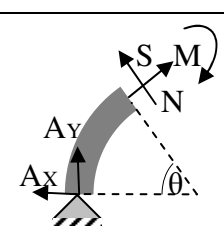
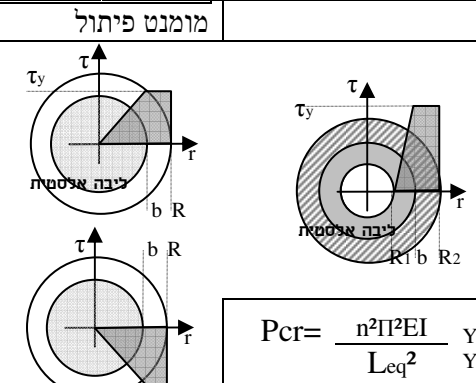
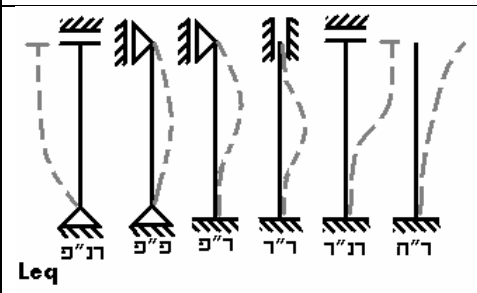
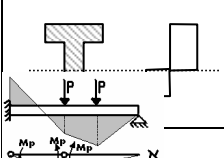
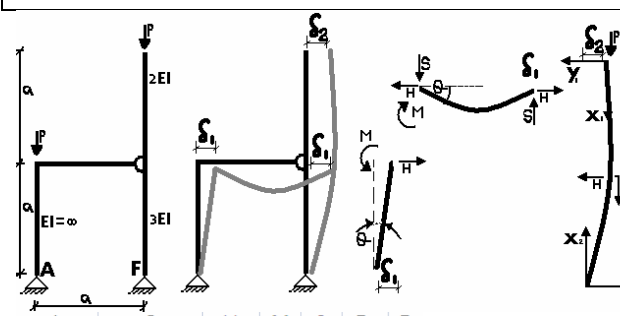
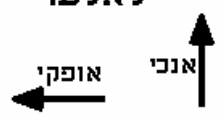
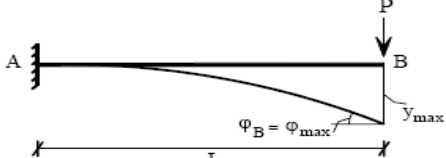
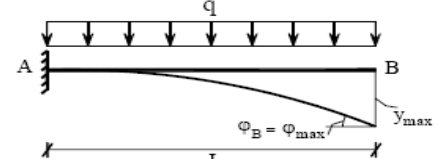
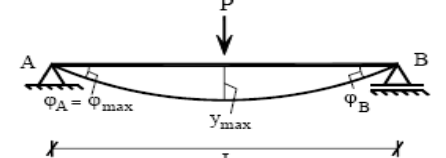
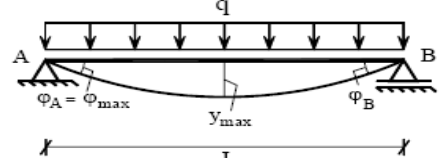
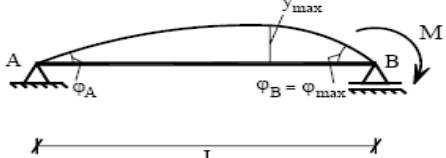
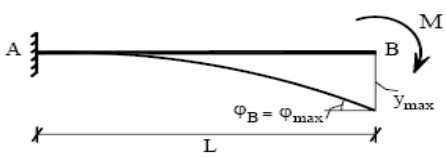








