x}{L} \right)^2 + \left(\frac{x}{L} \right)^3 \right]$$

אינטגרציה של המשוואה דיפרנציאלית



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 1 (כבר פתרנו בעבר)

פתרון

ריאקציות- בעיה 1 (כבר פתרנו בעבר)

$$R_A = R_B = \frac{q_0 L}{2}$$

$$M_1(x) = \frac{q_0 L^2}{2} \left(\frac{x}{L} \right) \left(1 - \frac{x}{L} \right)$$

$$V_1(x) = \frac{q_0 L}{2} \left(1 - 2 \frac{x}{L} \right)$$

$$EI v_1'' = -M_1(x) = -\frac{q_0 L x}{2} + \frac{q_0 x^2}{2}$$

$$EI v_1 = C_2 + C_1 x - \frac{q_0 L x^3}{12} + \frac{q_0 x^4}{24}$$

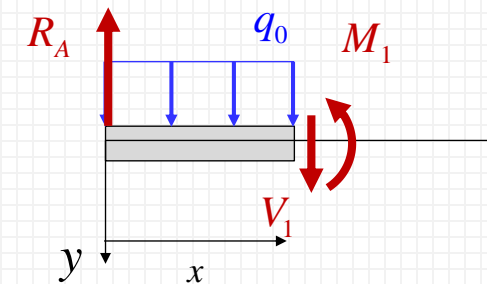
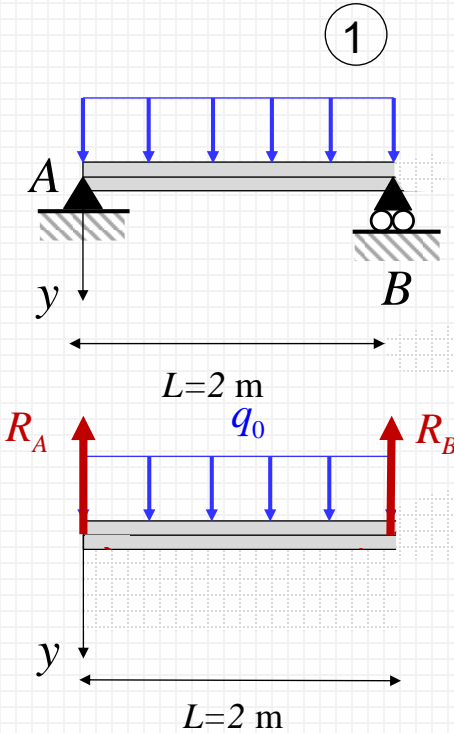
$$BC: \quad v_1(0) = 0 \rightarrow C_2 = 0, \quad v_1(L) = 0 \rightarrow C_1 = \frac{q_0 L^3}{12} - \frac{q_0 L^3}{24} = \frac{q_0 L^3}{24}$$

$$v_1(x) = \frac{q_0 L^4}{24 EI} \left(\frac{x}{L} \right) \left[1 - 2 \left(\frac{x}{L} \right)^2 + \left(\frac{x}{L} \right)^3 \right]$$

$$v_1'(x) = \frac{q_0 L^3}{24 EI} \left[1 - 6 \left(\frac{x}{L} \right)^2 + 4 \left(\frac{x}{L} \right)^3 \right]$$

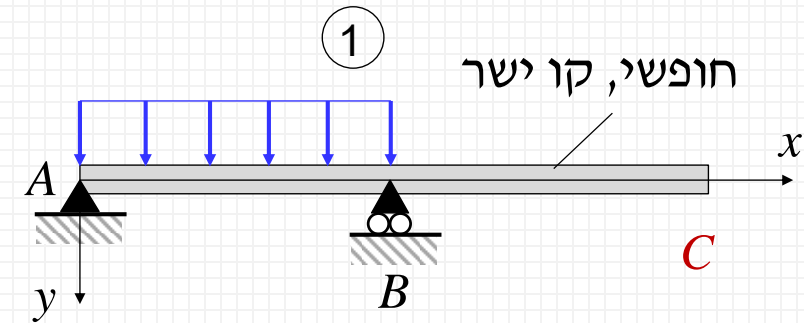
מומנט וכוח גזירה פנימיים- בעיה 1

אינטגרציה של המשוואה דיפרנציאלית



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 1 (כבר פתרנו בעבר)



פתרון

ריאקציות- בעיה 1 (כבר פתרנו בעבר)

מומנט וכוח גזירה פנימיים- בעיה 1

אינטגרציה של המשוואה דיפרנציאלית

$$R_A = R_B = \frac{q_0 L}{2}$$

$$M_1(x) = \frac{q_0 L^2}{2} \left(\frac{x}{L} \right) \left(1 - \frac{x}{L} \right)$$

$$V_1(x) = \frac{q_0 L}{2} \left(1 - 2 \frac{x}{L} \right)$$

$$EI v_1'' = -M_1(x) = -\frac{q_0 L x}{2} + \frac{q_0 x^2}{2}$$

$$EI v_1 = C_2 + C_1 x - \frac{q_0 L x^3}{12} + \frac{q_0 x^4}{24}$$

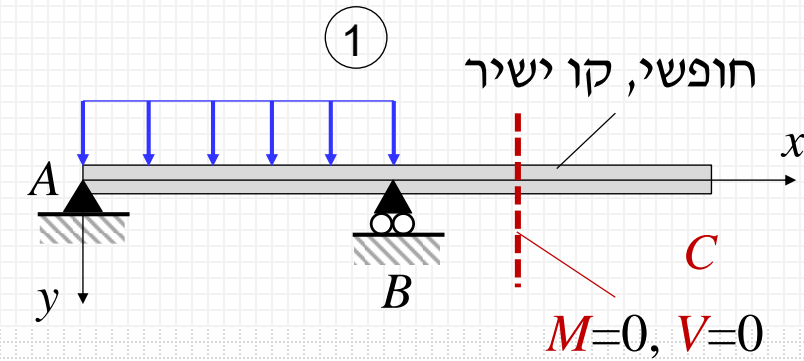
$$BC: \quad v_1(0) = 0 \rightarrow C_2 = 0, \quad v_1(L) = 0 \rightarrow C_1 = \frac{q_0 L^3}{12} - \frac{q_0 L^3}{24} = \frac{q_0 L^3}{24}$$

$$v_1(x) = \frac{q_0 L^4}{24 EI} \left(\frac{x}{L} \right) \left[1 - 2 \left(\frac{x}{L} \right)^2 + \left(\frac{x}{L} \right)^3 \right]$$

$$v_1'(x) = \frac{q_0 L^3}{24 EI} \left[1 - 6 \left(\frac{x}{L} \right)^2 + 4 \left(\frac{x}{L} \right)^3 \right]$$

דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 1 (כבר פתרנו בעבר)



פתרון

ריאקציות- בעיה 1 (כבר פתרנו בעבר)

מומנט וכוח גזירה פנימיים- בעיה 1

אינטגרציה של המשוואה דיפרנציאלית

$$R_A = R_B = \frac{q_0 L}{2}$$

$$M_1(x) = \frac{q_0 L^2}{2} \left(\frac{x}{L} \right) \left(1 - \frac{x}{L} \right)$$

$$V_1(x) = \frac{q_0 L}{2} \left(1 - 2 \frac{x}{L} \right)$$

$$EI v_1'' = -M_1(x) = -\frac{q_0 L x}{2} + \frac{q_0 x^2}{2}$$

$$EI v_1 = C_2 + C_1 x - \frac{q_0 L x^3}{12} + \frac{q_0 x^4}{24}$$

$$BC: \quad v_1(0) = 0 \rightarrow C_2 = 0, \quad v_1(L) = 0 \rightarrow C_1 = \frac{q_0 L^3}{12} - \frac{q_0 L^3}{24} = \frac{q_0 L^3}{24}$$

$$v_1(x) = \frac{q_0 L^4}{24 EI} \left(\frac{x}{L} \right) \left[1 - 2 \left(\frac{x}{L} \right)^2 + \left(\frac{x}{L} \right)^3 \right]$$

$$v_1'(x) = \frac{q_0 L^3}{24 EI} \left[1 - 6 \left(\frac{x}{L} \right)^2 + 4 \left(\frac{x}{L} \right)^3 \right]$$

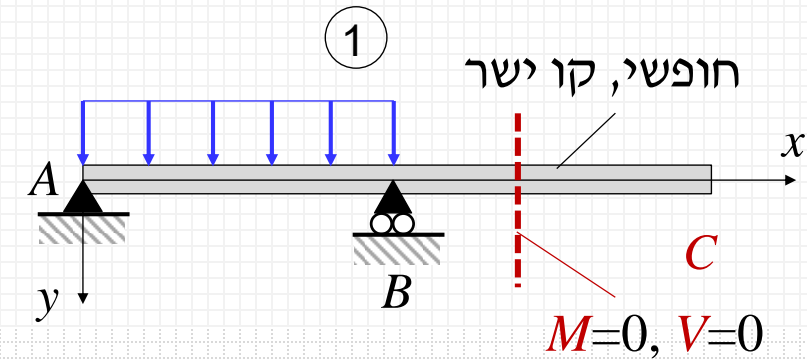
דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 1 (כבר פתרנו בעבר)

פתרון

מומנט וכוח גזירה פנימיים - בעיה 1

$$M_1(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L^2}{2} \left(\frac{x}{L} \right) \left(1 - \frac{x}{L} \right), & 0 < x < L \\ 0, & L < x < 2L \end{cases}$$
$$V_1(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L}{2} \left(1 - 2 \frac{x}{L} \right), & 0 < x < L \\ 0, & L < x < 2L \end{cases}$$



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

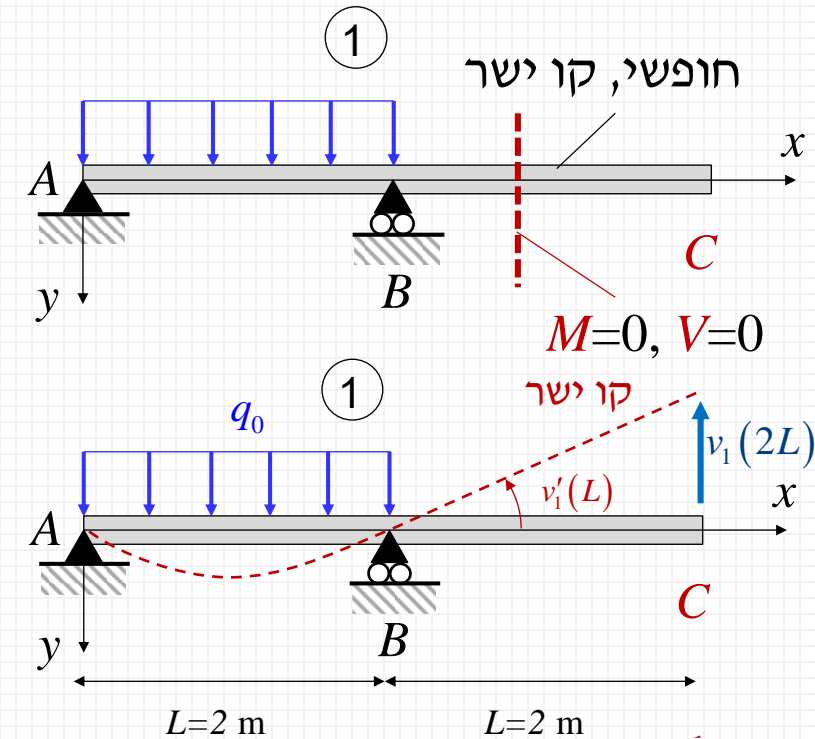
פתרון

בעיה 1 (כבר פתרנו בעבר)

מומנט וכוח גזירה פנימיים - בעיה 1

$$M_1(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L^2}{2} \left(\frac{x}{L} \right) \left(1 - \frac{x}{L} \right), & 0 < x < L \\ 0, & L < x < 2L \end{cases}$$

$$V_1(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L}{2} \left(1 - 2 \frac{x}{L} \right), & 0 < x < L \\ 0, & L < x < 2L \end{cases}$$



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

פתרון

בעיה 1 (כבר פתרנו בעבר)

מומנט וכוח גזירה פנימיים - בעיה 1

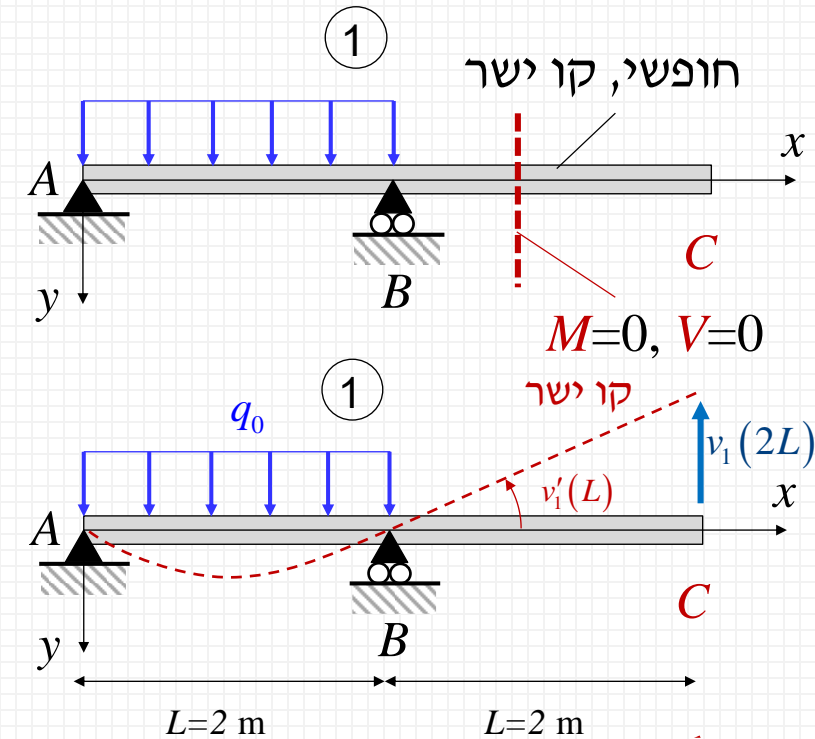
$$M_1(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L^2}{2} \left(\frac{x}{L} \right) \left(1 - \frac{x}{L} \right), & 0 < x < L \\ 0, & L < x < 2L \end{cases}$$

$$V_1(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L}{2} \left(1 - 2 \frac{x}{L} \right), & 0 < x < L \\ 0, & L < x < 2L \end{cases}$$

$$v_1(x) = \frac{q_0 L^4}{24EI} \left(\frac{x}{L} \right) \left[1 - 2 \left(\frac{x}{L} \right)^2 + \left(\frac{x}{L} \right)^3 \right]$$

$$v_1'(x) = \frac{q_0 L^3}{24EI} \left[1 - 6 \left(\frac{x}{L} \right)^2 + 4 \left(\frac{x}{L} \right)^3 \right]$$

פונקציית שקיעה ושיפוע - בעיה 1



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

פתרון

בעיה 1 (כבר פתרנו בעבר)

מומנט וכוח גזירה פנימיים - בעיה 1

$$M_1(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L^2}{2} \left(\frac{x}{L} \right) \left(1 - \frac{x}{L} \right), & 0 < x < L \\ 0, & L < x < 2L \end{cases}$$

$$V_1(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L}{2} \left(1 - 2 \frac{x}{L} \right), & 0 < x < L \\ 0, & L < x < 2L \end{cases}$$

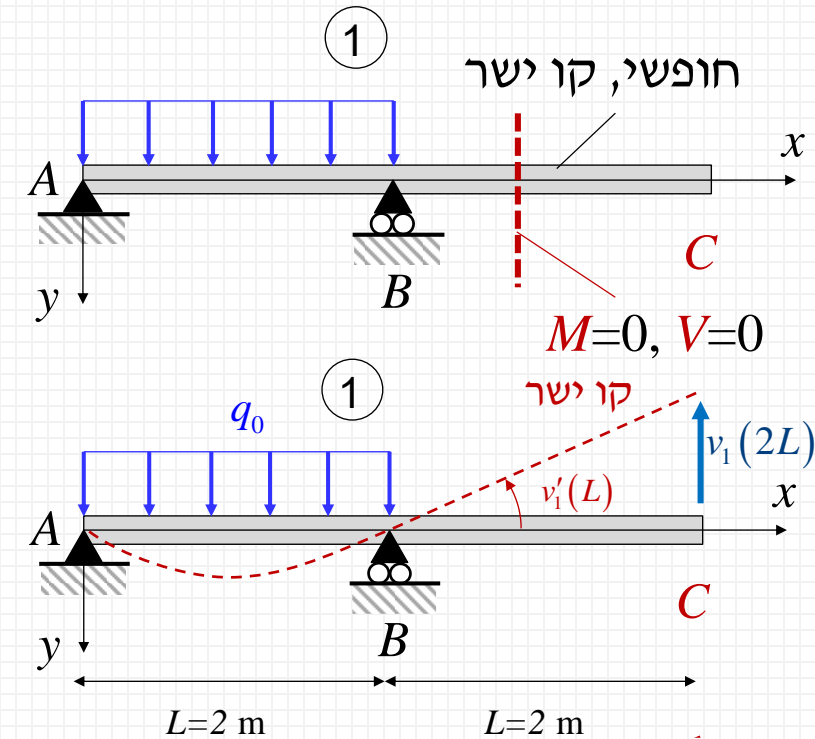
$$v_1(x) = \frac{q_0 L^4}{24EI} \left(\frac{x}{L} \right) \left[1 - 2 \left(\frac{x}{L} \right)^2 + \left(\frac{x}{L} \right)^3 \right]$$

$$v_1'(x) = \frac{q_0 L^3}{24EI} \left[1 - 6 \left(\frac{x}{L} \right)^2 + 4 \left(\frac{x}{L} \right)^3 \right]$$

$$v_1'(L) = \frac{q_0 L^3}{24EI} [1 - 6 + 4] = -\frac{q_0 L^3}{24EI}$$

פונקציית שקיעה ושיפוע - בעיה 1

שיפוע בנקודה B $x = L$



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

פתרון

בעיה 1 (כבר פתרנו בעבר)

מומנט וכוח גזירה פנימיים - בעיה 1

$$M_1(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L^2}{2} \left(\frac{x}{L} \right) \left(1 - \frac{x}{L} \right), & 0 < x < L \\ 0, & L < x < 2L \end{cases}$$

$$V_1(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L}{2} \left(1 - 2 \frac{x}{L} \right), & 0 < x < L \\ 0, & L < x < 2L \end{cases}$$

$$v_1(x) = \frac{q_0 L^4}{24EI} \left(\frac{x}{L} \right) \left[1 - 2 \left(\frac{x}{L} \right)^2 + \left(\frac{x}{L} \right)^3 \right]$$

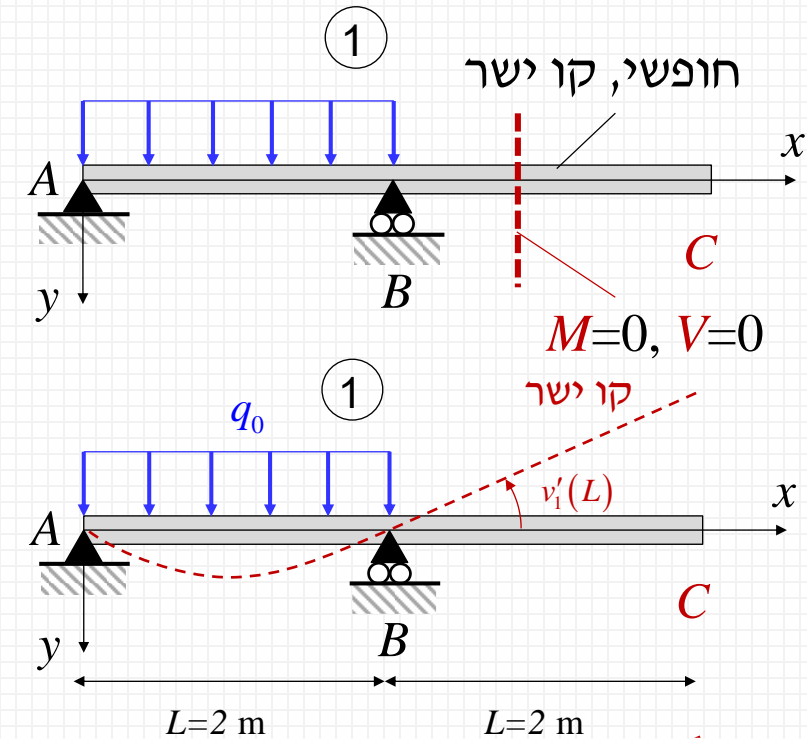
$$v_1'(x) = \frac{q_0 L^3}{24EI} \left[1 - 6 \left(\frac{x}{L} \right)^2 + 4 \left(\frac{x}{L} \right)^3 \right]$$

$$v_1'(L) = \frac{q_0 L^3}{24EI} [1 - 6 + 4] = -\frac{q_0 L^3}{24EI}$$

פונקציית שקיעה ושיפוע - בעיה 1

שיפוע בנקודה B $x = L$

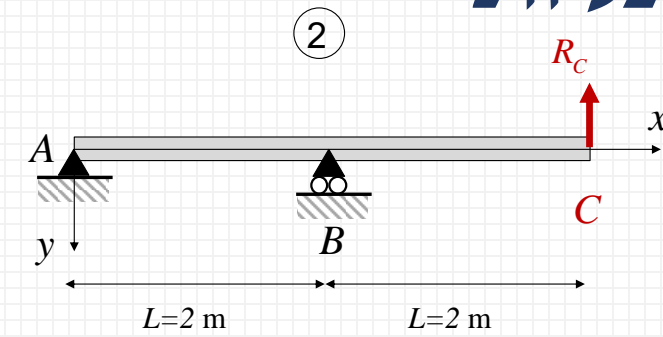
שקיעה בנקודה C $x = 2L$



$$v_1(2L) = v_1'(L)L = -\frac{q_0 L^4}{24EI}$$

דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

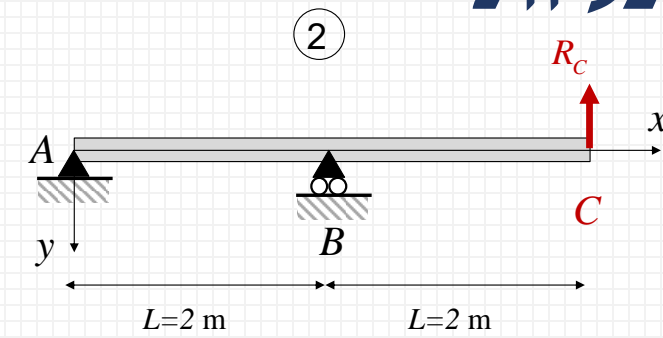
בעיה 2



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

פתרון

בעיה 2

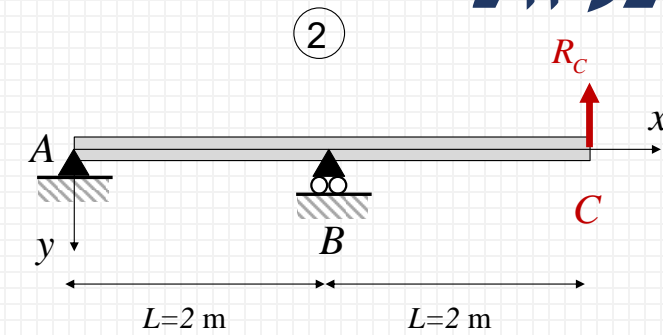


דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

פתרון

ריאקציות- בעיה 2

בעיה 2

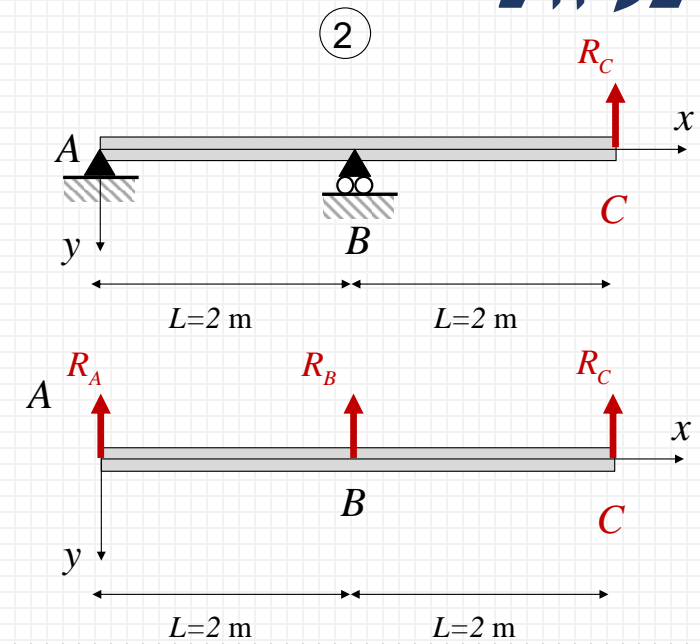


דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

פתרון

ריאקציות- בעיה 2

בעיה 2



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

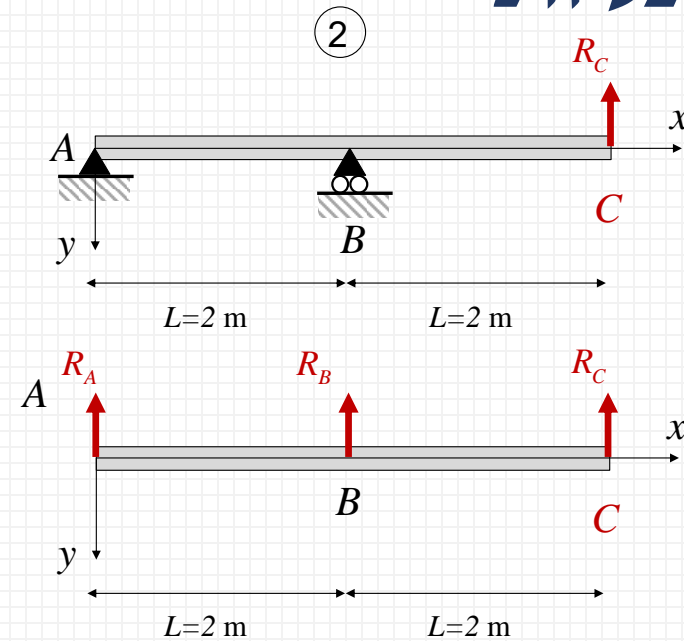
פתרון

ריאקציות- בעיה 2

$$\sum M_A = R_B L + R_C 2L = 0 \rightarrow R_B = -2R_C$$

$$\sum F_y = R_A + R_B + R_C = 0 \rightarrow R_A = -R_B - R_C = -(-2R_C) - R_C = R_C$$

בעיה 2



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

פתרון

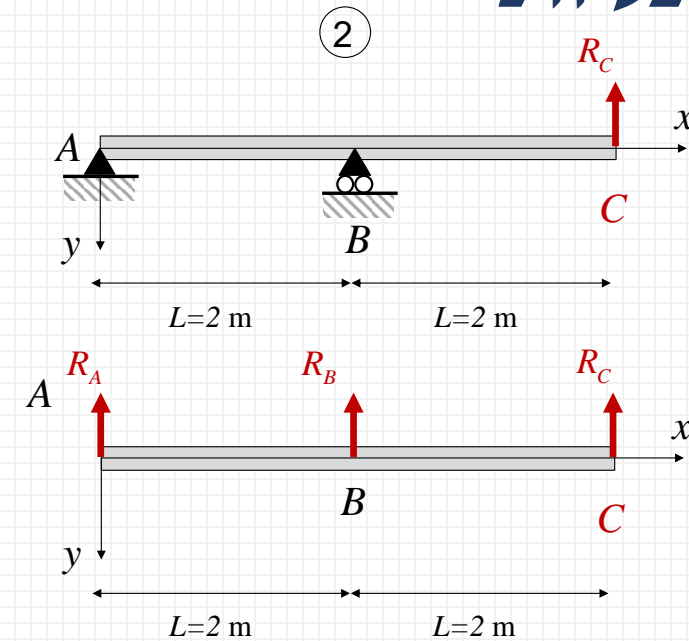
ריאקציות- בעיה 2

$$\sum M_A = R_B L + R_C 2L = 0 \rightarrow R_B = -2R_C$$

$$\sum F_y = R_A + R_B + R_C = 0 \rightarrow R_A = -R_B - R_C = -(-2R_C) - R_C = R_C$$

מומנט וכוח גזירה פנימיים- בעיה 1

בעיה 2



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

פתרון

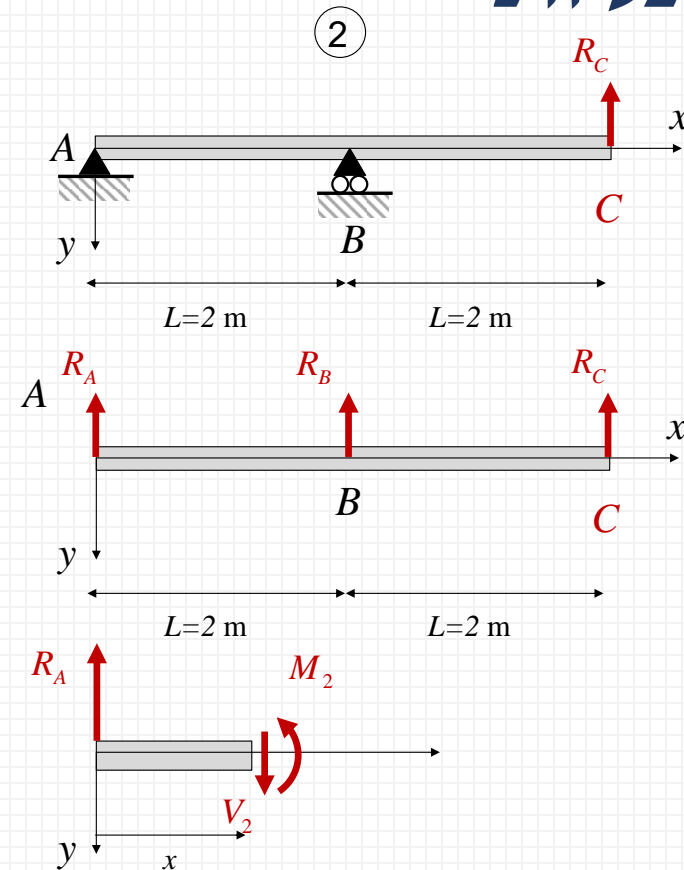
ריאקציות- בעיה 2

$$\sum M_A = R_B L + R_C 2L = 0 \rightarrow R_B = -2R_C$$

$$\sum F_y = R_A + R_B + R_C = 0 \rightarrow R_A = -R_B - R_C = -(-2R_C) - R_C = R_C$$

מומנט וכוח גזירה פנימיים- בעיה 1

בעיה 2



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

פתרון

ריאקציות- בעיה 2

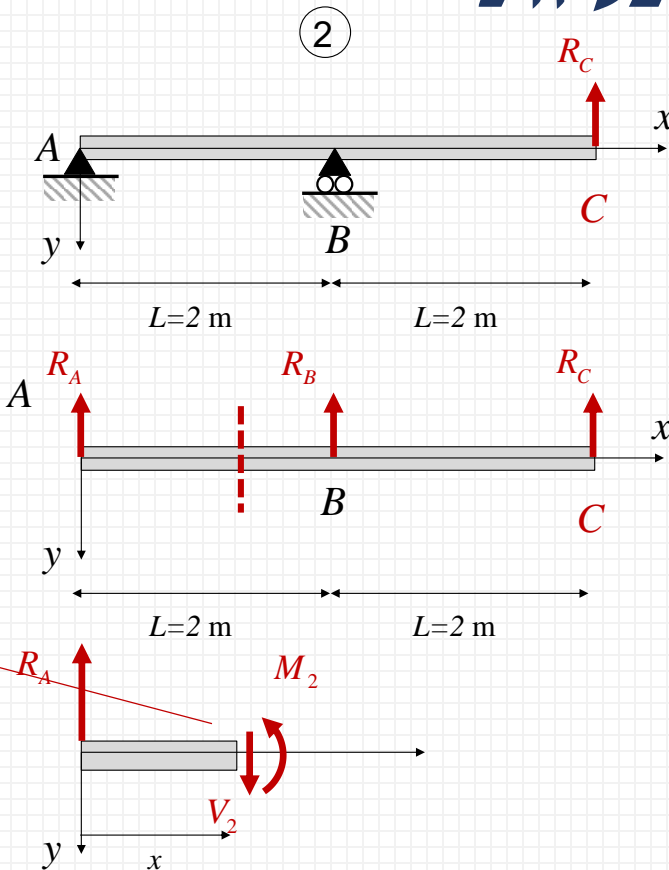
$$\sum M_A = R_B L + R_C 2L = 0 \rightarrow R_B = -2R_C$$

$$\sum F_y = R_A + R_B + R_C = 0 \rightarrow R_A = -R_B - R_C = -(-2R_C) - R_C = R_C$$

מומנט וכוח גזירה פנימיים- בעיה 1

$$M_2 = R_A x = R_C x \quad V_2 = R_A = R_C \quad (0 < x < L) \quad \text{קטע } AB$$

בעיה 2



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

פתרון

ריאקציות- בעיה 2

$$\sum M_A = R_B L + R_C 2L = 0 \rightarrow R_B = -2R_C$$

$$\sum F_y = R_A + R_B + R_C = 0 \rightarrow R_A = -R_B - R_C = -(-2R_C) - R_C = R_C$$

מומנט וכוח גזירה פנימיים- בעיה 1

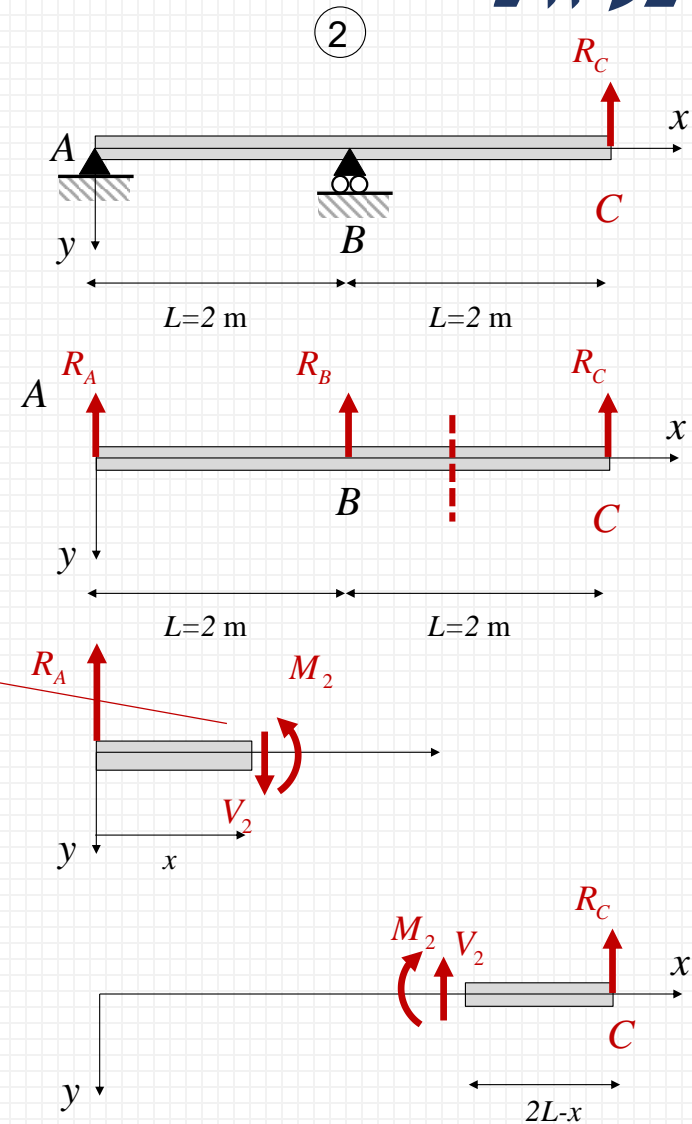
$$M_2 = R_A x = R_C x \quad V_2 = R_A = R_C \quad (0 < x < L)$$

$$M_2 = R_C (2L - x) \quad V_2 = -R_C \quad (L < x < 2L)$$

קטע AB

קטע BC

בעיה 2



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

פתרון

ריאקציות- בעיה 2

$$\sum M_A = R_B L + R_C 2L = 0 \rightarrow R_B = -2R_C$$

$$\sum F_y = R_A + R_B + R_C = 0 \rightarrow R_A = -R_B - R_C = -(-2R_C) - R_C = R_C$$

מומנט וכוח גזירה פנימיים- בעיה 1

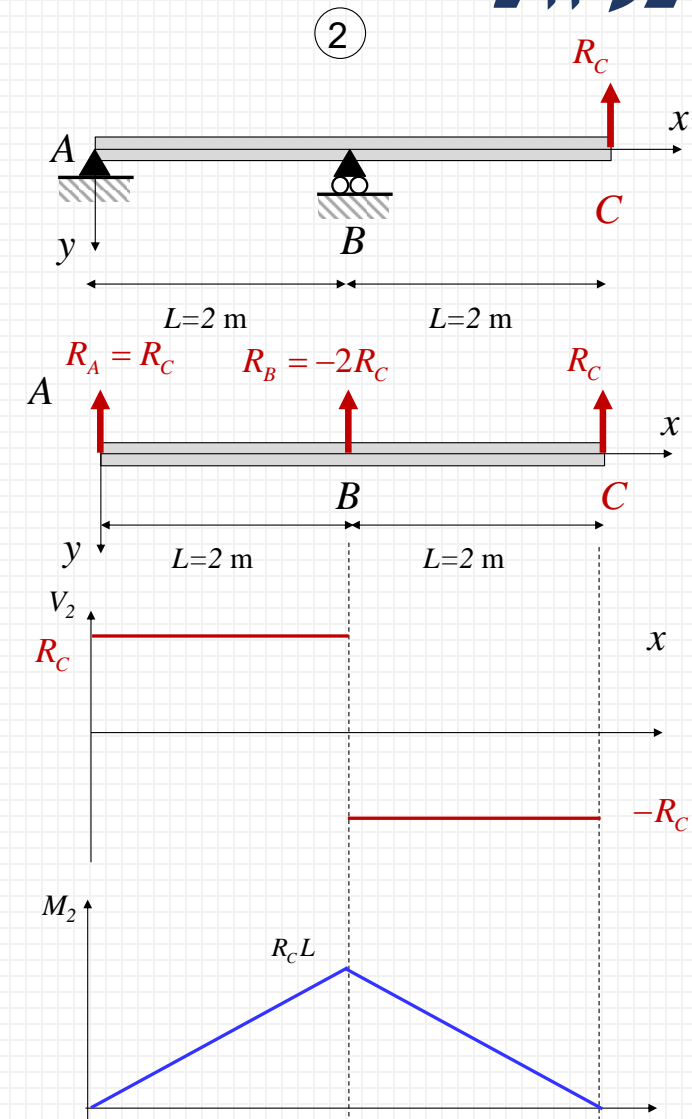
$$M_2 = R_A x = R_C x \quad V_2 = R_A = R_C \quad (0 < x < L)$$

$$M_2 = R_C (2L - x) \quad V_2 = -R_C \quad (L < x < 2L)$$

קטע AB

קטע BC

בעיה 2



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

פתרון

ריאקציות- בעיה 2

$$\sum M_A = R_B L + R_C 2L = 0 \rightarrow R_B = -2R_C$$

$$\sum F_y = R_A + R_B + R_C = 0 \rightarrow R_A = -R_B - R_C = -(-2R_C) - R_C = R_C$$

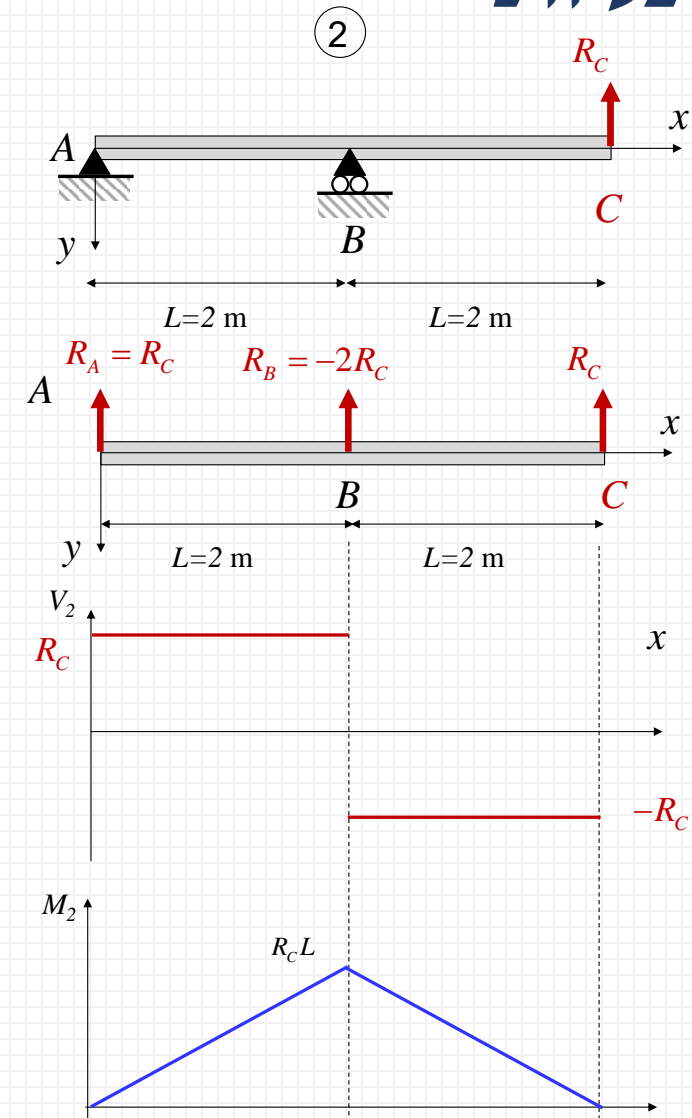
מומנט וכוח גזירה פנימיים- בעיה 1

$$M_2 = R_A x = R_C x \quad V_2 = R_A = R_C \quad (0 < x < L) \quad \text{קטע } AB$$

$$M_2 = R_C (2L - x) \quad V_2 = -R_C \quad (L < x < 2L) \quad \text{קטע } BC$$

אינטגרציה של המשוואה דיפרנציאלית

בעיה 2



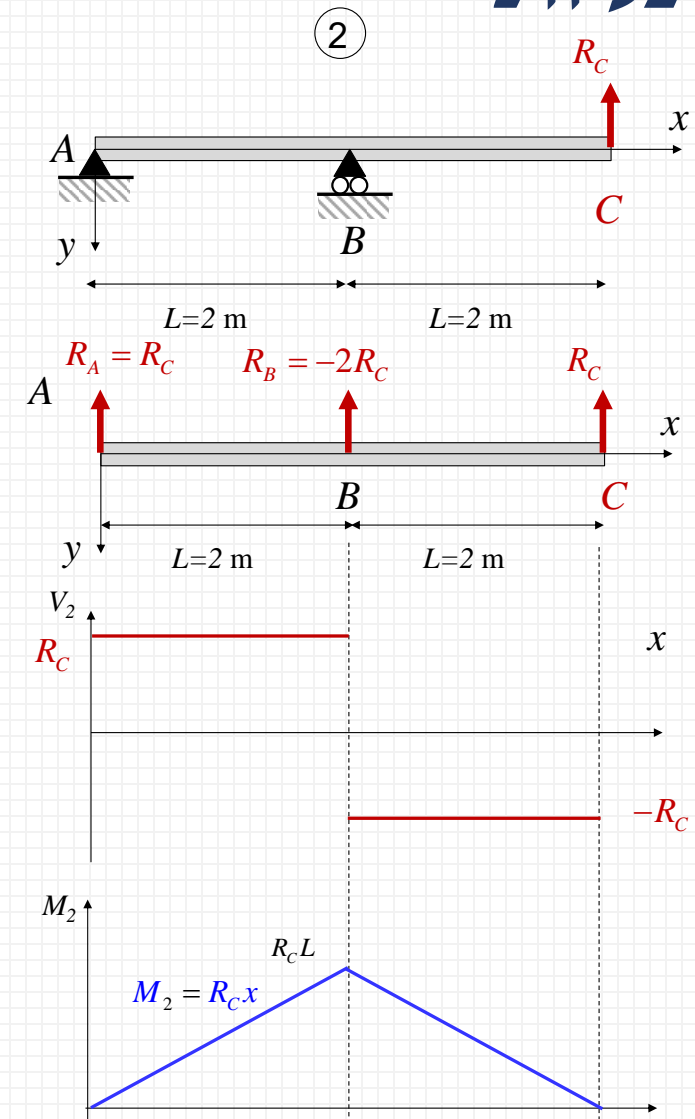
דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

