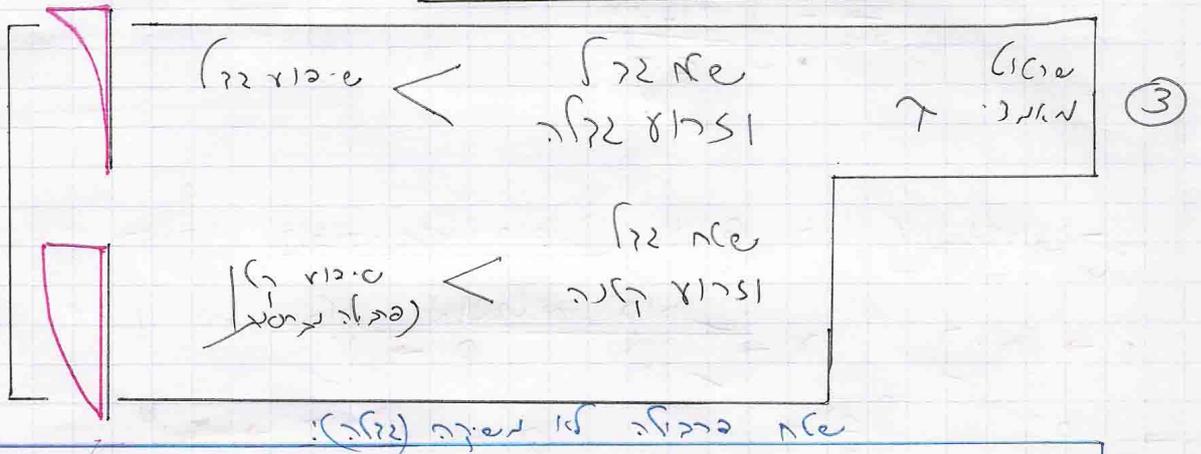


תנאים

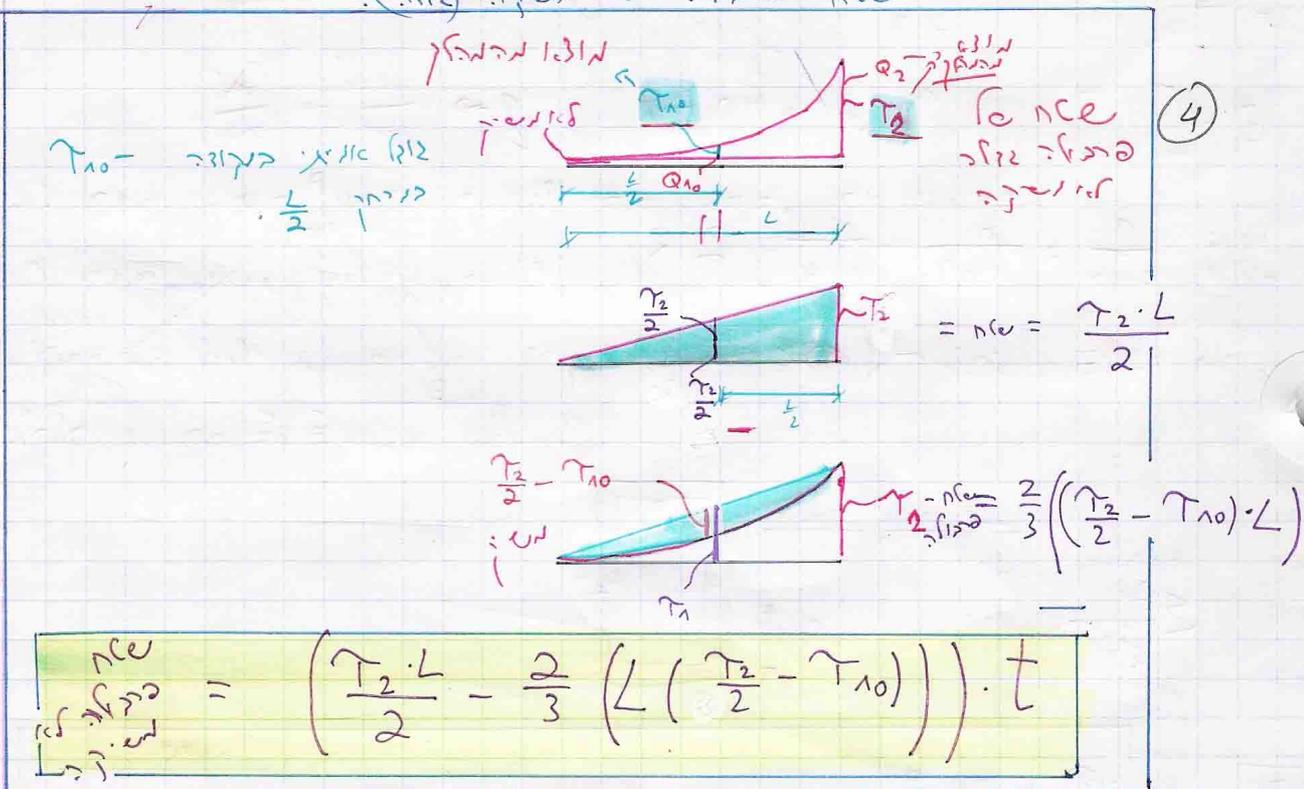
$$\frac{d\theta}{dx} = \frac{1}{EI} \int M dx + \theta \cdot L + \frac{1}{EI} \int C dx \quad \times 3 \quad (1)$$