דף נוסחאות לקורסים בחזקת חומרים / אסף דסברג

$\int \frac{N^2(x)}{2EA} dx + \int \frac{M^2(x)}{2EI} dx + \int \frac{MT^2(x)}{2GJ} dx + \int \frac{V^2(x)\kappa}{2GA} dx = U^*$ <p>עבודה אנרגיית עיבורים</p>	<p>עבודה $W = \frac{1}{2}M\theta_f$ $W = \frac{1}{2}P\delta_f$</p>																																																									
$\int \frac{N(x)}{EA} dx + \int \frac{M(x)}{EI} dx + \int \frac{MT(x)}{GJ} dx + \int \frac{V(x)\kappa}{GA} dx = \frac{\partial U^*}{\partial P_{1.0}}$ <p>קסטליאנו</p>	<p>עבודה אנרגיה $U(\sigma, \epsilon) = W(P, \delta)$</p>																																																									
 <p> $M(\theta) = -A_y R(1 - \cos \theta) - A_x R \sin \theta$ $S(\theta) = -A_y \sin \theta + A_x \cos \theta$ $N(\theta) = -A_y \cos \theta - A_x R \sin \theta$ </p> $\int \frac{N^2(\theta)}{2EA} R d\theta + \int \frac{M^2(\theta)}{2EI} R d\theta = U^*$ <p>ממלאים לכל מוט ומסכמים בעמודה האחרונה</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>NL</td> <td>$\frac{\partial N(x)}{\partial P}$</td> <td>$\frac{\partial N(x)}{\partial P}$</td> <td>A</td> <td>E</td> <td>אורך</td> <td>Nחנה</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>שטח</td> <td></td> <td>L</td> <td></td> </tr> </table>	NL	$\frac{\partial N(x)}{\partial P}$	$\frac{\partial N(x)}{\partial P}$	A	E	אורך	Nחנה				שטח		L		<p>ס"פ קסטליאנו הצבת כח מדומה בנק' ובכיוון התווזה. לפתור את המבנה אם הוא לא מסויים. מציאת מהלכי כוחות עם תלות בכח המדומה. גזירת כל כח לפי הכח המדומה. הצבה בנוסחת קסטליאנו. איפוס כח מדומה. קסטליאנו במזבח יש רק כח צירי לכן כדי לקחת טבלה</p>																																											
NL	$\frac{\partial N(x)}{\partial P}$	$\frac{\partial N(x)}{\partial P}$	A	E	אורך	Nחנה																																																				
			שטח		L																																																					
<p>כפיפה וגזירה כללית</p> $\sigma_{xx} = \frac{(-M_y I_{yz} - M_z I_{yy})Y + (M_y I_{zz} + M_z I_{yz})Z}{I_{yy} I_{zz} - I_{yz}^2} + \frac{N}{A}$	<p>מומנט פיתול</p> 	<p>קריסה שלבים כללי כוחות חיצוניים ופנימיים $M = EI y''$ חיובי או שלילי לפי פרבולה בצורת הכפיפה מישוואה דפרנציאלית תנאי שפה $Det=0$ מציאת AB מקבלים $Y(X)$</p>																																																								
$\tau = \frac{(-V_z I_{yz} + V_y I_{yy})Q_z + (V_z I_{zz} - V_y I_{yz})Q_y}{b(I_{yy} I_{zz} - I_{yz}^2)}$	<p>פיתרון למשוואה דפרנציאלית</p> $Pcr = \frac{n^2 \pi^2 EI}{L_{eq}^2}$ $Y'' + K^2 Y = Q$ $Y = A \sin Kx + B \cos Kx + Q/K^2$																																																									