פתרון

אינטגרציה של המשוואה דיפרנציאלית

$$M_2 = R_A x = R_C x \quad (0 < x < L) \text{ קטע } AB$$

בעיה 2



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

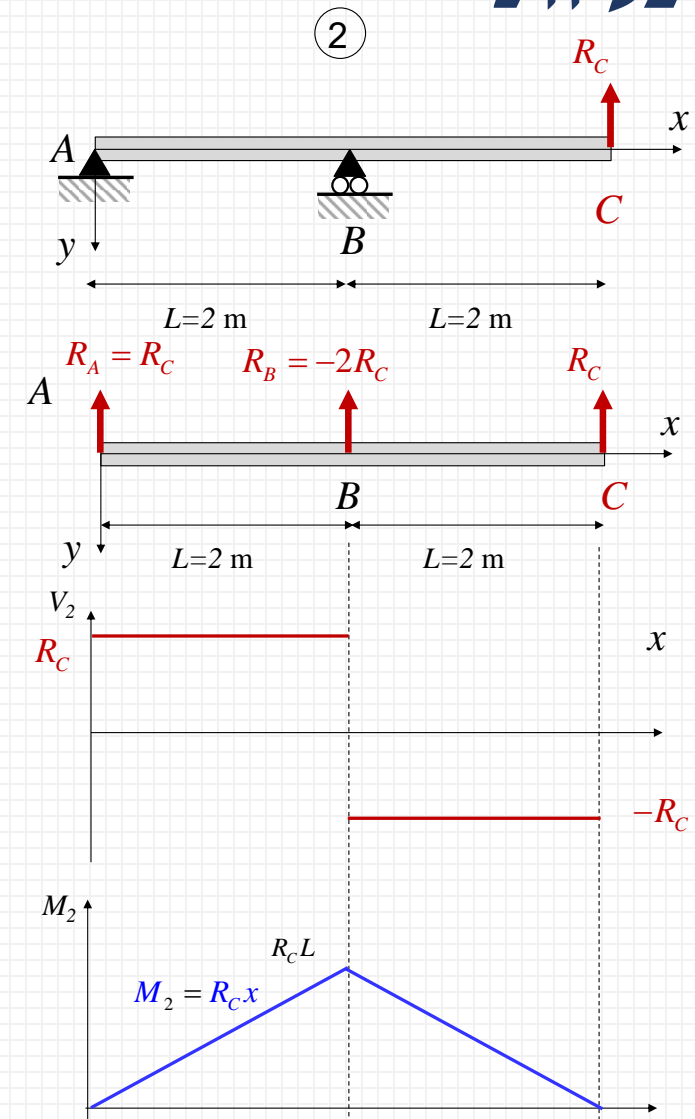
פתרון

אינטגרציה של המשוואה דיפרנציאלית

$$EI^1 v_2'' = -M_2(x) = -R_C x$$

$$M_2 = R_A x = R_C x \quad (0 < x < L) \text{ קטע } AB$$

בעיה 2



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

פתרון

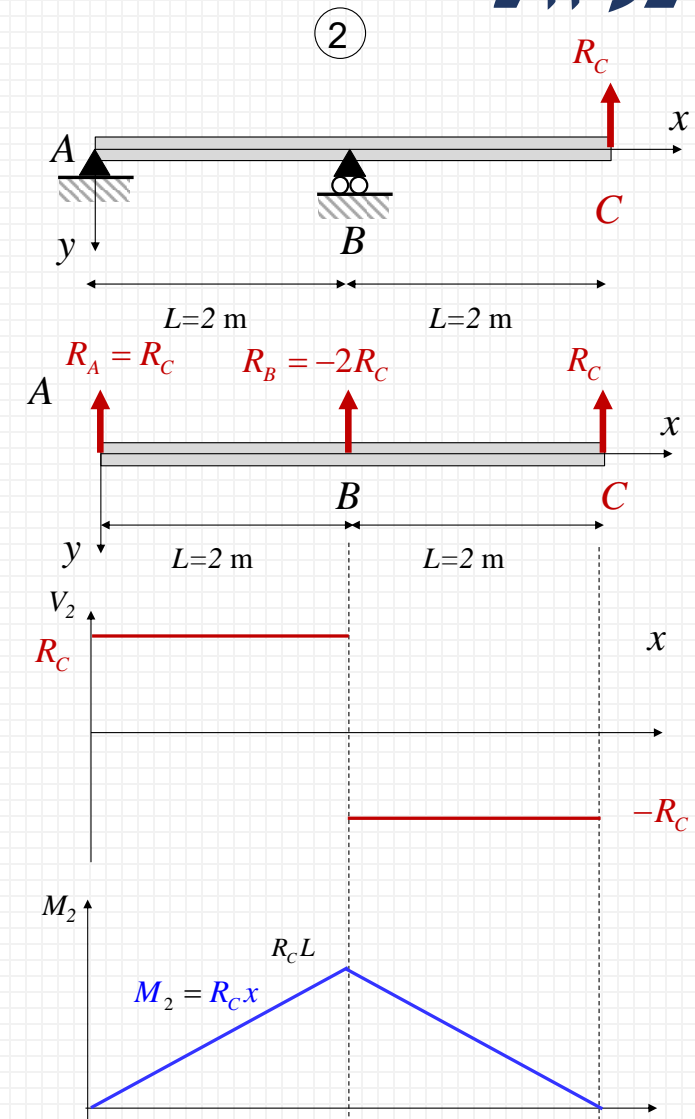
אינטגרציה של המשוואה דיפרנציאלית

$$M_2 = R_A x = R_C x \quad (0 < x < L) \text{ קטע } AB$$

$$EI^1 v_2'' = -M_2(x) = -R_C x$$

$$EI^1 v_2' = C_3 - \frac{R_C x^2}{2}$$

בעיה 2



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 2

פתרון

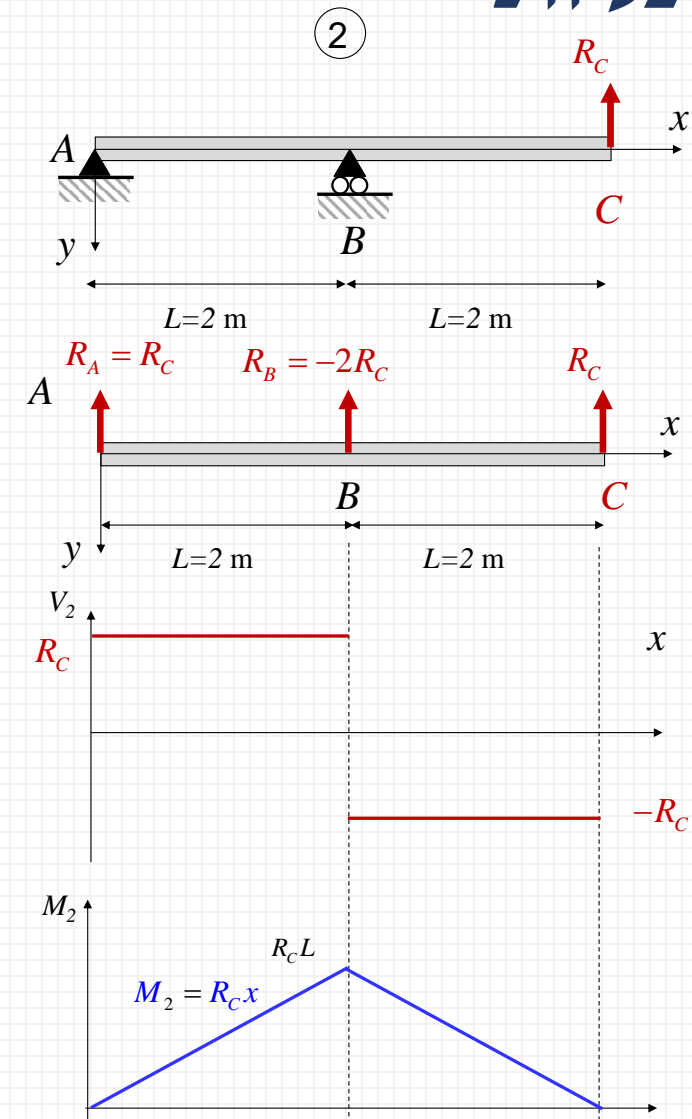
אינטגרציה של המשוואה דיפרנציאלית

$$M_2 = R_A x = R_C x \quad (0 < x < L) \text{ קטע } AB$$

$$EI^1 v_2'' = -M_2(x) = -R_C x$$

$$EI^1 v_2' = C_3 - \frac{R_C x^2}{2}$$

$$EI^1 v_2 = C_4 + C_3 x - \frac{R_C x^3}{6}$$



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

פתרון

אינטגרציה של המשוואה דיפרנציאלית

$$M_2 = R_A x = R_C x \quad (0 < x < L) \text{ קטע } AB$$

$$EI^1 v_2'' = -M_2(x) = -R_C x$$

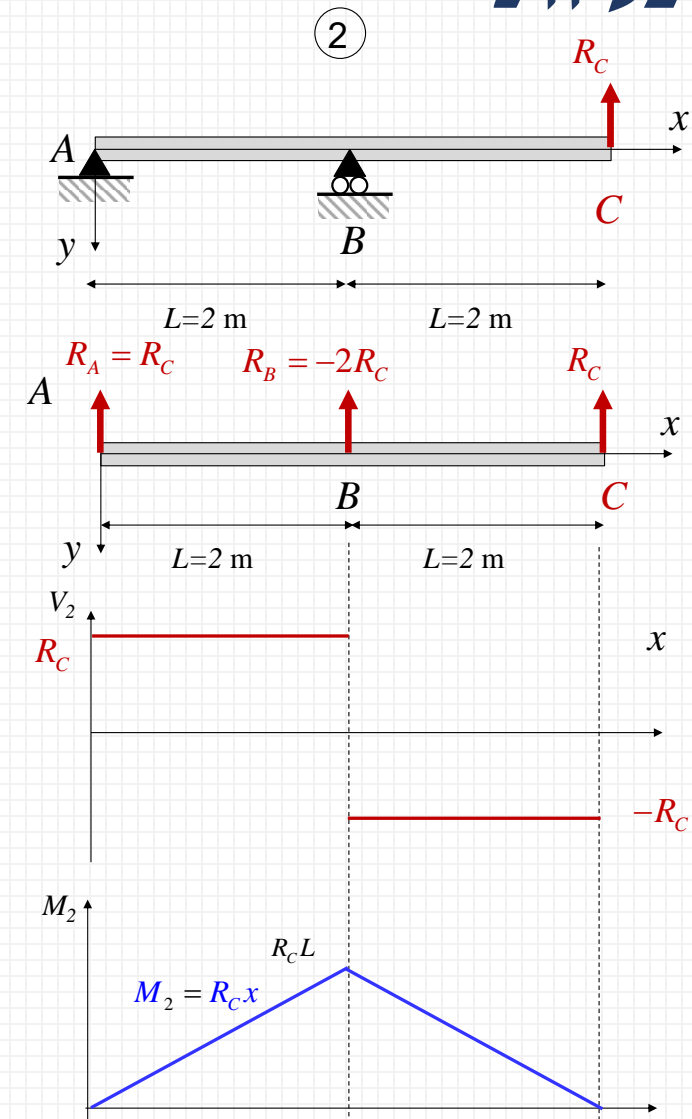
$$EI^1 v_2' = C_3 - \frac{R_C x^2}{2}$$

$$EI^1 v_2 = C_4 + C_3 x - \frac{R_C x^3}{6}$$

$$BC: {}^1 v_2(0) = 0$$

תנאי שפה

בעיה 2



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

פתרון

אינטגרציה של המשוואה דיפרנציאלית

$$M_2 = R_A x = R_C x \quad (0 < x < L) \text{ קטע } AB$$

$$EI^1 v_2'' = -M_2(x) = -R_C x$$

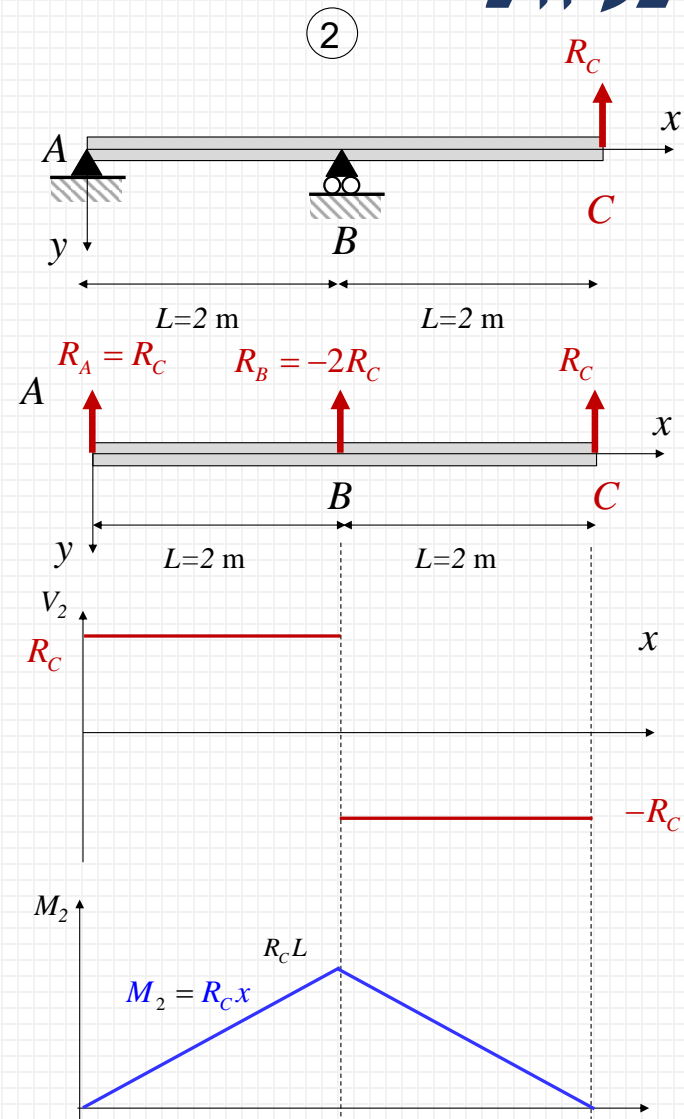
$$EI^1 v_2' = C_3 - \frac{R_C x^2}{2}$$

$$EI^1 v_2 = C_4 + C_3 x - \frac{R_C x^3}{6}$$

$$BC: {}^1v_2(0) = 0 \rightarrow C_4 = 0,$$

תנאי שפה

בעיה 2



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

פתרון

אינטגרציה של המשוואה דיפרנציאלית

$$M_2 = R_A x = R_C x \quad (0 < x < L) \text{ קטע } AB$$

$$EI^1 v_2'' = -M_2(x) = -R_C x$$

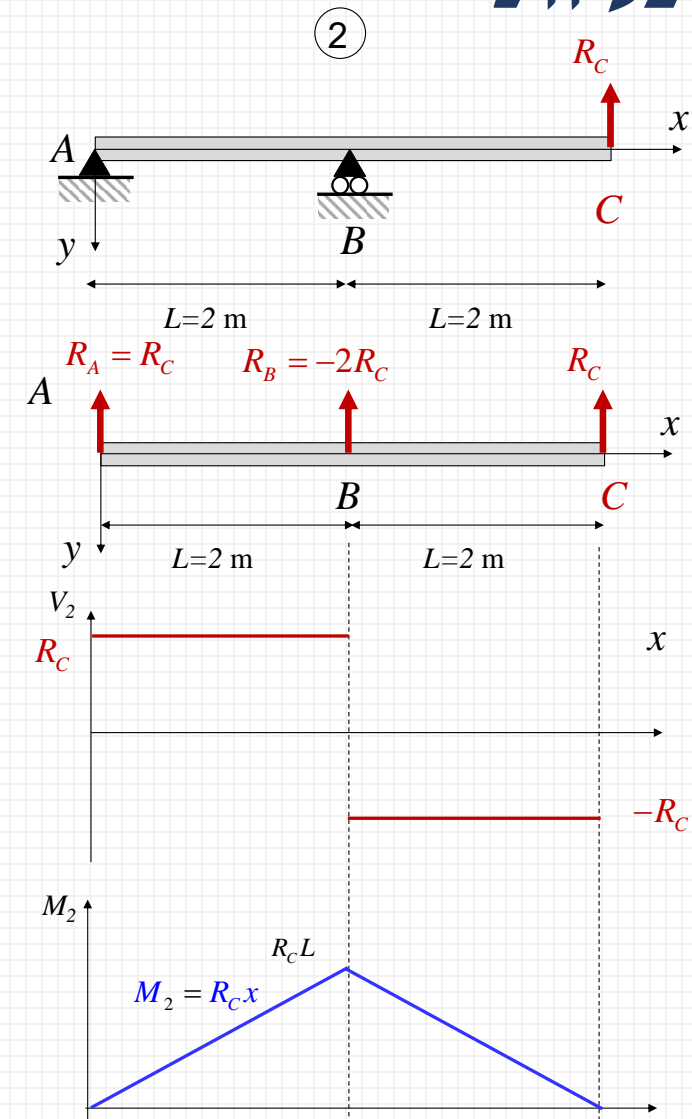
$$EI^1 v_2' = C_3 - \frac{R_C x^2}{2}$$

$$EI^1 v_2 = C_4 + C_3 x - \frac{R_C x^3}{6}$$

$$BC: {}^1v_2(0) = 0 \rightarrow C_4 = 0, \quad {}^1v_2(L) = 0$$

תנאי שפה

בעיה 2



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

פתרון

אינטגרציה של המשוואה דיפרנציאלית

$$M_2 = R_A x = R_C x \quad (0 < x < L) \text{ קטע } AB$$

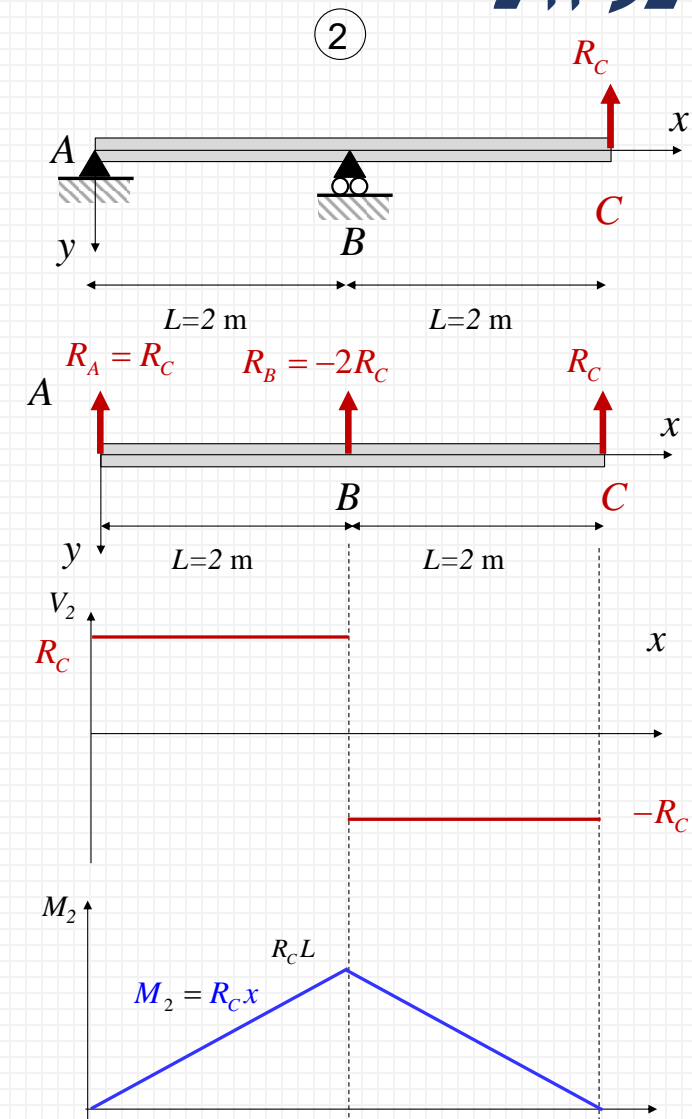
$$EI^1 v_2'' = -M_2(x) = -R_C x$$

$$EI^1 v_2' = C_3 - \frac{R_C x^2}{2}$$

$$EI^1 v_2 = C_4 + C_3 x - \frac{R_C x^3}{6}$$

BC: ${}^1v_2(0) = 0 \rightarrow C_4 = 0, \quad {}^1v_2(L) = 0 \rightarrow C_3 = \frac{R_C L^2}{6}$ תנאי שפה

בעיה 2



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

פתרון

אינטגרציה של המשוואה דיפרנציאלית

$$M_2 = R_A x = R_C x \quad (0 < x < L) \text{ קטע } AB$$

$$EI^1 v_2'' = -M_2(x) = -R_C x$$

$$EI^1 v_2' = C_3 - \frac{R_C x^2}{2}$$

$$EI^1 v_2 = C_4 + C_3 x - \frac{R_C x^3}{6}$$

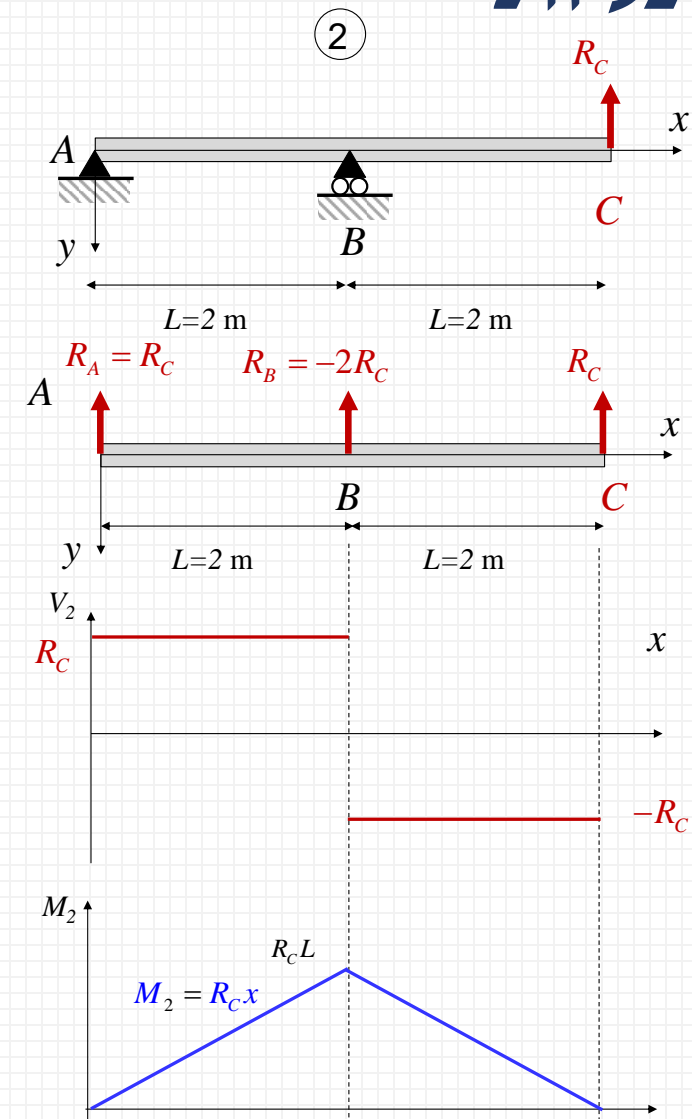
$$BC: \quad {}^1v_2(0) = 0 \rightarrow C_4 = 0, \quad {}^1v_2(L) = 0 \rightarrow C_3 = \frac{R_C L^2}{6}$$

$${}^1v_2(x) = \frac{1}{EI} \left[\frac{R_C L^2 x}{6} - \frac{R_C x^3}{6} \right] = \frac{R_C L^3}{6EI} \left(\frac{x}{L} \right) \left[1 - \left(\frac{x}{L} \right)^2 \right]$$

תנאי שפה

שקיעה

בעיה 2



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

פתרון

אינטגרציה של המשוואה דיפרנציאלית

$$M_2 = R_A x = R_C x \quad (0 < x < L) \text{ קטע } AB$$

$$EI^1 v_2'' = -M_2(x) = -R_C x$$

$$EI^1 v_2' = C_3 - \frac{R_C x^2}{2}$$

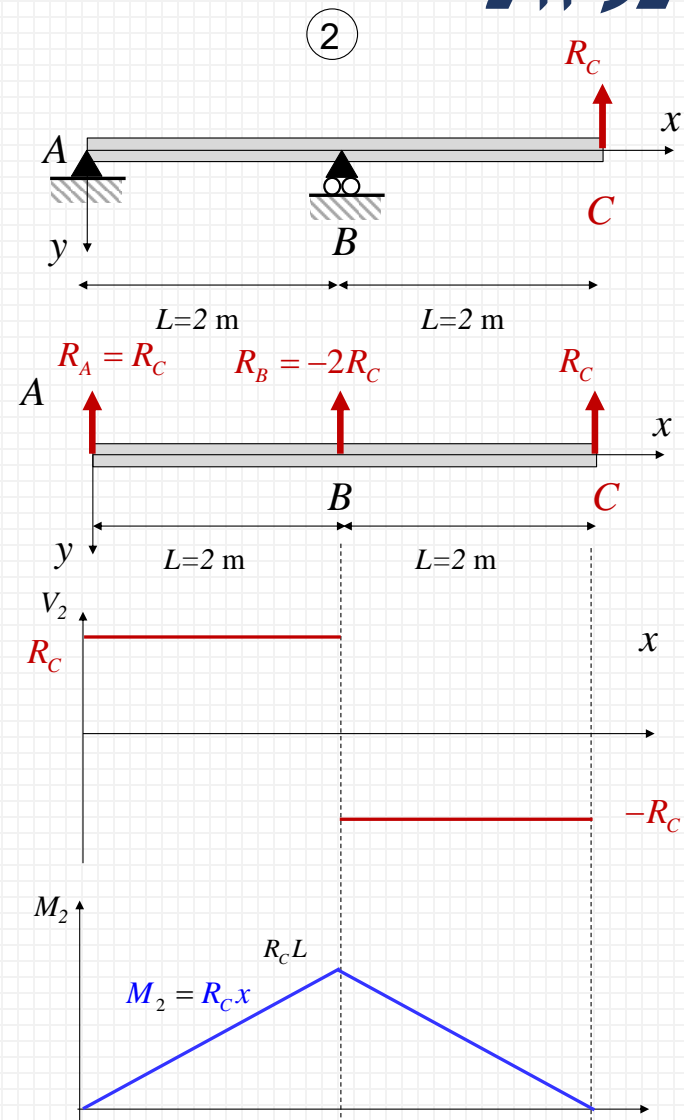
$$EI^1 v_2 = C_4 + C_3 x - \frac{R_C x^3}{6}$$

BC: $^1v_2(0) = 0 \rightarrow C_4 = 0, \quad ^1v_2(L) = 0 \rightarrow C_3 = \frac{R_C L^2}{6}$ תנאי שפה

$$^1v_2(x) = \frac{1}{EI} \left[\frac{R_C L^2 x}{6} - \frac{R_C x^3}{6} \right] = \frac{R_C L^3}{6EI} \left(\frac{x}{L} \right) \left[1 - \left(\frac{x}{L} \right)^2 \right]$$
 שקיעה

Slope: $^1v_2'(x) = \frac{1}{EI} \left[\frac{R_C L^2}{6} - \frac{R_C x^2}{2} \right] = \frac{R_C L^2}{6EI} \left[1 - 3 \left(\frac{x}{L} \right)^2 \right]$ שיפוע

בעיה 2



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

פתרון

אינטגרציה של המשוואה דיפרנציאלית

$$M_2 = R_A x = R_C x \quad (0 < x < L) \text{ קטע } AB$$

$$EI^1 v_2'' = -M_2(x) = -R_C x$$

$$EI^1 v_2' = C_3 - \frac{R_C x^2}{2}$$

$$EI^1 v_2 = C_4 + C_3 x - \frac{R_C x^3}{6}$$

$$BC: \quad {}^1v_2(0) = 0 \rightarrow C_4 = 0, \quad {}^1v_2(L) = 0 \rightarrow C_3 = \frac{R_C L^2}{6}$$

$${}^1v_2(x) = \frac{1}{EI} \left[\frac{R_C L^2 x}{6} - \frac{R_C x^3}{6} \right] = \frac{R_C L^3}{6EI} \left(\frac{x}{L} \right) \left[1 - \left(\frac{x}{L} \right)^2 \right]$$

$$\text{Slope: } {}^1v_2'(x) = \frac{1}{EI} \left[\frac{R_C L^2}{6} - \frac{R_C x^2}{2} \right] = \frac{R_C L^2}{6EI} \left[1 - 3 \left(\frac{x}{L} \right)^2 \right]$$

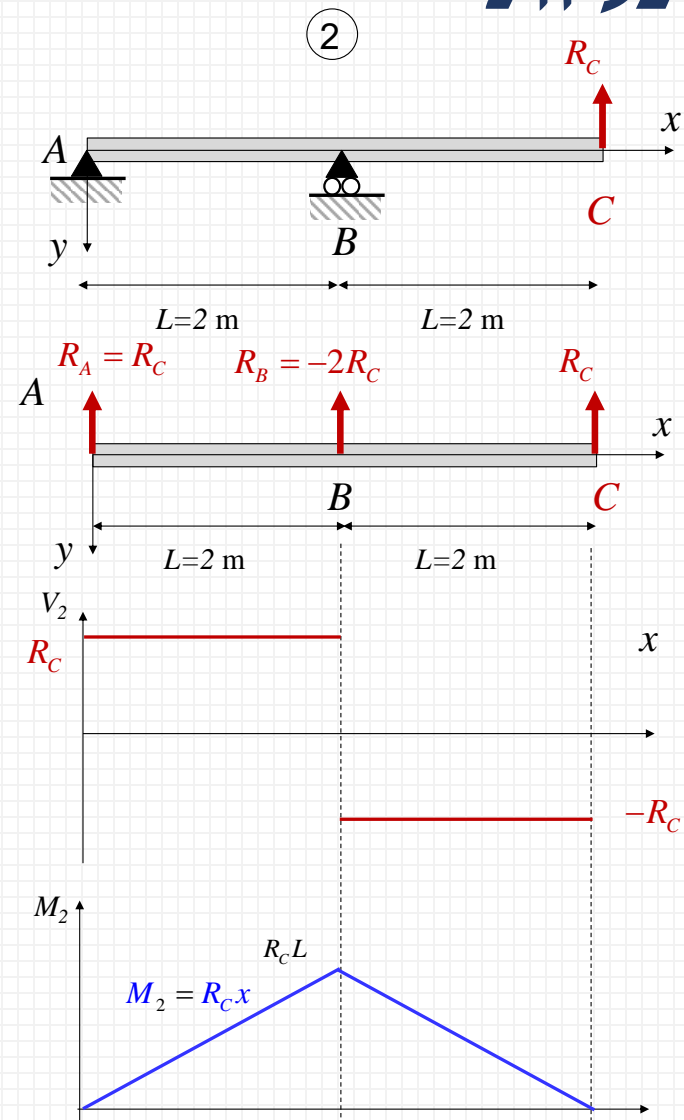
$$\text{Slope at } x = L: \quad {}^1v_2'(L) = -\frac{R_C L^2}{3EI}$$

תנאי שפה

שקיעה

שיפוע

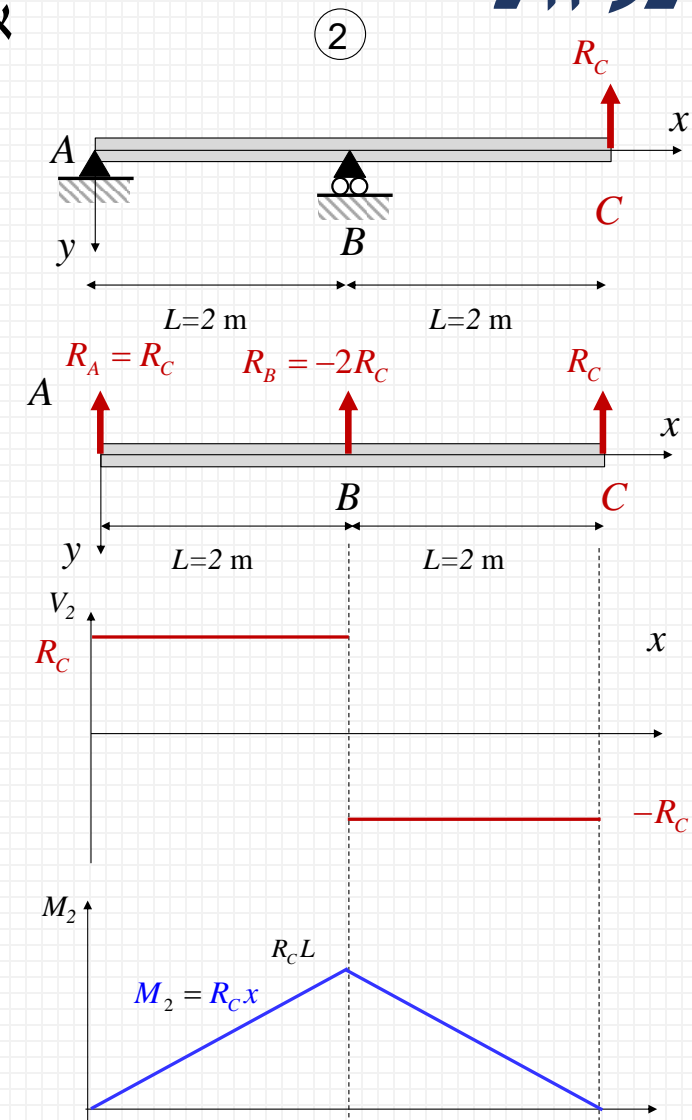
בעיה 2



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 2

אינטגרציה של המשוואה דיפרנציאלית
קטע BC ($L < x < 2L$)

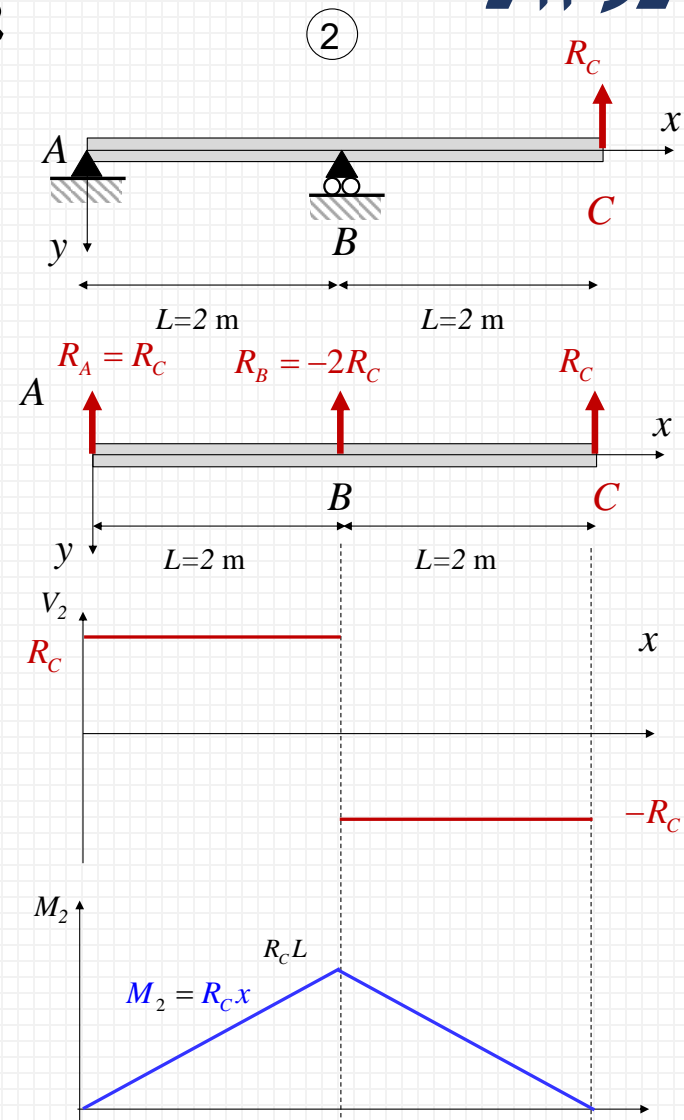


דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 2

אינטגרציה של המשוואה דיפרנציאלית
קטע BC ($L < x < 2L$)

$$M_2 = R_C (2L - x)$$



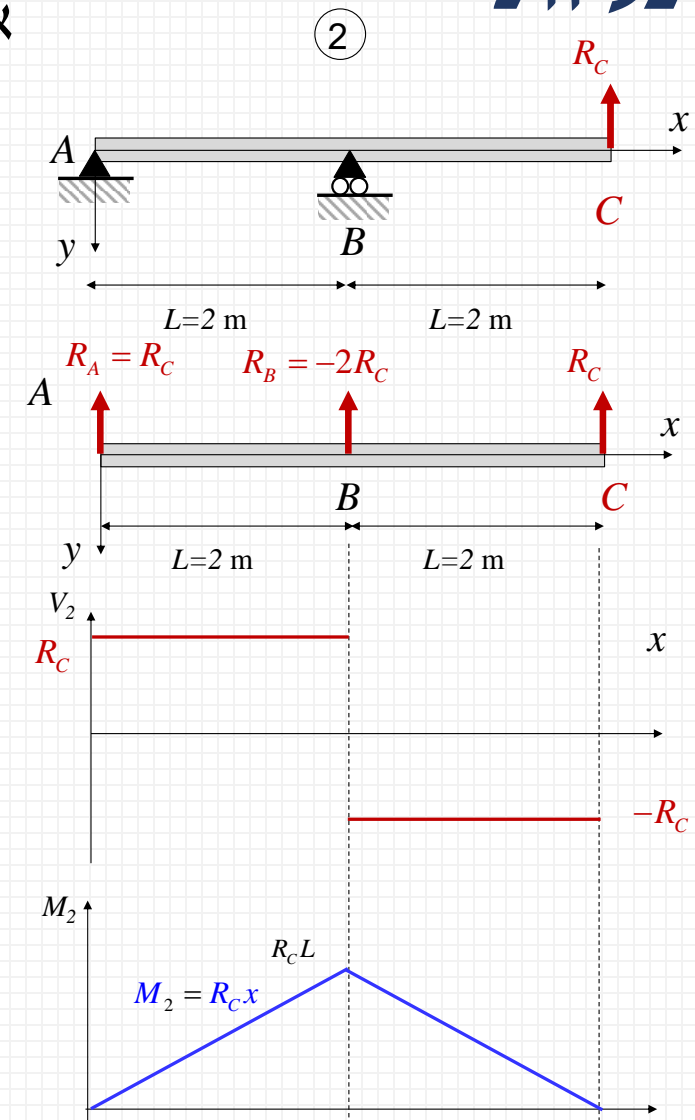
דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 2

אינטגרציה של המשוואה דיפרנציאלית
קטע BC ($L < x < 2L$)

$$M_2 = R_C (2L - x)$$

$$EI^2 v_2'' = -M_2(x) = -R_C(2L - x)$$



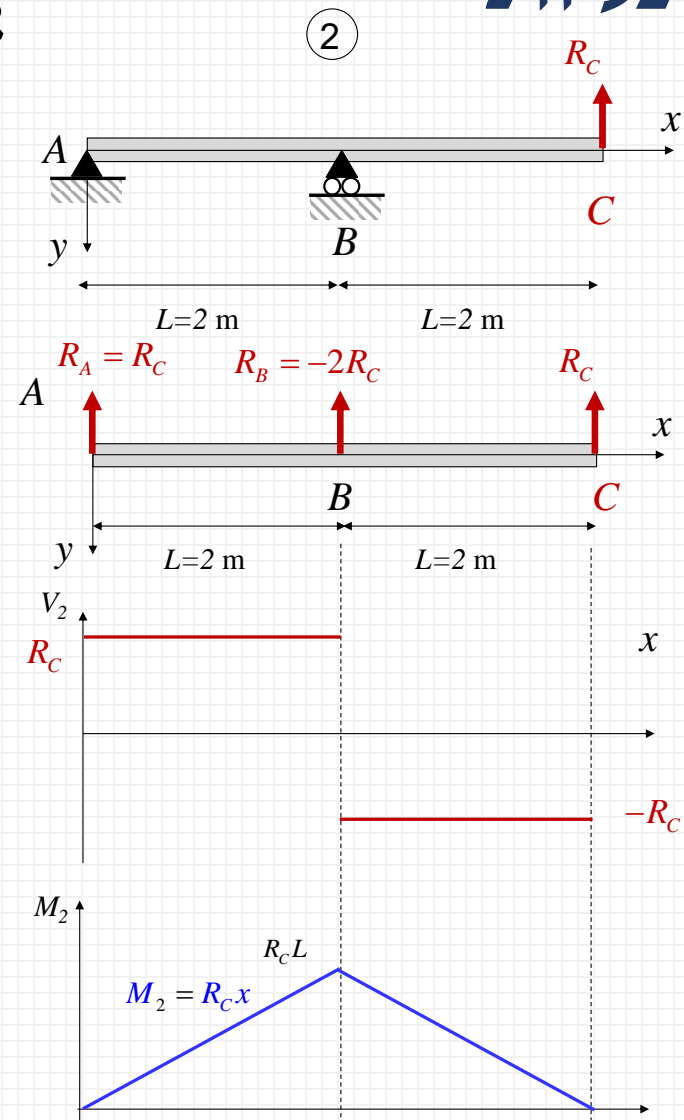
דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 2

אינטגרציה של המשוואה דיפרנציאלית
קטע BC ($L < x < 2L$)

$$EI^2 v_2'' = -M_2(x) = -R_C(2L - x) = -2R_C L + R_C x$$

$$M_2 = R_C(2L - x)$$



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 2

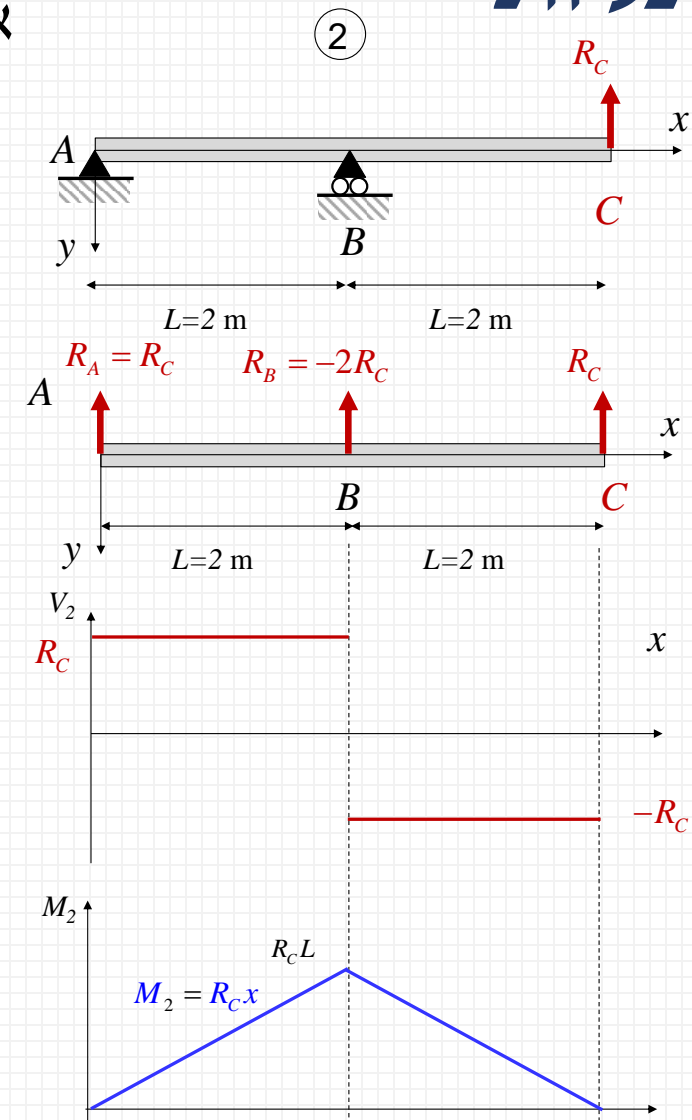
אינטגרציה של המשוואה דיפרנציאלית

קטע BC ($L < x < 2L$)

$$M_2 = R_C (2L - x)$$

$$EI^2 v_2'' = -M_2(x) = -R_C(2L - x) = -2R_C L + R_C x$$

$$EI^2 v_2' = C_5 - 2R_C Lx + \frac{R_C x^2}{2}$$



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 2

אינטגרציה של המשוואה דיפרנציאלית

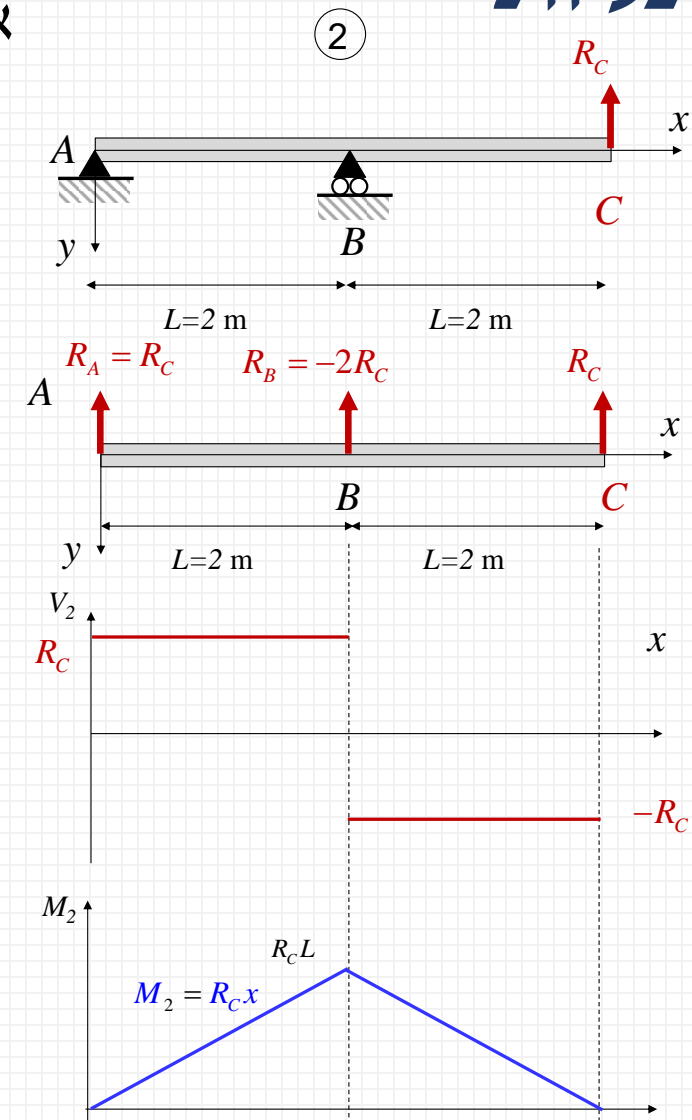
קטע BC ($L < x < 2L$)

$$M_2 = R_C (2L - x)$$

$$EI^2 v_2'' = -M_2(x) = -R_C(2L - x) = -2R_C L + R_C x$$

$$EI^2 v_2' = C_5 - 2R_C Lx + \frac{R_C x^2}{2}$$

$$EI^2 v_2 = C_6 + C_5 x - R_C Lx^2 + \frac{R_C x^3}{6}$$



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 2

אינטגרציה של המשוואה דיפרנציאלית

קטע BC ($L < x < 2L$)

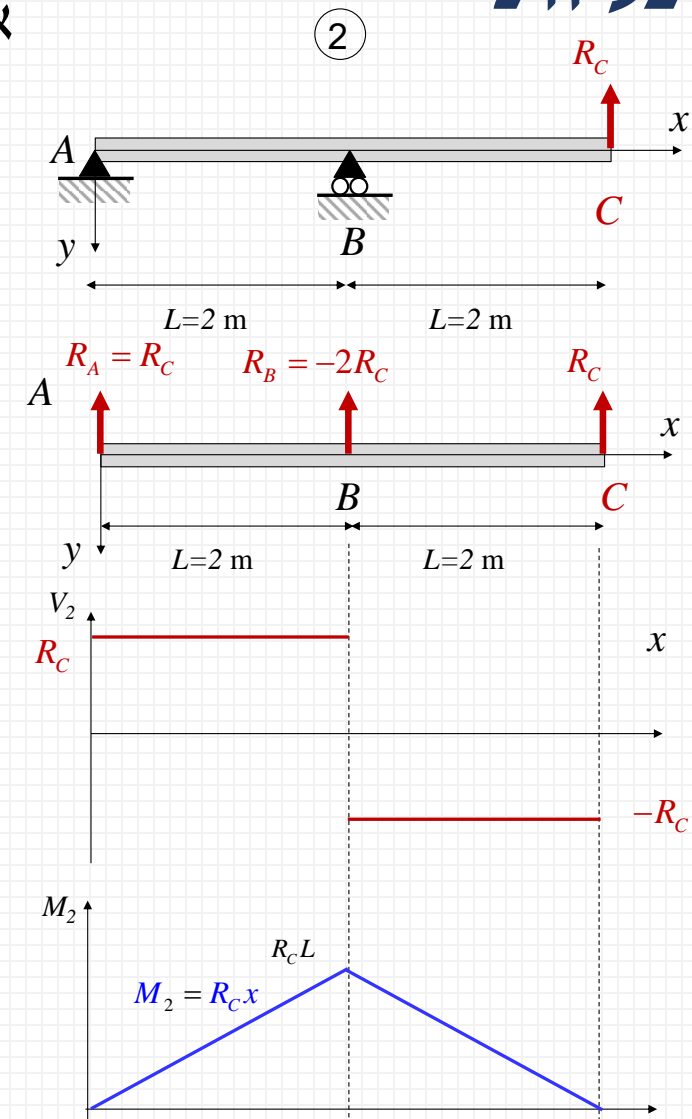
$$M_2 = R_C (2L - x)$$

$$EI^2 v_2'' = -M_2(x) = -R_C(2L - x) = -2R_C L + R_C x$$

$$EI^2 v_2' = C_5 - 2R_C Lx + \frac{R_C x^2}{2}$$

$$EI^2 v_2 = C_6 + C_5 x - R_C Lx^2 + \frac{R_C x^3}{6}$$

תנאי רציפות



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 2

אינטגרציה של המשוואה דיפרנציאלית

קטע BC ($L < x < 2L$)