$$\theta = \frac{1}{EI} \int M dx + \theta \cdot L + \frac{1}{EI} \int C dx \quad \times 2$$

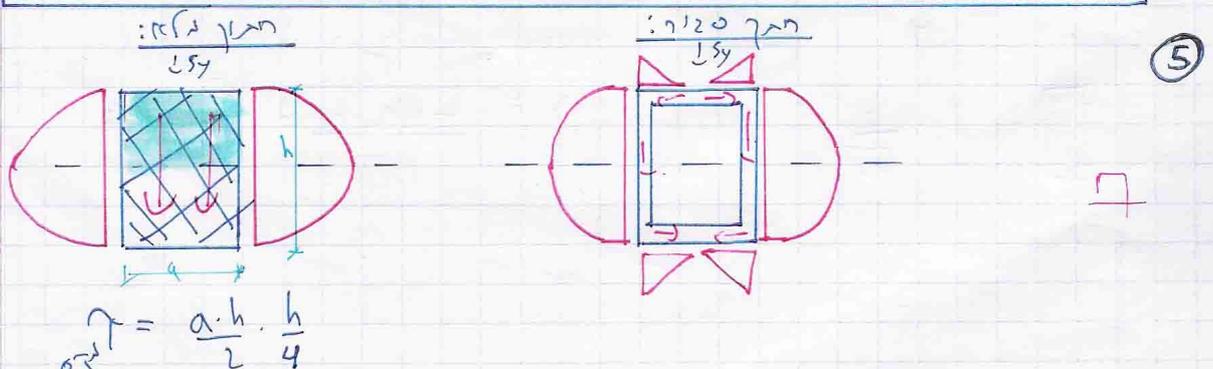
$$\theta_{\text{ממו}} = \theta_{\text{ממו}} + \theta_{\text{ממו}} \rightarrow \frac{ML}{GJ}$$



התפלגות
התפלגות
התפלגות



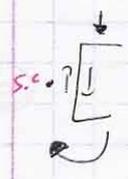
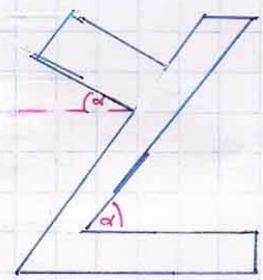
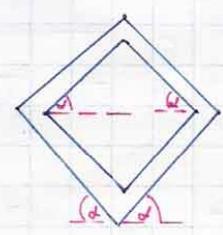
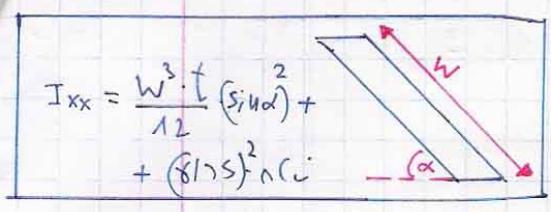
$$\tau_{\text{ממו}} = \left(\frac{\tau_2 \cdot L}{2} - \frac{2}{3} \left(L \left(\frac{\tau_2}{2} - \tau_{10} \right) \right) \right) \cdot t$$



המסה $I_{xx} = \frac{b \cdot h^3}{12} + (n c e) \cdot (\sin \alpha)^2 \rightarrow [mm^4]$

המסה $I_{xx} = \frac{\pi R^4}{4}$

המסה $I_{xx} = \frac{b \cdot h^3}{12} + (n c e) \cdot (\sin \alpha)^2 \rightarrow [mm^4]$ (6)



