

## **Tentamen i Hållfasthetslära och maskinelement för I3 (TME061), 2019-08-27**

**Tid:** 0830 - 1230    **Lokal:** Johanneberg

**Lärare:** Lennart Josefson tel 7721507, Göran Brännare tel 7721364

### **Hjälpmedel:**

- Grundläggande hållfasthetslära, H Lundh, Studentlitteratur
- Maskinelement, M Mägi, K Melkersson och M Evertsson, Studentlitteratur
- Formelsamling i hållfasthetslära, M Ekh, P Hansbo och J Brouzoulis, Chalmers
- Typgodkänd miniräknare
- Egna anteckningar får finnas på befintliga sidor i kursböckerna Grundläggande hållfasthetslära och Maskinelement, dock får inga lösta exempel finnas.

**OBS:** Lösta räkneuppgifter och tentamensproblem samt separata egna anteckningar är alltså inte tillåtna som hjälpmedel

**Lösningar:** Anslås på tillämpad mekaniks anslagstavla (Hörsalsvägen 7) och på kurshemsidan 2019-08-28

**Granskning:** Tentamensgranskning kan ske 2019-09-13, 1200 - 1300 på institutionen för industri- och materialvetenskap, Hörsalsvägen 7, plan 3.

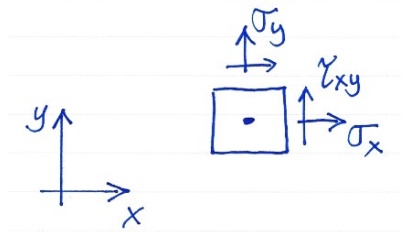
**Betygslista:** skickas in senast 2019-09-17

**Poängbedömning:** Maximal poäng på tentamen är 25 poäng. För att få poäng måste lösningen vara läslig och uppställda ekvationer klart motiverade. Vidare skall entydiga beteckningar användas och tydliga figurer ritas. Tänk på att kontrollera dimensioner och rimlighet i svaren. Om hjälpmedel används vid lösning av problem skall referens och sidhänvisning anges.

### **Betygsgränser:**

- 0-9 poäng: underkänt
- 10-14 poäng: betyg 3
- 15-19 poäng: betyg 4
- 20-25 poäng: betyg 5

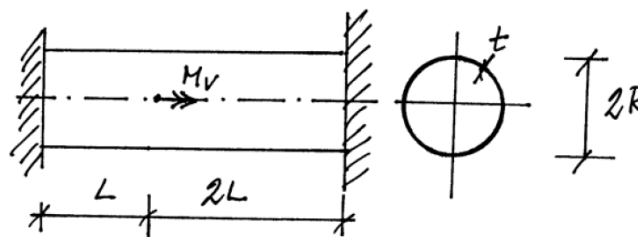
**Uppgift 1** (5 poäng)



På ytan av en kropp råder plant spänningstillstånd och i en punkt verkar spänningarna  $\sigma_x = 100 \text{ MPa}$ ,  $\sigma_y = 60 \text{ MPa}$  och  $\tau_{xy} = \tau_0 \text{ MPa}$ .

Hur stor måste skjuvspänningen  $\tau_0$  vara för att samtliga huvudspänningar i punkten skall vara  $\geq 0$ ?

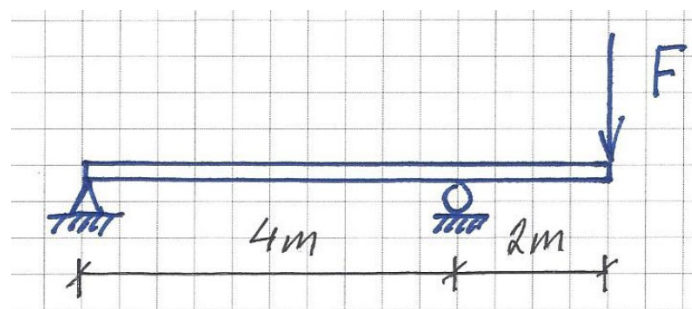
**Uppgift 2** (5 poäng)