$I_{\eta\eta} = \frac{1}{2}(I_{yy} - I_{zz}) + \frac{1}{2}(I_{yy} - I_{zz})\cos 2\theta - I_{yz}\sin 2\theta$ $I_{\zeta\zeta} = \frac{1}{2}(I_{yy} - I_{zz}) - \frac{1}{2}(I_{yy} - I_{zz})\cos 2\theta + I_{yz}\sin 2\theta$ <p>צירים ראשיים מומנט אנרזיה משולב שווה אפס</p> $I_{\eta\zeta} = -\frac{1}{2}(I_{yy} - I_{zz})\sin 2\theta + I_{yz}\cos 2\theta$	<p>פרק פלסטי $C = T$ $C = \int \int \sigma dA$</p> <p>מומנט כל צורה מהמרכזית שלה</p> 	<p>מנגנוני כשל</p> <ol style="list-style-type: none"> מהלך מומנטים כללי מציאת מנגנונים אפשריים בדיקה ע"פ P_p הכי נמוך או מומנטים 																																																								
	$b = R \left[4 \left(1 - \frac{T}{T_p} \right) \right]^{1/3}$ $T = 2\pi \int_{R_1}^b \frac{\tau_y r^3}{b} dr + 2\pi \int_b^{R_2} \tau_y r^2 dr$ $T = 2\pi \tau_y \left(\frac{b^3}{3} - \frac{b^3}{12} \right)$	<p>לא לעד</p> <p>אנכי אופקי</p> 																																																								
<table border="1" style="width:100%; text-align: center;"> <tr> <td>A</td> <td>C</td> <td>H</td> <td>M</td> <td>θ</td> <td>δ_1</td> <td>δ_2</td> </tr> <tr> <td>$\sin K_1 a$</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>-1</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>$\sin K_2 a$</td> <td>-a/p</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>-1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>$K_1 \cos K_1 a$</td> <td>$-K_2 \cos K_2 a$</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>-a</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>-p</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>p</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>-a</td> <td>$3EI$</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>a</td> <td>-1</td> <td>0</td> </tr> </table>	A	C	H	M	θ	δ_1	δ_2	$\sin K_1 a$	0	0	0	0	1	-1	0	$\sin K_2 a$	-a/p	0	0	-1	0	$K_1 \cos K_1 a$	$-K_2 \cos K_2 a$	0	0	0	0	0	0	0	-a	1	0	-p	0	0	0	0	0	0	0	p	0	0	0	-a	$3EI$	0	0	0	0	0	0	a	-1	0	$K_2^2 = \frac{P}{3EI}$ $K_1^2 = \frac{P}{2EI}$ <p>$\Sigma MA = 0, -p\delta_1 + M - Ha = 0$ $\theta = \delta_1/a$</p> <p>$EI y_1'' + P y_1 = 0$ $EI y_2'' + P y_2 - H x_2 = 0$ $y_1(a) = \delta_2 - \delta_1$ $y_1(0) = 0$ $y_2(a) = \delta_1$ $y_2(0) = 0$</p>	<p>צורת הקריסה נעלמים גיאומטריים כוחות קשרים בין נעלמים עקב שיווי משקל קשרים בין נעלמים עקב דפורמציה אפקט רורדה משוואות דפרנציאליות תנאי שפה דטרמיננטה</p>
A	C	H	M	θ	δ_1	δ_2																																																				
$\sin K_1 a$	0	0	0	0	1	-1																																																				
0	$\sin K_2 a$	-a/p	0	0	-1	0																																																				
$K_1 \cos K_1 a$	$-K_2 \cos K_2 a$	0	0	0	0	0																																																				
0	0	-a	1	0	-p	0																																																				
0	0	0	0	0	0	p																																																				
0	0	0	-a	$3EI$	0	0																																																				
0	0	0	0	a	-1	0																																																				