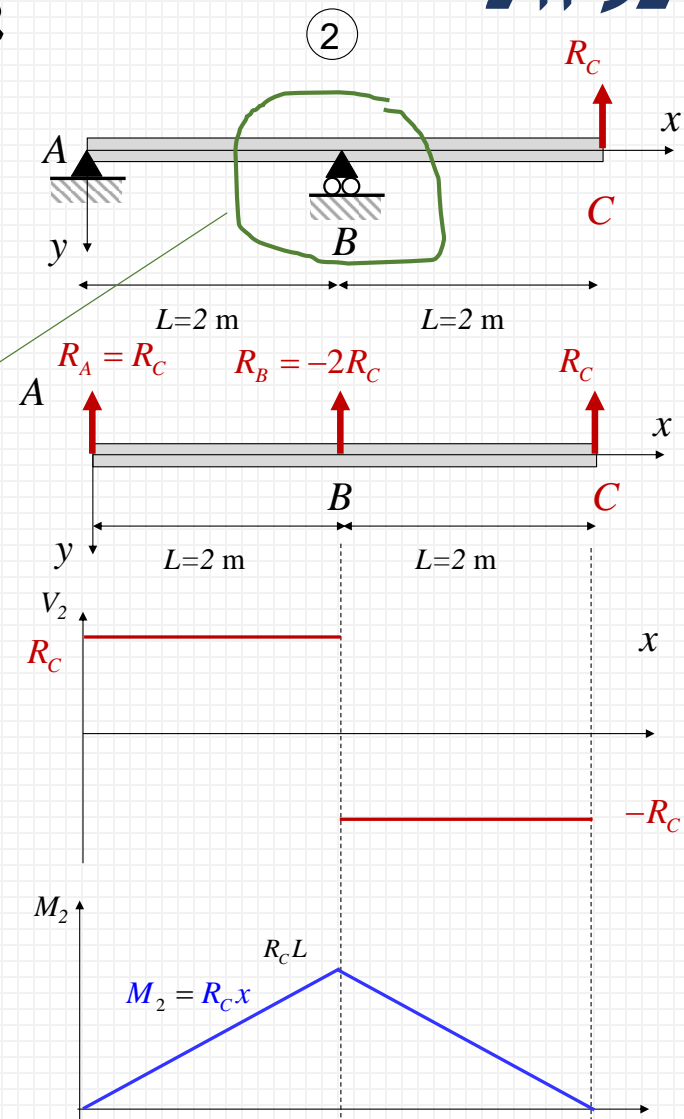
$$M_2 = R_C (2L - x)$$

תנאי רציפות at $x = L$

$$EI^2 v_2'' = -M_2(x) = -R_C(2L - x) = -2R_C L + R_C x$$

$$EI^2 v_2' = C_5 - 2R_C Lx + \frac{R_C x^2}{2}$$

$$EI^2 v_2 = C_6 + C_5 x - R_C Lx^2 + \frac{R_C x^3}{6}$$



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 2

אינטגרציה של המשוואה דיפרנציאלית

קטע BC ($L < x < 2L$)

$$M_2 = R_C (2L - x)$$

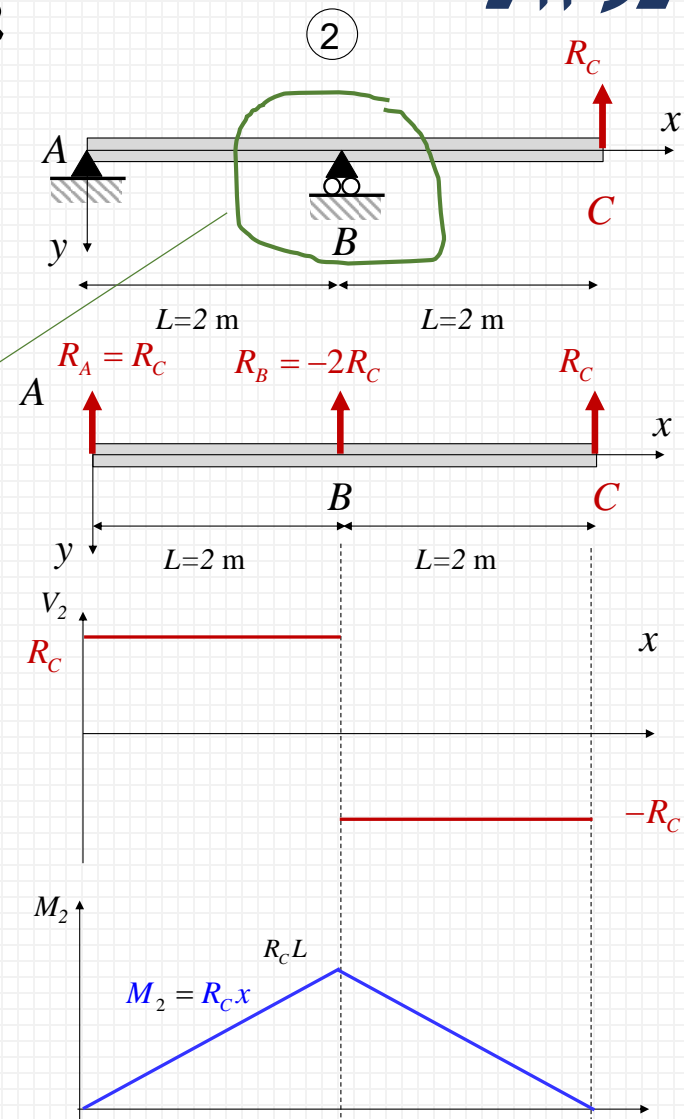
$$EI^2 v_2'' = -M_2(x) = -R_C(2L - x) = -2R_C L + R_C x$$

$$EI^2 v_2' = C_5 - 2R_C Lx + \frac{R_C x^2}{2}$$

$$EI^2 v_2 = C_6 + C_5 x - R_C Lx^2 + \frac{R_C x^3}{6}$$

$$EI^2 v_2'(L) = EI^1 v_2'(L) \text{ - continuity: the slope is equal for both parts at } x = L$$

AB BC תנאי רציפות



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 2

אינטגרציה של המשוואה דיפרנציאלית

קטע BC ($L < x < 2L$)

$$M_2 = R_C (2L - x)$$

$$EI^2 v_2'' = -M_2(x) = -R_C(2L - x) = -2R_C L + R_C x$$

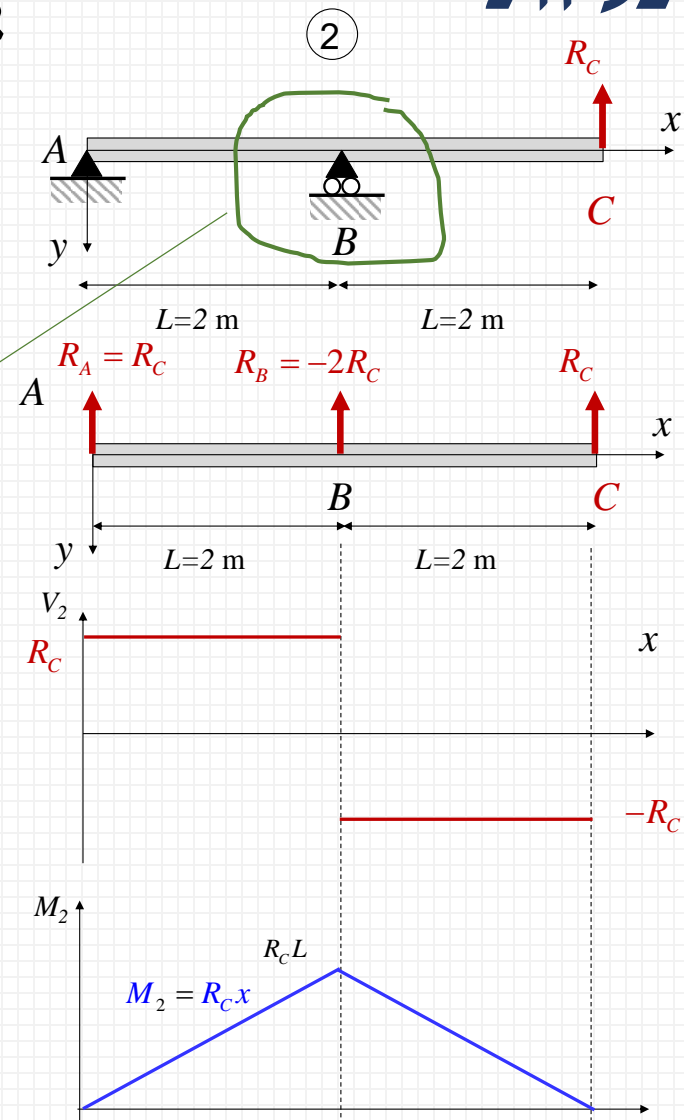
$$EI^2 v_2' = C_5 - 2R_C Lx + \frac{R_C x^2}{2}$$

$$EI^2 v_2 = C_6 + C_5 x - R_C Lx^2 + \frac{R_C x^3}{6}$$

תנאי רציפות - continuity: the slope is equal for both parts at $x = L$

$$EI^2 v_2'(L) = EI^1 v_2'(L)$$

קבלנו קודם $EI^1 v_2'(L) = -\frac{R_C L^2}{3}$



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 2

אינטגרציה של המשוואה דיפרנציאלית

קטע BC ($L < x < 2L$)

$$M_2 = R_C (2L - x)$$

$$EI^2 v_2'' = -M_2(x) = -R_C(2L - x) = -2R_C L + R_C x$$

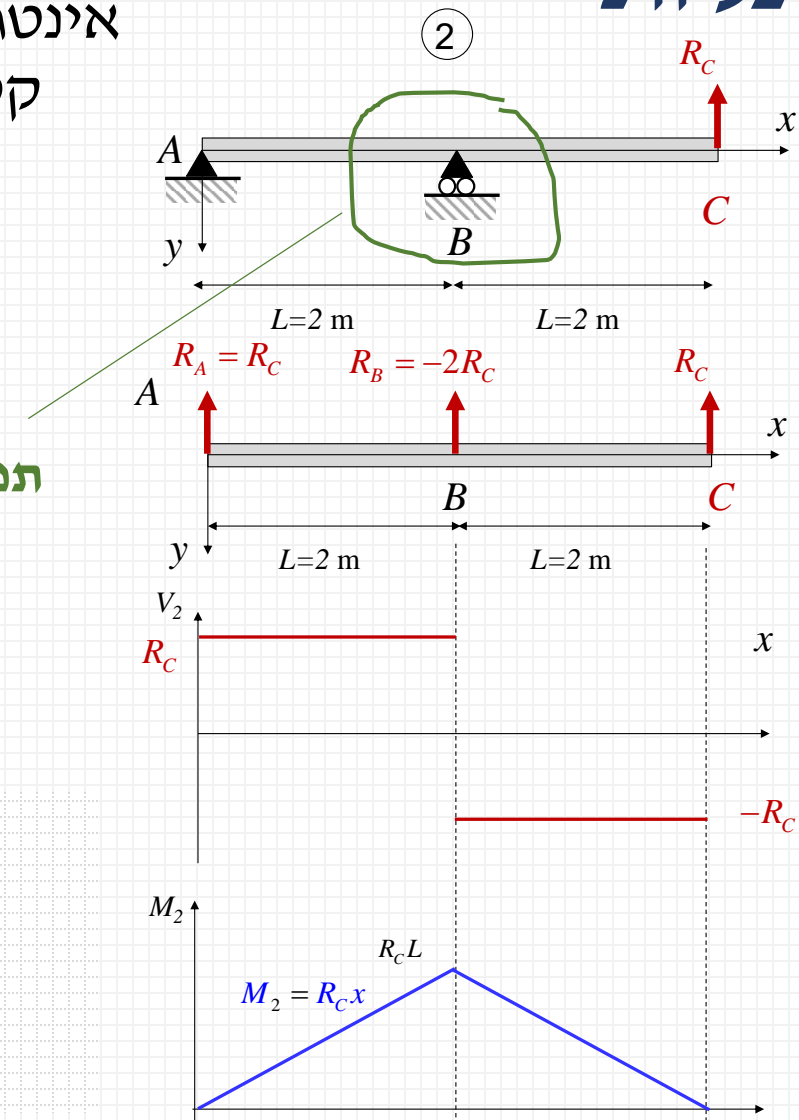
$$EI^2 v_2' = C_5 - 2R_C Lx + \frac{R_C x^2}{2}$$

$$EI^2 v_2 = C_6 + C_5 x - R_C Lx^2 + \frac{R_C x^3}{6}$$

$EI^2 v_2'(L) = EI^1 v_2'(L)$ - continuity: the slope is equal for both parts at $x = L$ **תנאי רציפות**

קבלנו קודם $EI^1 v_2'(L) = -\frac{R_C L^2}{3}$

$$C_5 - 2R_C L^2 + \frac{R_C L^2}{2} = -\frac{R_C L^2}{3}$$



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 2

אינטגרציה של המשוואה דיפרנציאלית

קטע BC ($L < x < 2L$)

$$M_2 = R_C (2L - x)$$

$$EI^2 v_2'' = -M_2(x) = -R_C(2L - x) = -2R_C L + R_C x$$

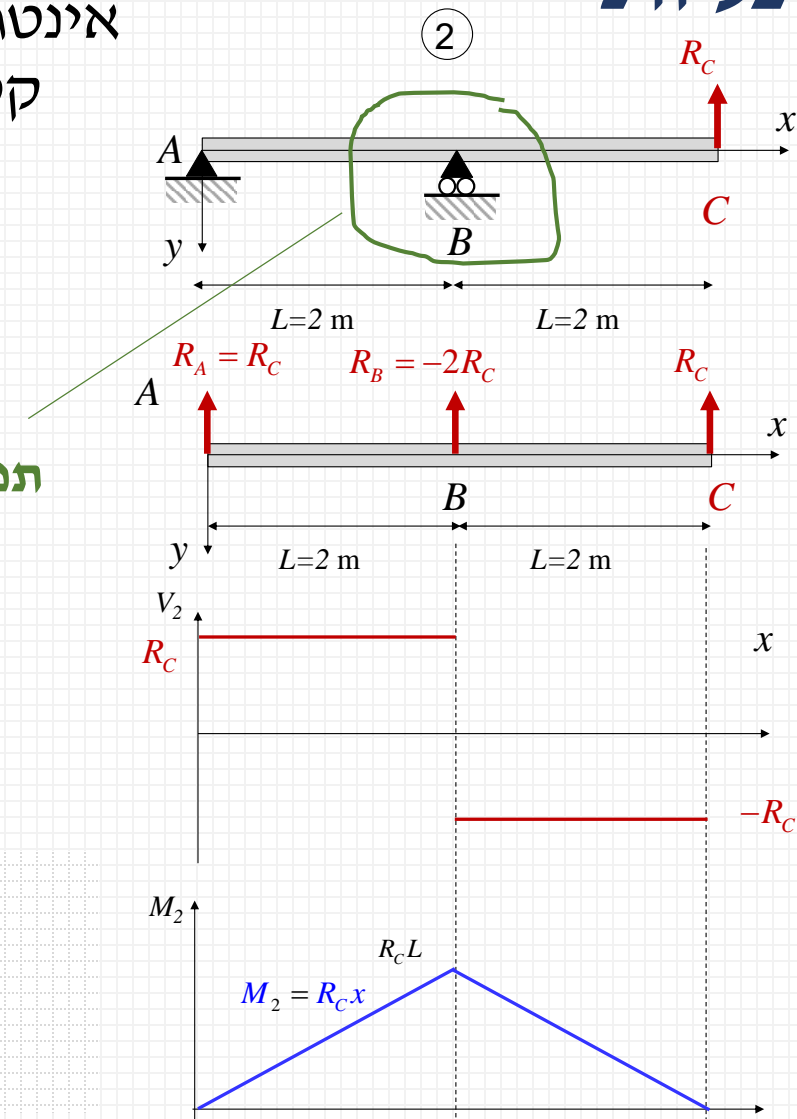
$$EI^2 v_2' = C_5 - 2R_C Lx + \frac{R_C x^2}{2}$$

$$EI^2 v_2 = C_6 + C_5 x - R_C Lx^2 + \frac{R_C x^3}{6}$$

$EI^2 v_2'(L) = EI^1 v_2'(L)$ - continuity: the slope is equal for both parts at $x = L$ **תנאי רציפות**

$C_5 - 2R_C L^2 + \frac{R_C L^2}{2} = -\frac{R_C L^2}{3}$ **קבלנו קודם** $EI^1 v_2'(L) = -\frac{R_C L^2}{3}$

$$C_5 = 2R_C L^2 - \frac{R_C L^2}{2} - \frac{R_C L^2}{3}$$



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 2

אינטגרציה של המשוואה דיפרנציאלית

קטע BC ($L < x < 2L$)

$$M_2 = R_C(2L - x)$$

$$EI^2 v_2'' = -M_2(x) = -R_C(2L - x) = -2R_CL + R_Cx$$

$$EI^2 v_2' = C_5 - 2R_CLx + \frac{R_Cx^2}{2}$$

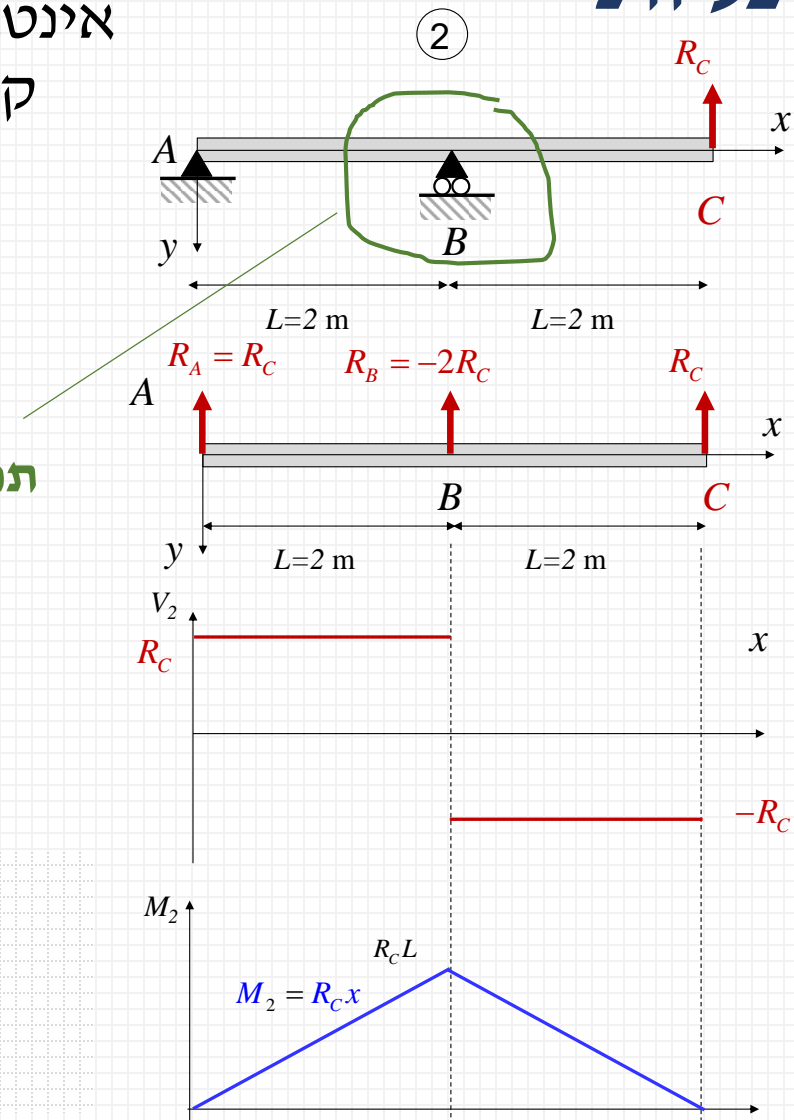
$$EI^2 v_2 = C_6 + C_5x - R_CLx^2 + \frac{R_Cx^3}{6}$$

$EI^2 v_2'(L) = EI^1 v_2'(L)$ - continuity: the slope is equal for both parts at $x = L$ **תנאי רציפות**

קבלנו קודם $EI^1 v_2'(L) = -\frac{R_CL^2}{3}$

$$C_5 - 2R_CL^2 + \frac{R_CL^2}{2} = -\frac{R_CL^2}{3}$$

$$C_5 = 2R_CL^2 - \frac{R_CL^2}{2} - \frac{R_CL^2}{3} = \frac{8R_CL^2}{6} = \frac{7R_CL^2}{6}$$



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 2

אינטגרציה של המשוואה דיפרנציאלית

קטע BC ($L < x < 2L$)

$$M_2 = R_C(2L - x)$$

$$EI^2 v_2'' = -M_2(x) = -R_C(2L - x) = -2R_C L + R_C x$$

$$EI^2 v_2' = C_5 - 2R_C Lx + \frac{R_C x^2}{2}$$

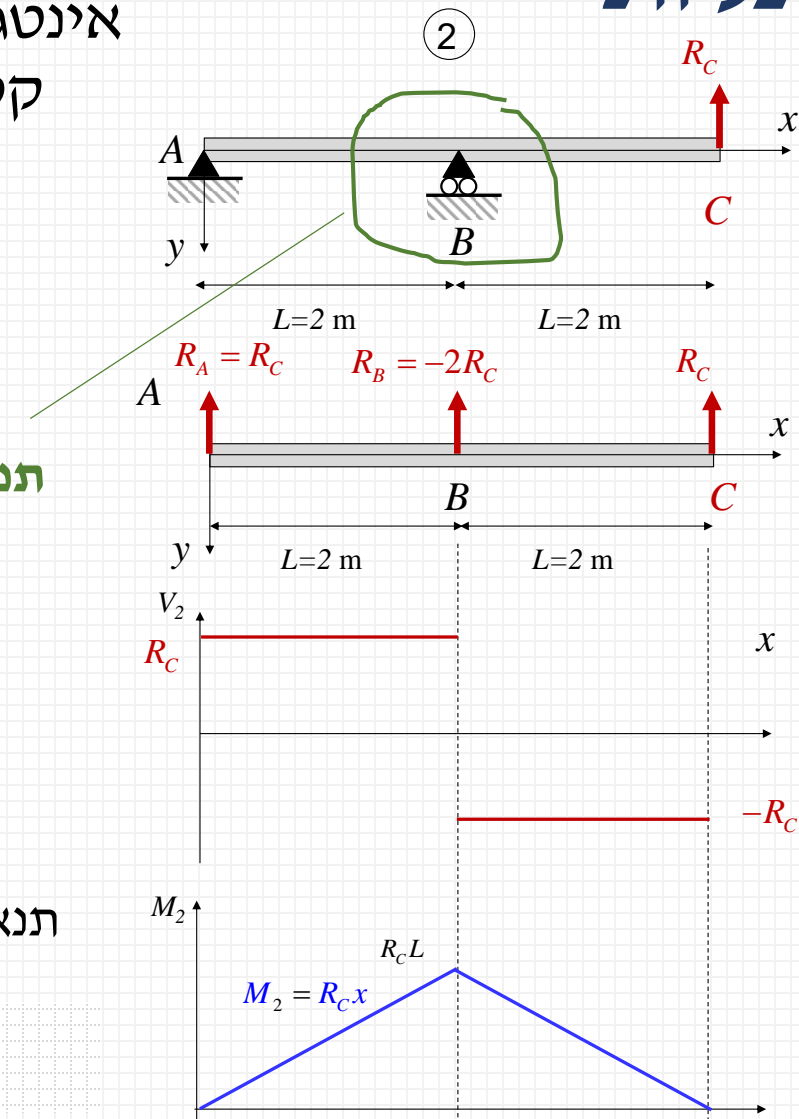
$$EI^2 v_2 = C_6 + C_5 x - R_C Lx^2 + \frac{R_C x^3}{6}$$

$EI^2 v_2'(L) = EI^1 v_2'(L)$ - continuity: the slope is equal for both parts at $x = L$ **תנאי רציפות**

$C_5 - 2R_C L^2 + \frac{R_C L^2}{2} = -\frac{R_C L^2}{3}$ **קבלנו קודם** $EI^1 v_2'(L) = -\frac{R_C L^2}{3}$

$$C_5 = 2R_C L^2 - \frac{R_C L^2}{2} - \frac{R_C L^2}{3} = \frac{8R_C L^2}{6} = \frac{7R_C L^2}{6}$$

$BC: EI^2 v_2(L) = 0$



תנאי שפה

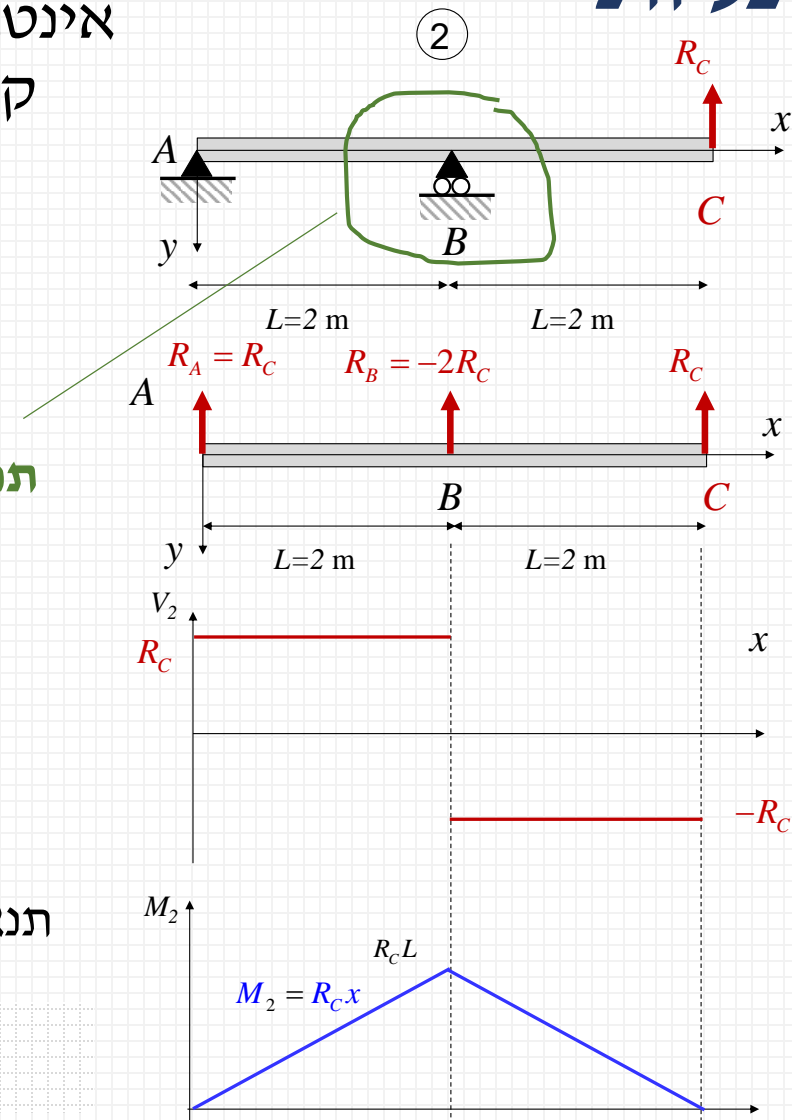
דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 2

אינטגרציה של המשוואה דיפרנציאלית

קטע BC ($L < x < 2L$)

$$M_2 = R_C (2L - x)$$



תנאי רציפות

$$EI^2 v_2'' = -M_2(x) = -R_C(2L - x) = -2R_C L + R_C x$$

$$EI^2 v_2' = C_5 - 2R_C Lx + \frac{R_C x^2}{2}$$

$$EI^2 v_2 = C_6 + C_5 x - R_C Lx^2 + \frac{R_C x^3}{6}$$

$$EI^2 v_2'(L) = EI^1 v_2'(L) \text{ - continuity: the slope is equal for both parts at } x = L$$

$$C_5 - 2R_C L^2 + \frac{R_C L^2}{2} = -\frac{R_C L^2}{3} \quad \leftarrow EI^1 v_2'(L) = -\frac{R_C L^2}{3}$$

$$C_5 = 2R_C L^2 - \frac{R_C L^2}{2} - \frac{R_C L^2}{3} = \frac{8R_C L^2}{6} = \frac{7R_C L^2}{6}$$

$$BC: EI^2 v_2(L) = 0 \rightarrow C_6 + C_5 L - R_C L^3 + \frac{R_C L^3}{6} =$$

תנאי שפה

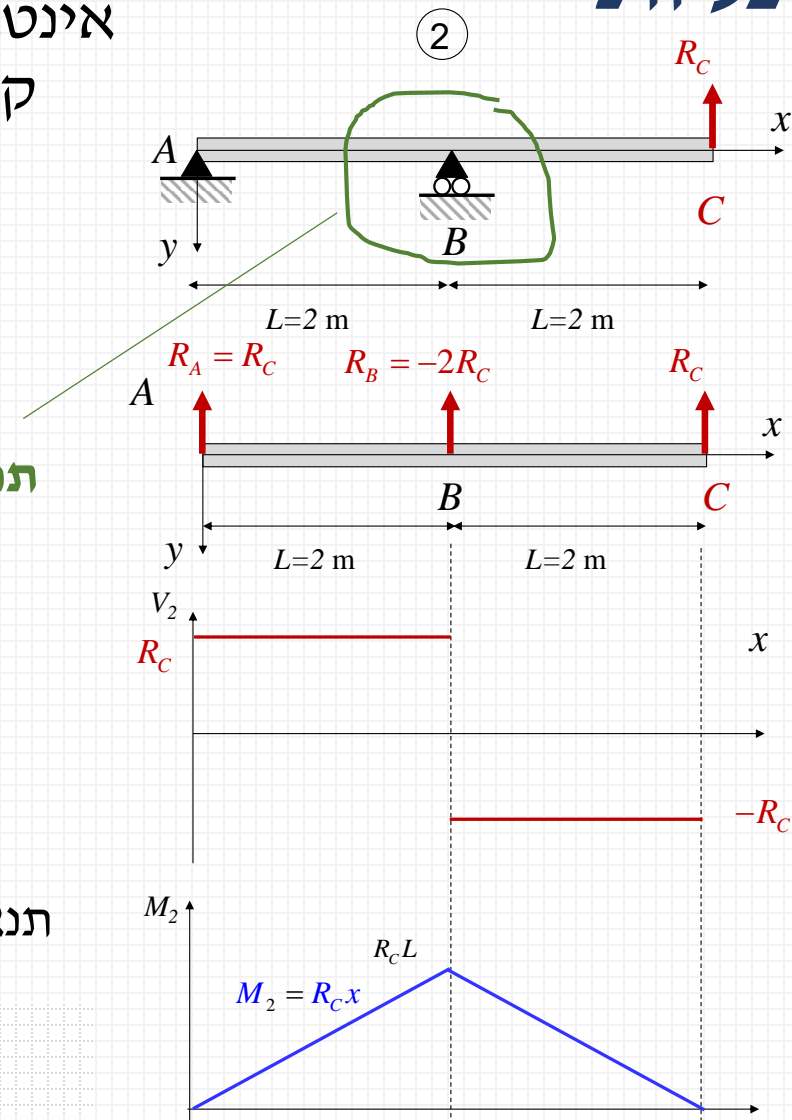
דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 2

אינטגרציה של המשוואה דיפרנציאלית

קטע BC ($L < x < 2L$)

$$M_2 = R_C(2L - x)$$



$$EI^2 v_2'' = -M_2(x) = -R_C(2L - x) = -2R_C L + R_C x$$

$$EI^2 v_2' = C_5 - 2R_C Lx + \frac{R_C x^2}{2}$$

$$EI^2 v_2 = C_6 + C_5 x - R_C Lx^2 + \frac{R_C x^3}{6}$$

$EI^2 v_2'(L) = EI^1 v_2'(L)$ - continuity: the slope is equal for both parts at $x = L$ **תנאי רציפות**

קבלנו קודם $EI^1 v_2'(L) = -\frac{R_C L^2}{3}$

$$C_5 - 2R_C L^2 + \frac{R_C L^2}{2} = -\frac{R_C L^2}{3}$$

$$C_5 = 2R_C L^2 - \frac{R_C L^2}{2} - \frac{R_C L^2}{3} = \frac{8R_C L^2}{6} = \frac{7R_C L^2}{6}$$

תנאי שפה

$$BC: EI^2 v_2(L) = 0 \rightarrow C_6 + C_5 L - R_C L^3 + \frac{R_C L^3}{6} = C_6 + \frac{7R_C L^3}{6} - R_C L^3 + \frac{R_C L^3}{6} = 0$$

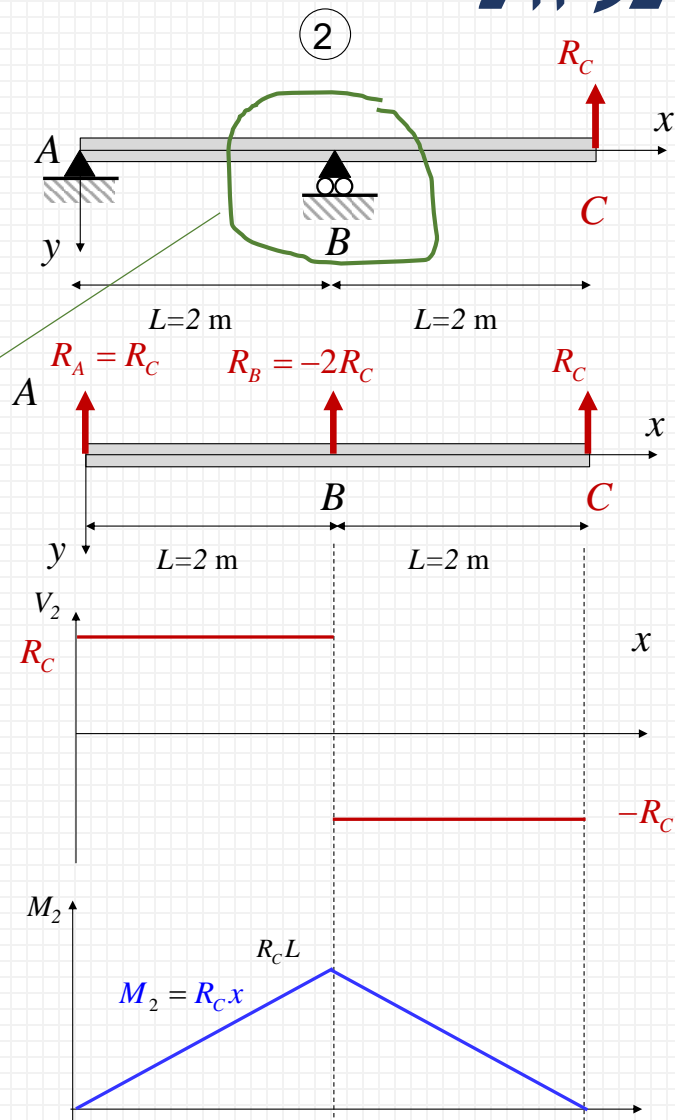
דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 2

אינטגרציה של המשוואה דיפרנציאלית

קטע BC ($L < x < 2L$)

$$M_2 = R_C(2L - x)$$



$$EI^2 v_2'' = -M_2(x) = -R_C(2L - x) = -2R_C L + R_C x$$

$$EI^2 v_2' = C_5 - 2R_C Lx + \frac{R_C x^2}{2}$$

$$EI^2 v_2 = C_6 + C_5 x - R_C Lx^2 + \frac{R_C x^3}{6}$$

$EI^2 v_2'(L) = EI^1 v_2'(L)$ - continuity: the slope is equal for both parts at $x = L$ **תנאי רציפות**

קבלנו קודם $EI^1 v_2'(L) = -\frac{R_C L^2}{3}$

$$C_5 - 2R_C L^2 + \frac{R_C L^2}{2} = -\frac{R_C L^2}{3}$$

$$C_5 = 2R_C L^2 - \frac{R_C L^2}{2} - \frac{R_C L^2}{3} = \frac{8R_C L^2}{6} = \frac{7R_C L^2}{6}$$

תנאי שפה

$$BC: EI^2 v_2(L) = 0 \rightarrow C_6 + C_5 L - R_C L^3 + \frac{R_C L^3}{6} = C_6 + \frac{7R_C L^3}{6} - R_C L^3 + \frac{R_C L^3}{6} = 0$$

$$C_6 = R_C L^3 \left(\frac{6}{6} - \frac{7}{6} - \frac{1}{6} \right) = 0$$

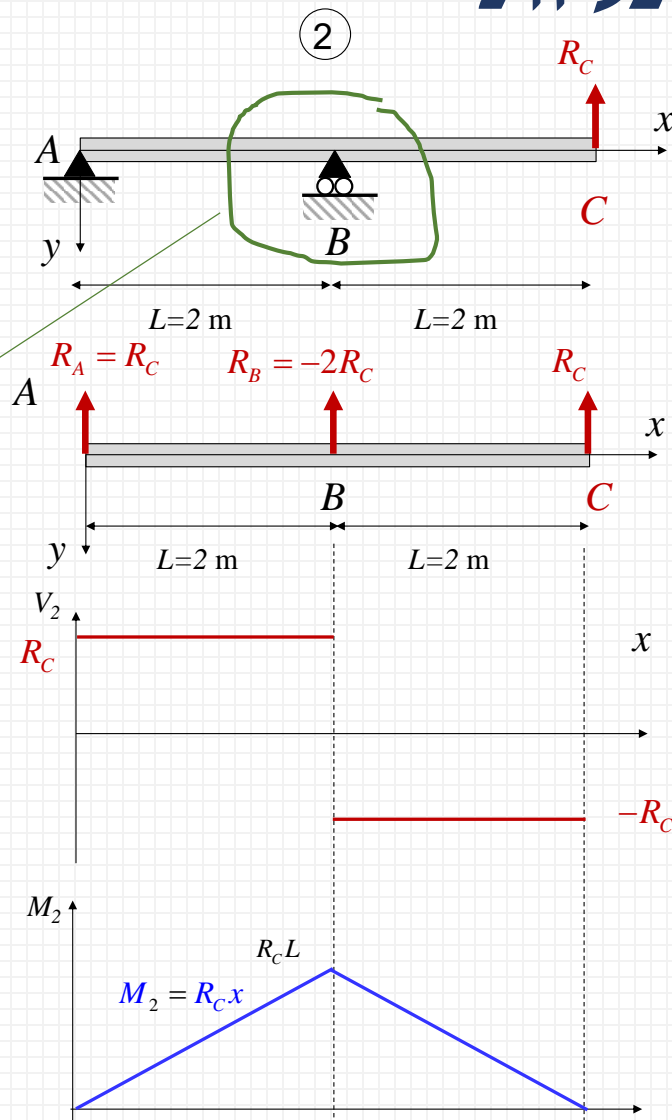
דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 2

אינטגרציה של המשוואה דיפרנציאלית

קטע BC ($L < x < 2L$)

$$M_2 = R_C(2L - x)$$



$$EI^2 v_2'' = -M_2(x) = -R_C(2L - x) = -2R_C L + R_C x$$

$$EI^2 v_2' = C_5 - 2R_C Lx + \frac{R_C x^2}{2}$$

$$EI^2 v_2 = C_6 + C_5 x - R_C Lx^2 + \frac{R_C x^3}{6}$$

$EI^2 v_2'(L) = EI^1 v_2'(L)$ - continuity: the slope is equal for both parts at $x = L$ **תנאי רציפות**

קבלנו קודם $EI^1 v_2'(L) = -\frac{R_C L^2}{3}$

$$C_5 - 2R_C L^2 + \frac{R_C L^2}{2} = -\frac{R_C L^2}{3}$$

$$C_5 = 2R_C L^2 - \frac{R_C L^2}{2} - \frac{R_C L^2}{3} = \frac{8R_C L^2}{6} = \frac{7R_C L^2}{6}$$

תנאי שפה $BC: EI^2 v_2(L) = 0 \rightarrow C_6 + C_5 L - R_C L^3 + \frac{R_C L^3}{6} = C_6 + \frac{7R_C L^3}{6} - R_C L^3 + \frac{R_C L^3}{6} = 0$

$$C_6 = R_C L^3 \left(\frac{6}{6} - \frac{7}{6} - \frac{1}{6} \right) = -\frac{2R_C L^3}{6} = -\frac{R_C L^3}{3}$$

דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

פתרון

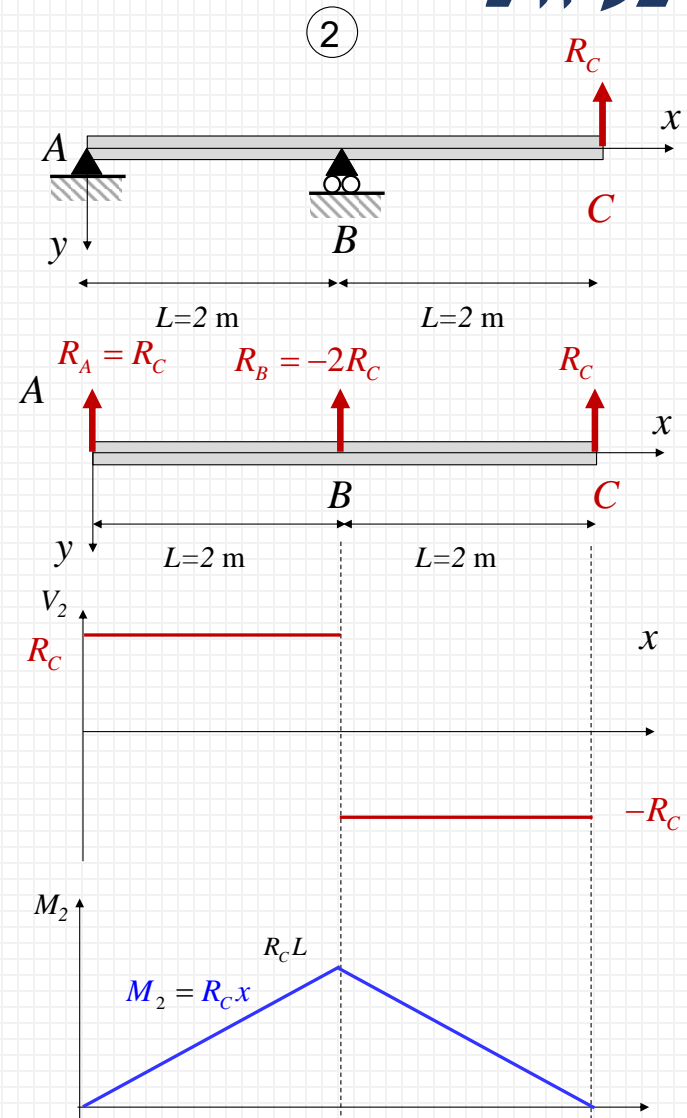
אינטגרציה של המשוואה דיפרנציאלית

קטע BC ($L < x < 2L$)

שקיעה

$$^2v_2(x) = \frac{1}{EI} \left[-\frac{R_C L^3}{3} + \frac{7R_C L^2 x}{6} - R_C L x^2 + \frac{R_C x^3}{6} \right] =$$

בעיה 2



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

פתרון

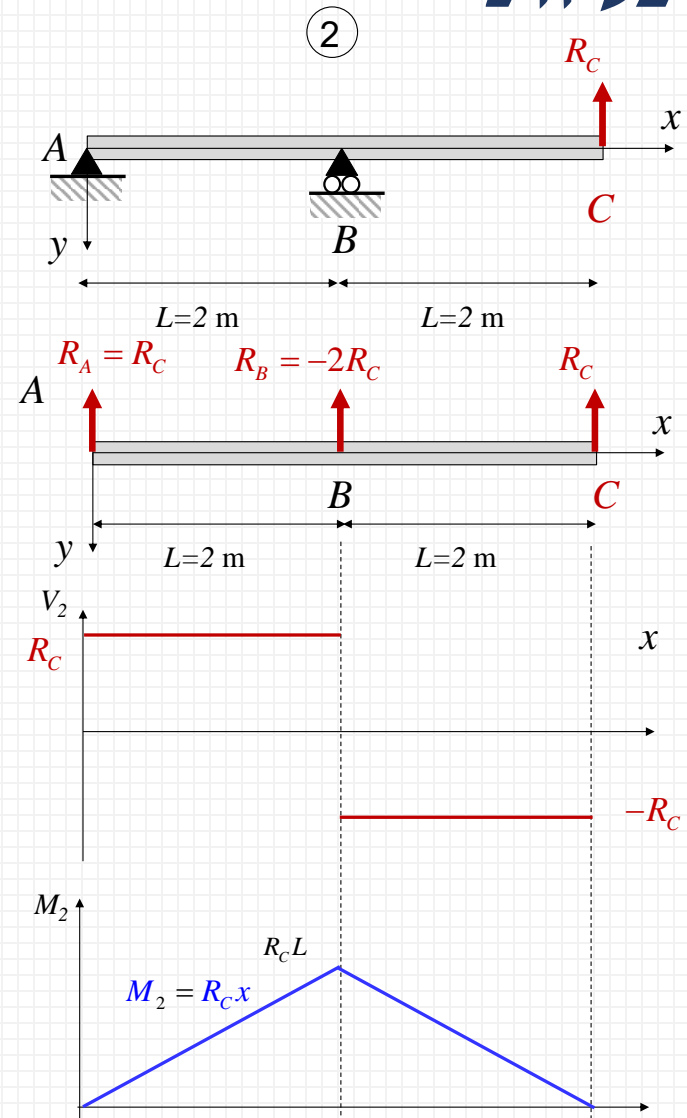
אינטגרציה של המשוואה דיפרנציאלית

קטע BC ($L < x < 2L$)

שקיעה

$${}_2v_2(x) = \frac{1}{EI} \left[-\frac{R_C L^3}{3} + \frac{7R_C L^2 x}{6} - R_C L x^2 + \frac{R_C x^3}{6} \right] = \frac{R_C L^3}{6EI} \left[-2 + 7\left(\frac{x}{L}\right) - 6\left(\frac{x}{L}\right)^2 + \left(\frac{x}{L}\right)^3 \right]$$

בעיה 2



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

פתרון

אינטגרציה של המשוואה דיפרנציאלית

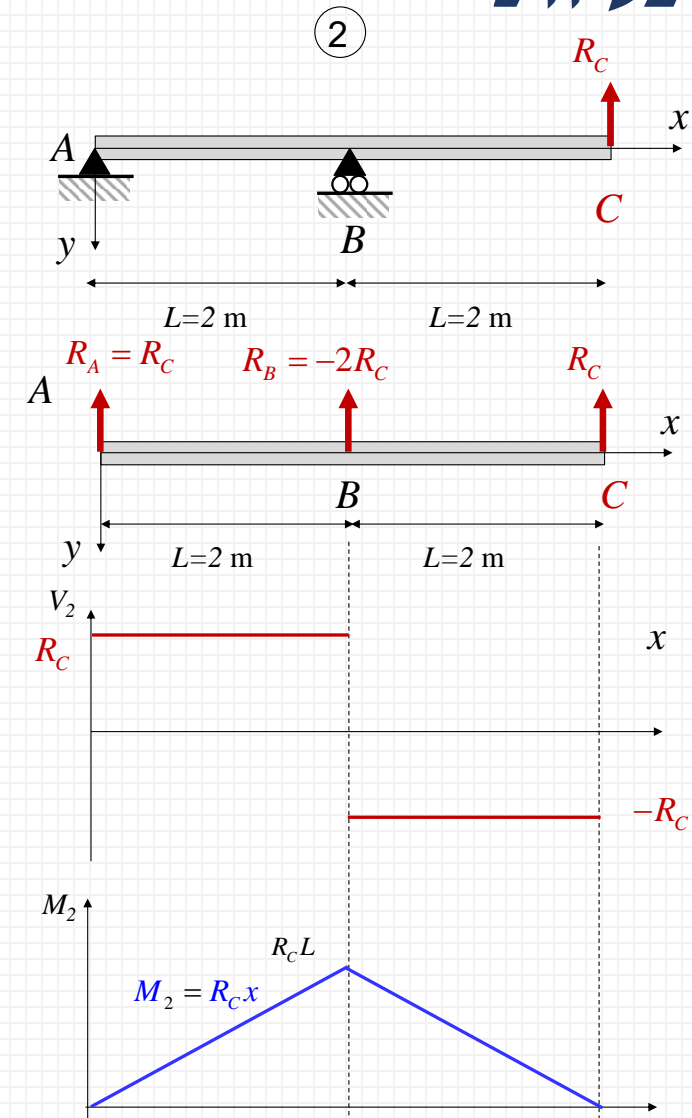
קטע BC ($L < x < 2L$)

שקיעה

$${}_2v_2(x) = \frac{1}{EI} \left[-\frac{R_C L^3}{3} + \frac{7R_C L^2 x}{6} - R_C L x^2 + \frac{R_C x^3}{6} \right] = \frac{R_C L^3}{6EI} \left[-2 + 7\left(\frac{x}{L}\right) - 6\left(\frac{x}{L}\right)^2 + \left(\frac{x}{L}\right)^3 \right]$$

$${}_2v_2(2L) = \frac{R_C L^3}{6EI} [-2 + 7 \times 2 - 6 \times 4 + 8] =$$

בעיה 2



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

פתרון

אינטגרציה של המשוואה דיפרנציאלית

קטע BC ($L < x < 2L$)

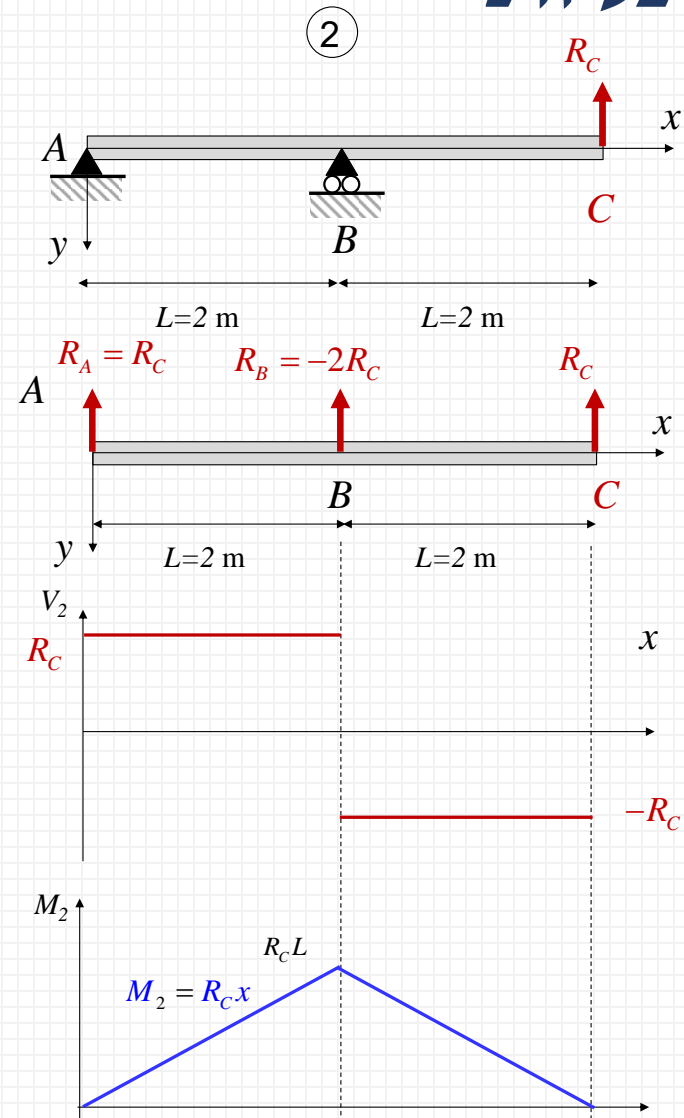
שקיעה

$$^2v_2(x) = \frac{1}{EI} \left[-\frac{R_C L^3}{3} + \frac{7R_C L^2 x}{6} - R_C L x^2 + \frac{R_C x^3}{6} \right] = \frac{R_C L^3}{6EI} \left[-2 + 7\left(\frac{x}{L}\right) - 6\left(\frac{x}{L}\right)^2 + \left(\frac{x}{L}\right)^3 \right]$$

$$^2v_2(2L) = \frac{R_C L^3}{6EI} [-2 + 7 \times 2 - 6 \times 4 + 8] = \frac{R_C L^3}{6EI} [-2 + 14 - 24 + 8] = -\frac{2R_C L^3}{3EI}$$