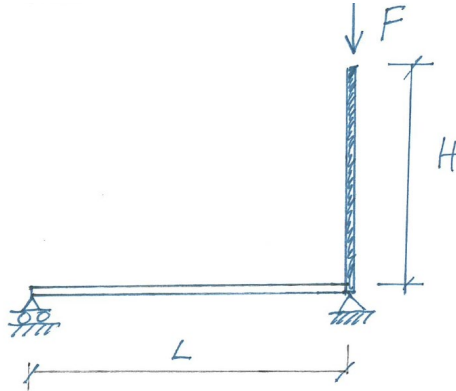
En trumma av plåt har cirkulärt tvärsnitt med medelradien  $R$  och vägg tjockleken  $t$ . Trumman är fast inspänd i bägge ändar, och belastas med ett vridande moment  $M_v$  sträckan  $L$  från vänster ände. Materialet är elastiskt-idealplastiskt med skjuvmodulen  $G$  och sträckgränsen i skjuvning  $\tau_s$ . Beräkna det största vridmoment  $M_v$  som trumman kan belastas med innan sträckgränsen uppnås. Bestäm också vridningsvinkeln vid vridmomentets angreppspunkt för detta värde på  $M_v$ . Data  $G = 77 \text{ GPa}$ ,  $\tau_s = 120 \text{ MPa}$ ,  $L = 1 \text{ m}$ ,  $R = 75 \text{ mm}$ ,  $t = 3 \text{ mm}$ .

**Uppgift 3** (5 poäng)

Figuren visar en bräda som vilar på två stöd enligt figuren. Brädan har rektangulärt tvärsnitt med bredden  $B = 10 \text{ cm}$  och höjden  $H = B/4$ . Den belastas med en kraft  $F = 800 \text{ N}$ . Beräkna största skjuvspänning  $\tau$  i brädan och ange var den finns. Brädans tyngd kan försummas.



**Uppgift 4** (5 poäng)



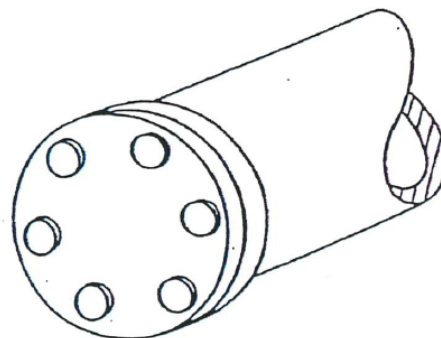
Figuren visar en fritt upplagd balk med längden  $L$  och böjstyvheten  $EI$ . En stel vertikal pelare med höjden  $H$  är fastsatt på balken vid det högra stödet. Pelaren belastas med en vertikal kraft  $F$ . Bestäm kritisk last  $F_{kr}$ .

**Uppgift 5** (5 poäng)

Ett rör med innerdiametern  $D$  är i ena änden förslutet med ett lock. Locket är fastsatt i en fläns på röret med  $n$  st skruvar enligt figur. Styvheten för fläns och lock är  $c_k$  per skruvdelning. Skruven, som är helt gängad, har en fri längd  $l$  inom förbandet.

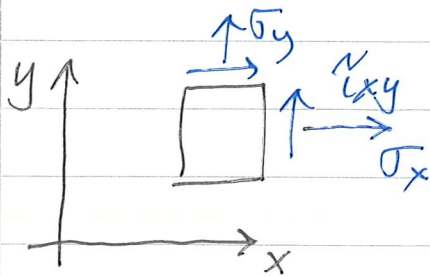
Vilket tryck  $p$  kan läggas på i röret så att skruvförbandet säkert inte läcker (glappar). Varje skruv är åtdragen med momentet  $M$ .

Data:  $D = 200 \text{ mm}$   
 $n = 6 \text{ st}$   
 $c_k = 3,0 \cdot 10^9 \text{ N/m}$   
 $l = 20 \text{ mm}$   
 $M = 35 \text{ Nm}$   
 $\mu = 0,12 - 0,15$   
 $E_{skruv} = 2,1 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$   
 Skruvdim M12



Tentamen TME061 190827

Ex 1 Vi har enligt FS p 15



$$\begin{aligned}\sigma_x &= 100 & \tau_{xy} &= \tau_0 \\ \sigma_y &= 60\end{aligned}$$

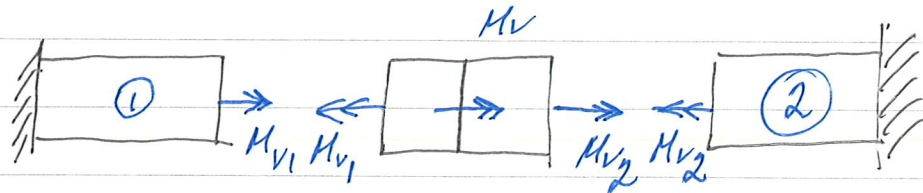
Huvudspänningar  $\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$

$$\sigma_2 \geq 0 \Rightarrow \frac{100+60}{2} - \sqrt{\left(\frac{100-60}{2}\right)^2 + \tau_0^2} \geq 0 \quad \text{eller}$$