שקיעה (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

חתך פתוח	מלבן מלא	חתך סגור	צינור דק דופן	צינור	עגול מלא	
$\frac{M_T t_{max}}{J_{eq}}$	$\frac{M_T}{\alpha h b^2}$	$\frac{M_T}{2A_m t_{min}}$	$\frac{M_T R}{J}$	$\frac{M_T R}{J}$	$\frac{M_T R}{J}$	τ_{max}
$\frac{M_T L}{\eta G J_{eq}}$	$\frac{M_T L}{G \beta h b^3}$	$\frac{M_T L}{G J}$	$\frac{M_T L}{G J}$	$\frac{M_T L}{G J}$	$\frac{M_T L}{G J}$	θ
$J_{eq} = \frac{1}{3} \sum b_i t_i^3$		$J = \frac{4A_m^2}{\oint \frac{ds}{t}}$ A _m : השטח המוקף ע"י ציר החתך	$J = 2\pi R^3 t$	$J = I_p = \frac{\pi(R^4 - r^4)}{2}$	$J = I_p = \frac{\pi R^4}{2}$	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

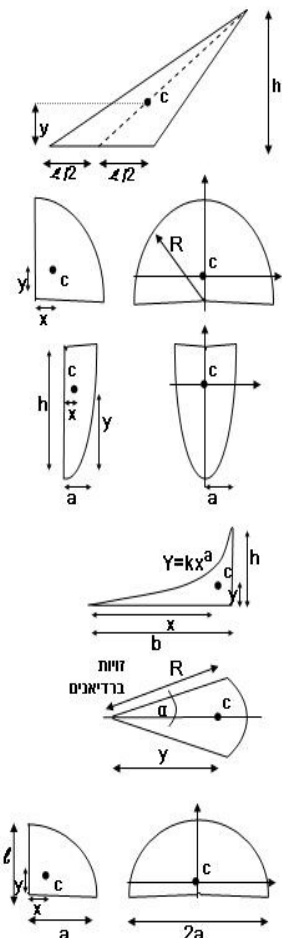
פרופיל						
η	0.99	1.12	1.12	1.17	1.31	1.29

טבלת נוסחאות חוזק מאת יצחק לבנון

ρ מומנט ע"פ רדיוס עקמומיות $EIY''(x) = -M(x)$	$\tau = \frac{MTR}{J_0}$ פיתול יש טבלה	$\delta = \frac{NL}{EA}$ כח צירי
זווית θ לקו האלסטי $EIY'(x) = -\int M(x) + C_1$ יש למצוא קבועים ע"פ תנאים	$\theta = \frac{MTL}{GJ_0}$	$\sigma = \frac{My}{I}$ כפיפה
ציר האלסטי (שקיעה) $EIY(x) = -\int\int M(x) + C_1X + C_2$	$\varphi = \theta L$	$\tau = \frac{VQ}{Ib}$ גזירה
עיבור למאמצי חום $\epsilon = \alpha \Delta T$	$\gamma = \theta r$ עיבור בקשת	
$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$	$\gamma_{xy} = 2\epsilon_{xy} = \tau_{xy} \frac{1}{G}$	$\sigma_{xx} = \frac{E}{1-\nu^2} (\epsilon_{xx} - \nu(\epsilon_{yy} + \epsilon_{zz}))$ קשר עיבור- מאמץ אפשר להחליף צירים
$\epsilon = \frac{\Delta L}{L}$ הגדרת עיבור	$\epsilon_{xx} = \frac{1}{E} (\sigma_{xx} - \nu(\sigma_{yy} + \sigma_{zz}))$ (פואסון)	קשר מאמץ- עיבור
טרנספורמציות מאמצים $\sigma_{xx} + \sigma_{yy} = \sigma_{nn} + \sigma_{tt} = \text{invariant}$ $\sigma_{nn} = \sigma_{xx}\cos^2\theta + \sigma_{yy}\sin^2\theta + 2\tau_{xy}\sin\theta\cos\theta$ $\sigma_{tt} = \sigma_{xx}\sin^2\theta + \sigma_{yy}\cos^2\theta + 2\tau_{xy}\sin\theta\cos\theta$ $\tau_{nt} = \tau_{xy}(\sin^2\theta - \cos^2\theta) + (\sigma_{xx} - \sigma_{yy})\sin\theta\cos\theta$		טרנספורמציות עיבורים $\epsilon_{nn} = \epsilon_{xx}\cos^2\theta + \epsilon_{yy}\sin^2\theta + 2\epsilon_{xy}\sin\theta\cos\theta$ $\epsilon_{tt} = \epsilon_{xx}\sin^2\theta + \epsilon_{yy}\cos^2\theta + 2\epsilon_{xy}\sin\theta\cos\theta$ $\epsilon_{nt} = \epsilon_{xy}(\sin^2\theta - \cos^2\theta) + (\epsilon_{xx} - \epsilon_{yy})\sin\theta\cos\theta$
ניסוח אחר $\epsilon_{nn} = \frac{1}{2}(\epsilon_{xx} + \epsilon_{yy}) + \frac{1}{2}(\epsilon_{xx} - \epsilon_{yy})\cos 2\theta + \epsilon_{xy}\sin 2\theta$ $\epsilon_{tt} = \frac{1}{2}(\epsilon_{xx} + \epsilon_{yy}) - \frac{1}{2}(\epsilon_{xx} - \epsilon_{yy})\cos 2\theta - \epsilon_{xy}\sin 2\theta$ $\epsilon_{nt} = \epsilon_{xy}\cos 2\theta - \frac{1}{2}(\epsilon_{xx} - \epsilon_{yy})\sin 2\theta$		
$\theta_p - \theta_s = 45$	$\text{tg} 2\theta_p = \frac{2\tau_{xy}}{\sigma_{xx} - \sigma_{yy}}$ max מאמץ	$\text{tg} 2\theta_s = \frac{\sigma_{xx} - \sigma_{yy}}{-2\tau_{xy}}$ max גזירה
	$\text{tg} 2\theta_p = \frac{2\epsilon_{xy}}{\epsilon_{xx} - \epsilon_{yy}}$ max מאמץ	$\text{tg} 2\theta_s = \frac{\epsilon_{xx} - \epsilon_{yy}}{-2\epsilon_{xy}}$ max גזירה