סיכום ביניים: פונקציית השקיעה, בעיה 2

בעיה 2



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

פתרון

אינטגרציה של המשוואה דיפרנציאלית

קטע BC ($L < x < 2L$)

שקיעה

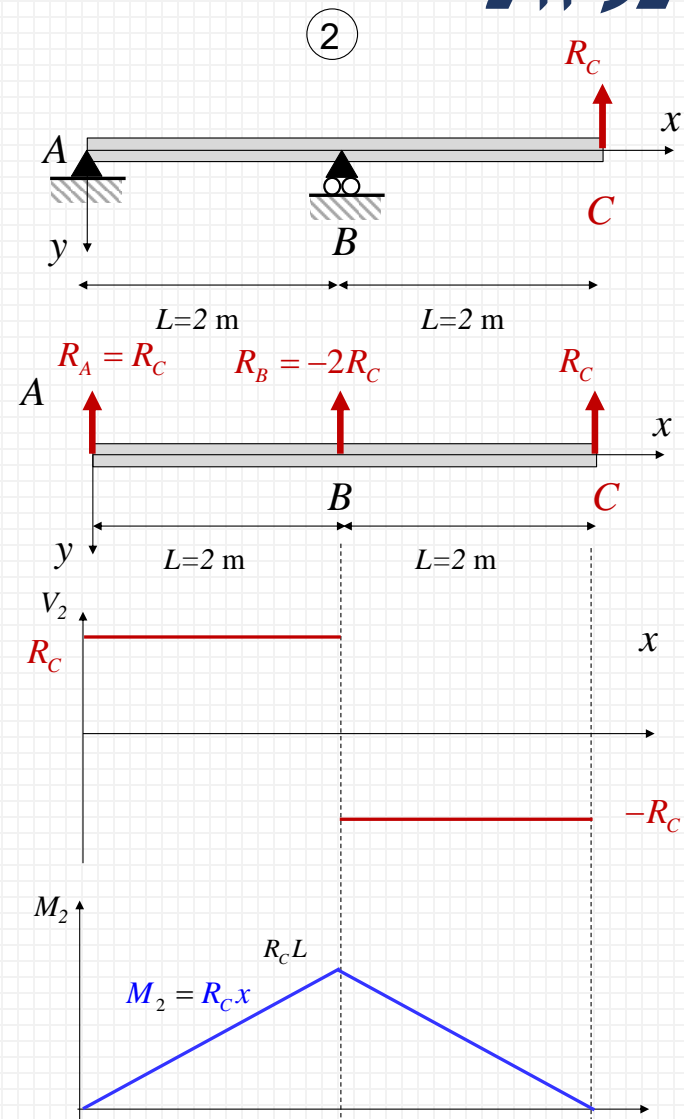
$${}^2v_2(x) = \frac{1}{EI} \left[-\frac{R_C L^3}{3} + \frac{7R_C L^2 x}{6} - R_C L x^2 + \frac{R_C x^3}{6} \right] = \frac{R_C L^3}{6EI} \left[-2 + 7\left(\frac{x}{L}\right) - 6\left(\frac{x}{L}\right)^2 + \left(\frac{x}{L}\right)^3 \right]$$

$${}^2v_2(2L) = \frac{R_C L^3}{6EI} [-2 + 7 \times 2 - 6 \times 4 + 8] = \frac{R_C L^3}{6EI} [-2 + 14 - 24 + 8] = -\frac{2R_C L^3}{3EI}$$

סיכום ביניים: פונקציית השקיעה, בעיה 2

$$v_2(x) = \begin{cases} {}^1v_2(x) = -\frac{q_0 L^4}{96EI} \left(\frac{x}{L}\right) \left[1 - \left(\frac{x}{L}\right)^2 \right], & 0 < x < L \\ {}^2v_2(x) = -\frac{q_0 L^4}{96EI} \left[-2 + 7\left(\frac{x}{L}\right) - 6\left(\frac{x}{L}\right)^2 + \left(\frac{x}{L}\right)^3 \right], & L < x < 2L \end{cases}$$

בעיה 2



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

פתרון

אינטגרציה של המשוואה דיפרנציאלית

קטע BC ($L < x < 2L$)

שקיעה

$${}^2v_2(x) = \frac{1}{EI} \left[-\frac{R_C L^3}{3} + \frac{7R_C L^2 x}{6} - R_C L x^2 + \frac{R_C x^3}{6} \right] = \frac{R_C L^3}{6EI} \left[-2 + 7\left(\frac{x}{L}\right) - 6\left(\frac{x}{L}\right)^2 + \left(\frac{x}{L}\right)^3 \right]$$

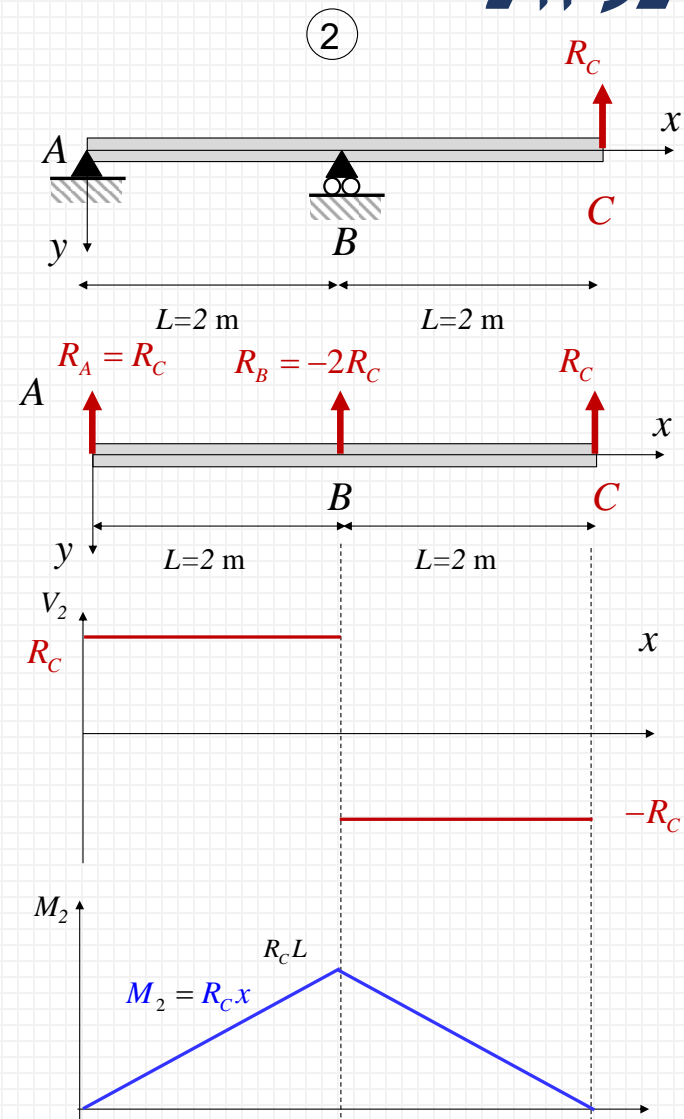
$${}^2v_2(2L) = \frac{R_C L^3}{6EI} [-2 + 7 \times 2 - 6 \times 4 + 8] = \frac{R_C L^3}{6EI} [-2 + 14 - 24 + 8] = -\frac{2R_C L^3}{3EI}$$

סיכום ביניים: פונקציית השקיעה, בעיה 2

$$v_2(x) = \begin{cases} {}^1v_2(x) = -\frac{q_0 L^4}{96EI} \left(\frac{x}{L}\right) \left[1 - \left(\frac{x}{L}\right)^2 \right], & 0 < x < L \\ {}^2v_2(x) = -\frac{q_0 L^4}{96EI} \left[-2 + 7\left(\frac{x}{L}\right) - 6\left(\frac{x}{L}\right)^2 + \left(\frac{x}{L}\right)^3 \right], & L < x < 2L \end{cases}$$

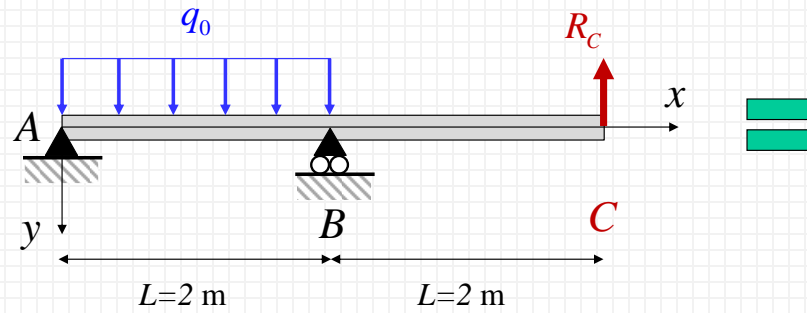
$$v_2(2L) = -\frac{2R_C L^3}{3EI}$$

בעיה 2

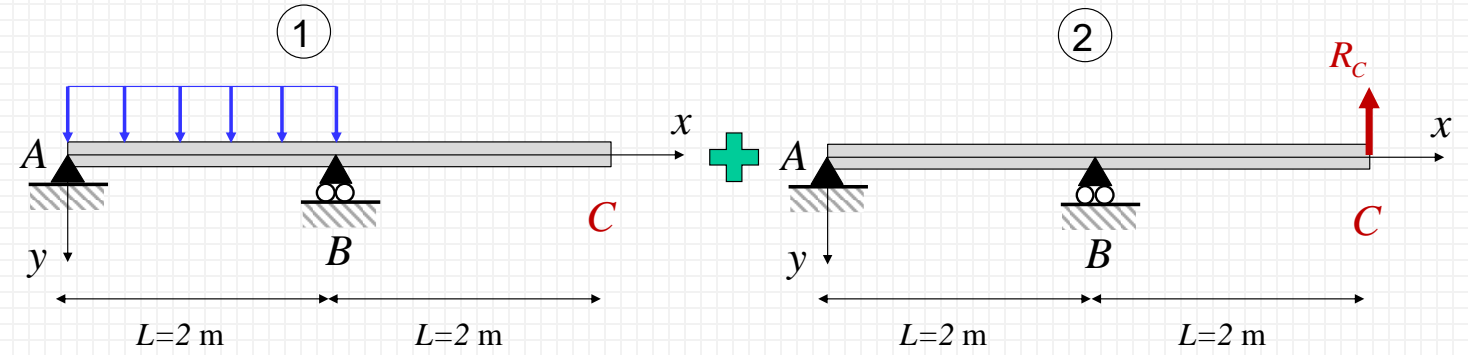


דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 1

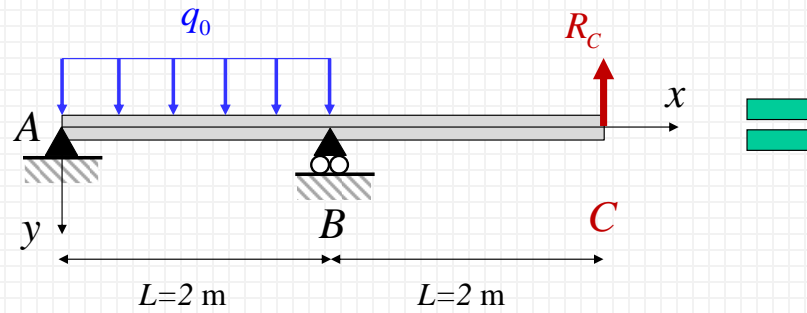


בעיה 2



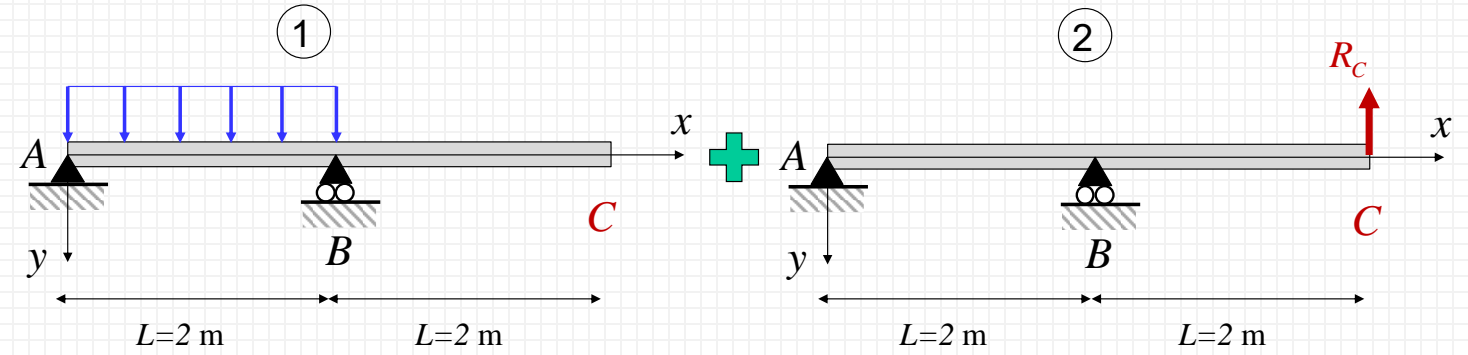
דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 1



$$v(2L) =$$

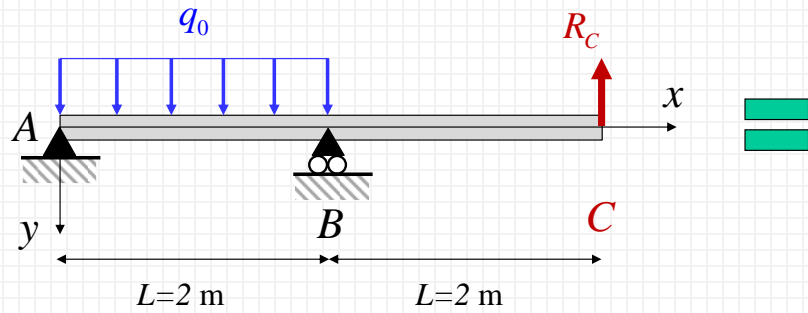
בעיה 2



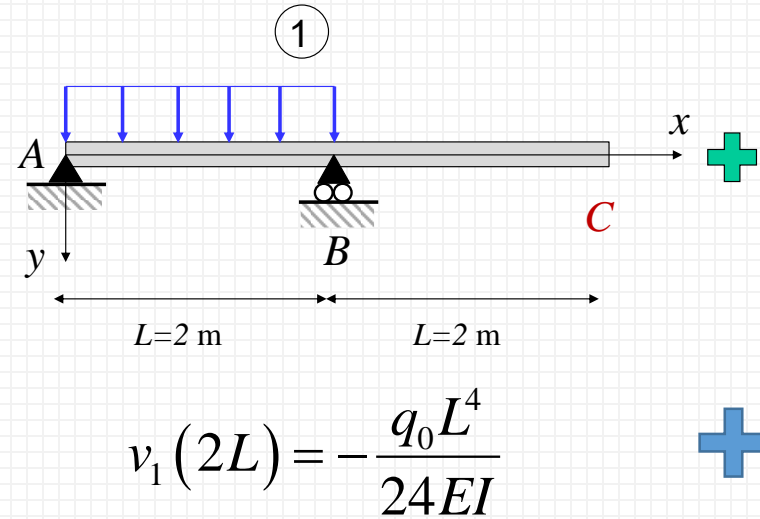
דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 1

בעיה 2

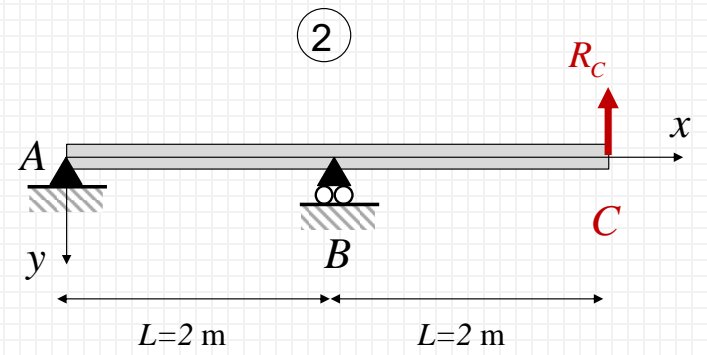


$$v(2L) =$$



$$v_1(2L) = -\frac{q_0 L^4}{24EI}$$

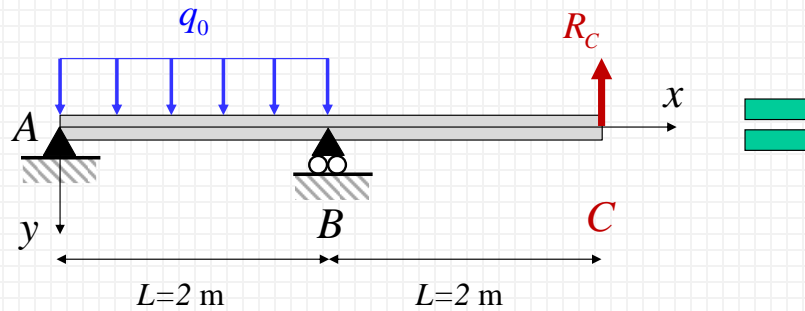
+



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 1

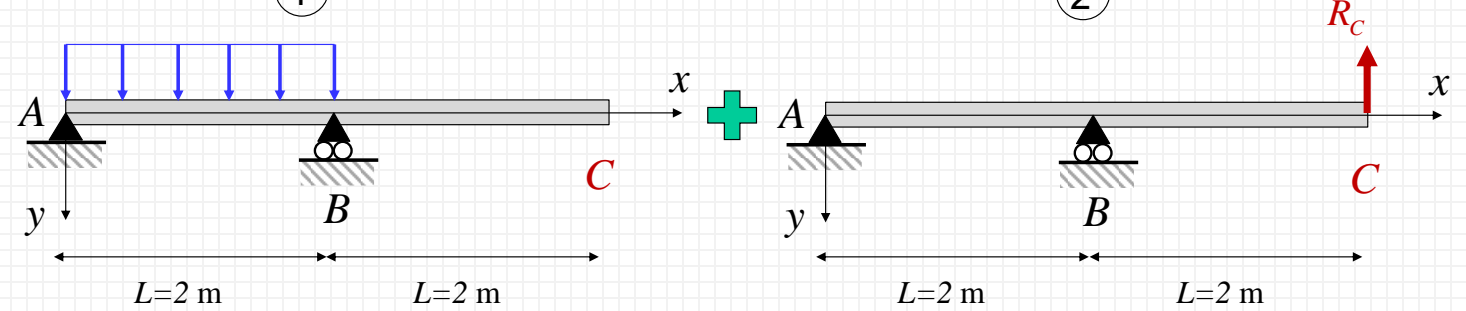
①



$$v(2L) =$$

בעיה 2

②



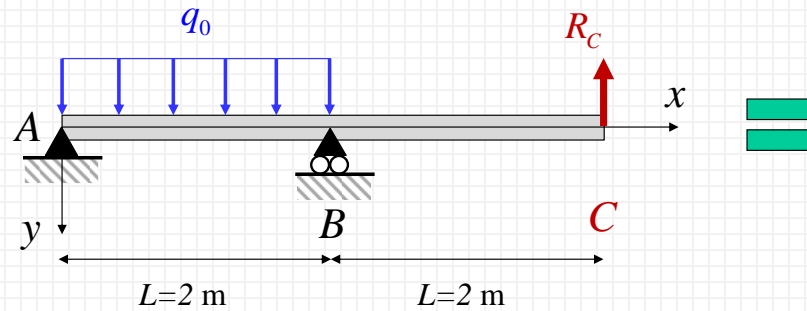
$$v_1(2L) = -\frac{q_0 L^4}{24EI}$$

+

$$v_2(2L) = -\frac{2R_C L^3}{3EI}$$

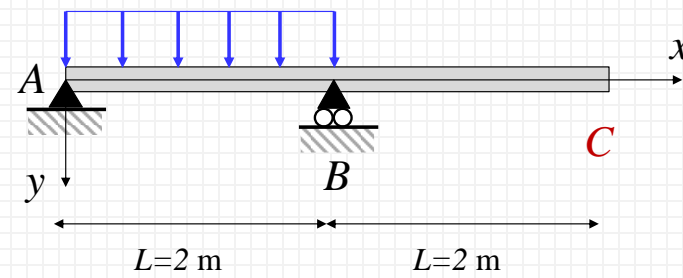
דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 1



$$v(2L) =$$

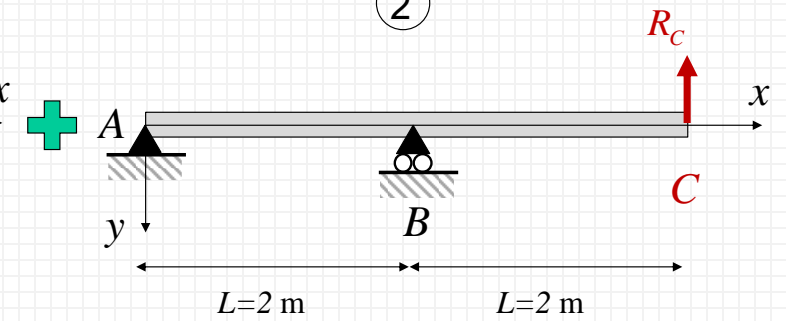
1



$$v_1(2L) = -\frac{q_0 L^4}{24EI}$$

בעיה 2

2

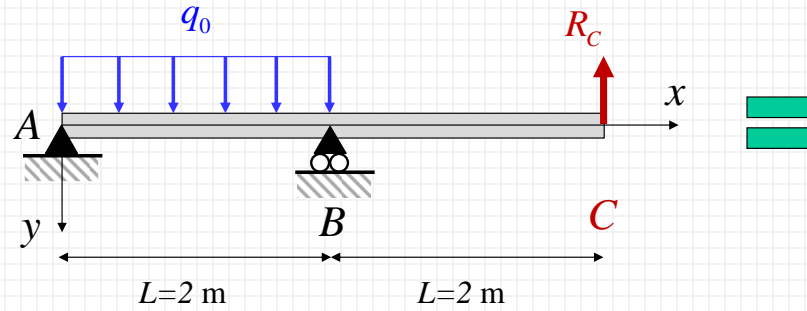


$$v_2(2L) = -\frac{2R_C L^3}{3EI}$$

קיום תנאי התאמה ב- $x = 2L$

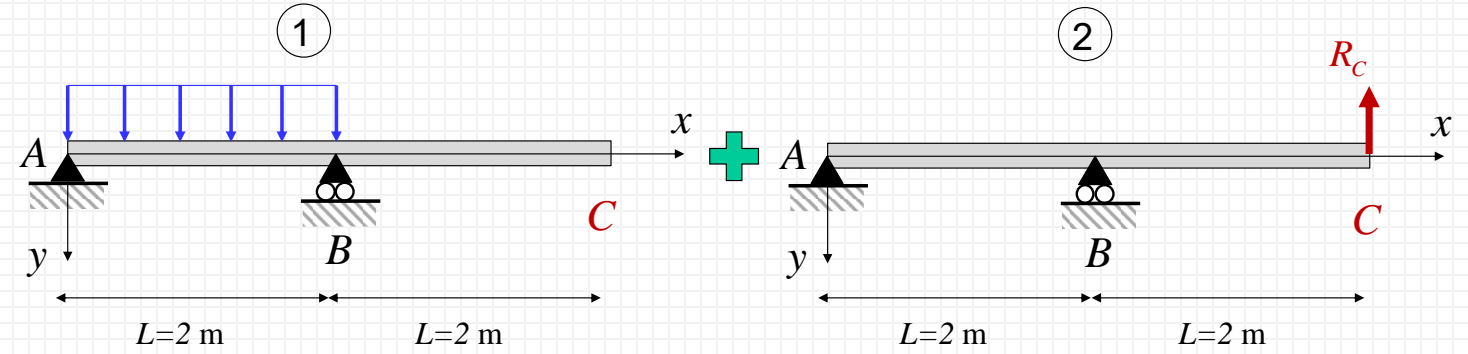
דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 1



$$v(2L) =$$

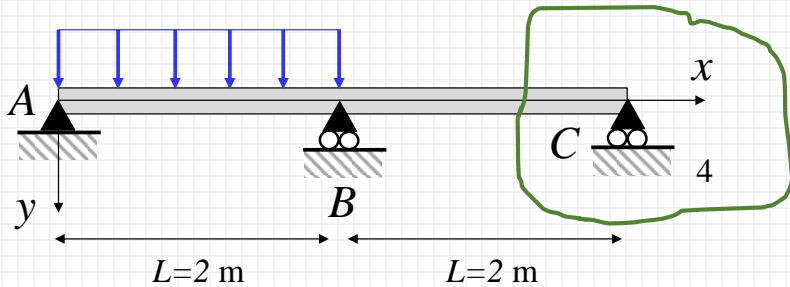
בעיה 2



$$v_1(2L) = -\frac{q_0 L^4}{24EI}$$

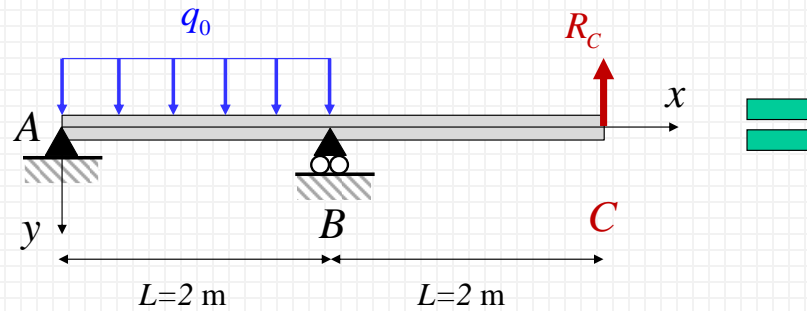
$$v_2(2L) = -\frac{2R_C L^3}{3EI}$$

קיום תנאי התאמה ב- $x = 2L$



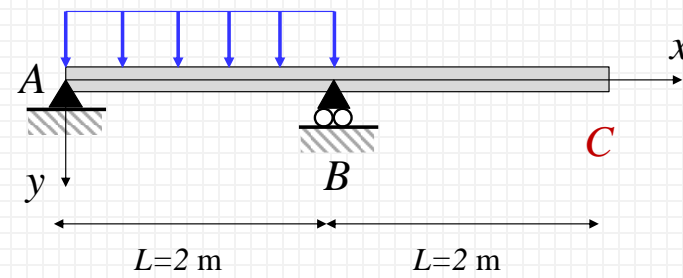
דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 1



$$v(2L) =$$

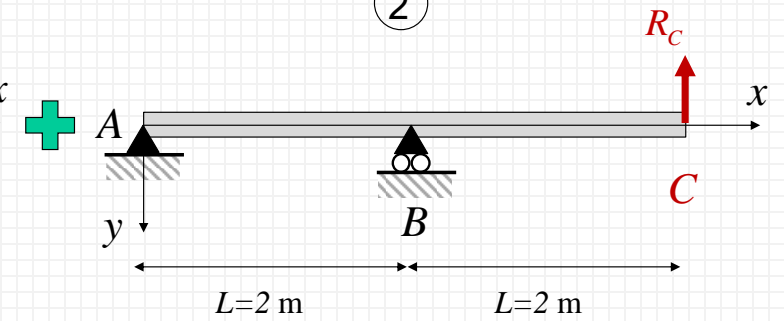
1



$$v_1(2L) = -\frac{q_0 L^4}{24EI}$$

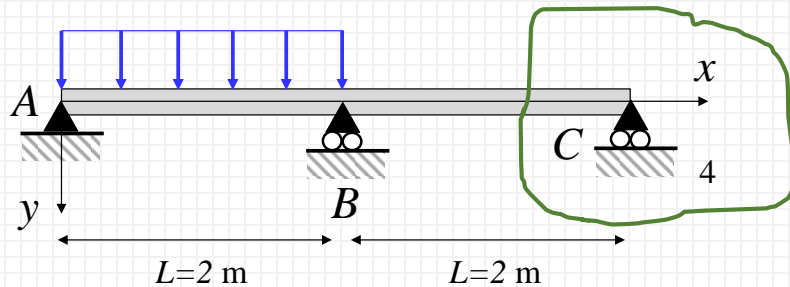
בעיה 2

2



$$+ \quad v_2(2L) = -\frac{2R_C L^3}{3EI}$$

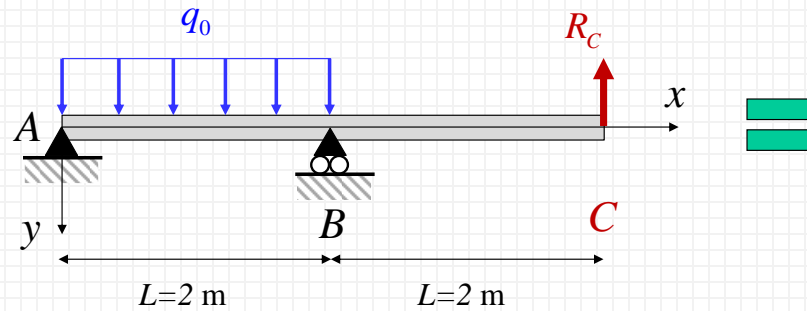
קיום תנאי התאמה ב- $x = 2L$



$$v(2L) = 0$$

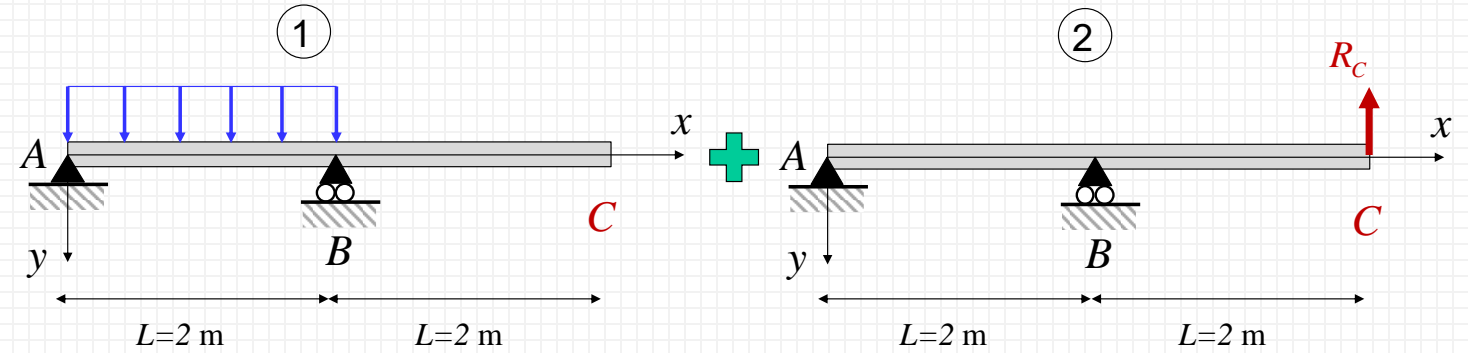
דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 1



$$v(2L) =$$

בעיה 2

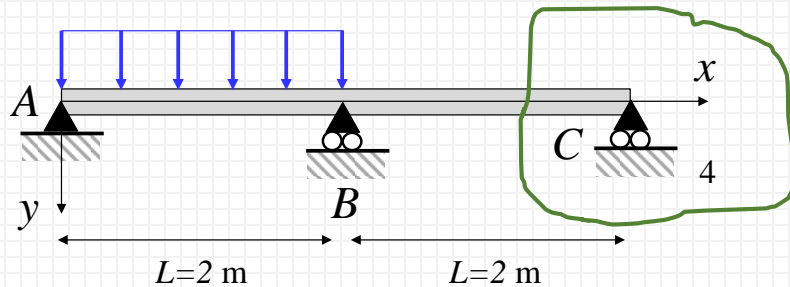


$$v_1(2L) = -\frac{q_0 L^4}{24EI}$$

$$v_2(2L) = -\frac{2R_C L^3}{3EI}$$

$$v(2L) = v_1(2L) + v_2(2L) = 0$$

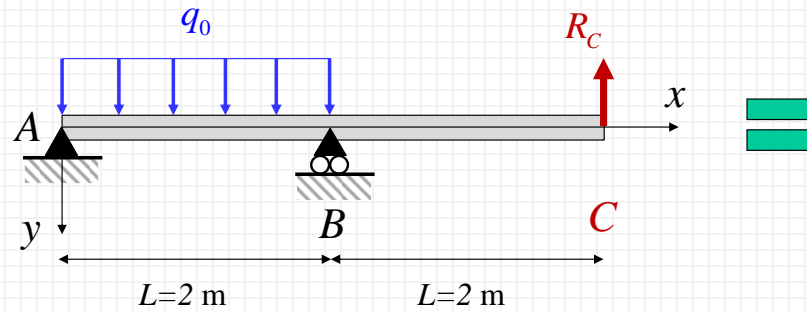
קיום תנאי התאמה ב- $x = 2L$



$$v(2L) = 0$$

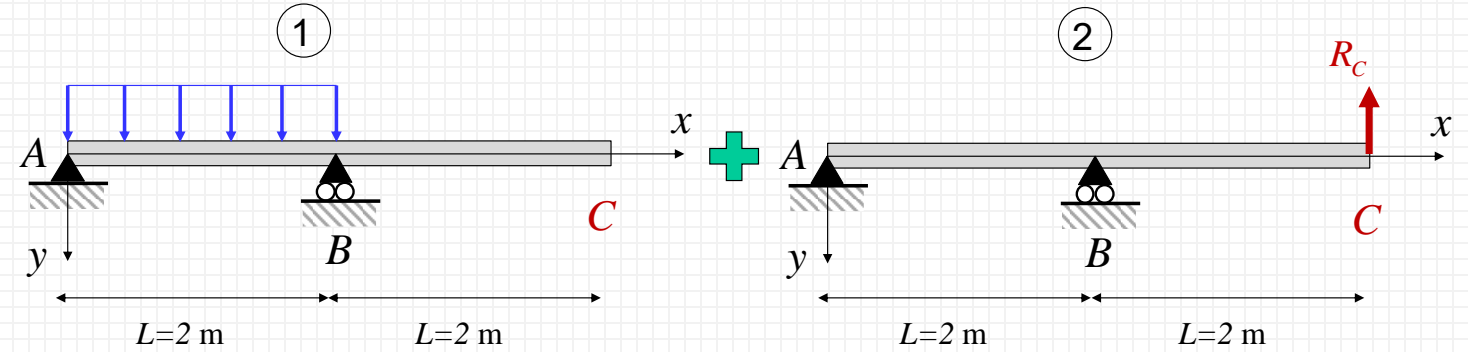
דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 1



$$v(2L) =$$

בעיה 2



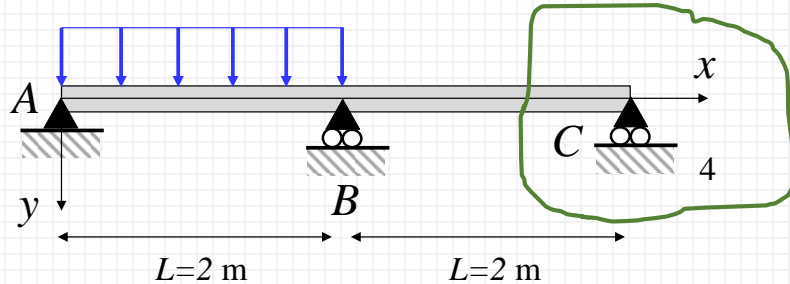
$$v_1(2L) = -\frac{q_0 L^4}{24EI}$$

$$v_2(2L) = -\frac{2R_C L^3}{3EI}$$

$$v(2L) = v_1(2L) + v_2(2L) = 0$$

$$v(2L) = -\frac{q_0 L^4}{24EI} - \frac{2R_C L^3}{3EI} = 0$$

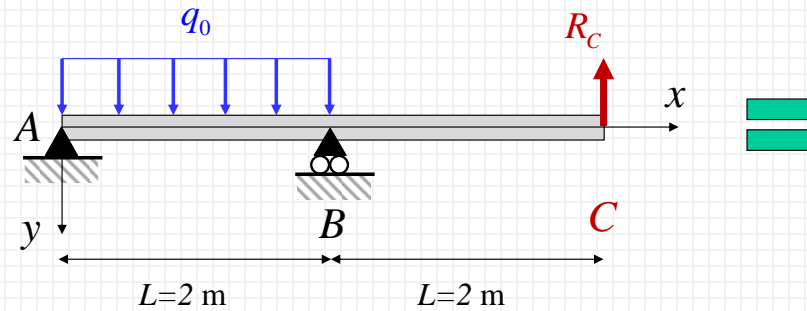
קיום תנאי התאמה ב- $x = 2L$



$$v(2L) = 0$$

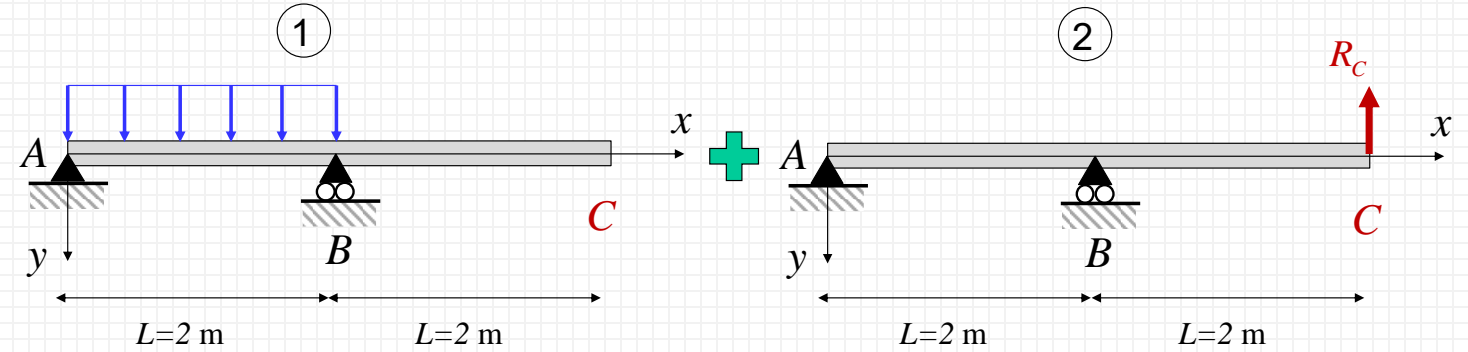
דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 1



$$v(2L) =$$

בעיה 2



$$v_1(2L) = -\frac{q_0 L^4}{24EI}$$

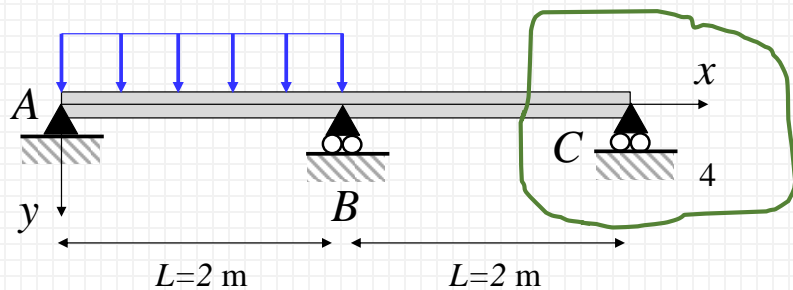
+

$$v_2(2L) = -\frac{2R_C L^3}{3EI}$$

$$v(2L) = v_1(2L) + v_2(2L) = 0$$

$$v(2L) = -\frac{q_0 L^4}{24EI} - \frac{2R_C L^3}{3EI} = 0$$

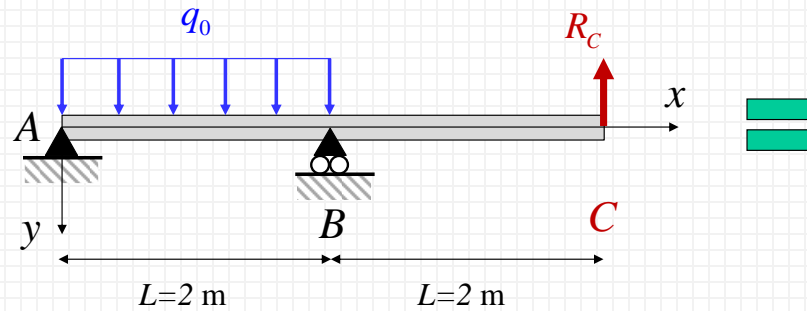
קיום תנאי התאמה ב- $x = 2L$



$$v(2L) = 0$$

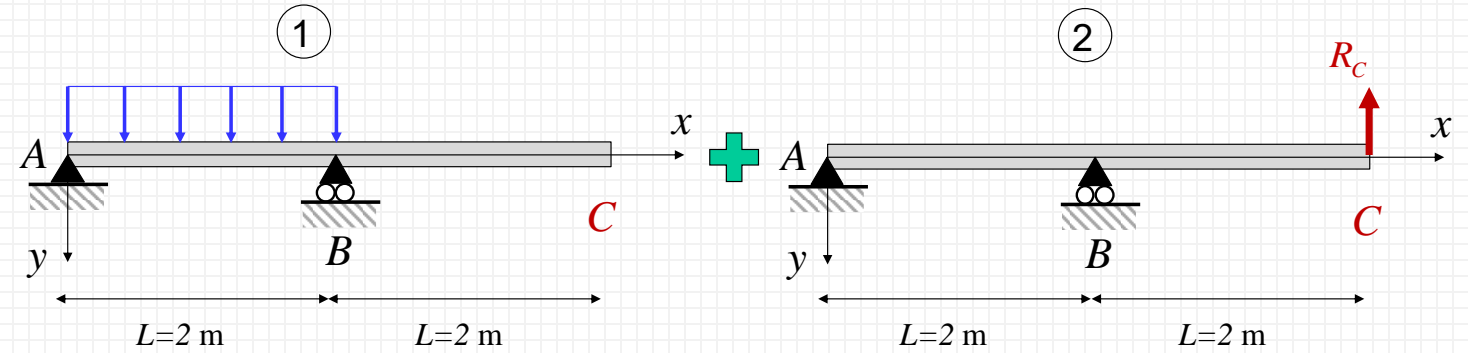
דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

בעיה 1



$$v(2L) =$$

בעיה 2



$$v_1(2L) = -\frac{q_0 L^4}{24EI}$$

+

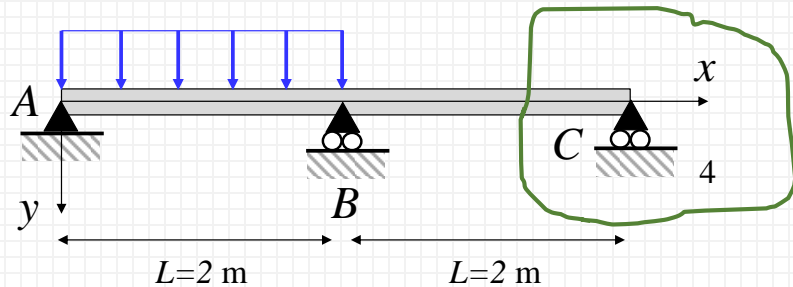
$$v_2(2L) = -\frac{2R_C L^3}{3EI}$$

$$v(2L) = v_1(2L) + v_2(2L) = 0$$

$$v(2L) = -\frac{q_0 L^4}{24EI} - \frac{2R_C L^3}{3EI} = 0$$

$$R_C = -\frac{q_0 L^4}{24EI} \left(\frac{3EI}{2L^3} \right) = -\frac{q_0 L}{16}$$

קיום תנאי התאמה ב- $x = 2L$



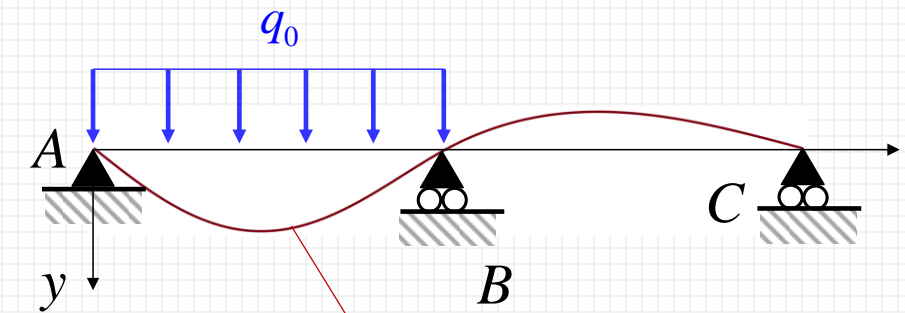
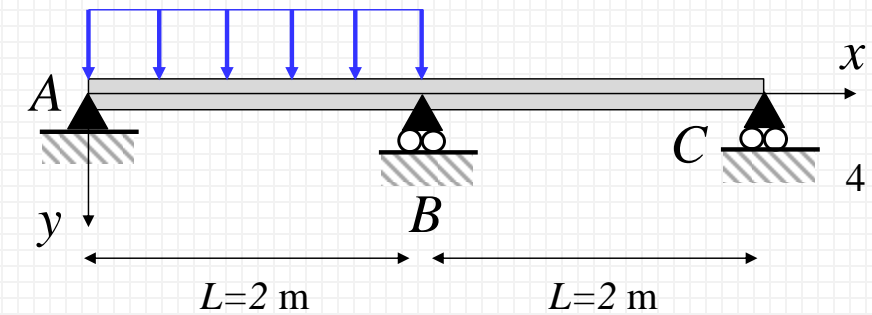
$$v(2L) = 0$$

פונקציית שקיעה כוללת

$$v(x) = v_1(x) + v_2(x)$$

$$v(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L^4}{24EI} \left(\frac{x}{L} \right) \left[1 - 2 \left(\frac{x}{L} \right)^2 + \left(\frac{x}{L} \right)^3 \right] - \frac{q_0 L^4}{96EI} \left(\frac{x}{L} \right) \left[1 - \left(\frac{x}{L} \right)^2 \right], & (0 < x < L) \\ -\frac{q_0 L^4}{24EI} \left(\frac{x}{L} - 1 \right) - \frac{q_0 L^4}{96EI} \left[-2 + 7 \left(\frac{x}{L} \right) - 6 \left(\frac{x}{L} \right)^2 + \left(\frac{x}{L} \right)^3 \right], & (L < x < 2L) \end{cases}$$

$$v(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L^4}{96EI} \left(\frac{x}{L} \right) \left[3 - 7 \left(\frac{x}{L} \right)^2 + 4 \left(\frac{x}{L} \right)^3 \right], & (0 < x < L) \\ -\frac{q_0 L^4}{96EI} \left[-6 + 11 \left(\frac{x}{L} \right) - 6 \left(\frac{x}{L} \right)^2 + \left(\frac{x}{L} \right)^3 \right], & (L < x < 2L) \end{cases}$$