המסה $M_t = S_y(x) \cdot e$

המסה $M_t = S_y(x) \cdot e$ (7)

המסה $\theta = \int \frac{M_t dx}{G \cdot J}$

(8)

$J \rightarrow [mm^4]$

המסה $J \rightarrow [mm^4]$

המסה $K \rightarrow [mm^4]$

המסה $J \rightarrow [mm^4]$

(9)

$i \rightarrow [mm]$

המסה $\lambda \rightarrow [mm]$

המסה $P \rightarrow [N]$

$G \rightarrow [MPa]$

המסה $\frac{ds}{t} \rightarrow [mm]$

המסה $Q \rightarrow (N)^3, I \rightarrow (mm)^4$

(10)

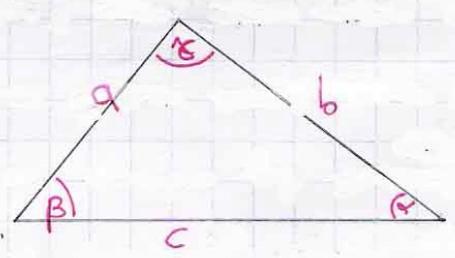
$E \rightarrow [MPa]$

המסה $\tau, \delta \rightarrow MPa \frac{N}{(mm)^2}$

המסה $g \rightarrow \frac{N}{mm}$

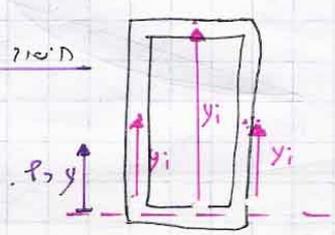
המסה $\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma} = 2R$

המסה $a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos \alpha$



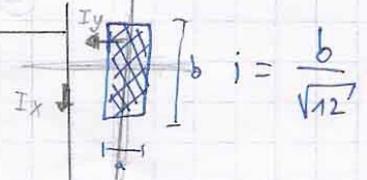
(11)

המסה $\frac{\sum A \cdot y_i}{\sum A} = \bar{y}$



המסה $i = \sqrt{\frac{I_{xly}}{A}}$

המסה $i = \frac{d}{4}$



המסה $(L_{cr})_1 (m)$

המסה $\lambda = \frac{L_{cr}}{i}$

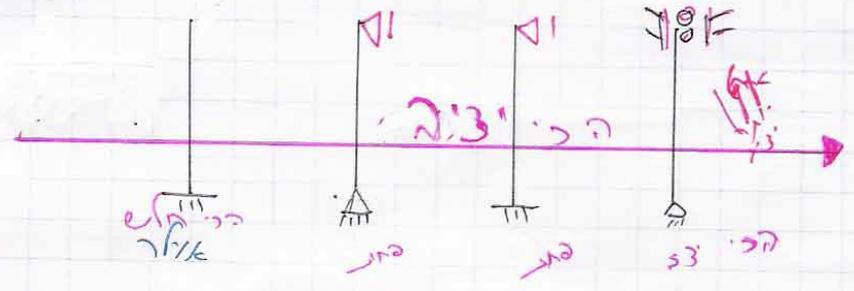
המסה $\lambda = \frac{L_{cr}}{i}$

(12)

3)

לפי זרימה (??)
 2.3
 1.07
 1.17

~~...~~ k=2 k=1 k=0.7 k=0.5



$\lambda > 100 \rightarrow$
 $100 > \lambda > 60 \rightarrow$
 $\lambda < 60$

על פי כח
 כח
 כח

$\lambda = 1.00$
 $\lambda = 6$

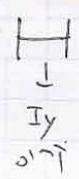
(12)
$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(\lambda cr)^2 \cdot k} = \frac{N}{\lambda}$$

per 12

התאמה

per 12

דרי $I_y = I$



(13)
$$P_{cr} = \frac{3100 - 11.4\lambda}{293 - 1.93\lambda} \cdot A$$

שאלה 14

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$
 [Mpa]

(13)

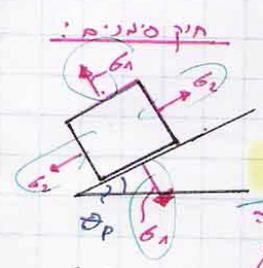
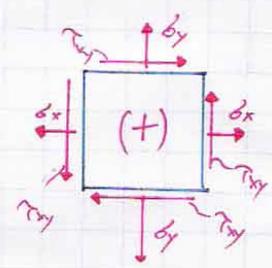
$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