אנרציות ומרכזיות

שטח	מרכזית בציר Y	מרכזית בציר X	צורה
$\frac{bh}{2}$	$\frac{h}{2}$		משולש
$\frac{\pi R^2}{4}$	$\frac{4R}{3\pi}$	$\frac{4R}{3\pi}$	רבע עיגול
$\frac{\pi R^2}{2}$	$\frac{4R}{3\pi}$	0	חצי עיגול
$\frac{2ah}{5}$	$\frac{3h}{5}$	$\frac{3a}{8}$	פרבול
$\frac{4ah}{3}$	$\frac{3h}{5}$	0	פרבולה
$\frac{bh}{a+1}$	$\frac{(1+a)h}{(2+a)4}$	$\frac{(1+a)b}{(2+a)}$	שטח מתחת לפונקציה $y=kx^a$
αR^2	0	$\frac{2R\sin\alpha}{3\alpha}$	סקטור מעגלי
$\frac{ba\pi}{4}$	$\frac{4b}{3\pi}$	$\frac{4a}{3\pi}$	רבע אליפסה
$\frac{ba\pi}{2}$	$\frac{4b}{3\pi}$	0	חצי אליפסה



I_x	I_y	I_x	מרכזית	שטח	צורה
$\frac{h}{\sqrt{12}}$	$\frac{hb^3}{12}$	$\frac{bh^3}{12}$	$C=h/2$	$A=hb$	משולש
$\frac{h}{\sqrt{18}}$	$\frac{hb^3}{48}$	$\frac{bh^3}{36}$	$C=h/3$	$\frac{A=hb}{2}$	רבע משולש
$\frac{h}{\sqrt{18}}$	$\frac{hb^3}{36}$	$\frac{bh^3}{36}$	$C=h/3$	$\frac{A=hb}{2}$	חצי משולש
$\frac{h\sqrt{a^2+4ab+b^2}}{\sqrt{18}(a+b)}$	$\frac{h(a+b)(a^2+b^2)}{48}$	$\frac{h^3(a^2+4ab+b^2)}{36(a+b)}$	$C=\frac{h(a+2b)}{3(a+b)}$	$\frac{A=h(b+a)}{2}$	משולש מוכל
$\frac{nR^4}{512}$	$\frac{R}{2}$	$\frac{nR^4}{64}$	$C=R$	$A=nR^2$	עגול
$\frac{2ntR^3}{\sqrt{2}}$	$\frac{R}{\sqrt{2}}$	ntR^3	$C=R+t/2$	$A=2nRt$	עגול מוכל
$0.264R$	$\frac{nR^4}{8}$	$0.11R^4$	$C=\frac{4R}{3n}$	$\frac{A=nR^2}{2}$	רבע עגול
$I_{xy} = -0.0164R^4$ $I_x = 0.264R$	$0.0549R^4$	$0.0549R^4$	$C=4R/3n$	$\frac{A=nR^2}{4}$	רבע עגול מוכל
$a/2$	$\frac{I_y}{4}$	$\frac{I_x}{4}$	$C=a$	$A=nab$	עגול מוכל