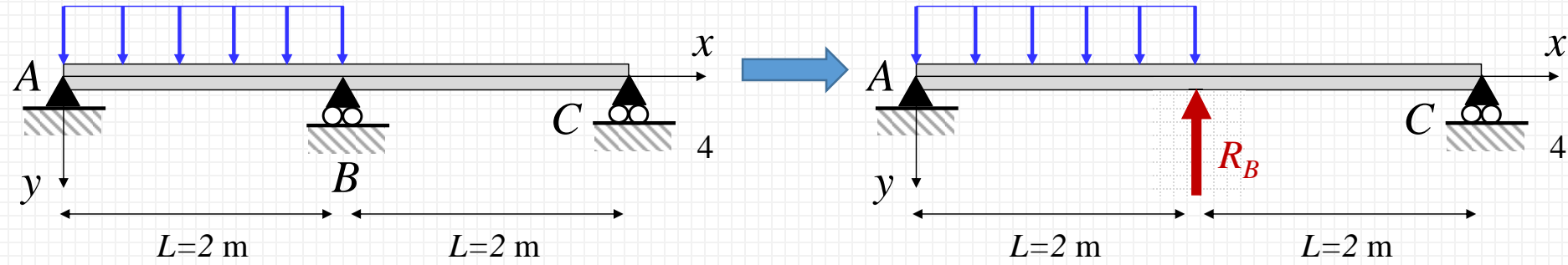


פונקציית השקיעה הכללת

הערה היה נתן לשחרר אילוץ אחר ולמצוא את הריאקציה בהתאם בעזרת סופרפוזיציה

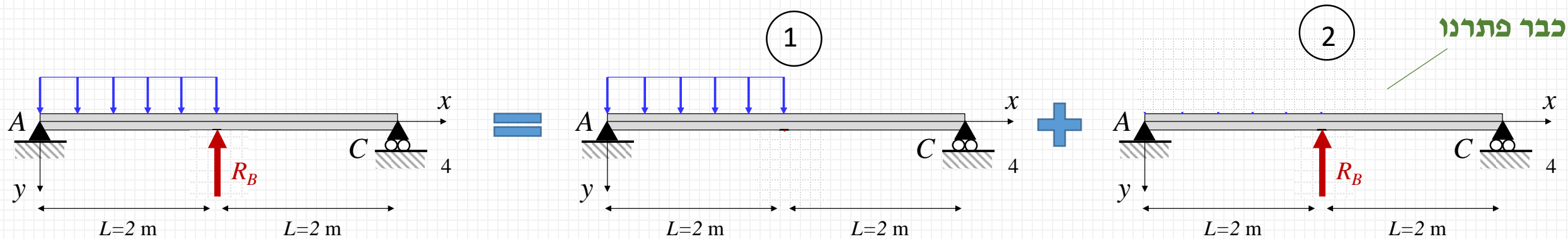
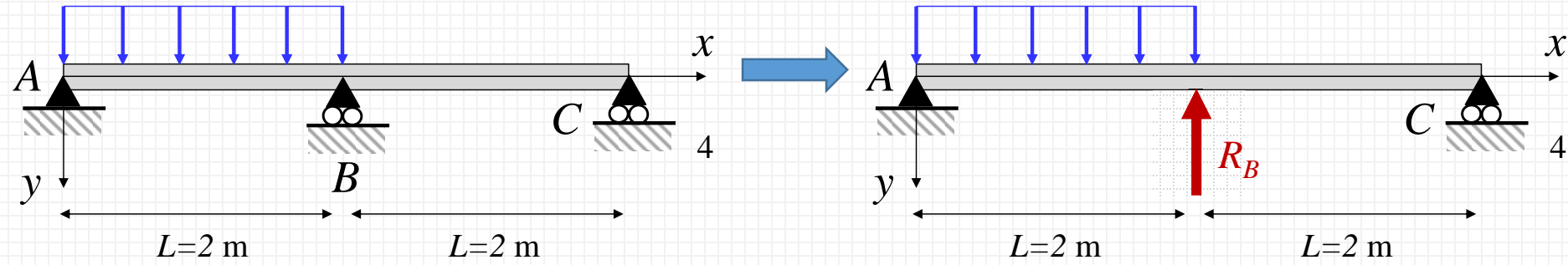
דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

הערה היה נתן לשחרר אילוץ אחר ולמצוא את הריאקציה בהתאם בעזרת סופרפוזיציה



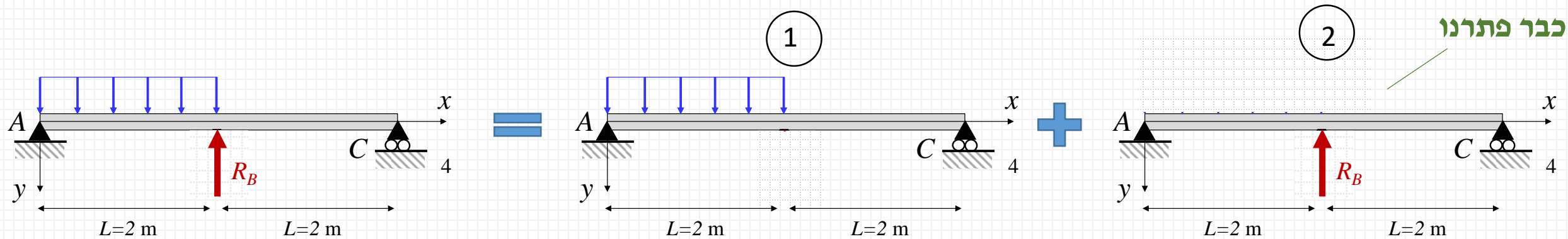
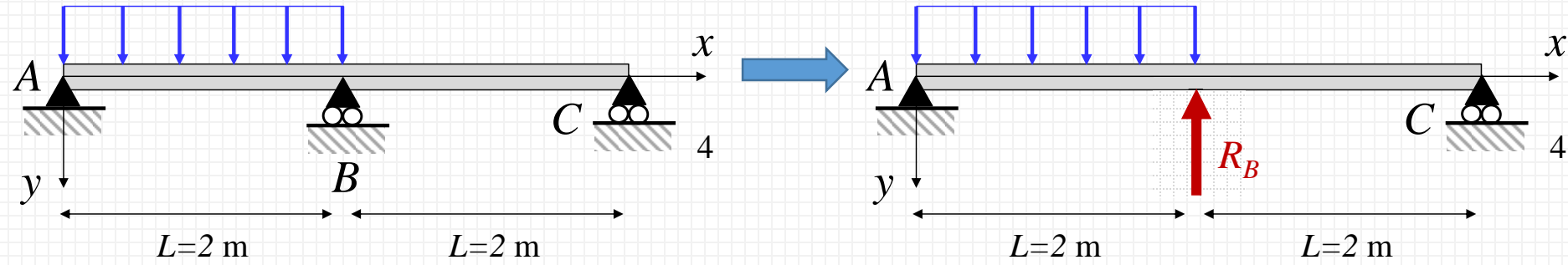
דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

הערה היה נתן לשחרר אילוץ אחר ולמצוא את הריאקציה בהתאם בעזרת סופרפוזיציה



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

הערה היה נתן לשחרר אילוך אחר ולמצוא את הריאקציה בהתאם בעזרת סופרפוזיציה



$$v_B = v(L) = v_0$$

תנאי התאמה

דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

שלב 2 – כוחות ומומנטים פנימיים

דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

שלב 2 – כוחות ומומנטים פנימיים

כאשר R_c ידוע נתן לחשב כוחות גזירה ומומנטים

דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

$$R_c = -\frac{q_0 L}{16}$$

שלב 2 – כוחות ומומנטים פנימיים

כאשר R_c ידוע נתן לחשב כוחות גזירה ומומנטים

דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

שלב 2 – כוחות ומומנטים פנימיים

כאשר R_C ידוע נתן לחשב כוחות גזירה ומומנטים כוחות גזירה

$$R_C = -\frac{q_0 L}{16}$$

$$V(x) = V_1(x) + V_2(x) =$$

בעיה 1 בעיה 2

דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

שלב 2 – כוחות ומומנטים פנימיים

כאשר R_C ידוע נתן לחשב כוחות גזירה ומומנטים

כוחות גזירה

$$R_C = -\frac{q_0 L}{16}$$
$$V(x) = \underset{\text{בעיה 1}}{V_1(x)} + \underset{\text{בעיה 2}}{V_2(x)} = \begin{cases} \frac{q_0 L}{2} \left(1 - 2\frac{x}{L}\right) + R_C, & (0 < x < L) \\ -R_C & (L < x < 2L) \end{cases}$$

דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

שלב 2 – כוחות ומומנטים פנימיים

$$R_c = -\frac{q_0 L}{16}$$

כאשר R_c ידוע נתן לחשב כוחות גזירה ומומנטים כוחות גזירה

$$V(x) = \underset{\text{בעיה 1}}{V_1(x)} + \underset{\text{בעיה 2}}{V_2(x)} = \begin{cases} \frac{q_0 L}{2} \left(1 - 2\frac{x}{L}\right) + R_c, & (0 < x < L) \\ -R_c & (L < x < 2L) \end{cases}$$

$$V(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L}{2} \left(1 - 2\frac{x}{L}\right) - \frac{q_0 L}{16} & (0 < x < L) \\ \frac{q_0 L}{16} & (L < x < 2L) \end{cases}$$

דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

שלב 2 – כוחות ומומנטים פנימיים

$$R_C = -\frac{q_0 L}{16}$$

כאשר R_C ידוע נתן לחשב כוחות גזירה ומומנטים **כוחות גזירה**

$$V(x) = V_1(x) + V_2(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L}{2} \left(1 - 2\frac{x}{L}\right) + R_C, & (0 < x < L) \\ -R_C & (L < x < 2L) \end{cases}$$

1 בעיה 2 בעיה

$$V(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L}{2} \left(1 - 2\frac{x}{L}\right) - \frac{q_0 L}{16} & (0 < x < L) \\ \frac{q_0 L}{16} & (L < x < 2L) \end{cases}$$

$$V(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L}{16} \left(7 - 16\frac{x}{L}\right) & (0 < x < L) \quad \text{לינארי} \\ \frac{q_0 L}{16} & (L < x < 2L) \quad \text{קבוע} \end{cases}$$

דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

שלב 2 – כוחות ומומנטים פנימיים

$$R_C = -\frac{q_0 L}{16}$$

כאשר R_C ידוע נתן לחשב כוחות גזירה ומומנטים **כוחות גזירה**

$$V(x) = V_1(x) + V_2(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L}{2} \left(1 - 2\frac{x}{L}\right) + R_C, & (0 < x < L) \\ -R_C & (L < x < 2L) \end{cases}$$

1 בעיה 2 בעיה

$$V(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L}{2} \left(1 - 2\frac{x}{L}\right) - \frac{q_0 L}{16} & (0 < x < L) \\ \frac{q_0 L}{16} & (L < x < 2L) \end{cases}$$

$$V(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L}{16} \left(7 - 16\frac{x}{L}\right) & (0 < x < L) \quad \text{לינארי} \\ \frac{q_0 L}{16} & (L < x < 2L) \quad \text{קבוע} \end{cases}$$

$$V(0) = \frac{7q_0 L}{16}, \quad V(L) = -\frac{9q_0 L}{16}, \quad V(2L) = \frac{q_0 L}{16}$$

דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

שלב 2 – כוחות ומומנטים פנימיים

$$R_C = -\frac{q_0 L}{16}$$

כאשר R_C ידוע נתן לחשב כוחות גזירה ומומנטים **כוחות גזירה**

$$V(x) = V_1(x) + V_2(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L}{2} \left(1 - 2\frac{x}{L}\right) + R_C, & (0 < x < L) \\ -R_C & (L < x < 2L) \end{cases}$$

1 בעיה 2 בעיה

$$V(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L}{2} \left(1 - 2\frac{x}{L}\right) - \frac{q_0 L}{16} & (0 < x < L) \\ \frac{q_0 L}{16} & (L < x < 2L) \end{cases}$$

$$V(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L}{16} \left(7 - 16\frac{x}{L}\right) & (0 < x < L) \quad \text{לינארי} \\ \frac{q_0 L}{16} & (L < x < 2L) \quad \text{קבוע} \end{cases}$$

$$V(0) = \frac{7q_0 L}{16}, \quad V(L) = -\frac{9q_0 L}{16}, \quad V(2L) = \frac{q_0 L}{16}$$

$$|V_{MAX}| = |V(L)| = \frac{9q_0 L}{16} \quad \text{כוח גזירה מרבי}$$

דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

שלב 2 – כוחות ומומנטים פנימיים

$$R_C = -\frac{q_0 L}{16}$$

כאשר R_C ידוע נתן לחשב כוחות גזירה ומומנטים
מומנטים

$$V(x) = V_1(x) + V_2(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L}{2} \left(1 - 2\frac{x}{L}\right) + R_C, & (0 < x < L) \\ -R_C & (L < x < 2L) \end{cases}$$

1 בעיה 2 בעיה

$$V(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L}{2} \left(1 - 2\frac{x}{L}\right) - \frac{q_0 L}{16} & (0 < x < L) \\ \frac{q_0 L}{16} & (L < x < 2L) \end{cases}$$

$$V(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L}{16} \left(7 - 16\frac{x}{L}\right) & (0 < x < L) \quad \text{לינארי} \\ \frac{q_0 L}{16} & (L < x < 2L) \quad \text{קבוע} \end{cases}$$

$$V(0) = \frac{7q_0 L}{16}, \quad V(L) = -\frac{9q_0 L}{16}, \quad V(2L) = \frac{q_0 L}{16}$$

$$|V_{MAX}| = |V(L)| = \frac{9q_0 L}{16} \quad \text{כוח גזירה מרבי}$$

דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

שלב 2 – כוחות ומומנטים פנימיים

כאשר R_C ידוע נתן לחשב כוחות גזירה ומומנטים מומנטים

$$M(x) = M_1(x) + M_2(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L^2}{2} \left(\frac{x}{L} \right) \left(1 - \frac{x}{L} \right) + R_C x, & (0 < x < L) \\ R_C (2L - x) & (L < x < 2L) \end{cases}$$

1 בעיה 2 בעיה

$$R_C = -\frac{q_0 L}{16}$$

כוחות גזירה

$$V(x) = V_1(x) + V_2(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L}{2} \left(1 - 2 \frac{x}{L} \right) + R_C, & (0 < x < L) \\ -R_C & (L < x < 2L) \end{cases}$$

1 בעיה 2 בעיה

$$V(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L}{2} \left(1 - 2 \frac{x}{L} \right) - \frac{q_0 L}{16} & (0 < x < L) \\ \frac{q_0 L}{16} & (L < x < 2L) \end{cases}$$

$$V(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L}{16} \left(7 - 16 \frac{x}{L} \right) & (0 < x < L) \\ \frac{q_0 L}{16} & (L < x < 2L) \end{cases}$$

לינארי קבוע

$$V(0) = \frac{7q_0 L}{16}, \quad V(L) = -\frac{9q_0 L}{16}, \quad V(2L) = \frac{q_0 L}{16}$$

$$|V_{MAX}| = |V(L)| = \frac{9q_0 L}{16}$$

כוח גזירה מרבי

דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

שלב 2 – כוחות ומומנטים פנימיים

כאשר R_C ידוע נתן לחשב כוחות גזירה ומומנטים מומנטים

$$M(x) = M_1(x) + M_2(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L^2}{2} \left(\frac{x}{L} \right) \left(1 - \frac{x}{L} \right) + R_C x, & (0 < x < L) \\ R_C (2L - x) & (L < x < 2L) \end{cases}$$

1 בעיה 2 בעיה

$$M(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L^2}{2} \left(\frac{x}{L} \right) \left(1 - \frac{x}{L} \right) - \frac{q_0 L x}{16} & (0 < x < L) \\ -\frac{q_0 L}{16} (2L - x) & (L < x < 2L) \end{cases}$$

$$R_C = -\frac{q_0 L}{16}$$

כוחות גזירה

$$V(x) = V_1(x) + V_2(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L}{2} \left(1 - 2 \frac{x}{L} \right) + R_C, & (0 < x < L) \\ -R_C & (L < x < 2L) \end{cases}$$

1 בעיה 2 בעיה

$$V(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L}{2} \left(1 - 2 \frac{x}{L} \right) - \frac{q_0 L}{16} & (0 < x < L) \\ \frac{q_0 L}{16} & (L < x < 2L) \end{cases}$$

$$V(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L}{16} \left(7 - 16 \frac{x}{L} \right) & (0 < x < L) \quad \text{לינארי} \\ \frac{q_0 L}{16} & (L < x < 2L) \quad \text{קבוע} \end{cases}$$

$$V(0) = \frac{7q_0 L}{16}, \quad V(L) = -\frac{9q_0 L}{16}, \quad V(2L) = \frac{q_0 L}{16}$$

$$|V_{MAX}| = |V(L)| = \frac{9q_0 L}{16} \quad \text{כוח גזירה מרבי}$$

דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

שלב 2 – כוחות ומומנטים פנימיים

כאשר R_C ידוע נתן לחשב כוחות גזירה ומומנטים מומנטים

$$M(x) = M_1(x) + M_2(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L^2}{2} \left(\frac{x}{L} \right) \left(1 - \frac{x}{L} \right) + R_C x, & (0 < x < L) \\ R_C (2L - x) & (L < x < 2L) \end{cases}$$

1 בעיה 2 בעיה

$$M(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L^2}{2} \left(\frac{x}{L} \right) \left(1 - \frac{x}{L} \right) - \frac{q_0 L x}{16} & (0 < x < L) \\ -\frac{q_0 L}{16} (2L - x) & (L < x < 2L) \end{cases}$$

$$M(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L^2}{16} \left(\frac{x}{L} \right) \left(7 - 8 \frac{x}{L} \right) & (0 < x < L) \\ -\frac{q_0 L^2}{16} \left(2 - \frac{x}{L} \right) & (L < x < 2L) \end{cases}$$

$$R_C = -\frac{q_0 L}{16}$$

כוחות גזירה

$$V(x) = V_1(x) + V_2(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L}{2} \left(1 - 2 \frac{x}{L} \right) + R_C, & (0 < x < L) \\ -R_C & (L < x < 2L) \end{cases}$$

1 בעיה 2 בעיה

$$V(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L}{2} \left(1 - 2 \frac{x}{L} \right) - \frac{q_0 L}{16} & (0 < x < L) \\ \frac{q_0 L}{16} & (L < x < 2L) \end{cases}$$

$$V(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L}{16} \left(7 - 16 \frac{x}{L} \right) & (0 < x < L) \\ \frac{q_0 L}{16} & (L < x < 2L) \end{cases}$$

לינארי קבוע

$$V(0) = \frac{7q_0 L}{16}, \quad V(L) = -\frac{9q_0 L}{16}, \quad V(2L) = \frac{q_0 L}{16}$$

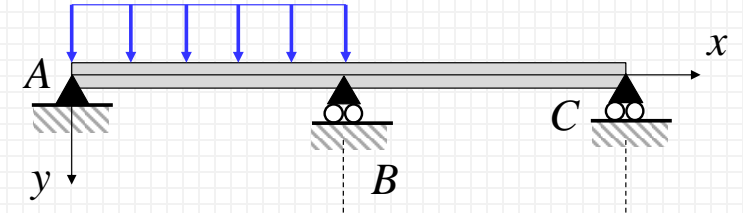
$$|V_{MAX}| = |V(L)| = \frac{9q_0 L}{16} \quad \text{כוח גזירה מרבי}$$

כוחות גזירה ומומטים מרביים

דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

$$V(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L}{16} \left(7 - 16 \frac{x}{L} \right) & (0 < x < L) \quad \text{לינארי} \\ \frac{q_0 L}{16} & (L < x < 2L) \quad \text{קבוע} \end{cases}$$

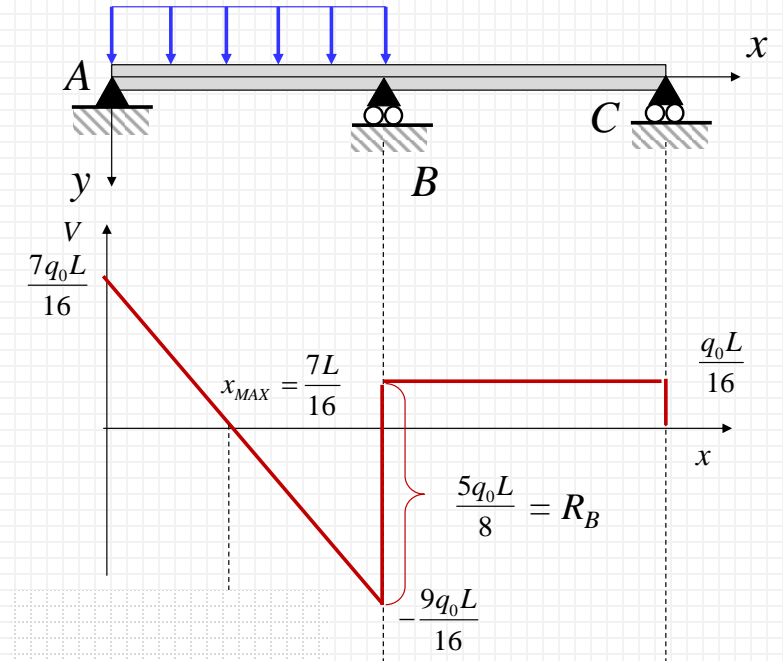
כוחות גזירה ומומטים q_0 מרביים



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

$$V(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L}{16} \left(7 - 16 \frac{x}{L} \right) & (0 < x < L) \quad \text{לינארי} \\ \frac{q_0 L}{16} & (L < x < 2L) \quad \text{קבוע} \end{cases}$$

כוחות גזירה ומומטים מרביים

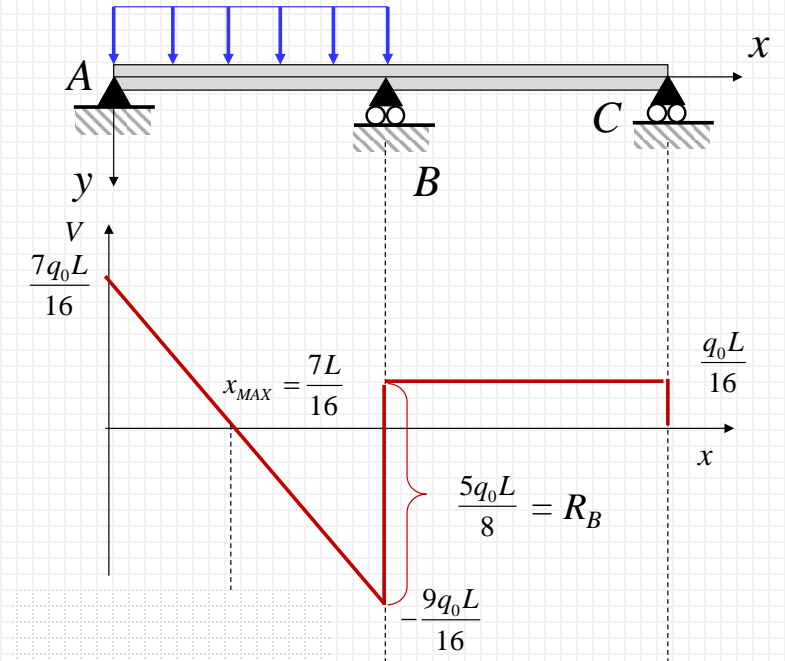


דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

$$V(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L}{16} \left(7 - 16 \frac{x}{L} \right) & (0 < x < L) \quad \text{לינארי} \\ \frac{q_0 L}{16} & (L < x < 2L) \quad \text{קבוע} \end{cases}$$

$$|V_{MAX}| = |V(L)| = \frac{9q_0 L}{16} \quad \text{כוח גזירה מרבי}$$

כוחות גזירה ומומטים מרביים

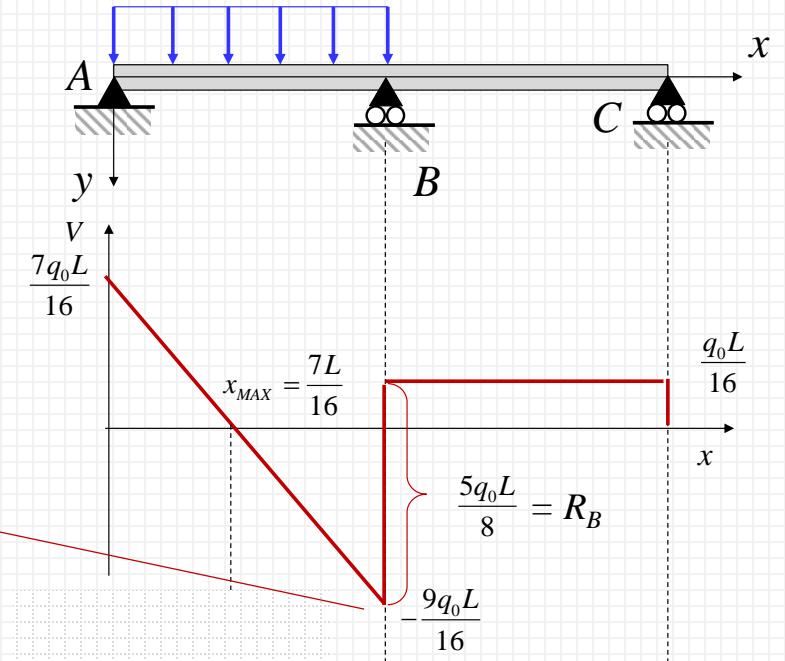


דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

$$V(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L}{16} \left(7 - 16 \frac{x}{L} \right) & (0 < x < L) \quad \text{לינארי} \\ \frac{q_0 L}{16} & (L < x < 2L) \quad \text{קבוע} \end{cases}$$

$$|V_{MAX}| = |V(L)| = \frac{9q_0 L}{16} \quad \text{כוח גזירה מרבי}$$

כוחות גזירה ומומטים מרביים



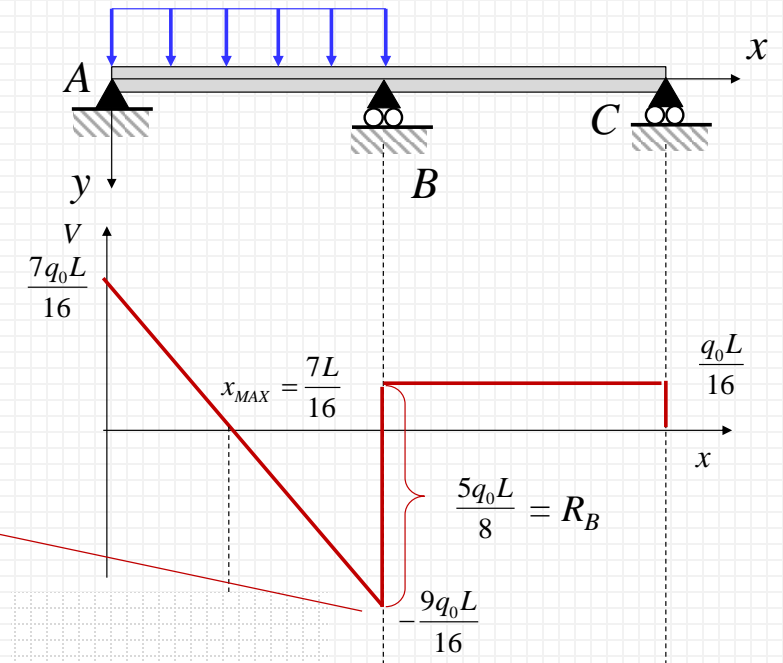
דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

$$V(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L}{16} \left(7 - 16 \frac{x}{L} \right) & (0 < x < L) \quad \text{לינארי} \\ \frac{q_0 L}{16} & (L < x < 2L) \quad \text{קבוע} \end{cases}$$

$$|V_{MAX}| = |V(L)| = \frac{9q_0 L}{16} \quad \text{כוח גזירה מרבי}$$

קואורדינטה של המומנט המקסימאלי בקטע AB

כוחות גזירה ומומטים מרביים



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

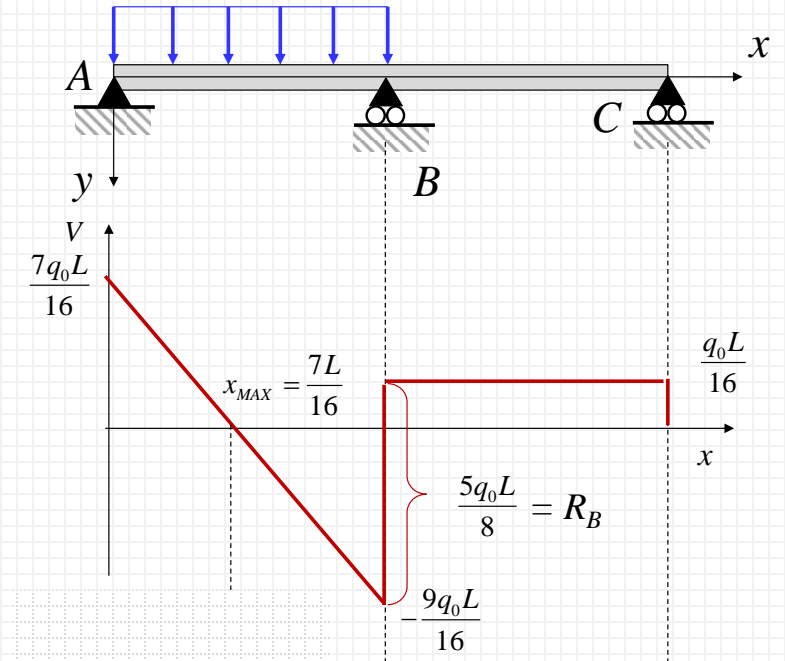
$$V(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L}{16} \left(7 - 16 \frac{x}{L} \right) & (0 < x < L) \quad \text{לינארי} \\ \frac{q_0 L}{16} & (L < x < 2L) \quad \text{קבוע} \end{cases}$$

$$|V_{MAX}| = |V(L)| = \frac{9q_0 L}{16} \quad \text{כוח גזירה מרבי}$$

קואורדינטה של המומנט המקסימאלי בקטע AB

$$\frac{dM}{dx} = V(x) = V_1(x) = 0,$$

כוחות גזירה ומומטים מרביים



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

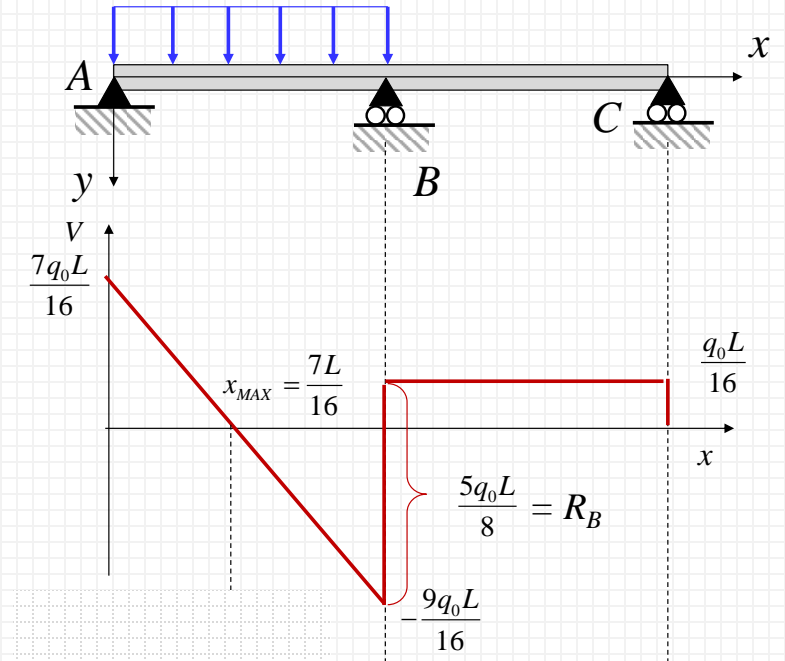
$$V(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L}{16} \left(7 - 16 \frac{x}{L} \right) & (0 < x < L) \quad \text{לינארי} \\ \frac{q_0 L}{16} & (L < x < 2L) \quad \text{קבוע} \end{cases}$$

$$|V_{MAX}| = |V(L)| = \frac{9q_0 L}{16} \quad \text{כוח גזירה מרבי}$$

קואורדינטה של המומנט המקסימאלי בקטע AB

$$\frac{dM}{dx} = V(x) = V_1(x) = 0, \quad \frac{q_0 L}{16} \left(7 - 16 \frac{x}{L} \right) = 0 \rightarrow x_{M_{MAX}} = \frac{7}{16} L$$

כוחות גזירה ומומטים מרביים



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

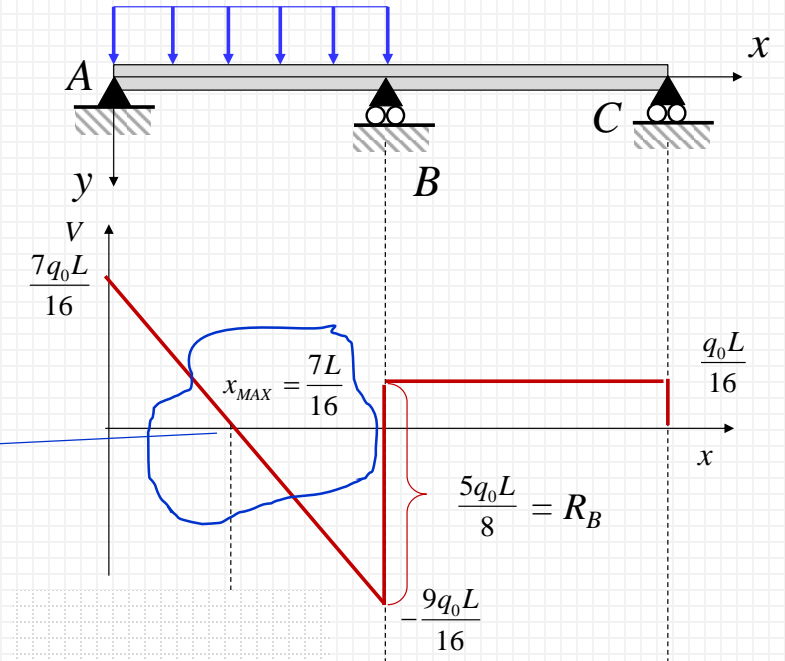
$$V(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L}{16} \left(7 - 16 \frac{x}{L} \right) & (0 < x < L) \quad \text{לינארי} \\ \frac{q_0 L}{16} & (L < x < 2L) \quad \text{קבוע} \end{cases}$$

$$|V_{MAX}| = |V(L)| = \frac{9q_0 L}{16} \quad \text{כוח גזירה מרבי}$$

קואורדינטה של המומנט המקסימאלי בקטע AB

$$\frac{dM}{dx} = V(x) = V_1(x) = 0, \quad \frac{q_0 L}{16} \left(7 - 16 \frac{x}{L} \right) = 0 \rightarrow x_{M_{MAX}} = \frac{7}{16} L$$

כוחות גזירה ומומטים מרביים



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

$$V(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L}{16} \left(7 - 16 \frac{x}{L} \right) & (0 < x < L) \quad \text{לינארי} \\ \frac{q_0 L}{16} & (L < x < 2L) \quad \text{קבוע} \end{cases}$$

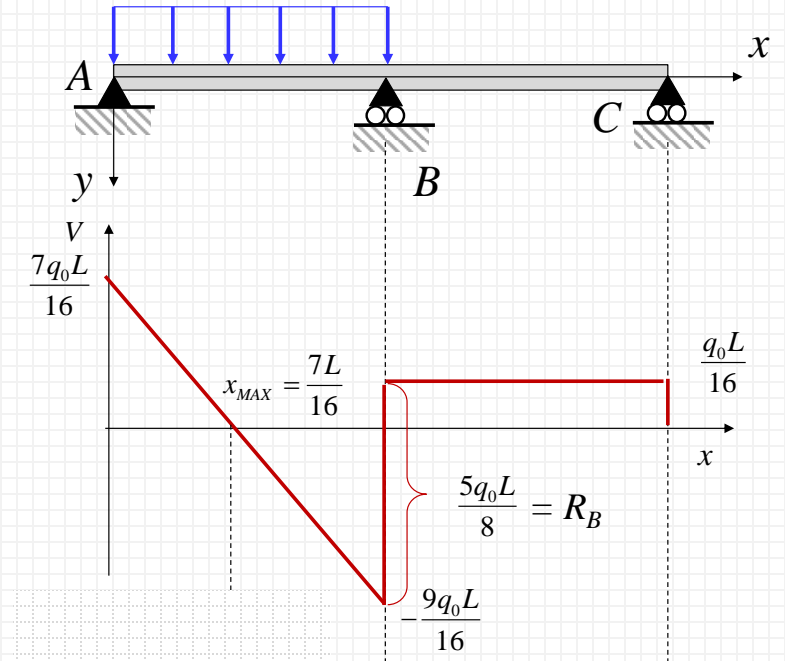
$$|V_{MAX}| = |V(L)| = \frac{9q_0 L}{16} \quad \text{כוח גזירה מרבי}$$

קואורדינטה של המומנט המקסימאלי בקטע AB

$$\frac{dM}{dx} = V(x) = V_1(x) = 0, \quad \frac{q_0 L}{16} \left(7 - 16 \frac{x}{L} \right) = 0 \rightarrow x_{M_{MAX}} = \frac{7}{16} L$$

$$M(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L^2}{16} \left(\frac{x}{L} \right) \left(7 - 8 \frac{x}{L} \right), & (0 < x < L) \\ -\frac{q_0 L^2}{16} \left(2 - \frac{x}{L} \right), & (L < x < 2L) \end{cases}$$

כוחות גזירה ומומטים מרביים



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

$$V(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L}{16} \left(7 - 16 \frac{x}{L} \right) & (0 < x < L) \quad \text{לינארי} \\ \frac{q_0 L}{16} & (L < x < 2L) \quad \text{קבוע} \end{cases}$$

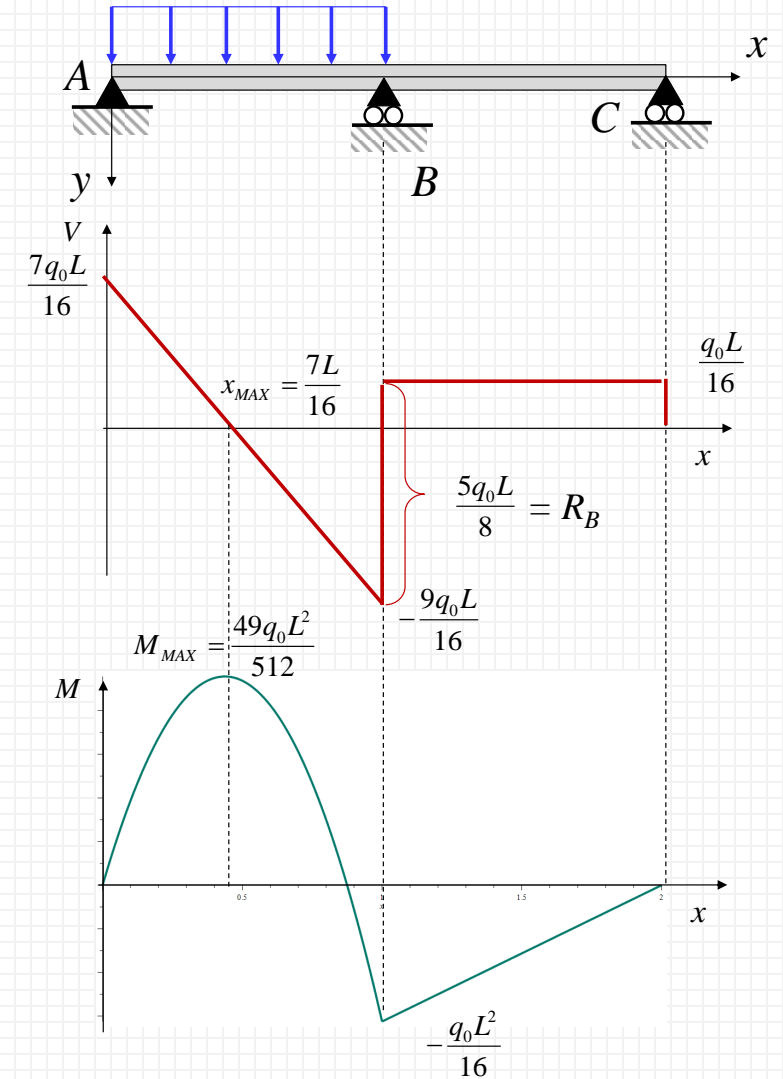
$$|V_{MAX}| = |V(L)| = \frac{9q_0 L}{16} \quad \text{כוח גזירה מרבי}$$

קואורדינטה של המומנט המקסימאלי בקטע AB

$$\frac{dM}{dx} = V(x) = V_1(x) = 0, \quad \frac{q_0 L}{16} \left(7 - 16 \frac{x}{L} \right) = 0 \rightarrow x_{M_{MAX}} = \frac{7}{16} L$$

$$M(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L^2}{16} \left(\frac{x}{L} \right) \left(7 - 8 \frac{x}{L} \right), & (0 < x < L) \\ -\frac{q_0 L^2}{16} \left(2 - \frac{x}{L} \right), & (L < x < 2L) \end{cases}$$

כוחות גזירה ומומטים מרביים



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

$$V(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L}{16} \left(7 - 16 \frac{x}{L} \right) & (0 < x < L) \quad \text{לינארי} \\ \frac{q_0 L}{16} & (L < x < 2L) \quad \text{קבוע} \end{cases}$$

$$|V_{MAX}| = |V(L)| = \frac{9q_0 L}{16} \quad \text{כוח גזירה מרבי}$$

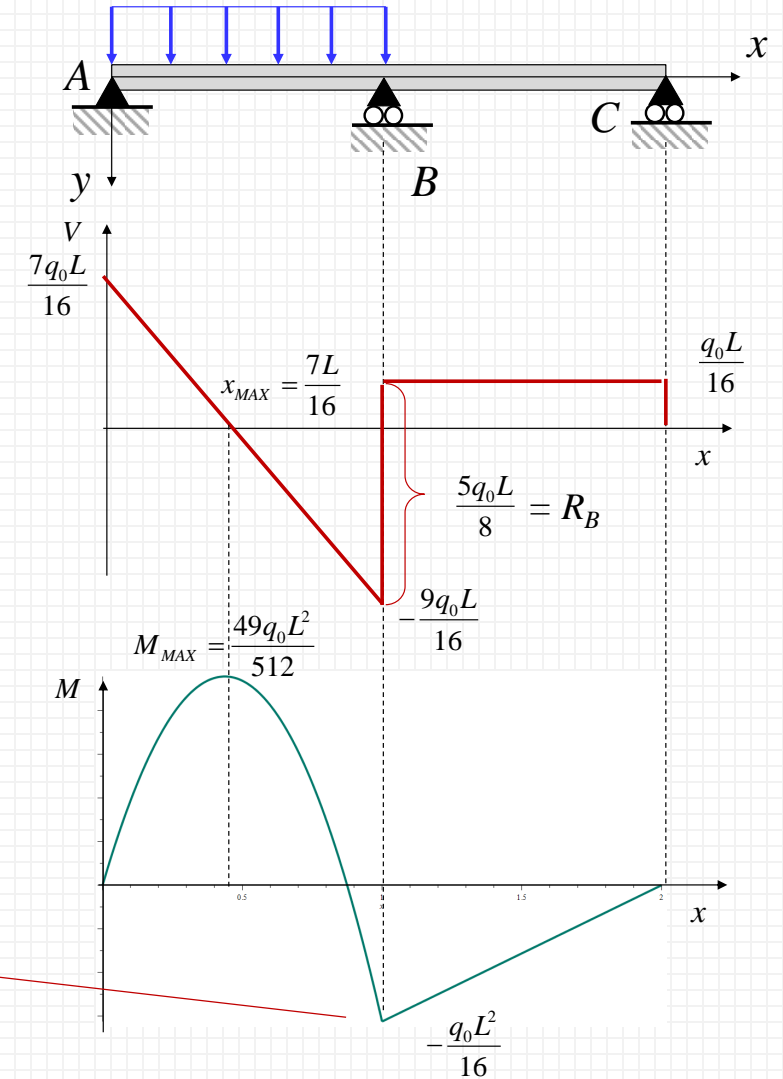
קואורדינטה של המומנט המקסימאלי בקטע AB

$$\frac{dM}{dx} = V(x) = V_1(x) = 0, \quad \frac{q_0 L}{16} \left(7 - 16 \frac{x}{L} \right) = 0 \rightarrow x_{M_{MAX}} = \frac{7}{16} L$$

$$M(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L^2}{16} \left(\frac{x}{L} \right) \left(7 - 8 \frac{x}{L} \right), & (0 < x < L) \\ -\frac{q_0 L^2}{16} \left(2 - \frac{x}{L} \right), & (L < x < 2L) \end{cases}$$

$$M_{MIN} = M(L) = -\frac{q_0 L^2}{16}$$

כוחות גזירה ומומטים מרביים



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

$$V(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L}{16} \left(7 - 16 \frac{x}{L} \right) & (0 < x < L) \quad \text{לינארי} \\ \frac{q_0 L}{16} & (L < x < 2L) \quad \text{קבוע} \end{cases}$$

$$|V_{MAX}| = |V(L)| = \frac{9q_0 L}{16} \quad \text{כוח גזירה מרבי}$$

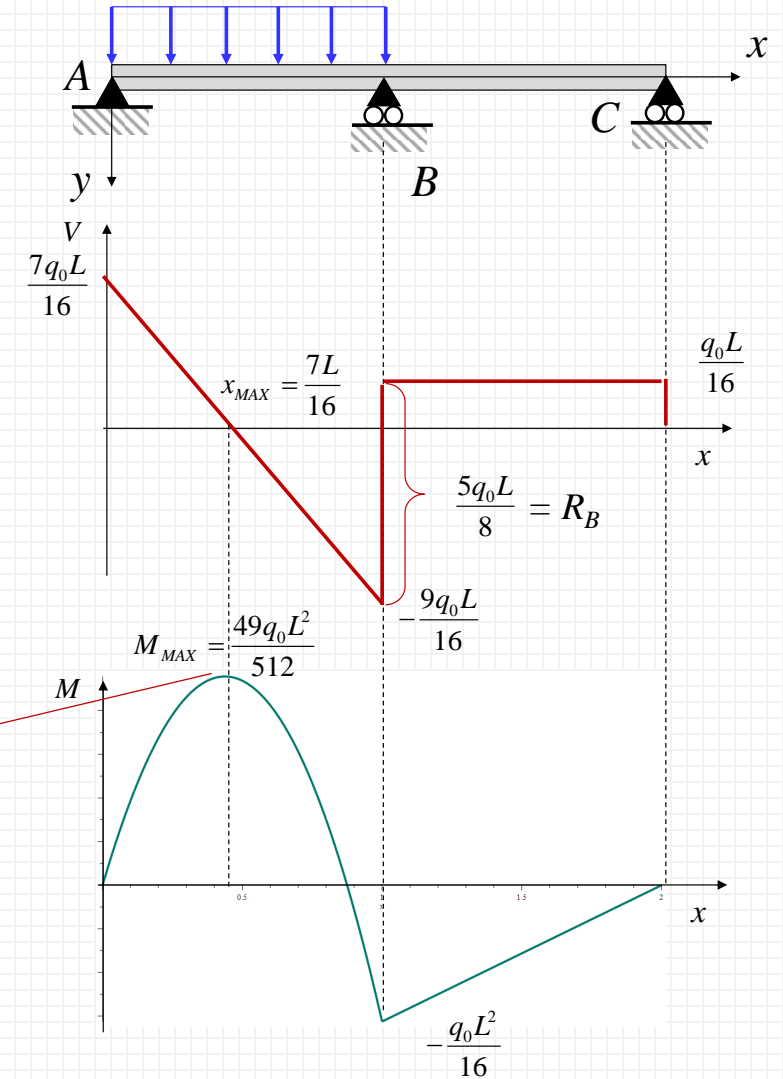
קואורדינטה של המומנט המקסימאלי בקטע AB

$$\frac{dM}{dx} = V(x) = V_1(x) = 0, \quad \frac{q_0 L}{16} \left(7 - 16 \frac{x}{L} \right) = 0 \rightarrow x_{M_{MAX}} = \frac{7}{16} L$$

$$M(x) = \begin{cases} \frac{q_0 L^2}{16} \left(\frac{x}{L} \right) \left(7 - 8 \frac{x}{L} \right), & (0 < x < L) \\ -\frac{q_0 L^2}{16} \left(2 - \frac{x}{L} \right), & (L < x < 2L) \end{cases}$$

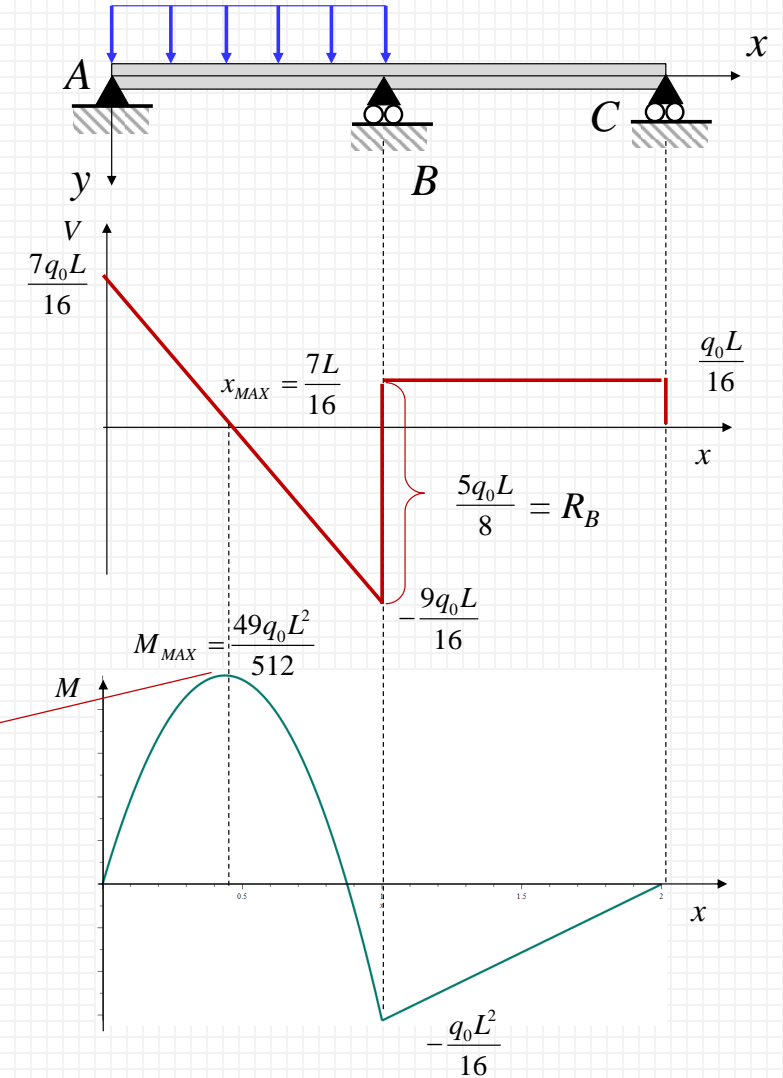
$$M_{MIN} = M(L) = -\frac{q_0 L^2}{16}, \quad M_{MAX} = M\left(\frac{7L}{16}\right) = \frac{49q_0 L^2}{512}$$