השאלה 14

(14)

$$\tan(2\theta_p) = \frac{2\tau_{xy}}{\sigma_x}$$

$$\sigma_x = \sigma_1 + \sigma_2$$



השאלה 14

השאלה 14

q/P מיתר:

פרמטרים ג'ע. מ'כ'ס'י

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{My}{I}$$

- 1 נרמט ק 5 פ'ט'ס'י
- 2 כ'ס'פ'ה

פרמטרים ג'ע. מ'כ'ס'י

$$\tau = \tau_1 + \tau_2$$

- 3 ג'ט'י'ה כ'ס'פ'ה
- 4 פ'ט'ו'ל

5 ק'ר'יס'ה
ט'ל מ'ט'ו'ל
(מ'ט'ו'ל 3-2)

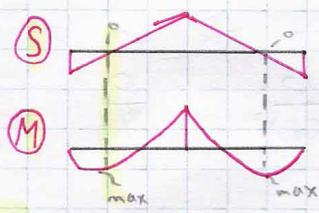
$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(L_{eff})^2 k}$$

$$P_{cr} = \sigma \cdot A$$

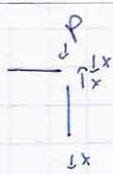
ק'ט'ו'ן מ'ט'ו'ל q/P ק'ט'ו'ן ב'י'ת'ר מ'כ'ס'י (ג'ט'ו'ל)

ז'ט'ו'ן מ'ט'ו'ל ק'ט'ו'ן ג'ט'ו'ן מ'כ'ס'י

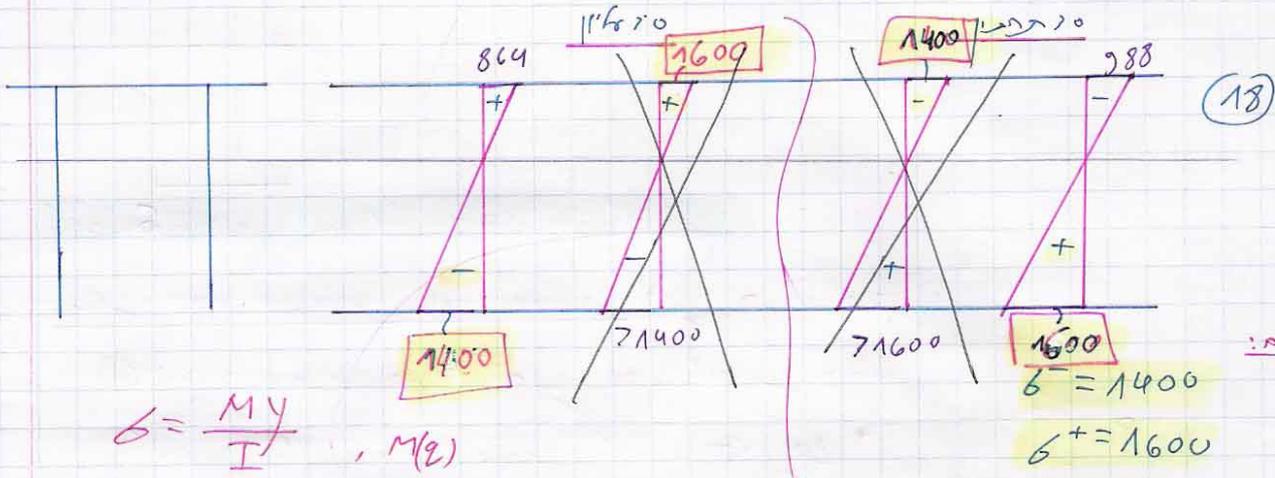
מ'ט'ו'ל מ'ט'ו'ל מ'כ'ס'י



מ'ט'ו'ל מ'ט'ו'ל מ'כ'ס'י



17) כוח חיצוני נשאר, כבידה, זהו σ הממוצע באזור! כן כוח פנימי (x) אנו נמדד ככוחות ארוגים.