$$80 = \sqrt{20^2 + \tau_0^2} \Rightarrow \tau_0^2 + 400 = 6400$$

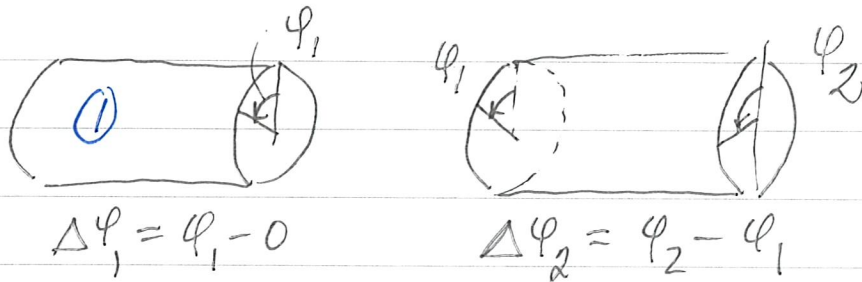
$$\tau_0 = \sqrt{6000} = 77.5 \text{ MPa}$$

Ex 2 Dela in i två rördelar, följande lastangrepps punkten



→ central del  $M_v + M_{v2} - M_{v1} = 0$  1)

Deformationssamband:



→  $\Delta\varphi_1 + \Delta\varphi_2 = 0$  2)

Material samband:

$$\Delta\varphi_1 = \frac{M_{v1} L}{G K} \quad 3) \quad \Delta\varphi_2 = \frac{M_{v2} 2L}{G K} \quad 4)$$

3) & 4) i 2)  $\Rightarrow M_{v1} + 2M_{v2} = 0$  i 1)  $\Rightarrow$

$$M_{v1} = \frac{2}{3} M_v, \quad M_{v2} = -\frac{1}{3} M_v$$

Ex 2) Corts

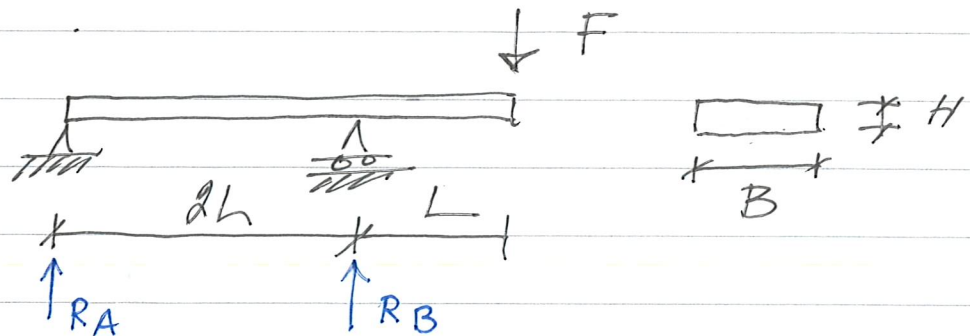
LB p 55-56  $\Rightarrow$  tunnväggigt rör  $\gamma_v = \frac{M_v}{2\pi R^2 t}$  $M_{v1} > M_{v2} \Rightarrow \gamma_{v1} > \gamma_{v2}$  nämnd

$$\gamma_{v1} = \frac{2M_v}{3 \cdot 2\pi R^2 t} = \gamma_s \Rightarrow M_v = 3\pi R^2 t \gamma_s$$

$$M_v = 3\pi (75)^2 \cdot 3 \cdot 120 = 19 \text{ kNm}$$

vridningsvinkel  $\Delta\varphi = \frac{M_v L}{G \cdot 2\pi R^3 t} = \frac{3 \gamma_s L}{2 G R} = 0,3 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$

Ex 3

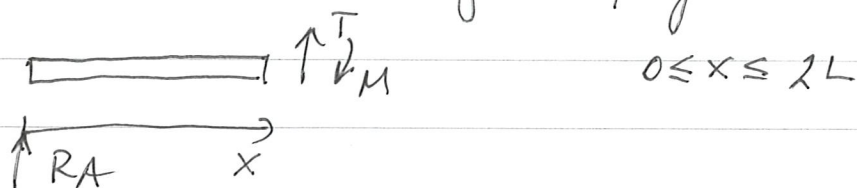
Bestäm stödreaktioner  $R_A$ ,  $R_B$ 

$$\uparrow \quad R_A + R_B - F = 0 \quad 1)$$

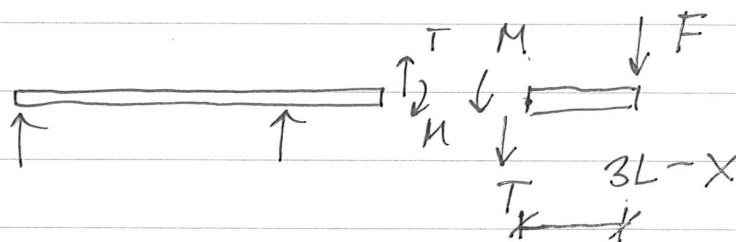
$$\curvearrowleft \quad R_B \cdot 2L - F \cdot 3L = 0 \quad 2) \Rightarrow R_B = \frac{3}{2} F \quad 1) \Rightarrow$$

$$R_A = -\frac{1}{2} F$$

Rita tråkraftdiagram, gör snitt!