כוחות גזירה ומומטים מרביים



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

כוחות גזירה ומומטים מרביים



$$V(x) = \begin{cases} \frac{q_0L}{16} \left(7 - 16 \frac{x}{L} \right) & (0 < x < L) \quad \text{לינארי} \\ \frac{q_0L}{16} & (L < x < 2L) \quad \text{קבוע} \end{cases}$$

$$|V_{MAX}| = |V(L)| = \frac{9q_0L}{16} \quad \text{כוח גזירה מרבי}$$

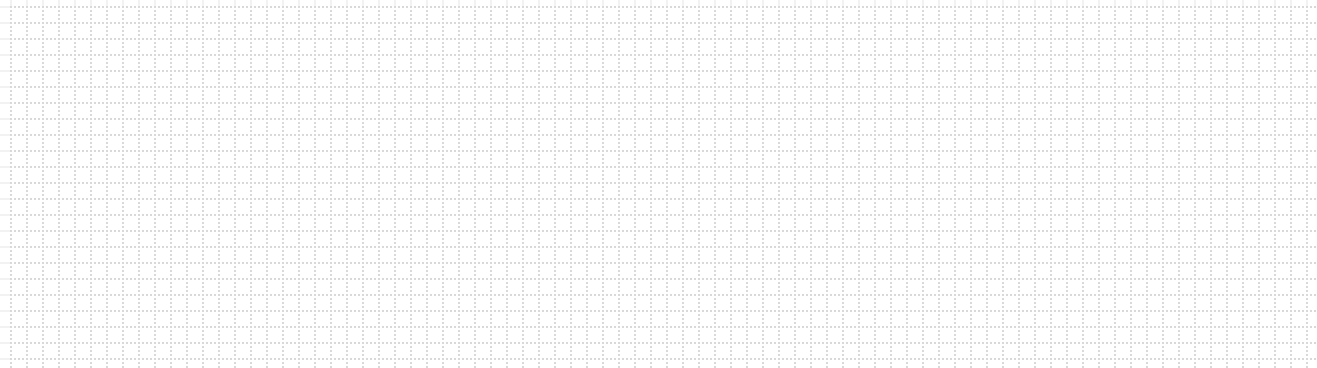
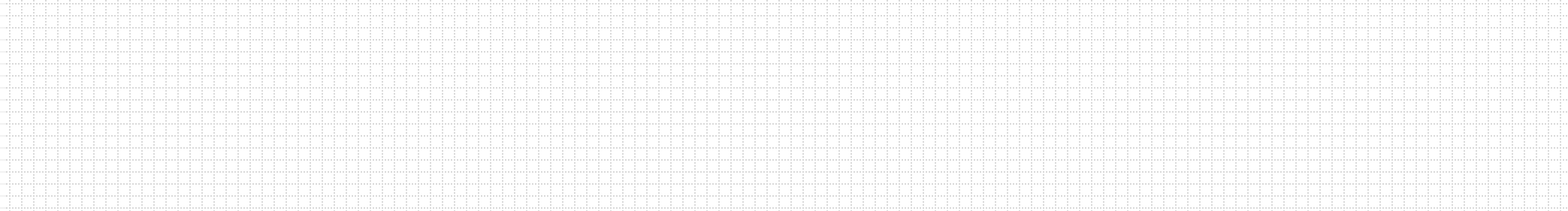
קואורדינטה של המומנט המקסימאלי בקטע AB

$$\frac{dM}{dx} = V(x) = V_1(x) = 0, \quad \frac{q_0L}{16} \left(7 - 16 \frac{x}{L} \right) = 0 \rightarrow x_{M_{MAX}} = \frac{7}{16}L$$

$$M(x) = \begin{cases} \frac{q_0L^2}{16} \left(\frac{x}{L} \right) \left(7 - 8 \frac{x}{L} \right), & (0 < x < L) \\ -\frac{q_0L^2}{16} \left(2 - \frac{x}{L} \right), & (L < x < 2L) \end{cases}$$

$$M_{MIN} = M(L) = -\frac{q_0L^2}{16}, \quad M_{MAX} = M\left(\frac{7L}{16}\right) = \frac{49q_0L^2}{512}$$

$$\frac{M_{MAX}}{|M_{MIN}|} = \frac{49}{32} = 1.53$$



שלב 3 – חישוב מאמצים

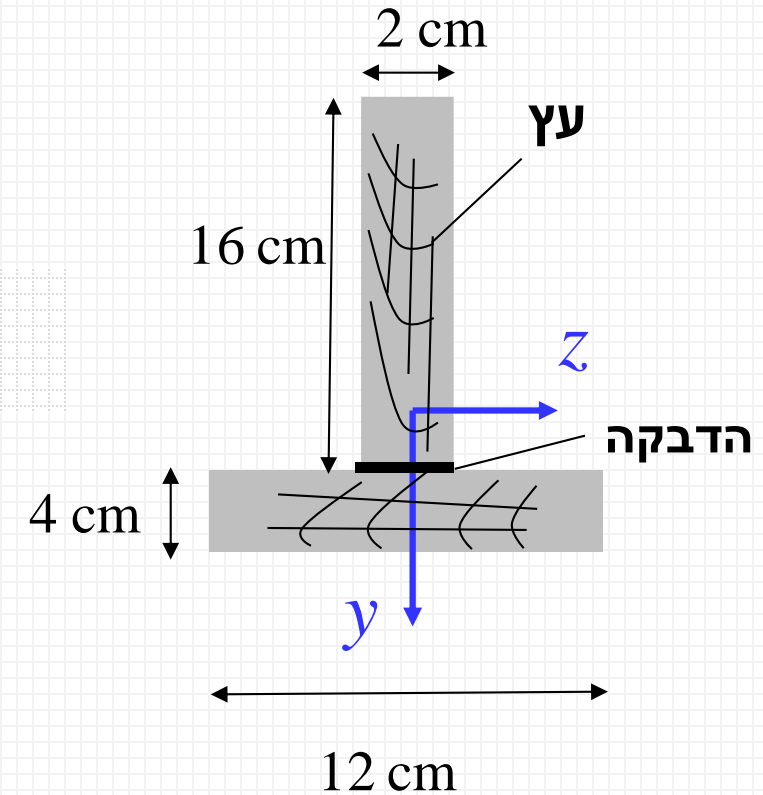
כאשר מומנטים וכוחות הגזירה מרבים ידועים נתן לחשב מאמצים מרביים

דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

שלב 3 – חישוב מאמצים

כאשר מומנטים וכוחות הגזירה מרבים ידועים נתן לחשב מאמצים מרביים

חתך



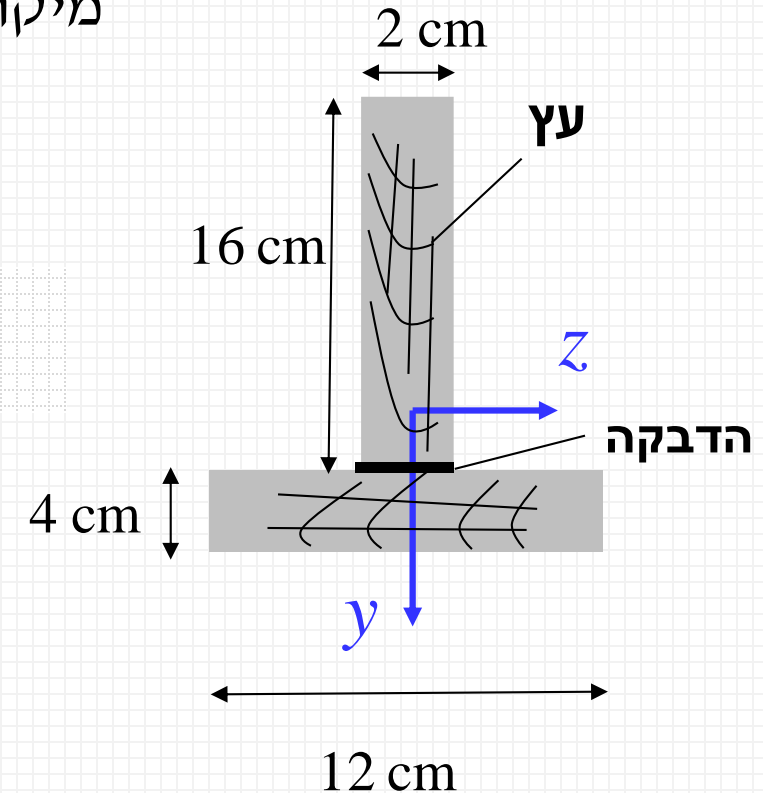
דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

שלב 3 – חישוב מאמצים

כאשר מומנטים וכוחות הגזירה מרבים ידועים נתן לחשב מאמצים מרביים

חתך

מיקום של הציר הניטרלי (מהתחתית של החתך)



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

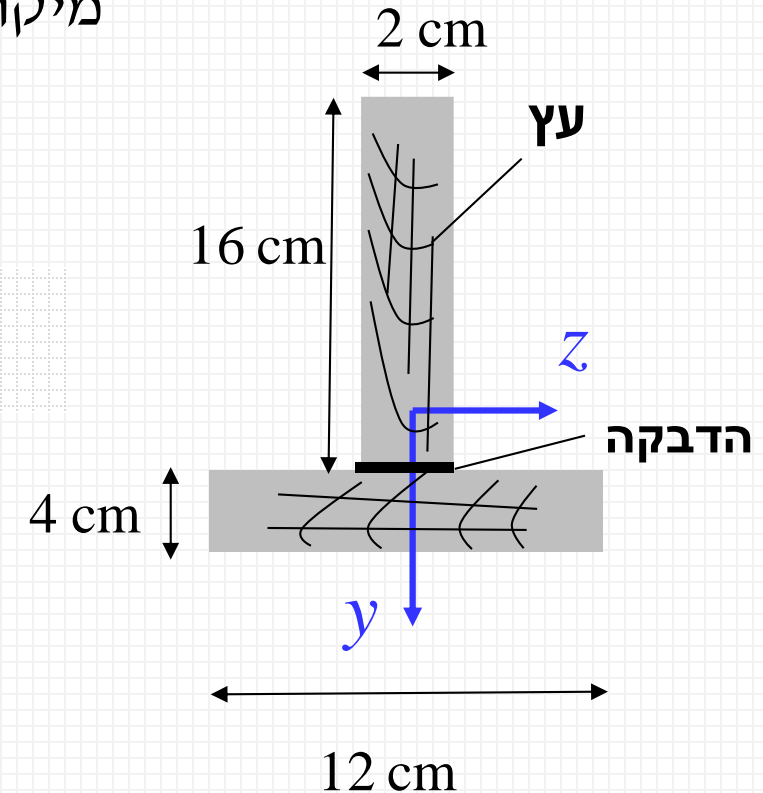
שלב 3 – חישוב מאמצים

כאשר מומנטים וכוחות הגזירה מרבים ידועים נתן לחשב מאמצים מרביים

חתך

$$\tilde{y}_{NA} = \frac{4 \times 12 \times 2 + 16 \times 2 \times 12}{4 \times 12 + 6 \times 2}$$

מיקום של הציר הניטרלי (מהתחתית של החתך)



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

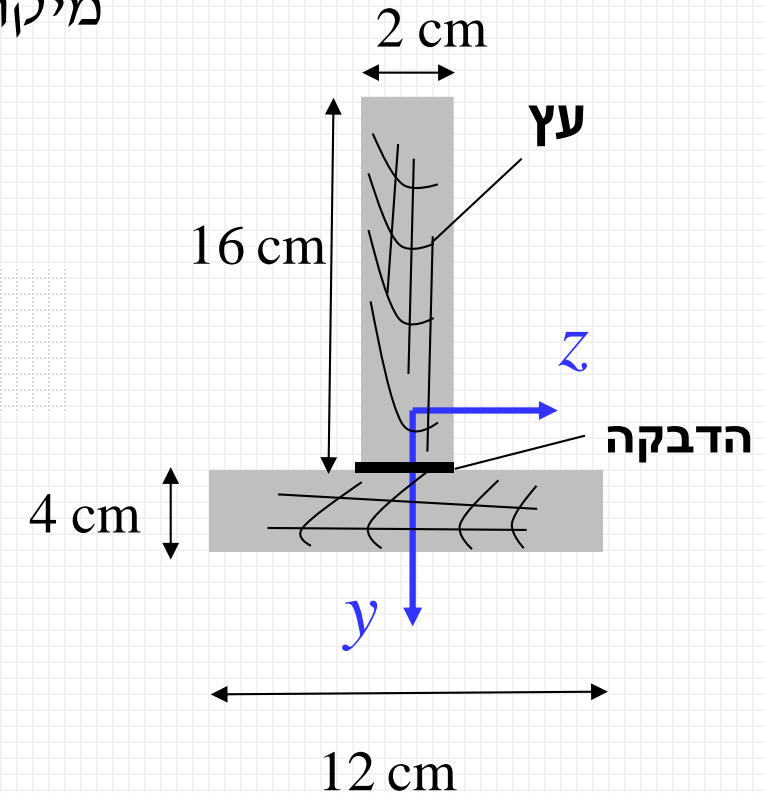
שלב 3 – חישוב מאמצים

כאשר מומנטים וכוחות הגזירה מרבים ידועים נתן לחשב מאמצים מרביים

חתך

$$\tilde{y}_{NA} = \frac{4 \times 12 \times 2 + 16 \times 2 \times 12}{4 \times 12 + 6 \times 2}$$

מיקום של הציר הניטרלי (מהתחתית של החתך)



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

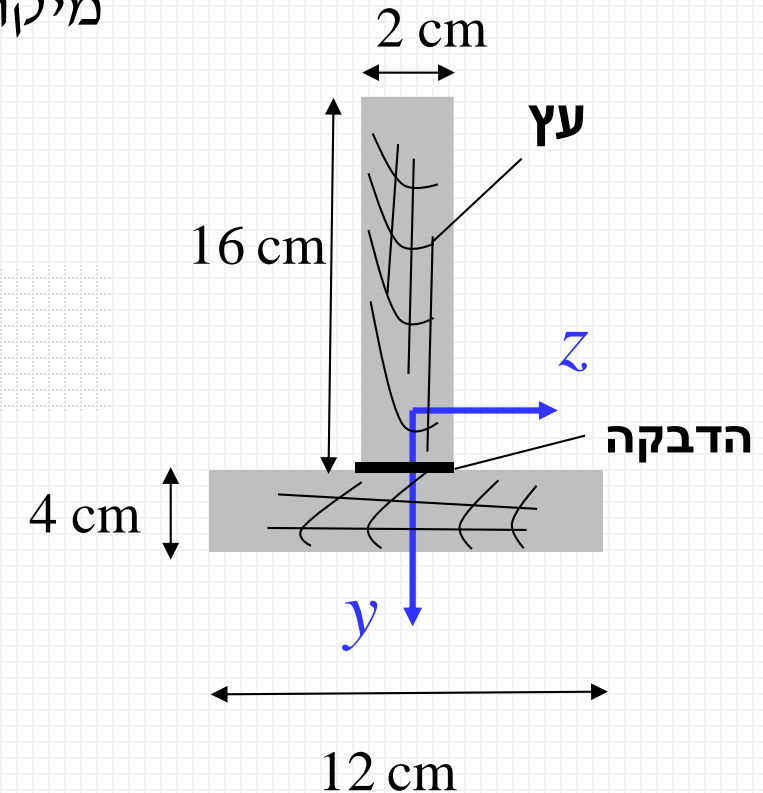
שלב 3 – חישוב מאמצים

כאשר מומנטים וכוחות הגזירה מרבים ידועים נתן לחשב מאמצים מרביים

חתך

$$\tilde{y}_{NA} = \frac{4 \times 12 \times 2 + 16 \times 2 \times 12}{4 \times 12 + 6 \times 2} = 6 \text{ cm}$$

מיקום של הציר הניטרלי (מהתחתית של החתך)



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

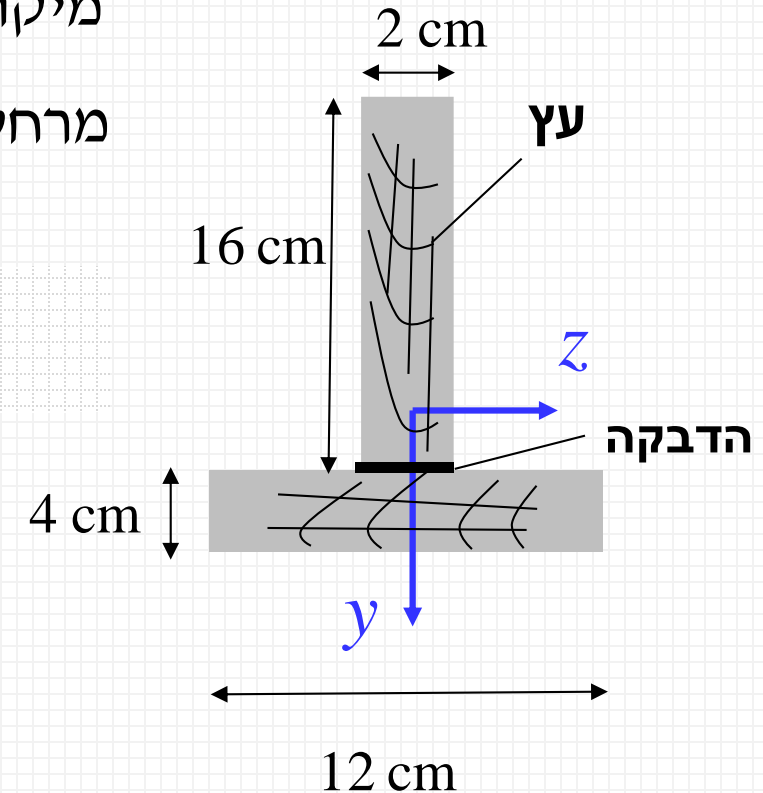
שלב 3 – חישוב מאמצים

כאשר מומנטים וכוחות הגזירה מרבים ידועים נתן לחשב מאמצים מרביים

חתך

$$\tilde{y}_{NA} = \frac{4 \times 12 \times 2 + 16 \times 2 \times 12}{4 \times 12 + 6 \times 2} = 6 \text{ cm}$$

מיקום של הציר הניטרלי (מהתחתית של החתך)
מרחק מקסימאלי/מינימאלי מהציר הניטרלי



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

שלב 3 – חישוב מאמצים

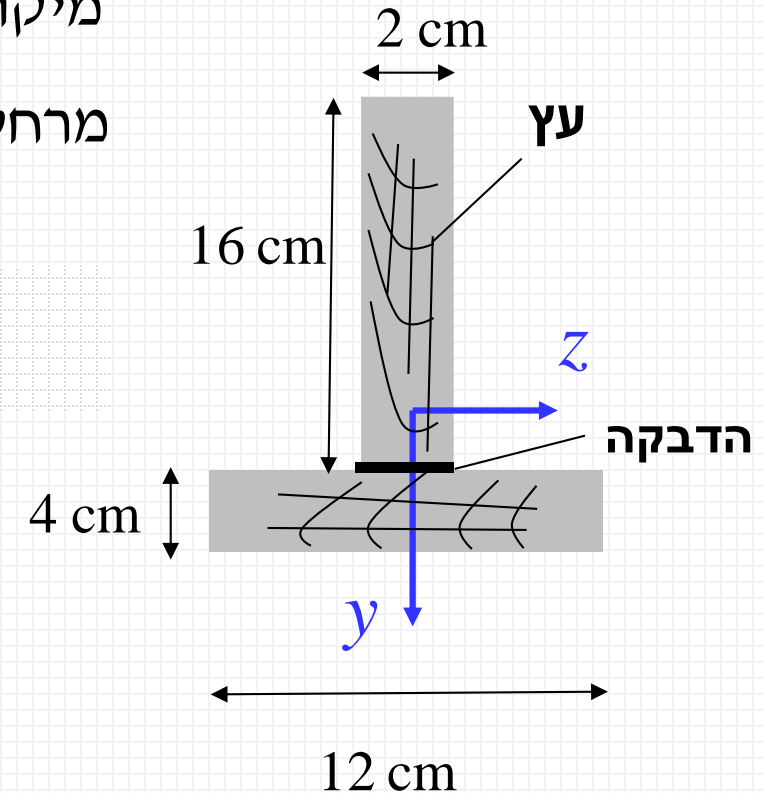
כאשר מומנטים וכוחות הגזירה מרבים ידועים נתן לחשב מאמצים מרביים

$$\tilde{y}_{NA} = \frac{4 \times 12 \times 2 + 16 \times 2 \times 12}{4 \times 12 + 6 \times 2} = 6 \text{ cm}$$

מיקום של הציר הניטרלי (מהתחתית של החתך)

$$y_{TOP} = -14 \text{ cm}, \quad y_{BOT} = 6 \text{ cm}$$

מרחק מקסימאלי/מינימאלי מהציר הניטרלי



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

שלב 3 – חישוב מאמצים

כאשר מומנטים וכוחות הגזירה מרבים ידועים נתן לחשב מאמצים מרביים

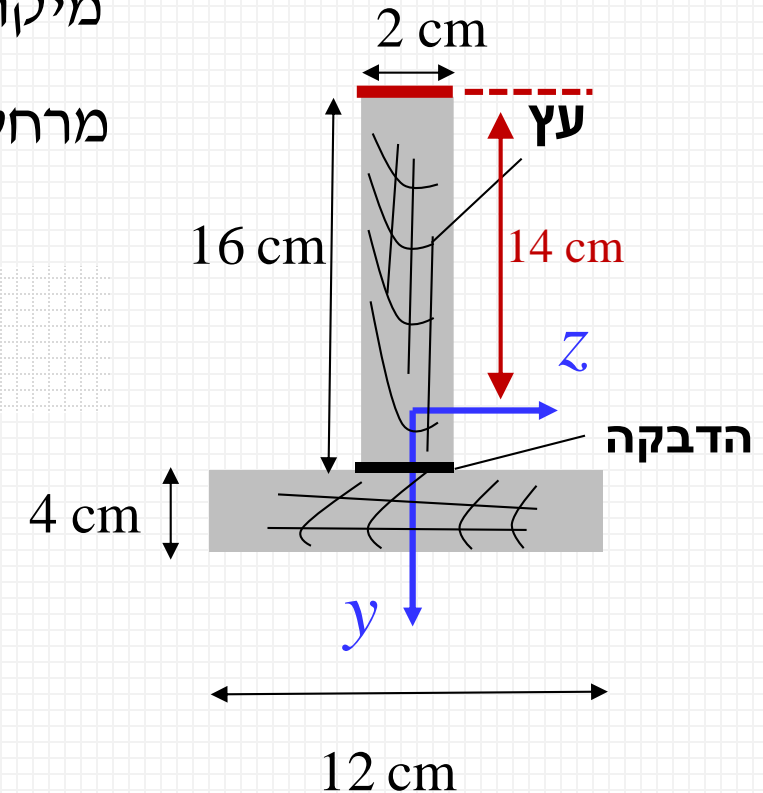
חתך

$$\tilde{y}_{NA} = \frac{4 \times 12 \times 2 + 16 \times 2 \times 12}{4 \times 12 + 6 \times 2} = 6 \text{ cm}$$

מיקום של הציר הניטרלי (מהתחתית של החתך)

$$y_{TOP} = -14 \text{ cm}, \quad y_{BOT} = 6 \text{ cm}$$

מרחק מקסימאלי/מינימאלי מהציר הניטרלי



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

שלב 3 – חישוב מאמצים

כאשר מומנטים וכוחות הגזירה מרבים ידועים נתן לחשב מאמצים מרביים

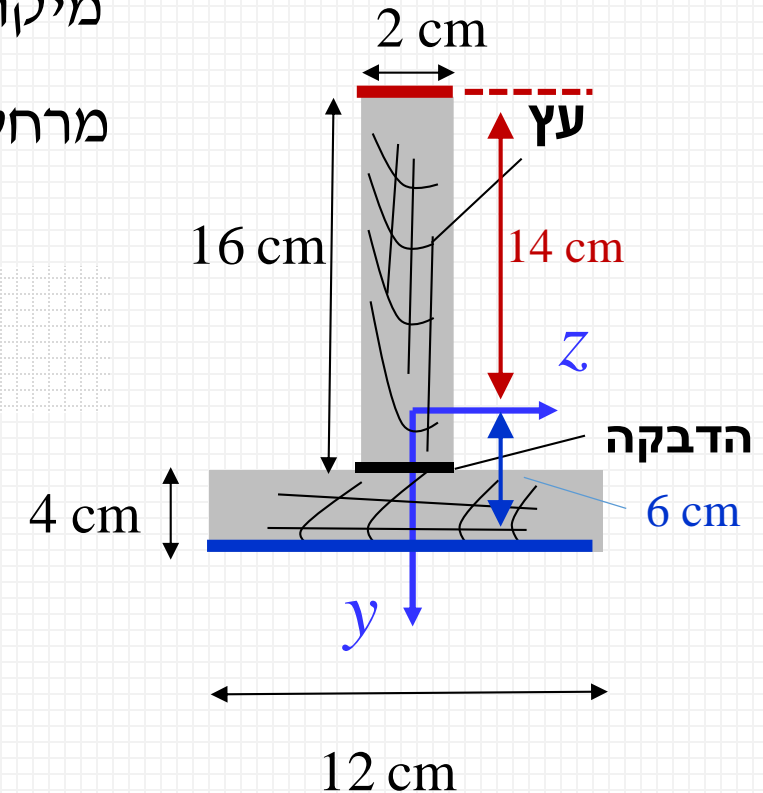
חתך

$$\tilde{y}_{NA} = \frac{4 \times 12 \times 2 + 16 \times 2 \times 12}{4 \times 12 + 6 \times 2} = 6 \text{ cm}$$

מיקום של הציר הניטרלי (מהתחתית של החתך)

$$y_{TOP} = -14 \text{ cm}, \quad y_{BOT} = 6 \text{ cm}$$

מרחק מקסימאלי/מינימאלי מהציר הניטרלי



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

שלב 3 – חישוב מאמצים

כאשר מומנטים וכוחות הגזירה מרבים ידועים נתן לחשב מאמצים מרביים

חתך

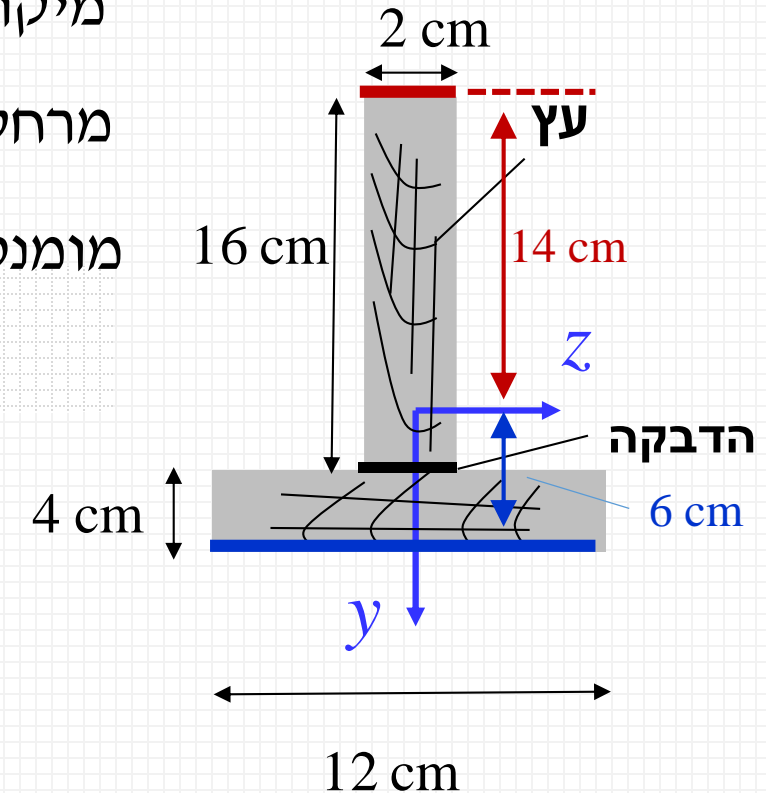
$$\tilde{y}_{NA} = \frac{4 \times 12 \times 2 + 16 \times 2 \times 12}{4 \times 12 + 6 \times 2} = 6 \text{ cm}$$

מיקום של הציר הניטרלי (מהתחתית של החתך)

$y_{TOP} = -14 \text{ cm}$, $y_{BOT} = 6 \text{ cm}$ מרחק מקסימאלי מינימאלי מהציר הניטרלי

מומנט שני של השטח

$$I_{zz} = 12 \times 1/12 \times 4^3 + 12 \times 4 \times 4^2 + 2 \times 1/12 \times 16^3 + 2 \times 16 \times 14^2 = \frac{23360}{3} \text{ cm}^4 = 7787 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

שלב 3 – חישוב מאמצים

כאשר מומנטים וכוחות הגזירה מרבים ידועים נתן לחשב מאמצים מרביים

חתך

$$\tilde{y}_{NA} = \frac{4 \times 12 \times 2 + 16 \times 2 \times 12}{4 \times 12 + 6 \times 2} = 6 \text{ cm}$$

מיקום של הציר הניטרלי (מהתחתית של החתך)

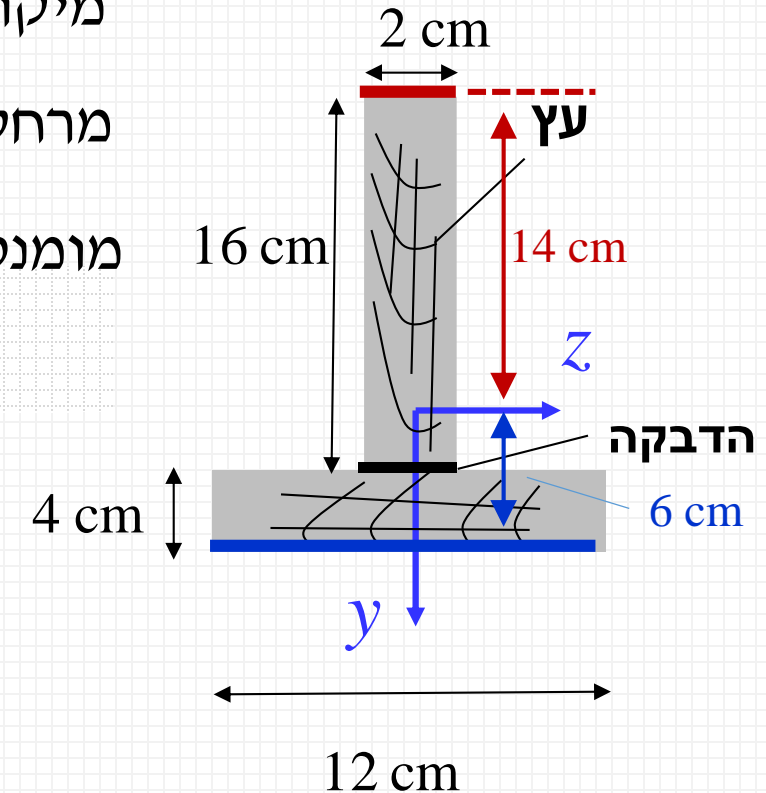
$$y_{TOP} = -14 \text{ cm}, \quad y_{BOT} = 6 \text{ cm}$$

מרחק מקסימאלי/מינימאלי מהציר הניטרלי

מומנט שני של השטח

$$I_{ZZ} = 12 \times \frac{1}{12} \times 4^3 + 12 \times 4 \times 4^2 + 2 \times \frac{1}{12} \times 16^3 + 2 \times 16 \times 14^2 = \frac{23360}{3} \text{ cm}^4 = 7787 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$I_{ZZ} = 7.787 \times 10^{-5} \text{ m}^4$$



שלב 3 – חישוב מאמצים

שלב 3 – חישוב מאמצים

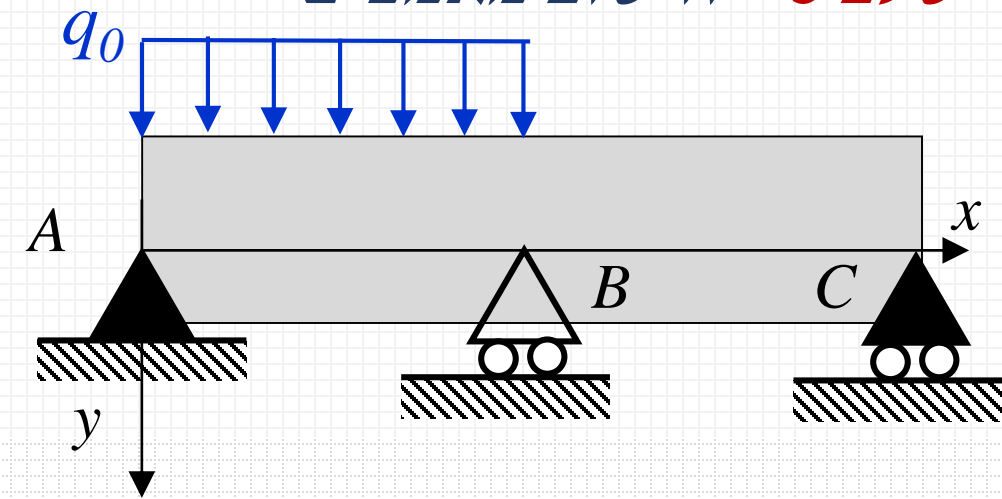
$$M_{MIN} = M(L) = -\frac{q_0 L^2}{16}, \quad M_{MAX} = M\left(\frac{7L}{16}\right) = \frac{49q_0 L^2}{512} \quad \text{קבלנו}$$

דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

שלב 3 – חישוב מאמצים

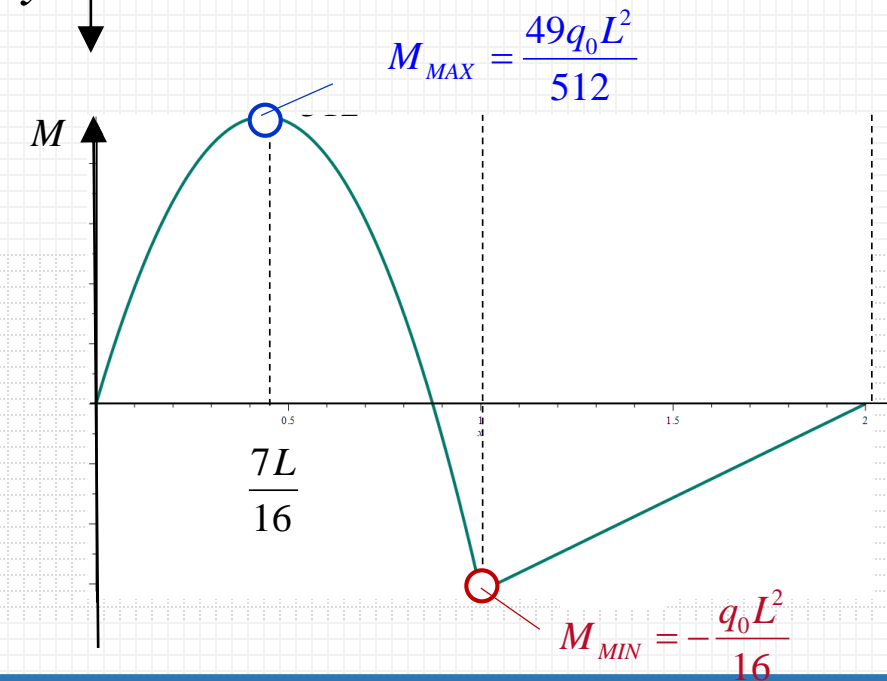
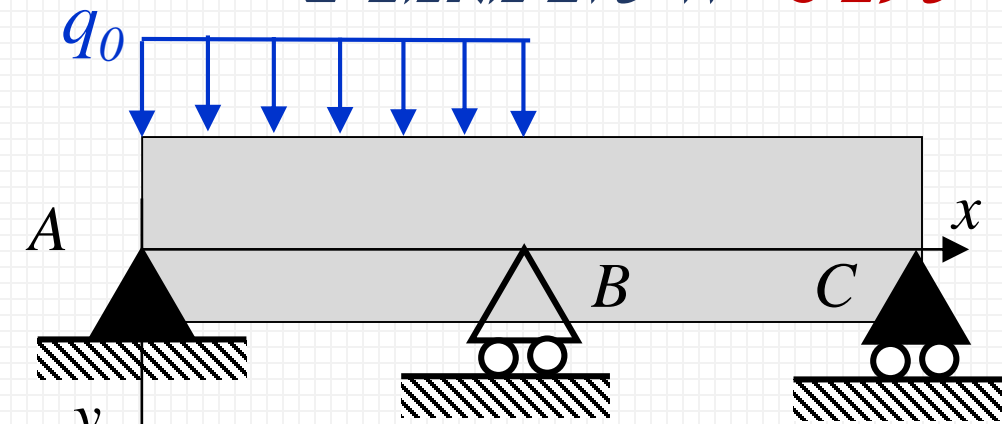
$$M_{MIN} = M(L) = -\frac{q_0 L^2}{16}, \quad M_{MAX} = M\left(\frac{7L}{16}\right) = \frac{49q_0 L^2}{512}$$

קבלנו



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

שלב 3 – חישוב מאמצים

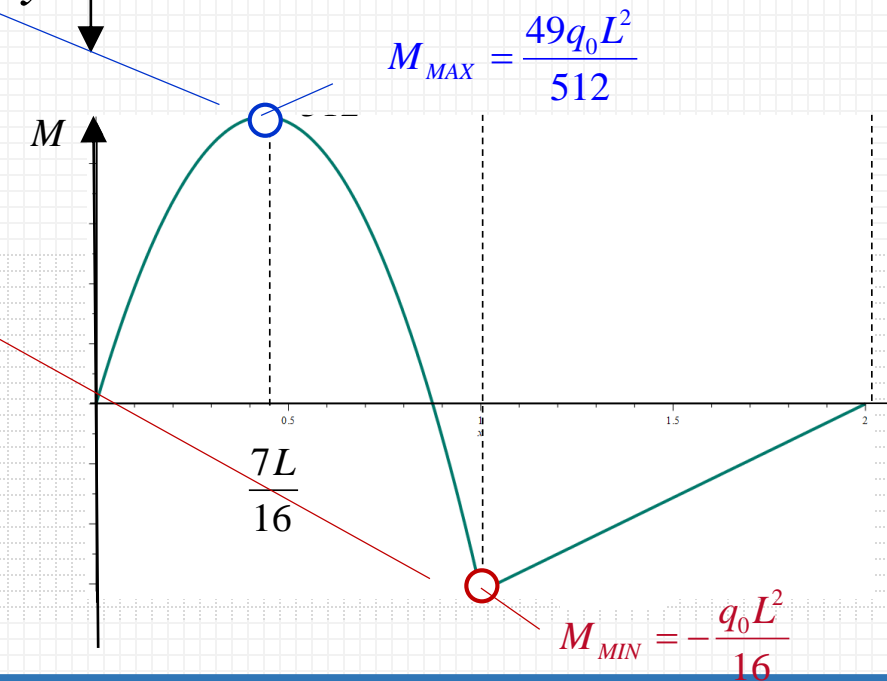
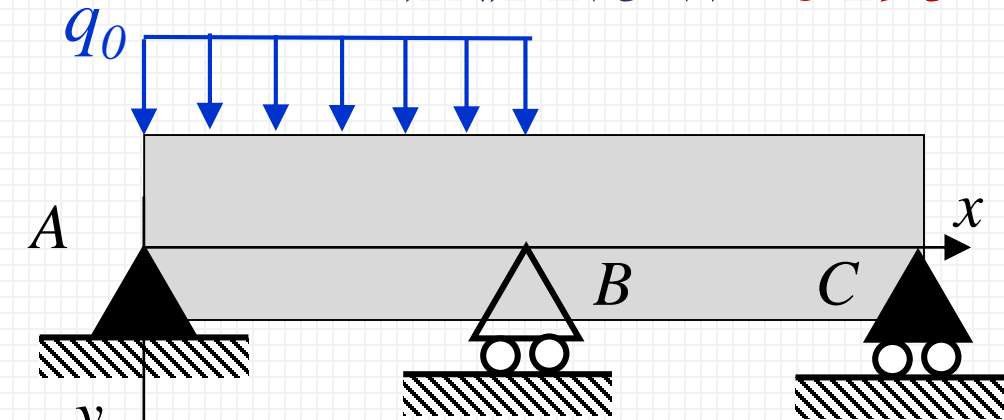


קבלנו

$$M_{MIN} = M(L) = -\frac{q_0 L^2}{16}, \quad M_{MAX} = M\left(\frac{7L}{16}\right) = \frac{49q_0 L^2}{512}$$

דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

שלב 3 – חישוב מאמצים



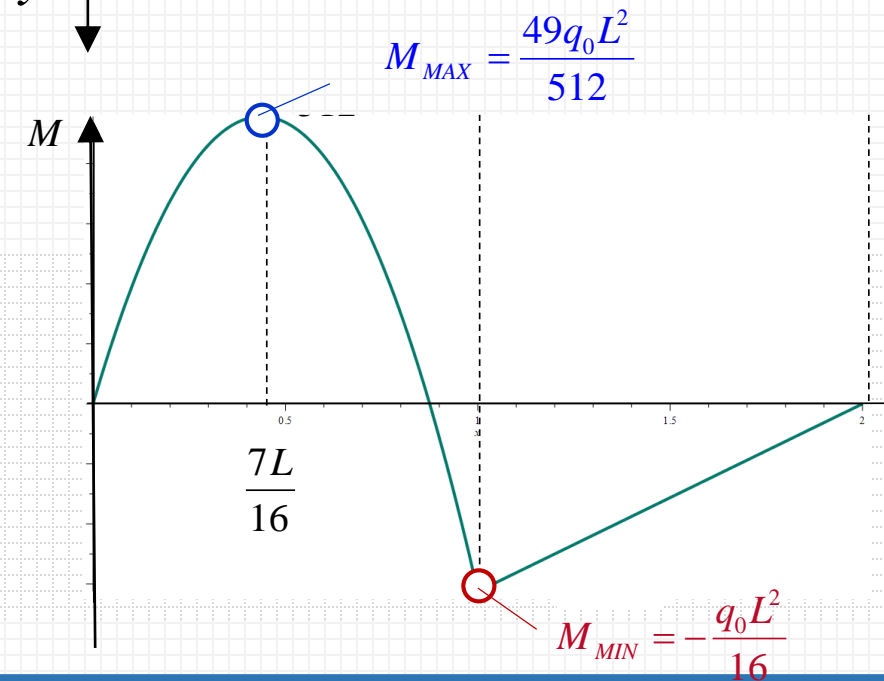
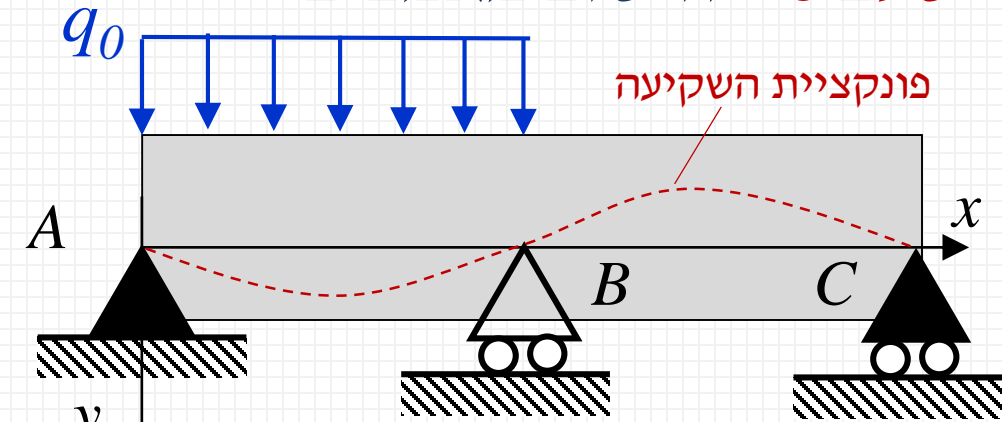
קבלנו

$$M_{MIN} = M(L) = -\frac{q_0 L^2}{16}, \quad M_{MAX} = M\left(\frac{7L}{16}\right) = \frac{49q_0 L^2}{512}$$

דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

שלב 3 – חישוב מאמצים

פונקציית השקיעה



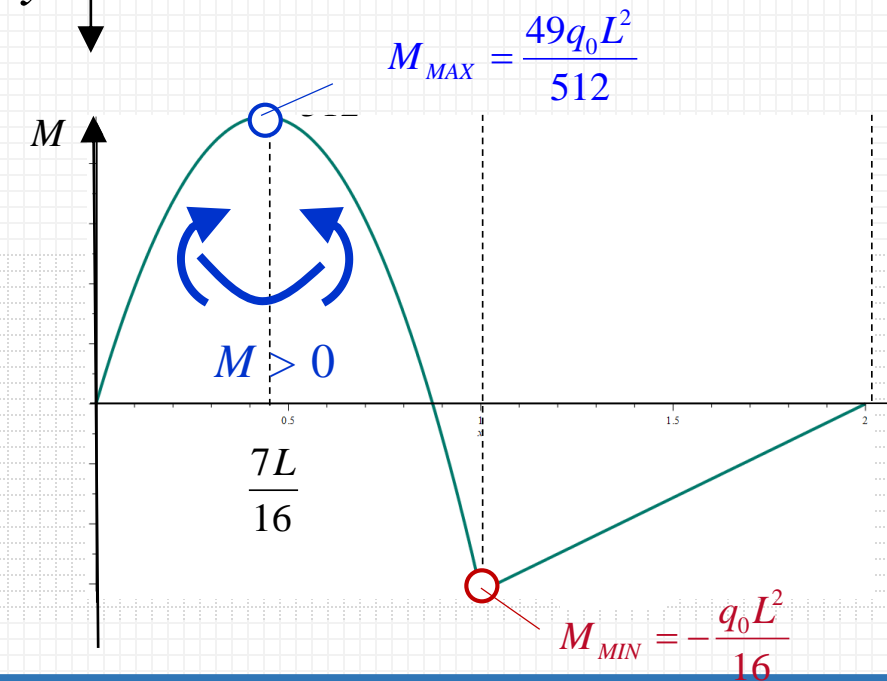
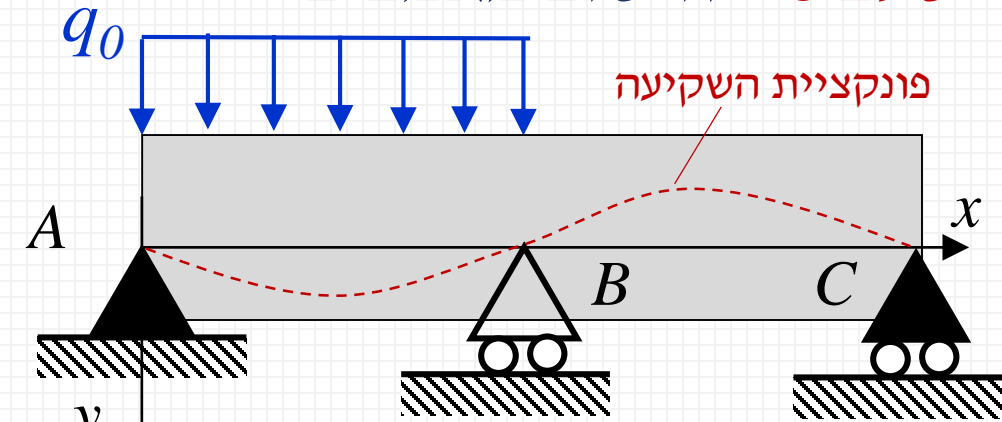
קבלנו

$$M_{MIN} = M(L) = -\frac{q_0L^2}{16}, \quad M_{MAX} = M\left(\frac{7L}{16}\right) = \frac{49q_0L^2}{512}$$

דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

שלב 3 – חישוב מאמצים

פונקציית השקיעה

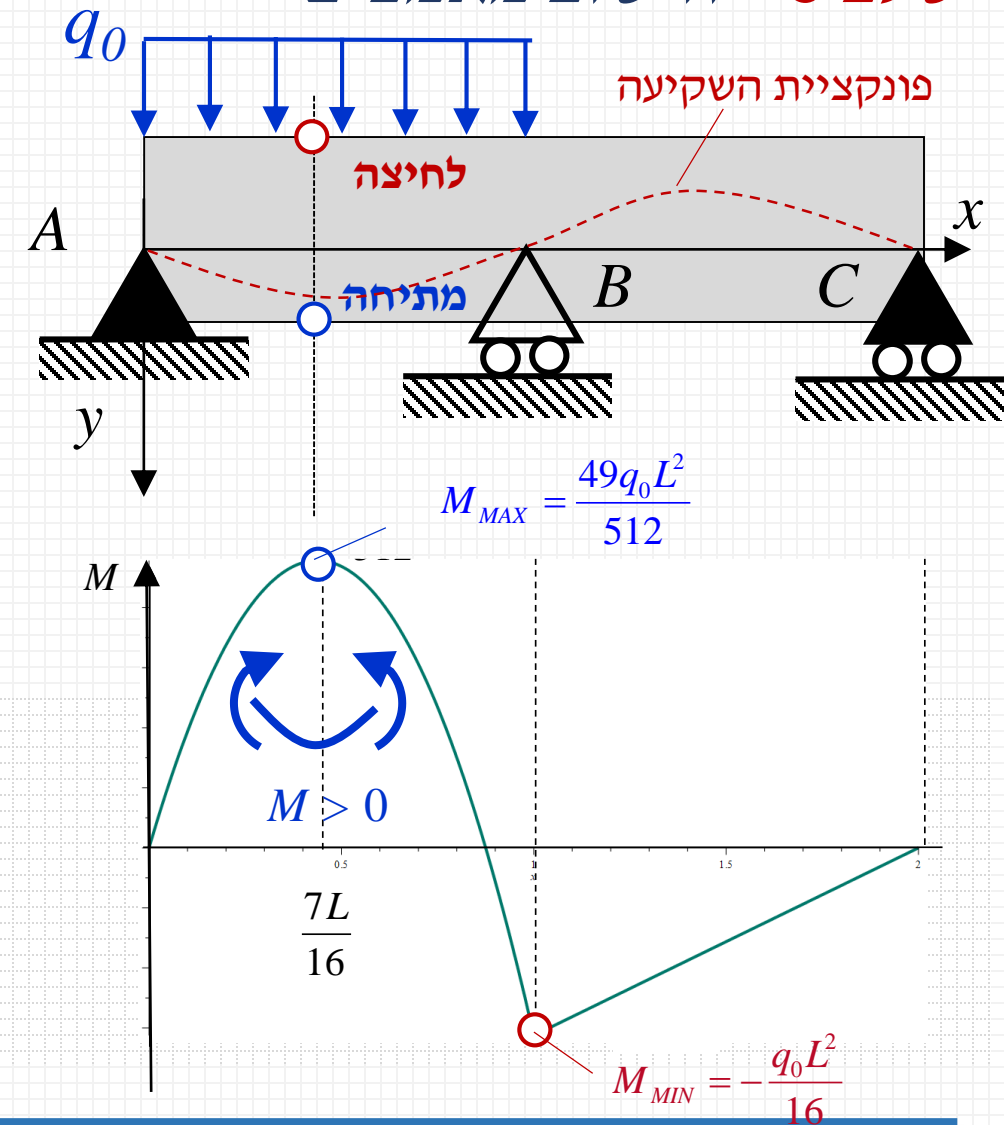


קבלנו

$$M_{MIN} = M(L) = -\frac{q_0L^2}{16}, \quad M_{MAX} = M\left(\frac{7L}{16}\right) = \frac{49q_0L^2}{512}$$

דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

שלב 3 – חישוב מאמצים

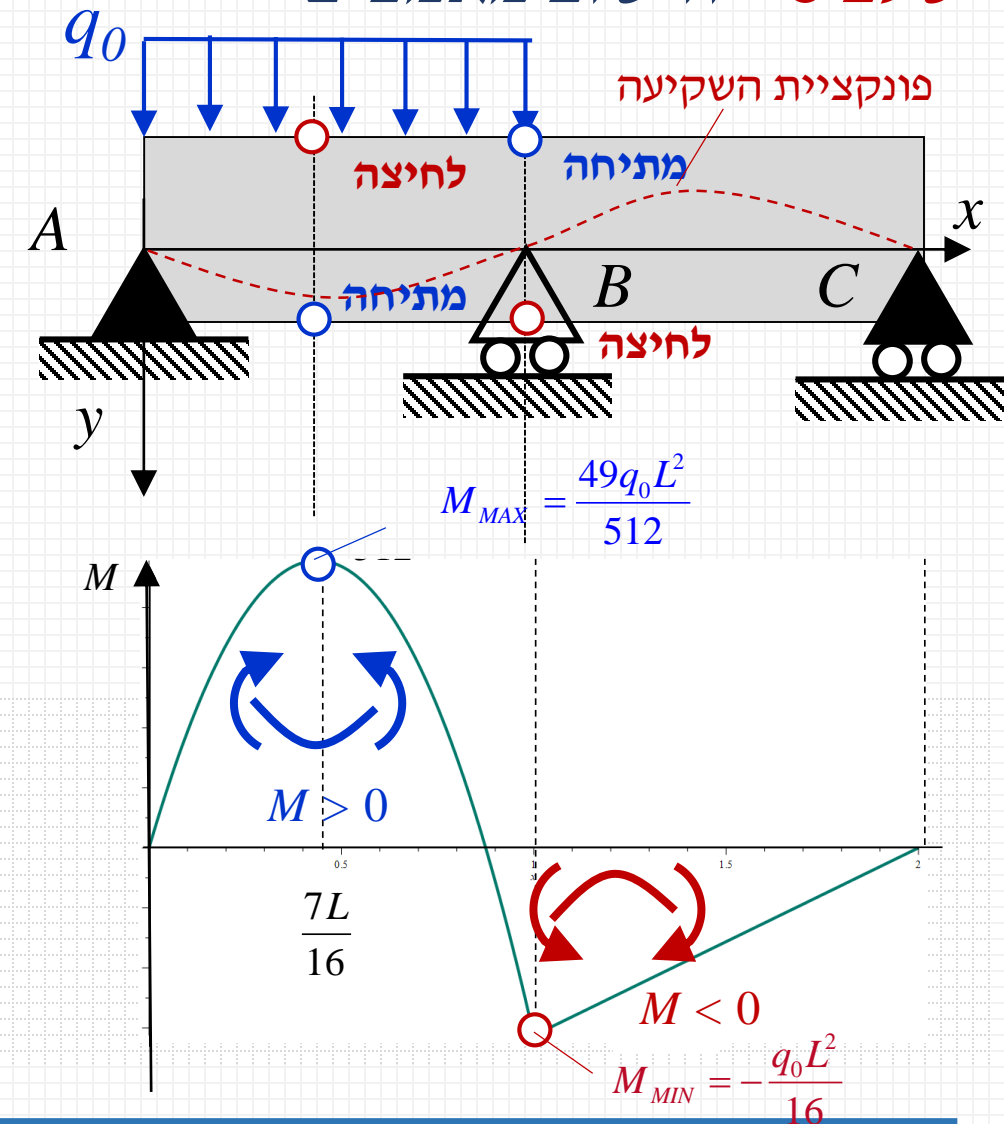


קבלנו

$$M_{MIN} = M(L) = -\frac{q_0L^2}{16}, \quad M_{MAX} = M\left(\frac{7L}{16}\right) = \frac{49q_0L^2}{512}$$

דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

שלב 3 – חישוב מאמצים

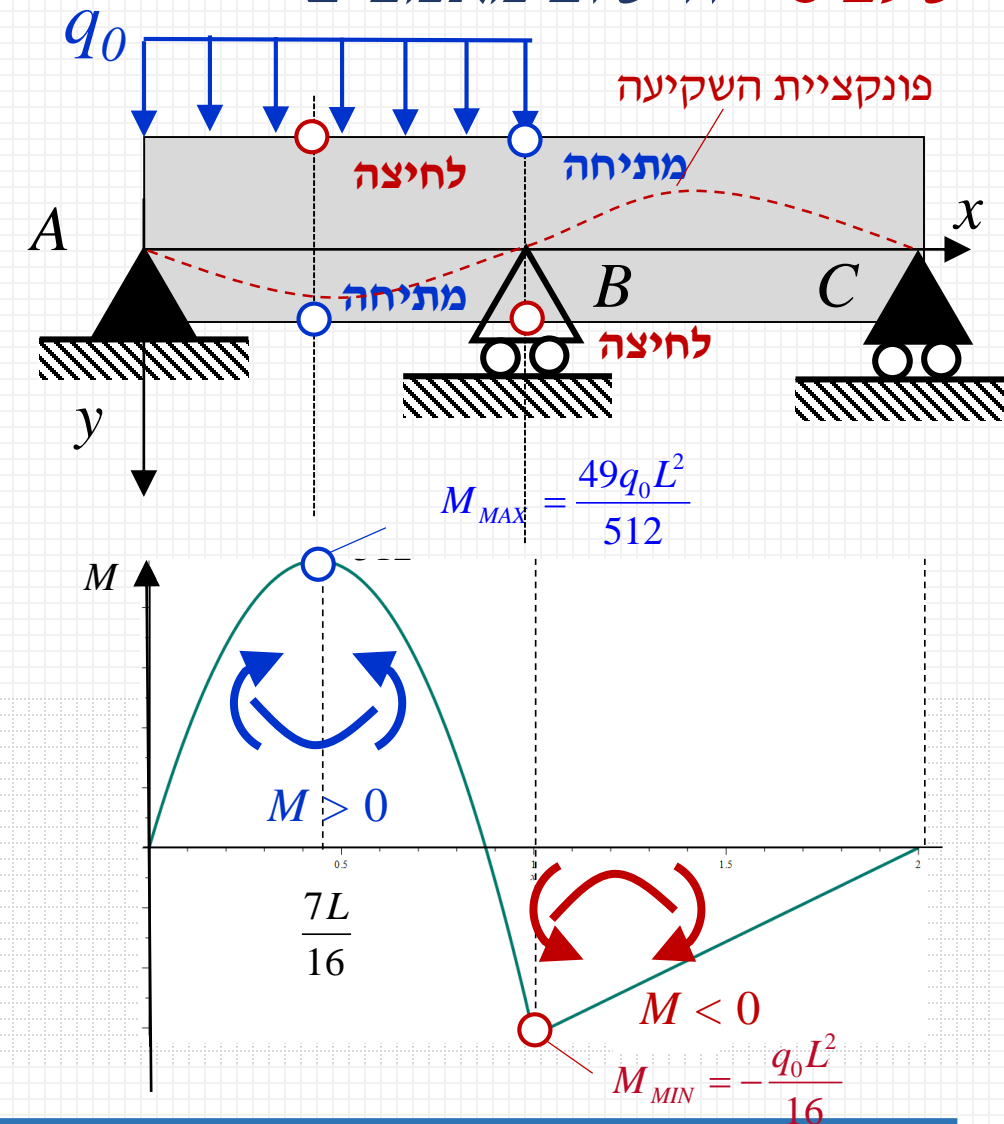


קבלנו

$$M_{MIN} = M(L) = -\frac{q_0L^2}{16}, \quad M_{MAX} = M\left(\frac{7L}{16}\right) = \frac{49q_0L^2}{512}$$

דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

שלב 3 – חישוב מאמצים

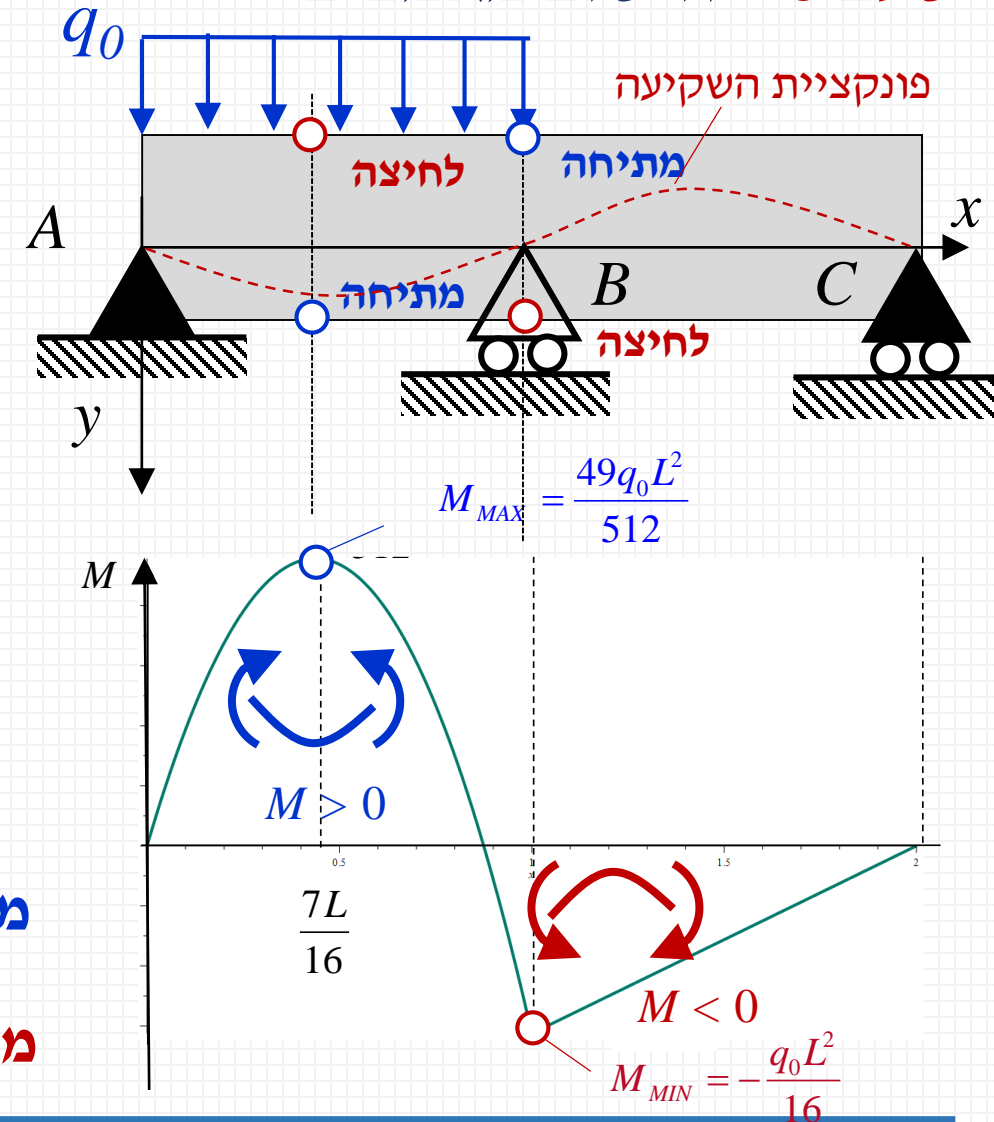


קבלנו $M_{MIN} = M(L) = -\frac{q_0L^2}{16}$, $M_{MAX} = M\left(\frac{7L}{16}\right) = \frac{49q_0L^2}{512}$

כדי למצוא מאמץ מתיחה ולחיצה מרביים, צריך לחשב מאמץ ב 4 נקודות – שני חתכים של מומנט מקסימאלי ומינימאלי ושתי נקודות בכל חתך

דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

שלב 3 – חישוב מאמצים



קבלנו

$$M_{MIN} = M(L) = -\frac{q_0L^2}{16}, \quad M_{MAX} = M\left(\frac{7L}{16}\right) = \frac{49q_0L^2}{512}$$

כדי למצוא מאמץ מתיחה ולחיצה מרביים, צריך לחשב מאמץ ב 4 נקודות – שני חתכים של מומנט מקסימאלי ומינימאלי ושתי נקודות בכל חתך

$$\sigma_{BOT} = \frac{My_{BOT}}{I} = \frac{49q_0L^2}{512I}(0.06) = 0.00574 \frac{q_0L^2}{I} \quad \text{tension} \quad x = \frac{7L}{16} \quad \text{חתך}$$

$$\sigma_{TOP} = \frac{My_{TOP}}{I} = \frac{49q_0L^2}{512I}(-0.14) = -0.0134 \frac{q_0L^2}{I} \quad \text{compression}$$

$$\sigma_{BOT} = \frac{My_{BOT}}{I} = -\frac{q_0L^2}{16I}(0.06) = -0.00375 \frac{q_0L^2}{I} \quad \text{compression} \quad x = L \quad \text{חתך}$$

$$\sigma_{TOP} = \frac{My_{TOP}}{I} = -\frac{q_0L^2}{16I}(-0.14) = \frac{q_0L^2}{16I}(0.14) = 0.00875 \frac{q_0L^2}{I} \quad \text{tension}$$

$$\sigma_{TOP} = 0.00875 \frac{q_0L^2}{I} = 17.9 \text{ MPa at } x = L$$

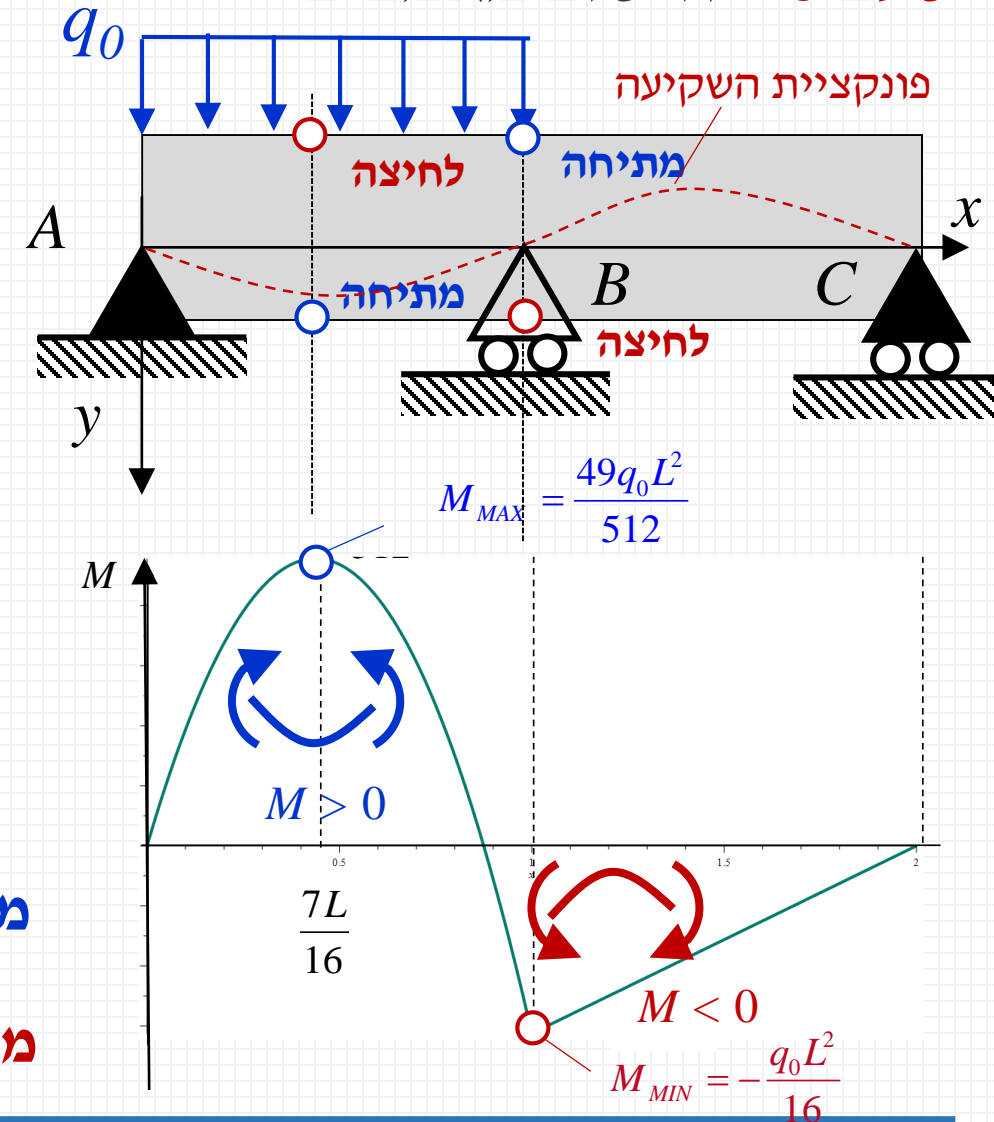
מאמץ מתיחה מרבי

$$\sigma_{TOP} = -0.0134 \frac{q_0L^2}{I} = -27.5 \text{ MPa at } x = \frac{7}{16}L$$

מאמץ לחיצה מרבי

דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

שלב 3 – חישוב מאמצים



קבלנו

$$M_{MIN} = M(L) = -\frac{q_0L^2}{16}, \quad M_{MAX} = M\left(\frac{7L}{16}\right) = \frac{49q_0L^2}{512}$$

כדי למצוא מאמץ מתיחה ולחיצה מרביים, צריך לחשב מאמץ ב 4 נקודות – שני חתכים של מומנט מקסימאלי ומינימאלי ושתי נקודות בכל חתך

$$\sigma_{BOT} = \frac{My_{BOT}}{I} = \frac{49q_0L^2}{512I}(0.06) = 0.00574 \frac{q_0L^2}{I} \quad \text{tension} \quad x = \frac{7L}{16} \quad \text{חתך}$$

$$\sigma_{TOP} = \frac{My_{TOP}}{I} = \frac{49q_0L^2}{512I}(-0.14) = -0.0134 \frac{q_0L^2}{I} \quad \text{compression}$$

$$\sigma_{BOT} = \frac{My_{BOT}}{I} = -\frac{q_0L^2}{16I}(0.06) = -0.00375 \frac{q_0L^2}{I} \quad \text{compression} \quad x = L \quad \text{חתך}$$

$$\sigma_{TOP} = \frac{My_{TOP}}{I} = -\frac{q_0L^2}{16I}(-0.14) = \frac{q_0L^2}{16I}(0.14) = 0.00875 \frac{q_0L^2}{I} \quad \text{tension}$$

$$\sigma_{TOP} = 0.00875 \frac{q_0L^2}{I} = 17.9 \text{ MPa at } x = L$$

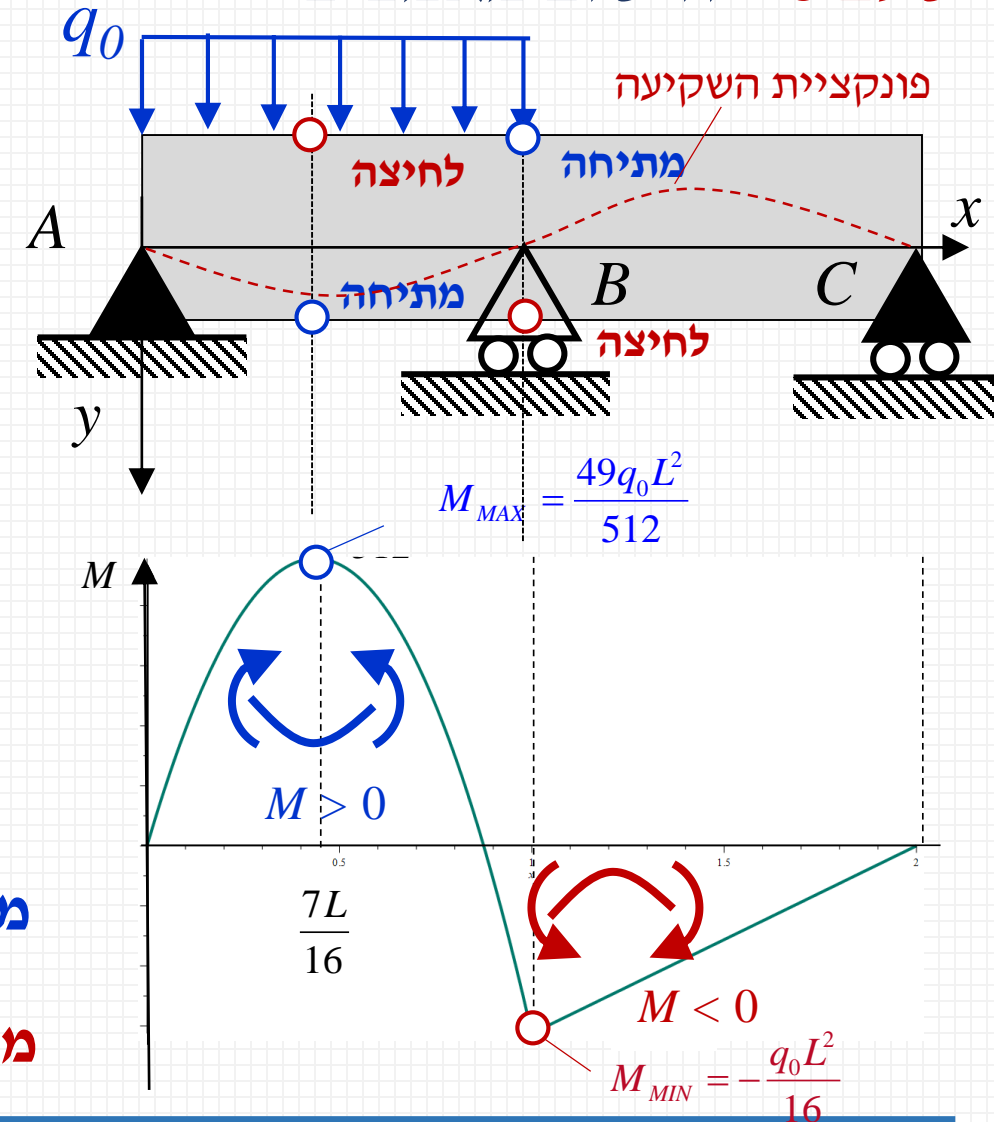
מאמץ מתיחה מרבי

$$\sigma_{TOP} = -0.0134 \frac{q_0L^2}{I} = -27.5 \text{ MPa at } x = \frac{7}{16}L$$

מאמץ לחיצה מרבי

דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

שלב 3 – חישוב מאמצים



קבלנו

$$M_{MIN} = M(L) = -\frac{q_0L^2}{16}, \quad M_{MAX} = M\left(\frac{7L}{16}\right) = \frac{49q_0L^2}{512}$$

כדי למצוא מאמץ מתיחה ולחיצה מרביים, צריך לחשב מאמץ ב 4 נקודות – שני חתכים של מומנט מקסימאלי ומינימאלי ושתי נקודות בכל חתך

$$\sigma_{BOT} = \frac{My_{BOT}}{I} = \frac{49q_0L^2}{512I}(0.06) = 0.00574 \frac{q_0L^2}{I} \quad \text{tension} \quad x = \frac{7L}{16} \quad \text{חתך}$$

$$\sigma_{TOP} = \frac{My_{TOP}}{I} = \frac{49q_0L^2}{512I}(-0.14) = -0.0134 \frac{q_0L^2}{I} \quad \text{compression}$$

$$\sigma_{BOT} = \frac{My_{BOT}}{I} = -\frac{q_0L^2}{16I}(0.06) = -0.00375 \frac{q_0L^2}{I} \quad \text{compression} \quad x = L \quad \text{חתך}$$

$$\sigma_{TOP} = \frac{My_{TOP}}{I} = -\frac{q_0L^2}{16I}(-0.14) = \frac{q_0L^2}{16I}(0.14) = 0.00875 \frac{q_0L^2}{I} \quad \text{tension}$$

$$\sigma_{TOP} = 0.00875 \frac{q_0L^2}{I} = 17.9 \text{ MPa at } x = L$$

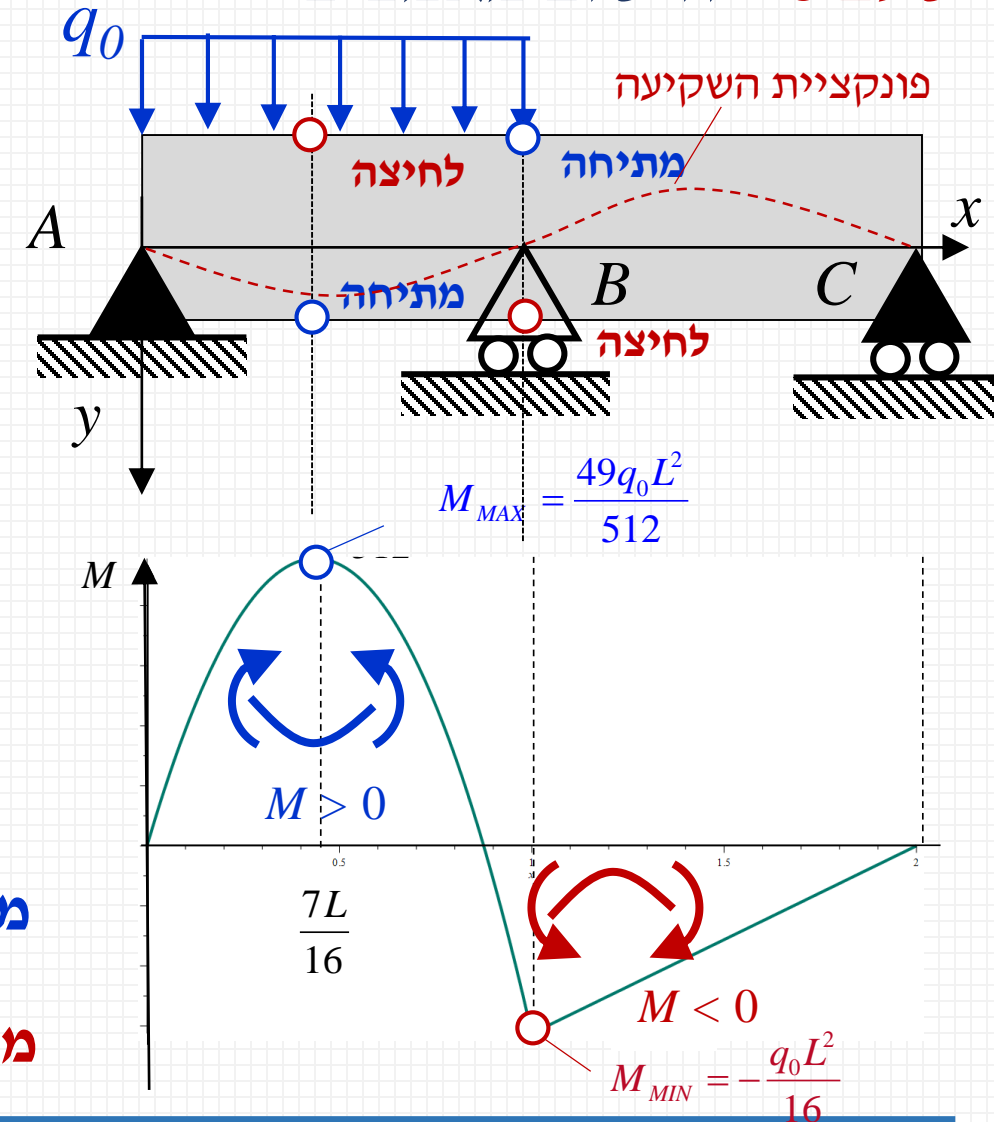
מאמץ מתיחה מרבי

$$\sigma_{TOP} = -0.0134 \frac{q_0L^2}{I} = -27.5 \text{ MPa at } x = \frac{7}{16}L$$

מאמץ לחיצה מרבי

דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

שלב 3 – חישוב מאמצים



קבלנו

$$M_{MIN} = M(L) = -\frac{q_0L^2}{16}, \quad M_{MAX} = M\left(\frac{7L}{16}\right) = \frac{49q_0L^2}{512}$$

כדי למצוא מאמץ מתיחה ולחיצה מרביים, צריך לחשב מאמץ ב 4 נקודות – שני חתכים של מומנט מקסימאלי ומינימאלי ושתי נקודות בכל חתך

$$\sigma_{BOT} = \frac{My_{BOT}}{I} = \frac{49q_0L^2}{512I}(0.06) = 0.00574 \frac{q_0L^2}{I} \text{ tension} \quad x = \frac{7L}{16} \text{ חתך}$$

$$\sigma_{TOP} = \frac{My_{TOP}}{I} = \frac{49q_0L^2}{512I}(-0.14) = -0.0134 \frac{q_0L^2}{I} \text{ compression}$$

$$\sigma_{BOT} = \frac{My_{BOT}}{I} = -\frac{q_0L^2}{16I}(0.06) = -0.00375 \frac{q_0L^2}{I} \text{ compression} \quad x = L \text{ חתך}$$

$$\sigma_{TOP} = \frac{My_{TOP}}{I} = -\frac{q_0L^2}{16I}(-0.14) = \frac{q_0L^2}{16I}(0.14) = 0.00875 \frac{q_0L^2}{I} \text{ tension}$$

$$\sigma_{TOP} = 0.00875 \frac{q_0L^2}{I} = 17.9 \text{ MPa at } x = L$$

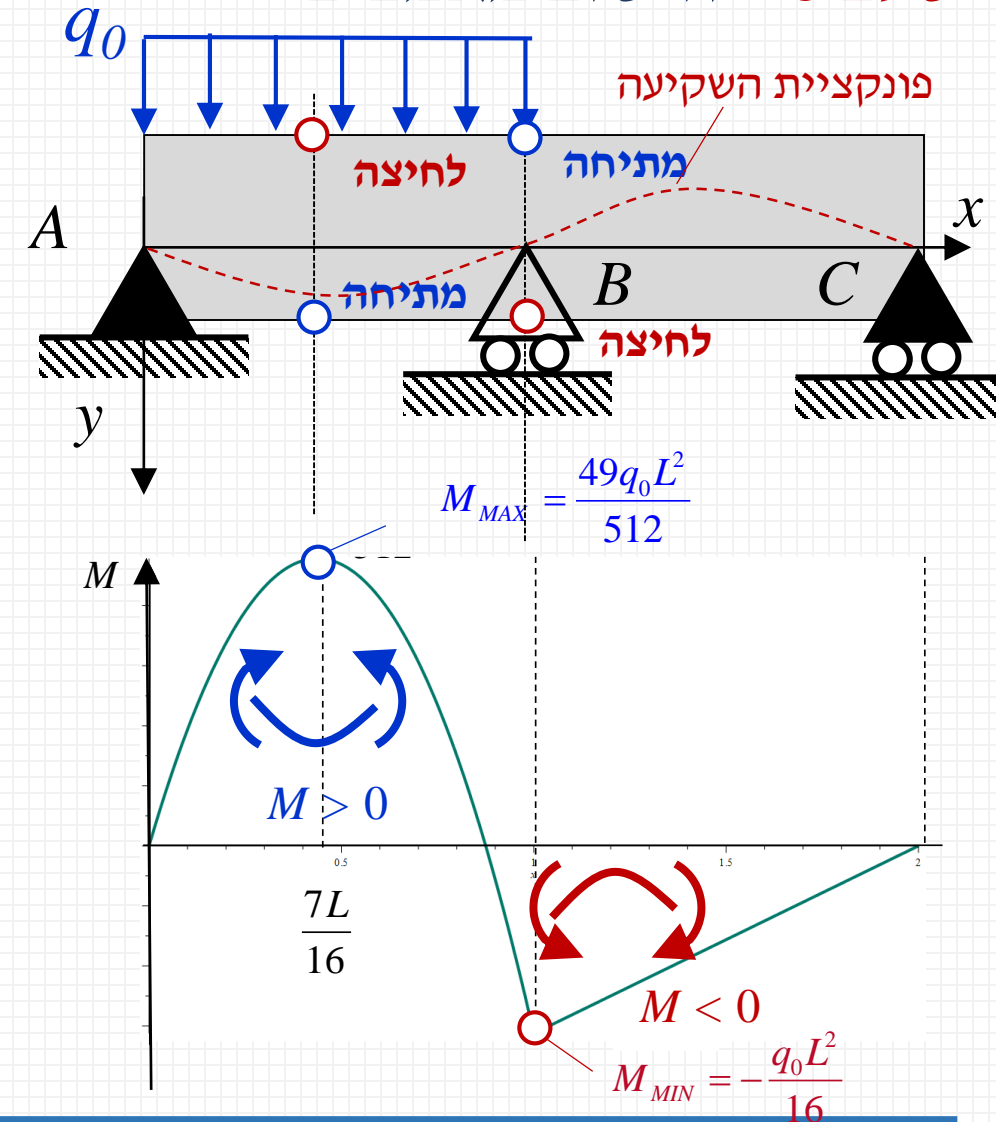
מאמץ מתיחה מרבי

$$\sigma_{TOP} = -0.0134 \frac{q_0L^2}{I} = -27.5 \text{ MPa at } x = \frac{7}{16}L$$

מאמץ לחיצה מרבי

דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

שלב 3 – חישוב מאמצים



קבלנו

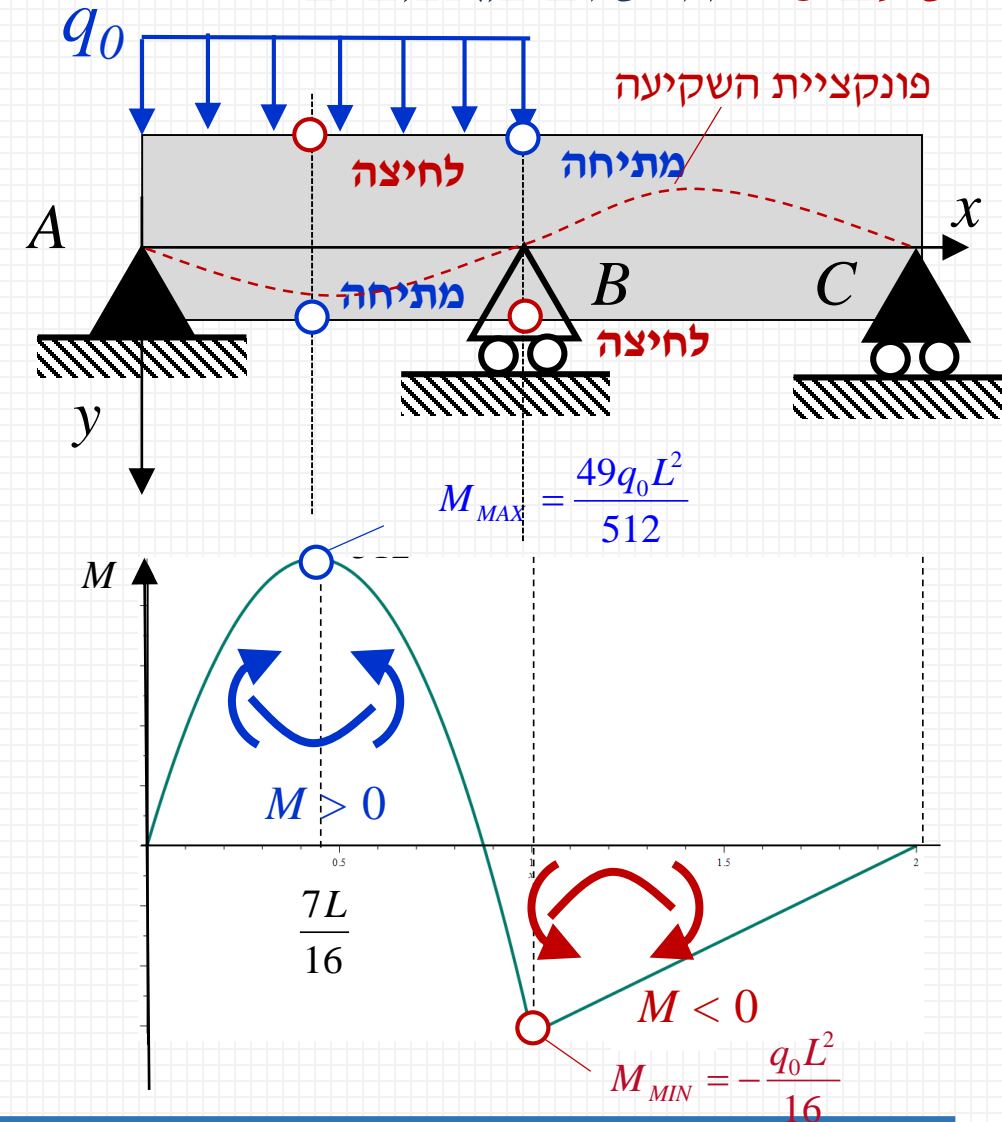
$$M_{MIN} = M(L) = -\frac{q_0L^2}{16}, \quad M_{MAX} = M\left(\frac{7L}{16}\right) = \frac{49q_0L^2}{512}$$

כדי למצוא מאמץ **מתיחה** ו**לחיצה** מרביים, צריך לחשב מאמץ ב **4 נקודות** – שני חתכים של מומנט מקסימאלי ומינימאלי ושתי נקודות בכל חתך

$$x = \frac{7L}{16} \text{ חתך}$$

דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

שלב 3 – חישוב מאמצים



קבלנו

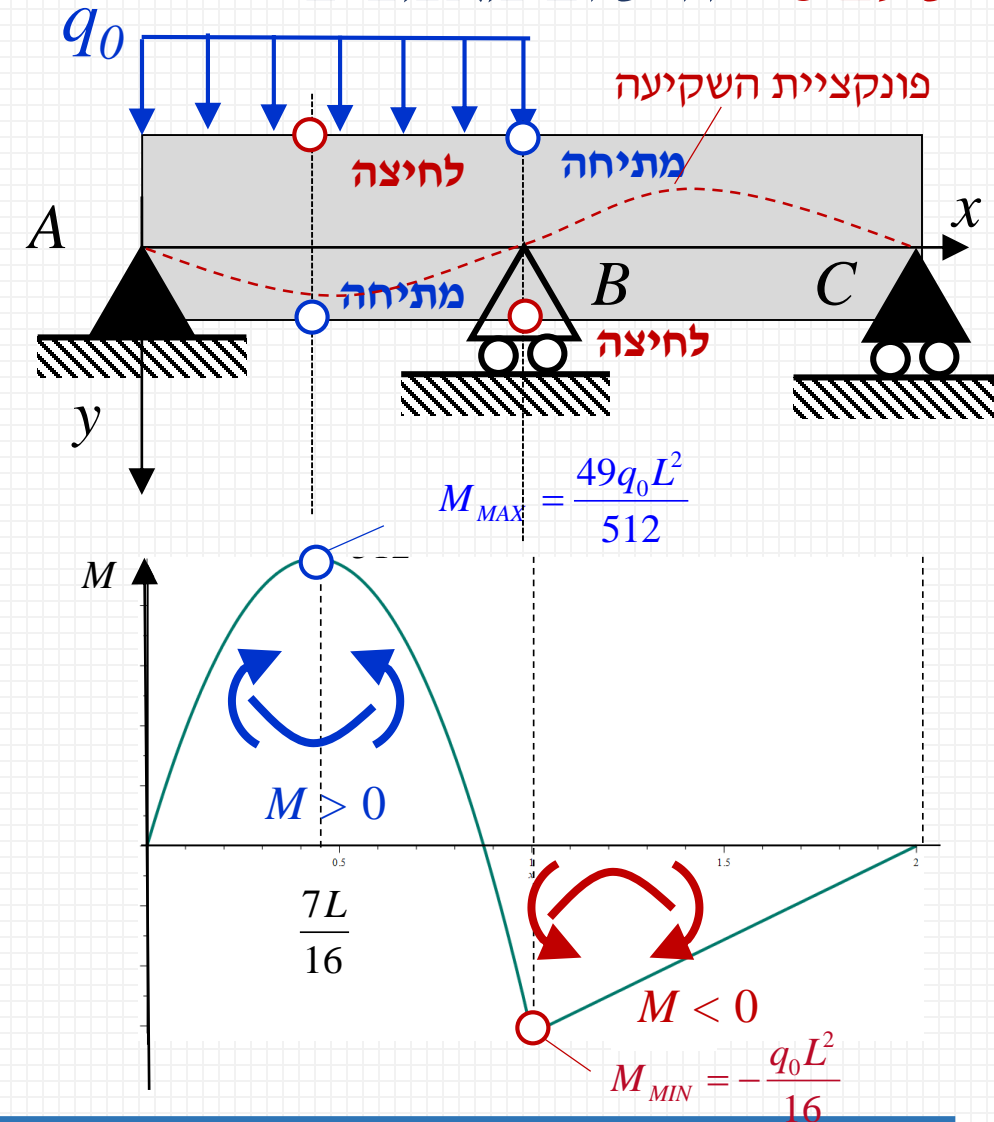
$$M_{MIN} = M(L) = -\frac{q_0L^2}{16}, \quad M_{MAX} = M\left(\frac{7L}{16}\right) = \frac{49q_0L^2}{512}$$

כדי למצוא מאמץ **מתיחה** ו**לחיצה** מרביים, צריך לחשב מאמץ **ב 4 נקודות** – שני חתכים של מומנט מקסימאלי ומינימאלי ושתי נקודות בכל חתך

$$\sigma_{BOT} = \frac{My_{BOT}}{I} = \frac{49q_0L^2}{512I}(0.06) = 0.00574 \frac{q_0L^2}{I} \quad \text{tension} \quad x = \frac{7L}{16} \quad \text{חתך}$$

דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

שלב 3 – חישוב מאמצים



קבלנו

$$M_{MIN} = M(L) = -\frac{q_0L^2}{16}, \quad M_{MAX} = M\left(\frac{7L}{16}\right) = \frac{49q_0L^2}{512}$$

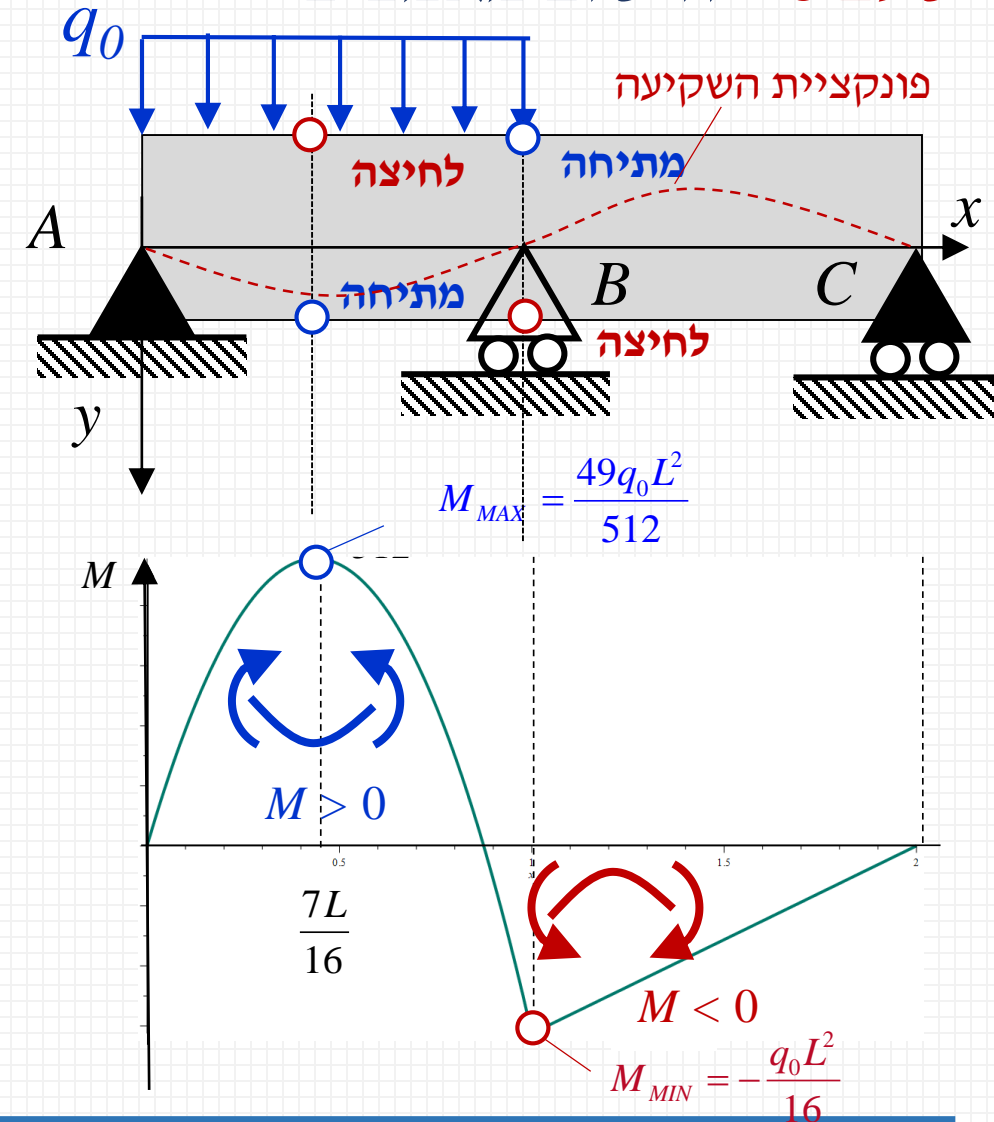
כדי למצוא מאמץ **מתיחה** ו**לחיצה** מרביים, צריך לחשב מאמץ ב **4 נקודות** – שני חתכים של מומנט מקסימאלי ומינימאלי ושתי נקודות בכל חתך

$$\sigma_{BOT} = \frac{My_{BOT}}{I} = \frac{49q_0L^2}{512I}(0.06) = 0.00574 \frac{q_0L^2}{I} \quad \text{tension} \quad x = \frac{7L}{16} \quad \text{חתך}$$

$$\sigma_{TOP} = \frac{My_{TOP}}{I} = \frac{49q_0L^2}{512I}(-0.14) = -0.0134 \frac{q_0L^2}{I} \quad \text{compression}$$

דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

שלב 3 – חישוב מאמצים



קבלנו

$$M_{MIN} = M(L) = -\frac{q_0L^2}{16}, \quad M_{MAX} = M\left(\frac{7L}{16}\right) = \frac{49q_0L^2}{512}$$

כדי למצוא מאמץ מתיחה ולחיצה מרביים, צריך לחשב מאמץ ב 4 נקודות – שני חתכים של מומנט מקסימאלי ומינימאלי ושתי נקודות בכל חתך

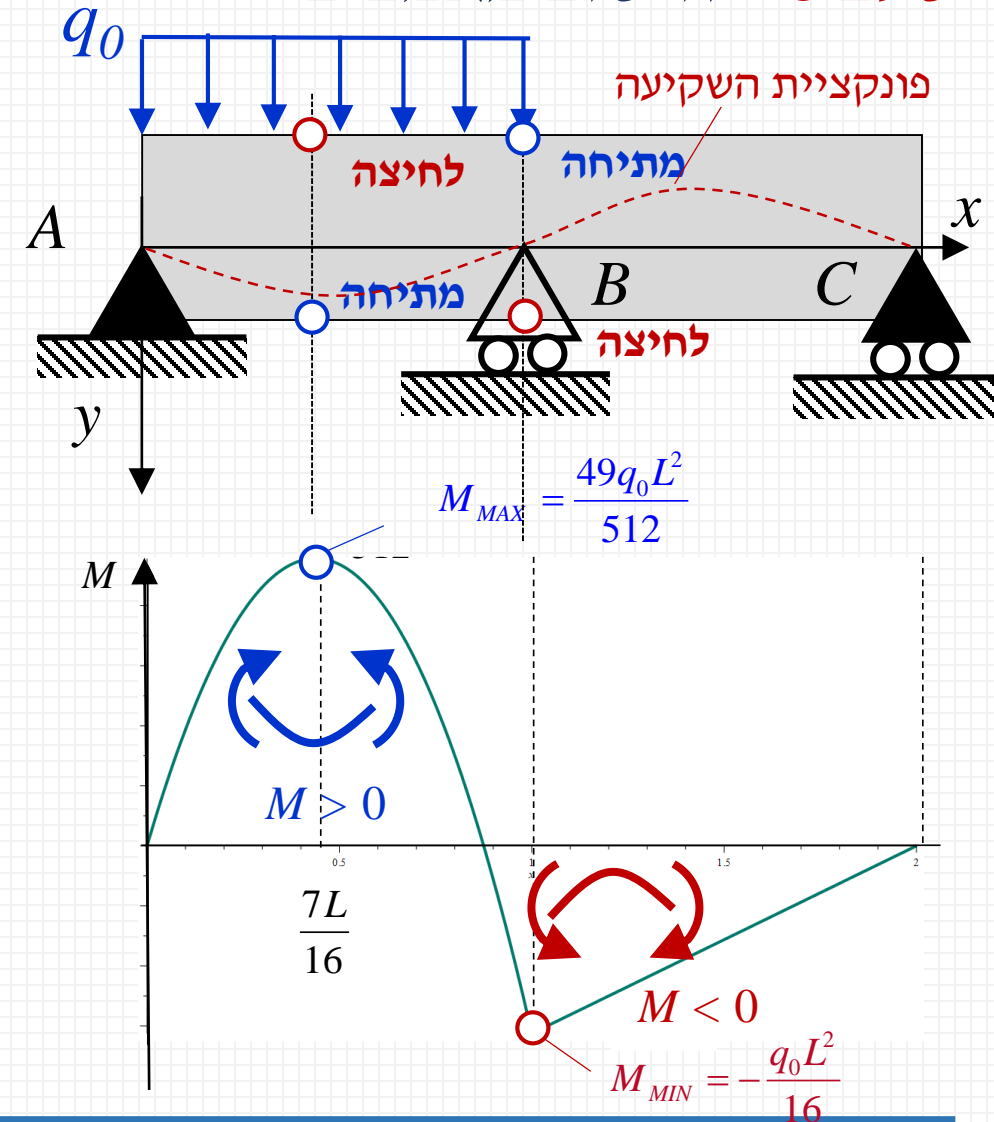
$$\sigma_{BOT} = \frac{My_{BOT}}{I} = \frac{49q_0L^2}{512I}(0.06) = 0.00574 \frac{q_0L^2}{I} \quad \text{tension} \quad x = \frac{7L}{16} \quad \text{חתך}$$

$$\sigma_{TOP} = \frac{My_{TOP}}{I} = \frac{49q_0L^2}{512I}(-0.14) = -0.0134 \frac{q_0L^2}{I} \quad \text{compression}$$

$$\sigma_{BOT} = \frac{My_{BOT}}{I} = -\frac{q_0L^2}{16I}(0.06) = -0.00375 \frac{q_0L^2}{I} \quad \text{compression} \quad x = L \quad \text{חתך}$$

דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

שלב 3 – חישוב מאמצים



קבלנו

$$M_{MIN} = M(L) = -\frac{q_0L^2}{16}, \quad M_{MAX} = M\left(\frac{7L}{16}\right) = \frac{49q_0L^2}{512}$$

כדי למצוא מאמץ מתיחה ולחיצה מרביים, צריך לחשב מאמץ ב 4 נקודות – שני חתכים של מומנט מקסימאלי ומינימאלי ושתי נקודות בכל חתך

$$\sigma_{BOT} = \frac{My_{BOT}}{I} = \frac{49q_0L^2}{512I}(0.06) = 0.00574 \frac{q_0L^2}{I} \text{ tension} \quad x = \frac{7L}{16} \text{ חתך}$$

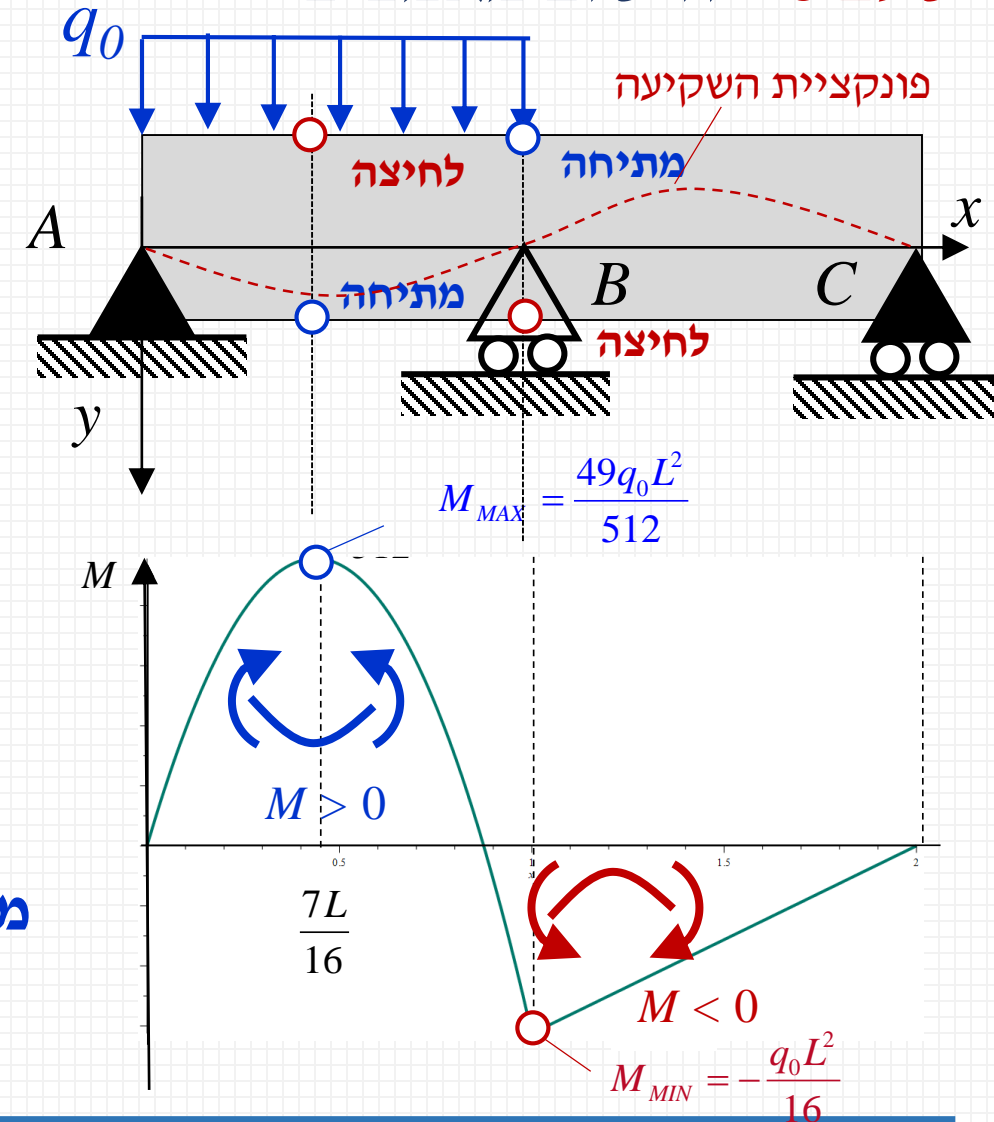
$$\sigma_{TOP} = \frac{My_{TOP}}{I} = \frac{49q_0L^2}{512I}(-0.14) = -0.0134 \frac{q_0L^2}{I} \text{ compression}$$

$$\sigma_{BOT} = \frac{My_{BOT}}{I} = -\frac{q_0L^2}{16I}(0.06) = -0.00375 \frac{q_0L^2}{I} \text{ compression} \quad x = L \text{ חתך}$$

$$\sigma_{TOP} = \frac{My_{TOP}}{I} = -\frac{q_0L^2}{16I}(-0.14) = \frac{q_0L^2}{16I}(0.14) = 0.00875 \frac{q_0L^2}{I} \text{ tension}$$

דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

שלב 3 – חישוב מאמצים



קבלנו

$$M_{MIN} = M(L) = -\frac{q_0L^2}{16}, \quad M_{MAX} = M\left(\frac{7L}{16}\right) = \frac{49q_0L^2}{512}$$

כדי למצוא מאמץ מתיחה ולחיצה מרביים, צריך לחשב מאמץ ב 4 נקודות – שני חתכים של מומנט מקסימאלי ומינימאלי ושתי נקודות בכל חתך

$$\sigma_{BOT} = \frac{My_{BOT}}{I} = \frac{49q_0L^2}{512I}(0.06) = 0.00574 \frac{q_0L^2}{I} \text{ tension} \quad x = \frac{7L}{16} \text{ חתך}$$

$$\sigma_{TOP} = \frac{My_{TOP}}{I} = \frac{49q_0L^2}{512I}(-0.14) = -0.0134 \frac{q_0L^2}{I} \text{ compression}$$

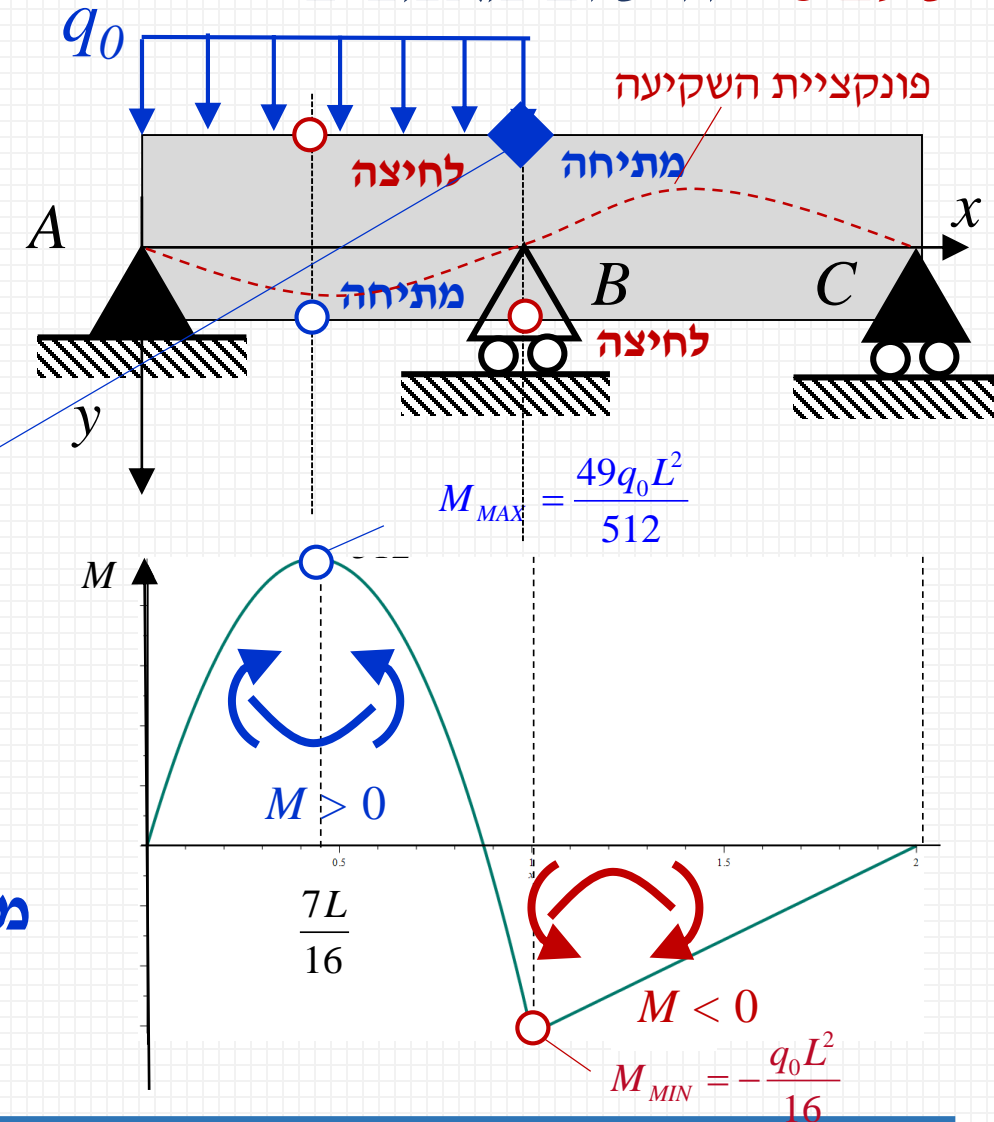
$$\sigma_{BOT} = \frac{My_{BOT}}{I} = -\frac{q_0L^2}{16I}(0.06) = -0.00375 \frac{q_0L^2}{I} \text{ compression} \quad x = L \text{ חתך}$$

$$\sigma_{TOP} = \frac{My_{TOP}}{I} = -\frac{q_0L^2}{16I}(-0.14) = \frac{q_0L^2}{16I}(0.14) = 0.00875 \frac{q_0L^2}{I} \text{ tension}$$

$$\sigma_{TOP} = 0.00875 \frac{q_0L^2}{I} = 17.9 \text{ MPa at } x = L \text{ מאמץ מתיחה מרבי}$$

דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

שלב 3 – חישוב מאמצים



קבלנו

$$M_{MIN} = M(L) = -\frac{q_0L^2}{16}, \quad M_{MAX} = M\left(\frac{7L}{16}\right) = \frac{49q_0L^2}{512}$$

כדי למצוא מאמץ מתיחה ולחיצה מרביים, צריך לחשב מאמץ ב 4 נקודות – שני חתכים של מומנט מקסימאלי ומינימאלי ושתי נקודות בכל חתך

$$\sigma_{BOT} = \frac{My_{BOT}}{I} = \frac{49q_0L^2}{512I}(0.06) = 0.00574 \frac{q_0L^2}{I} \text{ tension} \quad x = \frac{7L}{16} \text{ חתך}$$

$$\sigma_{TOP} = \frac{My_{TOP}}{I} = \frac{49q_0L^2}{512I}(-0.14) = -0.0134 \frac{q_0L^2}{I} \text{ compression}$$

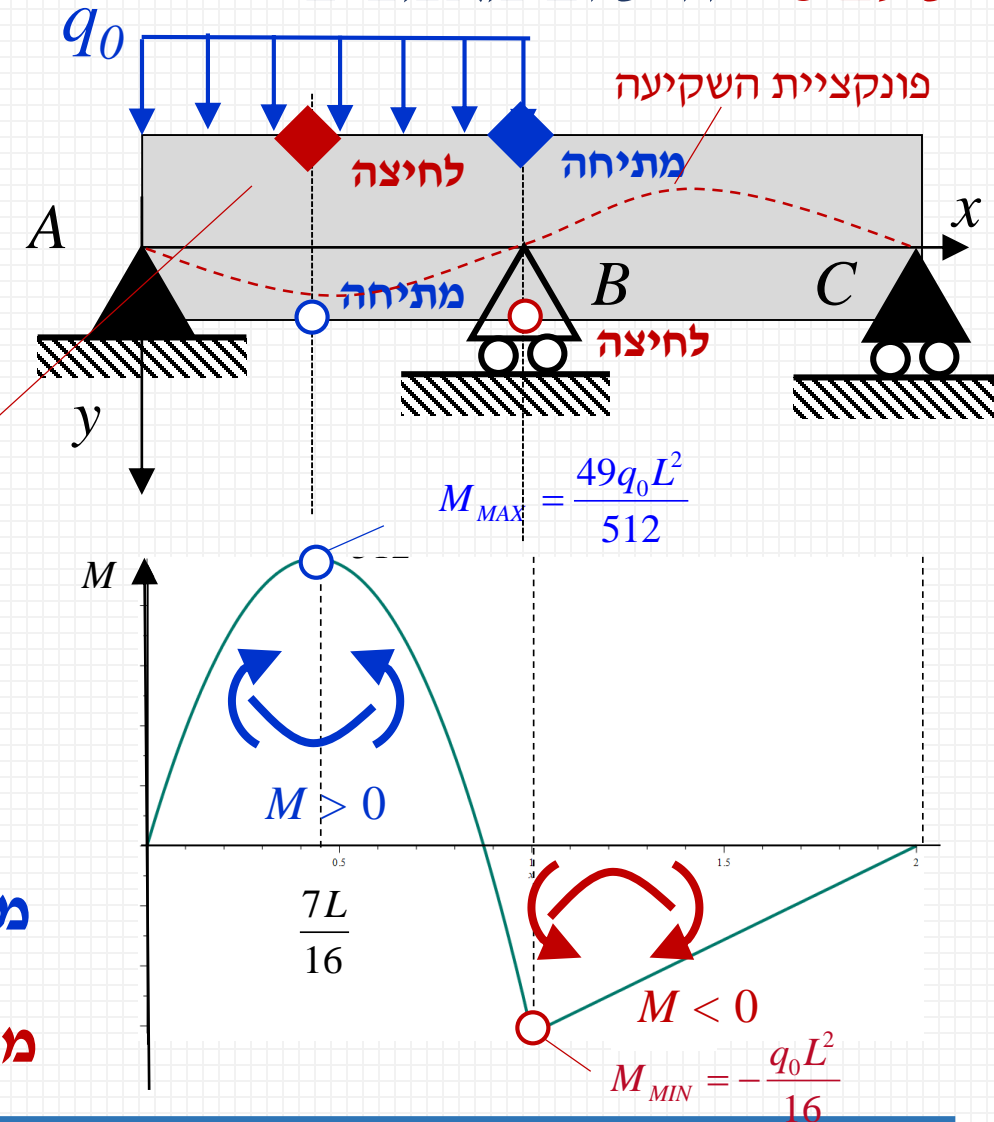
$$\sigma_{BOT} = \frac{My_{BOT}}{I} = -\frac{q_0L^2}{16I}(0.06) = -0.00375 \frac{q_0L^2}{I} \text{ compression} \quad x = L \text{ חתך}$$

$$\sigma_{TOP} = \frac{My_{TOP}}{I} = -\frac{q_0L^2}{16I}(-0.14) = \frac{q_0L^2}{16I}(0.14) = 0.00875 \frac{q_0L^2}{I} \text{ tension}$$

$$\sigma_{TOP} = 0.00875 \frac{q_0L^2}{I} = 17.9 \text{ MPa at } x = L \text{ מאמץ מתיחה מרבי}$$

דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

שלב 3 – חישוב מאמצים



קבלנו

$$M_{MIN} = M(L) = -\frac{q_0L^2}{16}, \quad M_{MAX} = M\left(\frac{7L}{16}\right) = \frac{49q_0L^2}{512}$$

כדי למצוא מאמץ **מתיחה** ו**לחיצה** מרביים, צריך לחשב מאמץ ב **4 נקודות** – שני חתכים של מומנט מקסימאלי ומינימאלי ושתי נקודות בכל חתך

$$\sigma_{BOT} = \frac{My_{BOT}}{I} = \frac{49q_0L^2}{512I}(0.06) = 0.00574 \frac{q_0L^2}{I} \text{ tension} \quad x = \frac{7L}{16} \text{ חתך}$$

$$\sigma_{TOP} = \frac{My_{TOP}}{I} = \frac{49q_0L^2}{512I}(-0.14) = -0.0134 \frac{q_0L^2}{I} \text{ compression}$$

$$\sigma_{BOT} = \frac{My_{BOT}}{I} = -\frac{q_0L^2}{16I}(0.06) = -0.00375 \frac{q_0L^2}{I} \text{ compression} \quad x = L \text{ חתך}$$

$$\sigma_{TOP} = \frac{My_{TOP}}{I} = -\frac{q_0L^2}{16I}(-0.14) = \frac{q_0L^2}{16I}(0.14) = 0.00875 \frac{q_0L^2}{I} \text{ tension}$$

$$\sigma_{TOP} = 0.00875 \frac{q_0L^2}{I} = 17.9 \text{ MPa at } x = L$$

$$\sigma_{TOP} = -0.0134 \frac{q_0L^2}{I} = -27.5 \text{ MPa at } x = \frac{7}{16}L \quad \text{מאמץ מתיחה מרבי}$$

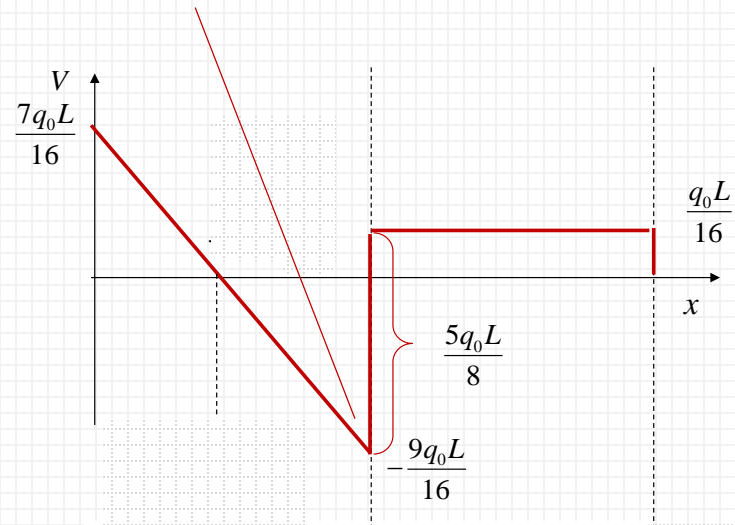
מאמץ לחיצה מרבי

דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

שלב 3 – חישוב מאמצים

מאמצי גזירה

$$|V_{MAX}| = |V(L)| = \frac{9q_0L}{16}$$



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

שלב 3 – חישוב מאמצים

מאמצי גזירה

$$|V_{MAX}| = |V(L)| = \frac{9q_0L}{16}$$

$$\tau_{xy}^{MAX} = \frac{V_{MAX} Q_z}{Ib}$$

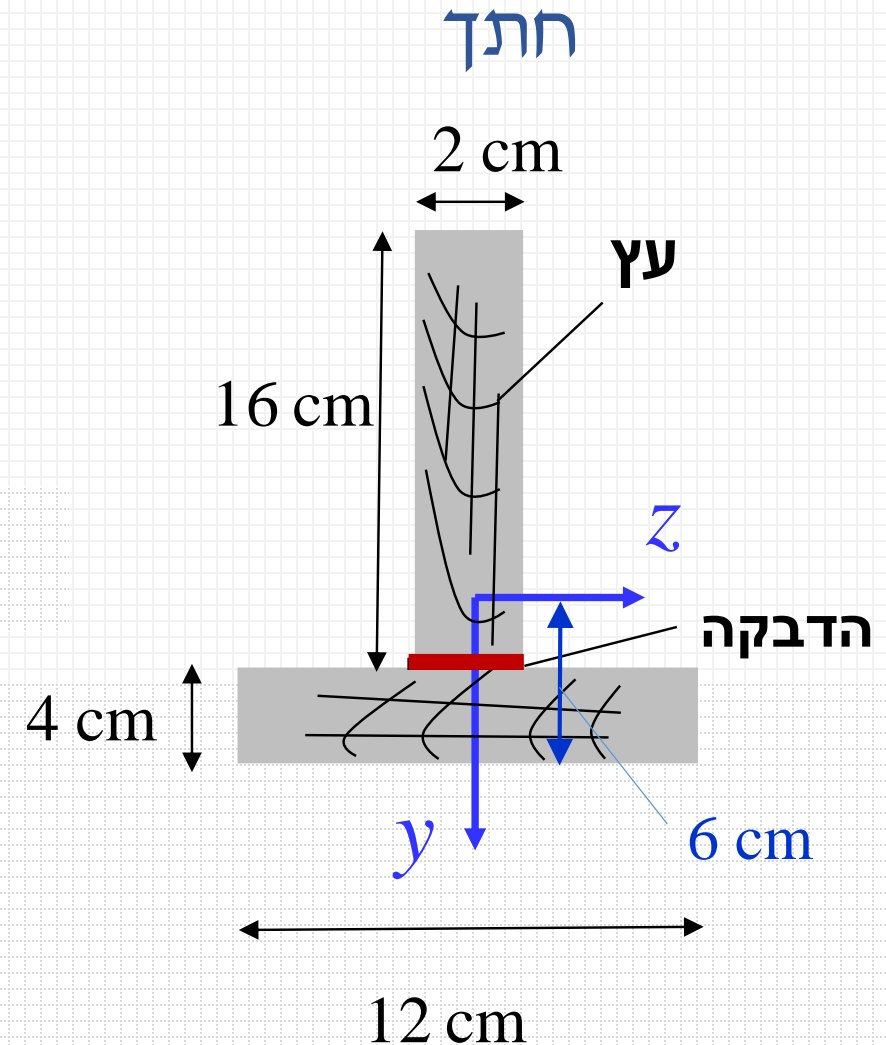
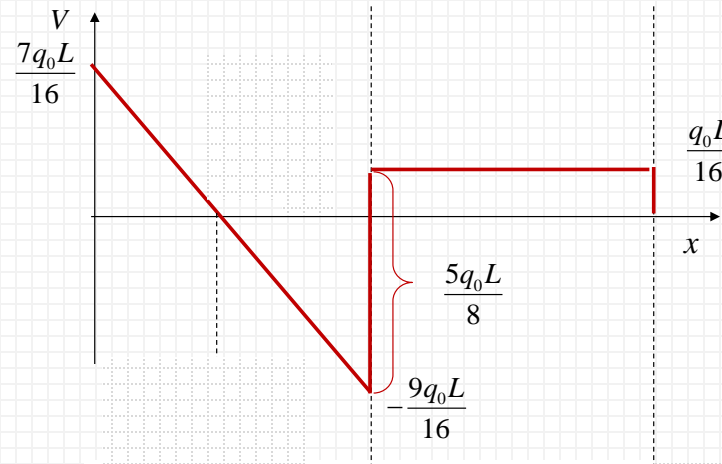
$$b = 2 \text{ cm}$$

$$Q_z = 16 \times 2 \times (-6) = -144 \text{ cm}^3$$

$$V_{MAX} = -\frac{9q_0L}{16}$$

$$\tau_{xy}^{MAX} = \left(-\frac{9q_0L}{16}\right) \left(-144 \times 10^{-6}\right) \frac{1}{I \times 0.02} = \left(-\frac{9 \times 10^4 \times 4}{16}\right) \left(-144 \times 10^{-6}\right) \frac{1}{7.787 \times 10^{-5} \times 0.02}$$

$$\tau_{xy}^{MAX} = 2.08 \times 10^{-6} \text{ Pa} = 2.08 \text{ MPA}$$



דגמה 6 – בעיה לא מסוימות סטטית

שלב 3 – חישוב מאמצים

מאמצי גזירה

$$|V_{MAX}| = |V(L)| = \frac{9q_0L}{16}$$

$$\tau_{xy}^{MAX} = \frac{V_{MAX} Q_z}{Ib}$$

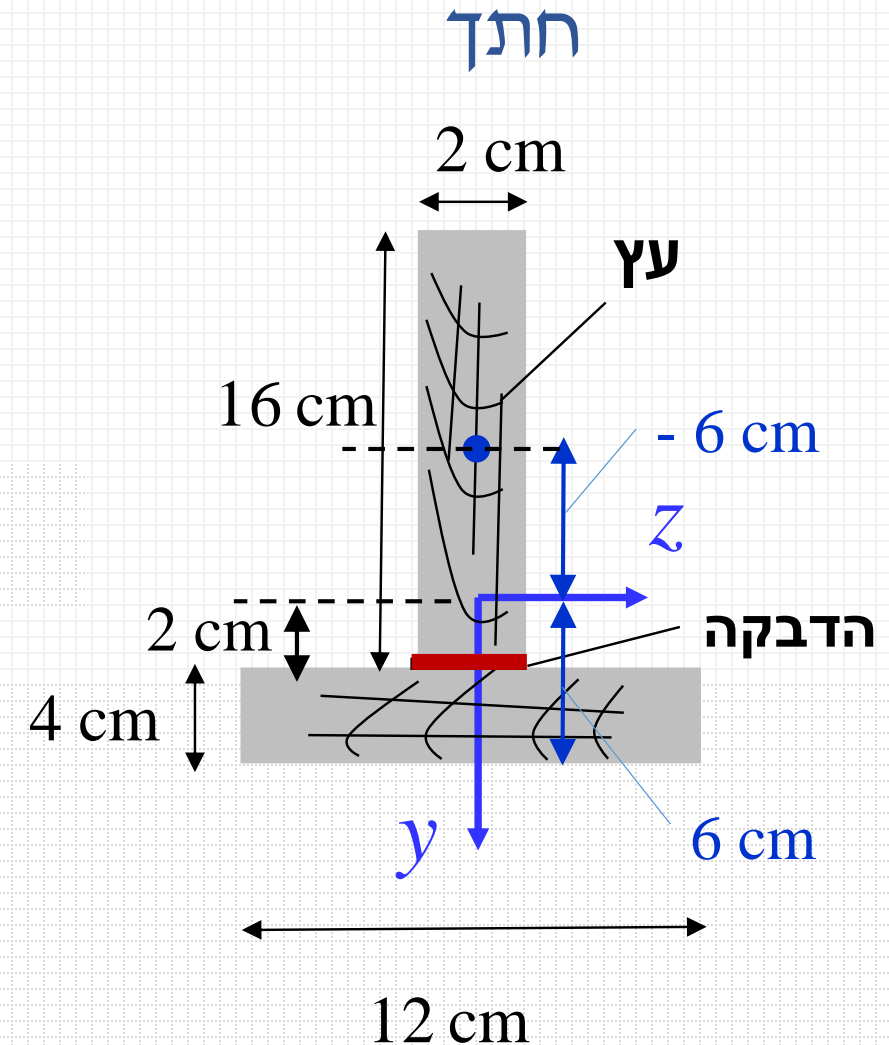
$$b = 2 \text{ cm}$$

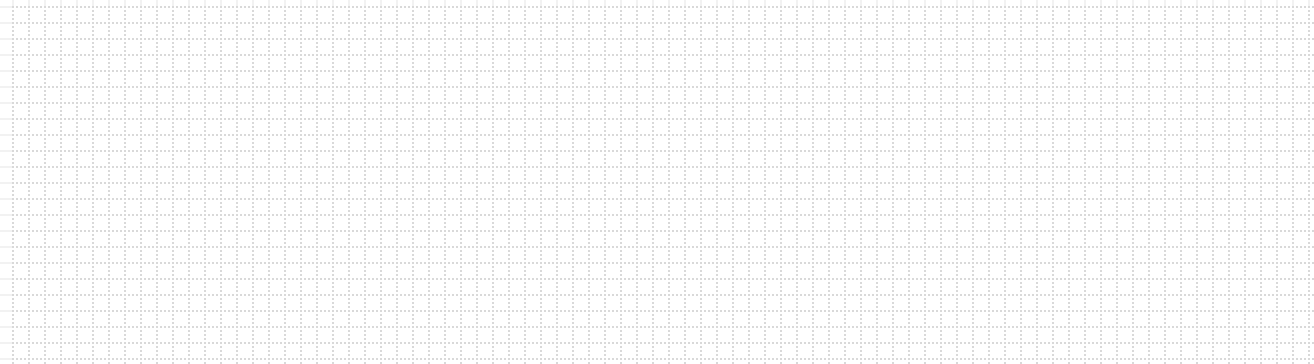
$$Q_z = 16 \times 2 \times (-6) = -144 \text{ cm}^3$$

$$V_{MAX} = -\frac{9q_0L}{16}$$

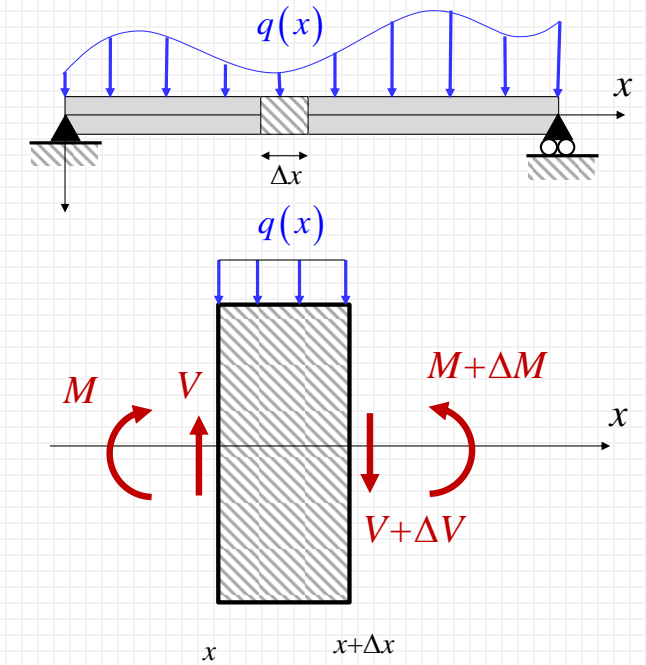
$$\tau_{xy}^{MAX} = \left(-\frac{9q_0L}{16} \right) (-144 \times 10^{-6}) \frac{1}{I \times 0.02} =$$
$$\left(-\frac{9 \times 10^4 \times 4}{16} \right) (-144 \times 10^{-6}) \frac{1}{7.787 \times 10^{-5} \times 0.02}$$

$$\tau_{xy}^{MAX} = 2.08 \times 10^{-6} \text{ Pa} = 2.08 \text{ MPA}$$





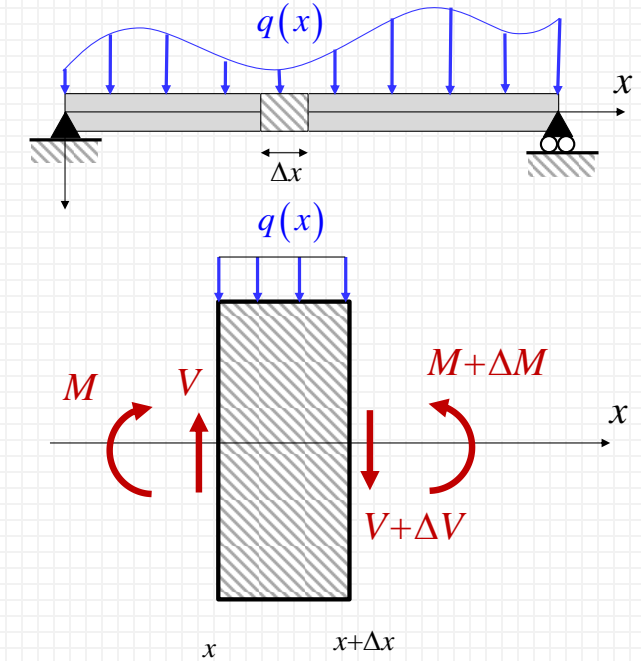
שקיעה של קורות בכפיפה – משוואה סדר 4



שקיעה של קורות בכפיפה – משוואה סדר 4

קשר דיפרנציאלי בין כוח גזירה, מומנט כפיה, כוח מפולג (נובע משיווי משקל בלבד)

$$\left. \begin{array}{l} \frac{dV}{dx} = -q(x) \quad (1) \\ \frac{dM}{dx} = V(x) \quad (2) \end{array} \right\} \rightarrow \frac{d^2 M}{dx^2} = -q(x)$$



שקיעה של קורות בכפיפה – משוואה סדר 4

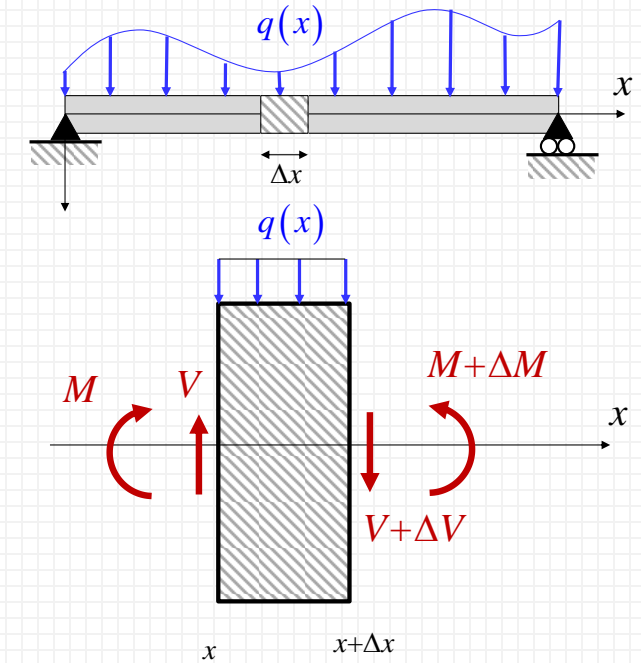
קשר דיפרנציאלי בין כוח גזירה, מומנט כפיה, כוח מפולג (נובע משיווי משקל בלבד)

$$\left. \begin{aligned} \frac{dV}{dx} &= -q(x) & (1) \\ \frac{dM}{dx} &= V(x) & (2) \end{aligned} \right\} \rightarrow \frac{d^2 M}{dx^2} = -q(x)$$

$$EI_{zz} \frac{d^2 v}{dx^2} = -M(x)$$

קשר בין מומנט כפיפה ושקיעה

נציב ונקבל את המשוואה של סדר 4



שקיעה של קורות בכפיפה – משוואה סדר 4

קשר דיפרנציאלי בין כוח גזירה, מומנט כפיה, כוח מפולג (נובע משיווי משקל בלבד)

$$\left. \begin{aligned} \frac{dV}{dx} &= -q(x) & (1) \\ \frac{dM}{dx} &= V(x) & (2) \end{aligned} \right\} \rightarrow \frac{d^2 M}{dx^2} = -q(x)$$

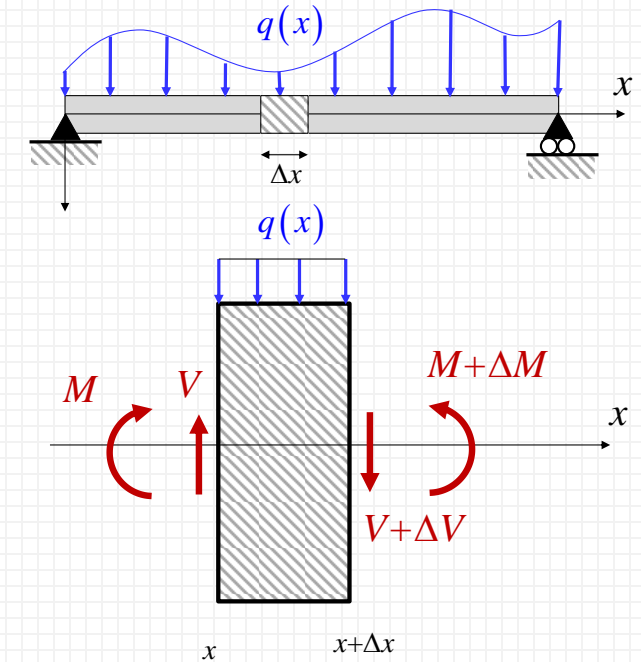
$$EI_{zz} \frac{d^2 v}{dx^2} = -M(x)$$

$$\frac{d^2}{dx^2} \left(EI_{zz} \frac{d^2 v}{dx^2} \right) = q(x)$$

$$EI_{zz} \frac{d^4 v}{dx^4} = q(x) \quad (x = \text{const})$$

קשר בין מומנט כפיפה ושקיעה

נציב ונקבל את המשוואה של סדר 4



שקיעה של קורות בכפיפה – משוואה סדר 4

קשר דיפרנציאלי בין כוח גזירה, מומנט כפיה, כוח מפולג (נובע משיווי משקל בלבד)

$$\left. \begin{aligned} \frac{dV}{dx} &= -q(x) & (1) \\ \frac{dM}{dx} &= V(x) & (2) \end{aligned} \right\} \rightarrow \frac{d^2 M}{dx^2} = -q(x)$$

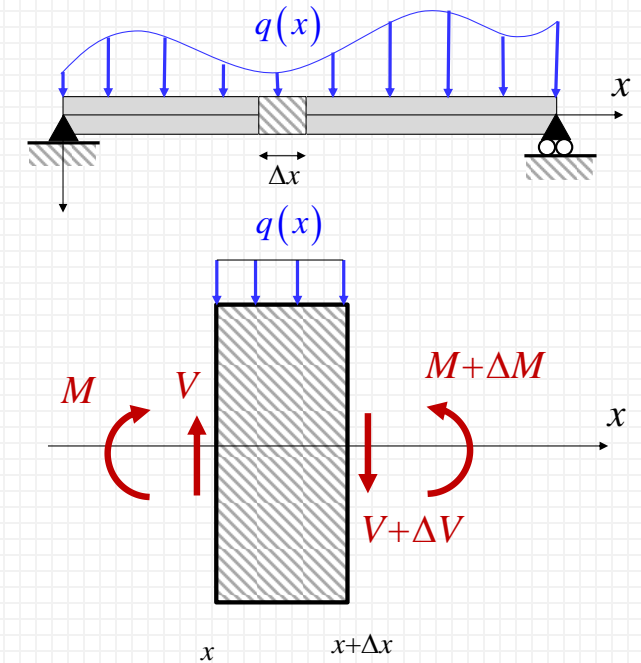
$$EI_{zz} \frac{d^2 v}{dx^2} = -M(x)$$

$$\frac{d^2}{dx^2} \left(EI_{zz} \frac{d^2 v}{dx^2} \right) = q(x)$$

$$EI_{zz} \frac{d^4 v}{dx^4} = q(x) \quad (x = \text{const})$$

קשר בין מומנט כפיפה ושקיעה

נציב ונקבל את המשוואה של סדר 4



שקיעה של קורות בכפיפה – משוואה סדר 4

משוואה דיפרנציאלית

$$EI_{zz} \frac{d^4 v}{dx^4} = q(x) \quad (x = \text{const})$$

תנאי שפה

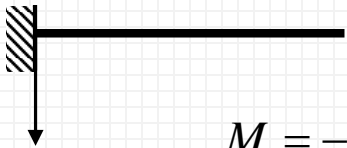
שקיעה של קורות בכפיפה – משוואה סדר 4

משוואה דיפרנציאלית

$$EI_{zz} \frac{d^4 v}{dx^4} = q(x) \quad (x = \text{const})$$

תנאי שפה

Clamped, fixed ריתום Free



$$M = -EIv'' = 0$$

$$V = -EIv''' = 0$$

Clamped, fixed ריתום Clamped, fixed ריתום



$$v = 0$$

$$v' = 0$$

$$v = 0$$

$$v' = 0$$

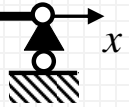
Hinge סמך (פרק)



$$v = 0$$

$$M = -EIv'' = 0$$

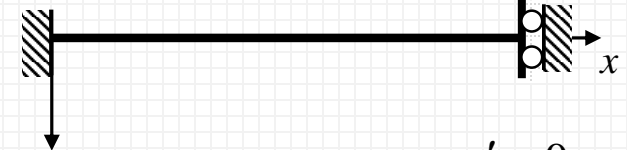
Hinge סמך (פרק)



$$v = 0$$

$$M = -EIv'' = 0$$

Clamped, fixed ריתום



$$v' = 0$$

$$V = -EIv''' = 0$$

Symmetry

משוואה דיפרנציאלית

$$EI_{zz} \frac{d^4 v}{dx^4} = q_0 \sin\left(\frac{\pi x}{L}\right)$$

אינטגרציה

$$EI_{zz} \frac{d^3 v}{dx^3} = C_1 - q_0 \frac{L}{\pi} \cos\left(\frac{\pi x}{L}\right)$$

$$EI_{zz} \frac{d^2 v}{dx^2} = C_2 + C_1 x - q_0 \left(\frac{L}{\pi}\right)^2 \sin\left(\frac{\pi x}{L}\right)$$

$$EI_{zz} \frac{d v}{dx} = C_3 + C_2 x + C_1 \frac{x^2}{2} + q_0 \left(\frac{L}{\pi}\right)^3 \cos\left(\frac{\pi x}{L}\right)$$

$$EI_{zz} v = C_4 + C_3 x + C_2 \frac{x^2}{2} + C_1 \frac{x^3}{6} + q_0 \left(\frac{L}{\pi}\right)^4 \sin\left(\frac{\pi x}{L}\right)$$

$$v(0) = 0 \rightarrow C_4$$

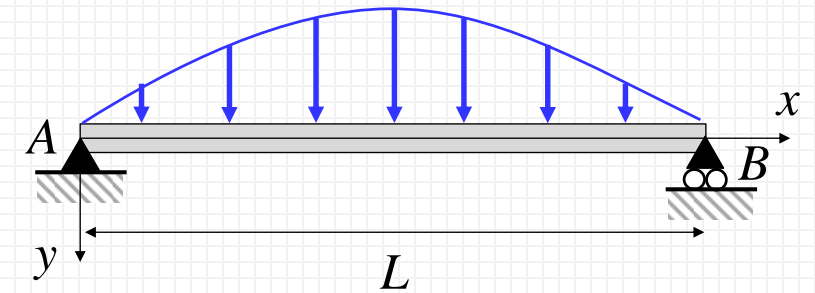
תנאי שפה

$$M(0) = -EI_{zz} v''(0) = 0 \rightarrow C_2 = 0$$

$$EI_{zz} v''(L) = -M(L) = C_1 L - q_0 \left(\frac{L}{\pi}\right)^2 \sin\left(\frac{\pi L}{L}\right) = 0 \rightarrow C_1 = 0$$

$$v(L) = \frac{1}{EI_{zz}} \left[C_3 L + q_0 \left(\frac{L}{\pi}\right)^4 \sin\left(\frac{\pi L}{L}\right) \right] = 0 \rightarrow C_3 = 0 \rightarrow v(x) = \frac{q_0}{EI_{zz}} \left(\frac{L}{\pi}\right)^4 \sin\left(\frac{\pi x}{L}\right)$$

$$q(x) = q_0 \sin\left(\frac{\pi x}{L}\right)$$



כוח גזירה ומומנט פנימי

$$M(x) = -EI_{zz} \frac{d^2 v}{dx^2} = q_0 \left(\frac{L}{\pi}\right)^2 \sin\left(\frac{\pi x}{L}\right)$$

$$V(x) = \frac{dM}{dx} = -EI_{zz} \frac{d^3 v}{dx^3} = \frac{q_0 L}{\pi} \cos\left(\frac{\pi x}{L}\right)$$

$$v(x) = \frac{q_0}{EI_{zz}} \left(\frac{L}{\pi} \right)^4 \sin \left(\frac{\pi x}{L} \right) \quad \text{שקיעה}$$

כוח גזירה ומומנט פנימי

$$M(x) = -EI_{zz} \frac{d^2 v}{dx^2} = q_0 \left(\frac{L}{\pi} \right)^2 \sin \left(\frac{\pi x}{L} \right)$$

$$V(x) = \frac{dM}{dx} = -EI_{zz} \frac{d^3 v}{dx^3} = \frac{q_0 L}{\pi} \cos \left(\frac{\pi x}{L} \right)$$