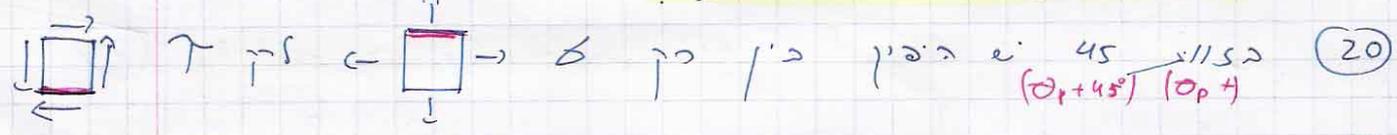
* נקודת אג"ז היא הנקודה בנקודה (x, y) .
* נקודת אג"ז היא h - המרחק בין הנקודה בנקודה (x, y) לנקודת המרכז.

19)

$z_1 = \frac{M}{\sigma} = \frac{400000}{1600} = 250$ נקודה 1 $z_1 = 250$

$z_2 = \frac{M}{\sigma} = \frac{4000}{1400} = 20.1$ נקודה 2 $z_2 = 20.4$

היציב אג"ז הוא הנקודה בנקודה!



21) אנו אנו באזור הקורה או למטה הקורה τ פנימי τ חיצוני.

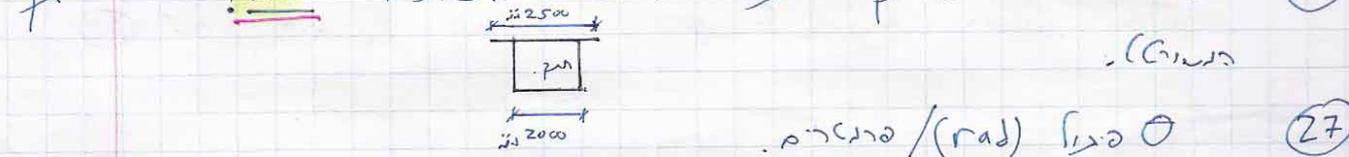
פנימי הולך τ למטה! τ חיצוני σ פנימי ופנימי.

22) τ_{xy} הוא המרחק בין הנקודה למרכז הנקודה $\tau = \tau_{xy}$ וזהו המרחק בין הנקודה למרכז הנקודה!

23) σ_{xy} הוא המרחק בין הנקודה למרכז הנקודה $\sigma = \sigma_{xy}$ וזהו המרחק בין הנקודה למרכז הנקודה!

24) τ_{xy} הוא המרחק בין הנקודה למרכז הנקודה $\tau = \tau_{xy}$ וזהו המרחק בין הנקודה למרכז הנקודה!

25) τ_{xy} הוא המרחק בין הנקודה למרכז הנקודה $\tau = \tau_{xy}$ וזהו המרחק בין הנקודה למרכז הנקודה!



28) G הוא המרחק בין הנקודה למרכז הנקודה $G = G$ וזהו המרחק בין הנקודה למרכז הנקודה!

E הוא המרחק בין הנקודה למרכז הנקודה $E = E$ וזהו המרחק בין הנקודה למרכז הנקודה!

40) אסדני בדיק לביטוי, אף בר ברנאוס

מקום קבועים
מקום קבועים $= (b+t)^2 - (b-t)^2$

41) $I_x (cm^4) \rightarrow I_x (m^4) \cdot (10^4) \rightarrow I_x (mm^4)$

42) אם יש I_{PB} כדאי להוסיף

43) ניסוח של סביבה:

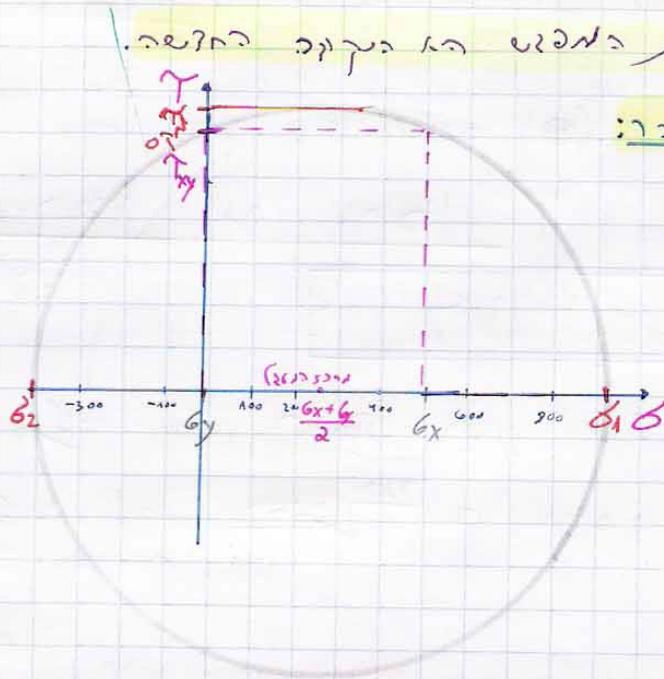
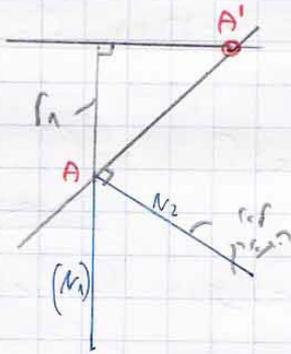
2) מציאת כיוון