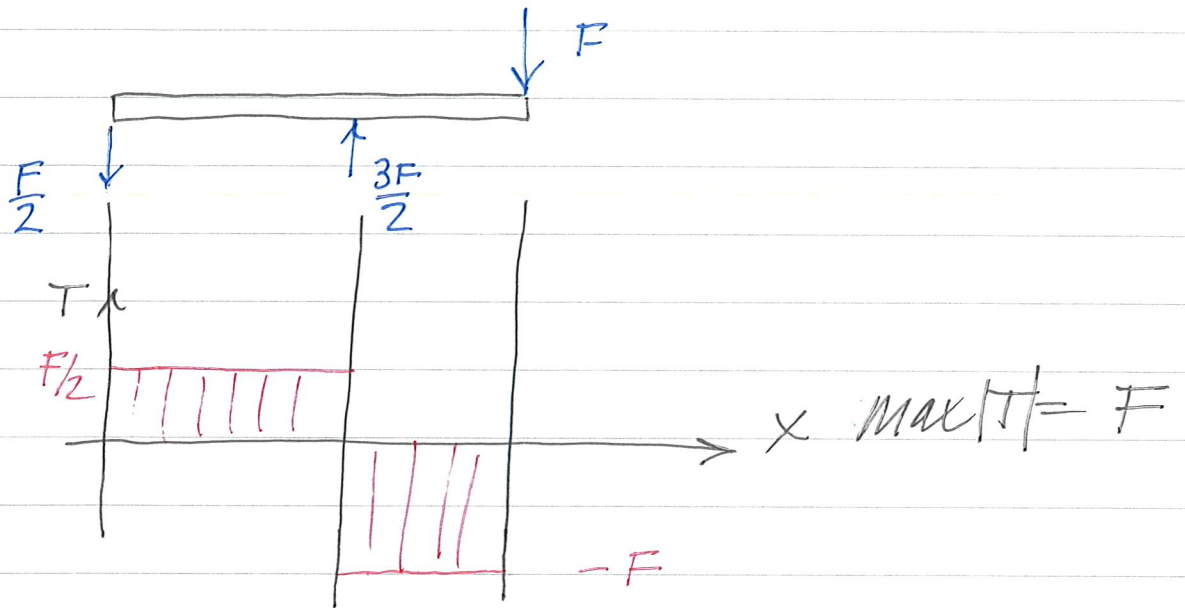
$$\uparrow \quad T + R_A = 0 \rightarrow T = -R_A = \frac{F}{2}$$



$$\uparrow \quad -T - F = 0 \Rightarrow T = -F$$

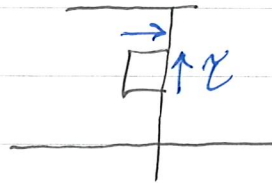


Ex 3 forts:

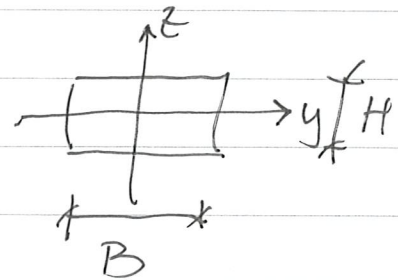


LB p 87-88

$$\gamma = \frac{T \cdot s^*}{b \cdot I}$$



Rektangulär tvärsnitt LB p 89



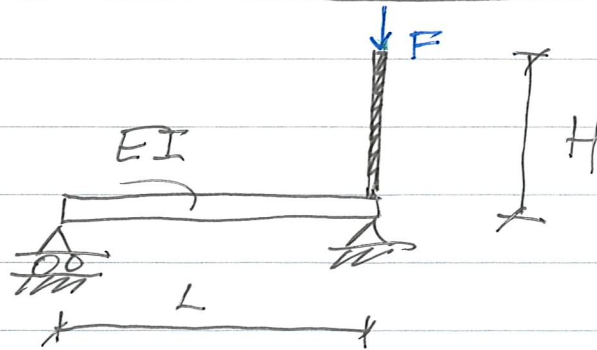
$$\gamma_{max} \text{ för } y=0; \gamma_{max} = \frac{3}{2} \frac{T}{A}$$

$$\gamma_{max} = \frac{3}{2} \frac{T}{B \cdot H} = \frac{3}{2} \frac{T \cdot 4}{B \cdot B} = \frac{6T}{B^2} = \frac{6F}{B^2}$$

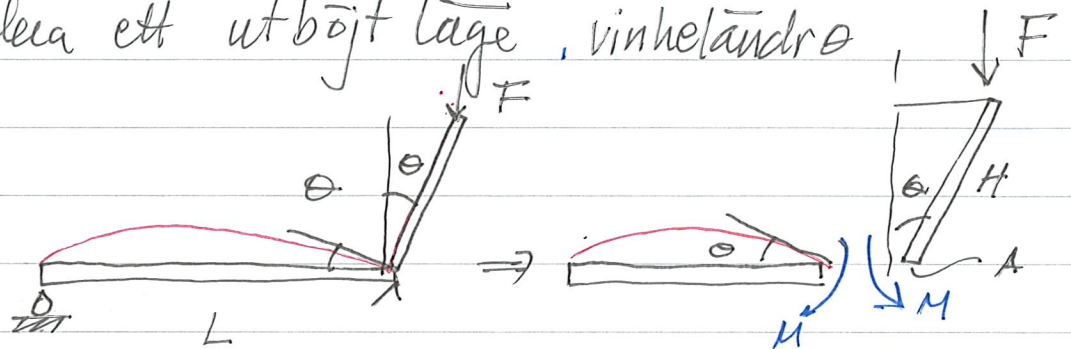
$$\text{med } F = 800 \text{ N}, B = 10 \text{ cm} \quad \gamma_{max} = 0.48 \text{ MPa}$$



Ex 4



Studera ett utböjt läge, vinkeländrö



$$FS 6.3 \Rightarrow \theta = \frac{ML}{3EI}$$

Momentjämvikt för Pelaren

$$\sum A \quad M - FH \sin \theta = 0; \quad \frac{3EI}{L} \theta - FH \sin \theta = 0$$

$$\theta \text{ liten} \Rightarrow \sin \theta \approx \theta \Rightarrow$$

$$\left( \frac{3EI}{L} - FH \right) \theta = 0 \quad \theta \neq 0 \Rightarrow F = \frac{3EI}{L \cdot H}$$

Lösning: Hänvisningar till lärobok i maskinelement  
sid 72 och 2.22

$$F_k = F_0 - F_N \cdot \frac{C_k}{C_s + C_k} \quad \text{Läcker (glappar)} \Rightarrow F_k = 0$$

$$F_N = F_0 \cdot \frac{C_s + C_k}{C_k}$$

Sid 69 och 2.14, sid 77 och 2.24 och sid 58 tabell 2.1

$$C_s = \frac{E_{\text{skruv}} A_{\text{skruv}}}{L_{\text{skruv}}}$$

$$A_{sp} = \frac{\pi (d_1 + d_2)^2}{16} = \frac{\pi (10,106 + 10,863)^2}{16} = 86,8 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$C_s = \frac{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 86,8 \cdot 10^{-6}}{0,02} = 0,906 \cdot 10^9 \left[ \frac{\text{N}}{\text{m}} \right]$$

Sid 69 och 2.10 med  $F_{ax} = F_0$  och  $\mu = \mu_{\max}$

$$F_{0,\min} = \frac{M}{0,16P + 0,58 \cdot d_2 \mu_{\max} + r_m \cdot \mu_{\max}} \quad \text{där } r_m = \frac{d_w + d_h}{4}$$

$$F_{0,\min} = \frac{35}{(0,16 \cdot 1,75 + 0,58 \cdot 10,863 \cdot 0,15 + \frac{16,47 + 13,5}{4} \cdot 0,15) 10^3} = 14,90 \cdot 10^3 \text{ [N]}$$

$$F_N = 14,90 \cdot 10^3 \cdot \frac{0,906 + 3}{3} = 19,40 \cdot 10^3 \text{ [N]}$$

$$F_N = \frac{\text{Tryck} \cdot \text{area}}{\text{antal skruvar}} = p \cdot \frac{\pi D^2}{4n}$$

$$p = F_N \frac{4n}{\pi D^2} = 19,40 \cdot 10^3 \cdot \frac{4 \cdot 6}{\pi \cdot 0,2^2} = 3,71 \cdot 10^6 \text{ [Pa]}$$

Svar: Trycket  $p$  får inte överstiga  $3,71 \text{ [bar]}$