2) מסמן המאונך והקבוצה

2) מעביר ניצבים, (בין סרט ג')!

2) נקודה המפגש היא הנקודה המבוקשת

44) מצא את:



45) $\tan(2\theta_p) = \frac{\text{כיוון סיני}}{\text{כיוון קוסינוס}}$ ← כיוון המאונך הראשי ← כיוון

46) שלב אחרון Δp

1) p אסדני כוח + בדיק למאונכים

2) פתרונות מדויקים לא מסוימים

3) חישוב Δp

4) $p_{tot} = p + \Delta p$, תוצר Δp שגויים וכן p אסדני כוח

כדי לחזור p אסדני

5) בדיק למאונכים
פ' p_{tot} ! ומאונכים שגויים

47) לפיך אתר התרומה (טל שיה נחשב) אחריות קצתה סאני יוקר ארשת.

15 ק"ג... גשמי הבלתי.

48) - לזו ארשן סני סעיס קנהה, שלק שלק, ארשת סאני לזו ארשן סני סעיס קנהה. ארשת סאני לזו ארשן סני סעיס קנהה. ארשת סאני לזו ארשן סני סעיס קנהה.

48) ארשת סני סעיס קנהה ארשת סני סעיס קנהה. ארשת סני סעיס קנהה ארשת סני סעיס קנהה. ארשת סני סעיס קנהה ארשת סני סעיס קנהה.

49) ארשת סני סעיס קנהה ארשת סני סעיס קנהה.

50) ארשת סני סעיס קנהה ארשת סני סעיס קנהה. ארשת סני סעיס קנהה ארשת סני סעיס קנהה.

51) ארשת סני סעיס קנהה ארשת סני סעיס קנהה.

52) ארשת סני סעיס קנהה ארשת סני סעיס קנהה. ארשת סני סעיס קנהה ארשת סני סעיס קנהה.

53) ארשת סני סעיס קנהה ארשת סני סעיס קנהה. ארשת סני סעיס קנהה ארשת סני סעיס קנהה.

ארשת סני סעיס קנהה ארשת סני סעיס קנהה.

ארשת סני סעיס קנהה ארשת סני סעיס קנהה.

ארשת סני סעיס קנהה ארשת סני סעיס קנהה.

54) ארשת סני סעיס קנהה ארשת סני סעיס קנהה. ארשת סני סעיס קנהה ארשת סני סעיס קנהה.

55) ארשת סני סעיס קנהה ארשת סני סעיס קנהה. ארשת סני סעיס קנהה ארשת סני סעיס קנהה.

ארשת סני סעיס קנהה ארשת סני סעיס קנהה.

ארשת סני סעיס קנהה ארשת סני סעיס קנהה.

ארשת סני סעיס קנהה ארשת סני סעיס קנהה. ארשת סני סעיס קנהה ארשת סני סעיס קנהה.

ארשת סני סעיס קנהה ארשת סני סעיס קנהה.

56) ארשת סני סעיס קנהה ארשת סני סעיס קנהה. ארשת סני סעיס קנהה ארשת סני סעיס קנהה.

57) ארשת סני סעיס קנהה ארשת סני סעיס קנהה. ארשת סני סעיס קנהה ארשת סני סעיס קנהה.

58) ארשת סני סעיס קנהה ארשת סני סעיס קנהה. ארשת סני סעיס קנהה ארשת סני סעיס קנהה.

חוקי פיתוח	מקדם מולא	חוקי סגור	צניור דק דופן	צניור	עגול מולא	
$\frac{M_T^{max}}{J_{eq}}$	$\frac{M_T}{ahb^2}$	$\frac{M_T}{2A_m t_{min}}$	$\frac{M_T R}{J}$	$\frac{M_T R}{J}$	$\frac{M_T R}{J}$	τ_{max}
$\frac{M_T L}{\eta G J_{eq}}$	$\frac{M_T L}{G \eta h b^3}$	$\frac{M_T L}{G J}$	$\frac{M_T L}{G J}$	$\frac{M_T L}{G J}$	$\frac{M_T L}{G J}$	θ
$J_{eq} = \frac{1}{3} \sum b_i t_i^3$		$J = \frac{4A_m^2}{\int \frac{ds}{r}}$ (מאילן) השהטה המוקף עיני צניר החתוך	$J = 2\pi R^3 t$	$J = I_p = \frac{\pi(R^4 - r^4)}{2}$	$J = I_p = \frac{\pi R^4}{2}$	J

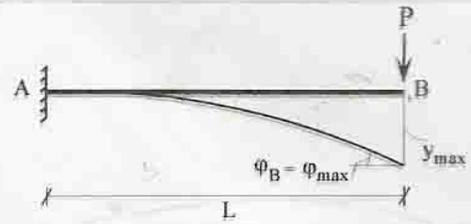
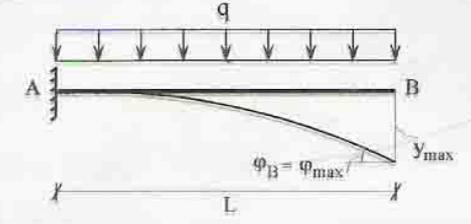
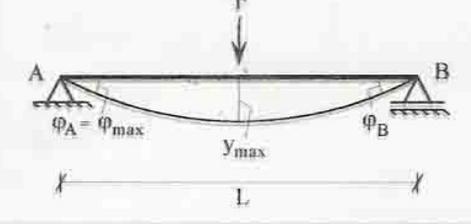
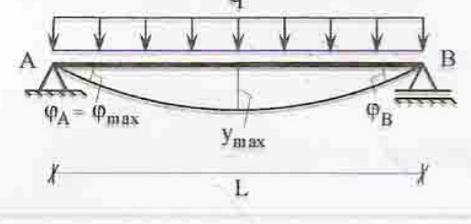
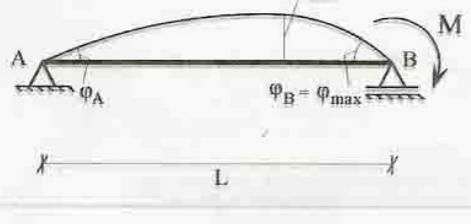
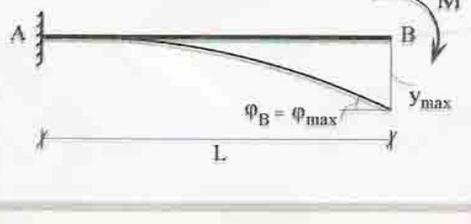
היחס h/b	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	6.0	8.0	10.0	∞
α	0.208	0.231	0.246	0.267	0.282	0.299	0.307	0.313	0.333
β	0.140	0.196	0.229	0.263	0.281	0.299	0.307	0.313	0.333
γ	1.0	0.858	0.796	0.753	0.745	0.743	0.743	0.743	0.743

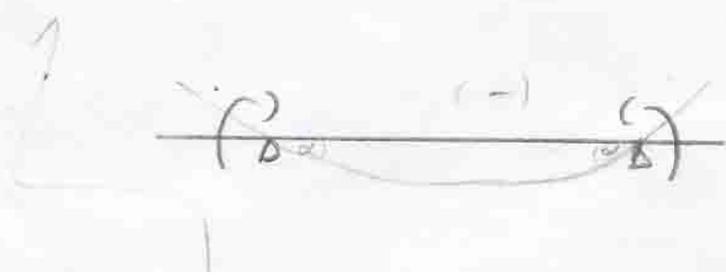
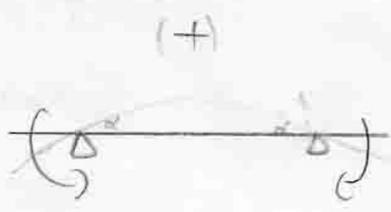
פרופיל	L	C	T	+	I	I
η	0.99	1.12	1.12	1.17	1.31	1.29

$$EI y''(x) = -M(x)$$

קו אלסטי:

קטגורי

שקועה (y_{max})	שיפוע	משוואת הקו האלסטי	מקרה	
$\frac{PL^3}{3EI}$	$\varphi_B = \frac{PL^2}{2EI}$	$y = \frac{PLx^2}{6EI} \left(3 - \frac{x}{L} \right)$		1
$\frac{qL^4}{8EI}$	$\varphi_B = \frac{qL^3}{6EI}$	$y = \frac{qL^2x^2}{24EI} \left(6 + \frac{x^2}{L^2} - 4 \frac{x}{L} \right)$		2
$\frac{PL^3}{48EI}$	$\varphi_A = \frac{PL^2}{16EI}$ $\varphi_B = -\varphi_A$	$0 < x < L/2$ $y = \frac{PL^3}{16EI} \left(\frac{x}{L} - \frac{4}{3} \frac{x^3}{L^3} \right)$		3
$\frac{5qL^4}{384EI}$	$\varphi_A = \frac{qL^3}{24EI}$ $\varphi_B = -\varphi_A$	$y = \frac{qL^4}{24EI} \left(\frac{x}{L} - 2 \frac{x^3}{L^3} + \frac{x^4}{L^4} \right)$		4
$\frac{ML^2}{9\sqrt{3}EI}$ $\left(y_{L/2} = \frac{ML^2}{16EI} \right)$	$\varphi_B = \frac{ML}{3EI}$ $\varphi_A = -\frac{1}{2} \varphi_B$	$y = -\frac{MLx}{6EI} \left(1 - \frac{x^2}{L^2} \right)$		5
$\frac{ML^2}{2EI}$	$\varphi_B = \frac{ML}{EI}$	$y = \frac{Mx^2}{2EI}$		6



טרנספורמציה מאמצים:

115
112

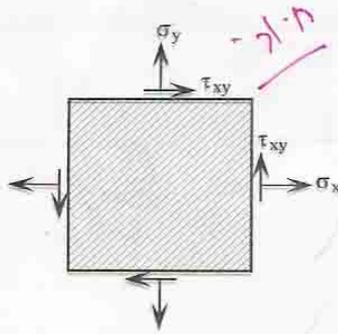
$$\sigma_\theta = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \cos(2\theta) + \tau_{xy} \sin(2\theta)$$

$$\sigma_{\theta+90^\circ} = \sigma_x + \sigma_y - \sigma_\theta$$

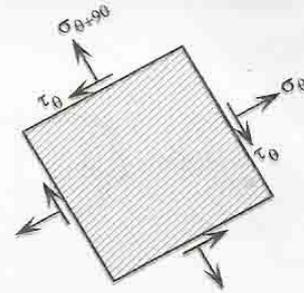
$$\tau_\theta = \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \sin(2\theta) - \tau_{xy} \cos(2\theta)$$

דק אנקני

$$\sigma_x + \sigma_y = \sigma_1 + \sigma_2$$



קוביה מקורית



קוביה מסובבת

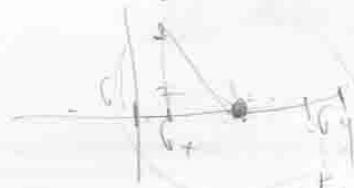
יכוין (-, +)
האמצעים

$$\tan(2\theta_p) = \frac{2\tau_{xy}}{\sigma_x - \sigma_y}$$

$$\tan = \infty = 90$$

האמצעים
האמצעים

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$



מאמצים ראשיים:

$$\tan(2\theta_p) = 0$$

$$\theta_s = \theta_p \pm 45^\circ$$

$$|\tau_{max}| = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$



מאמצי גזירה מקסימאליים:

$$\sigma_{\theta_s} = \sigma_{\theta_s+90^\circ} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2}$$

$$\sigma_x \rightarrow \epsilon_x, \quad \sigma_y \rightarrow \epsilon_y, \quad \tau_{xy} \rightarrow \frac{\gamma_{xy}}{2}$$

טרנספורמציה עיבורים:

$$\epsilon_{1,2} = \frac{\epsilon_x + \epsilon_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\epsilon_x - \epsilon_y}{2}\right)^2 + \left(\frac{\gamma_{xy}}{2}\right)^2}$$



$$\epsilon_x = \frac{1}{E} [\sigma_x - \nu \sigma_y]$$

$$\epsilon_y = \frac{1}{E} [\sigma_y - \nu \sigma_x]$$

$$\gamma_{xy} = \frac{\tau_{xy}}{G}$$

חוק הוק:

מקרה

מהלך כוחות גזירה

מהלך מומנטי כפיפה

