

Esercizio 1

1) Io so che $E = E_0 (1 - p)^2$ con $a = 5$ $E_z = 17 \text{ GPa}$
 $E_{xy} = 12 \text{ GPa}$

perché una protesi sia cementata $1 \text{ GPa} < E < 100 \text{ MPa}$

il valore minimo lo ho in corrispondenza di $E = 1 \text{ GPa}$.

$$1 = 17 (1 - p_1)^5 \quad \Rightarrow \quad p_1 = 44\%$$

$$1 = 12 (1 - p_2)^5 \quad \Rightarrow \quad p_2 = 39\%$$

$$P_{\min} = \min(44\%, 39\%) = 39\%$$

2) Ripartire in condizioni fisiologiche vuol dire che almeno uno dei due moduli elastici o in direzione x o in direzione y sia pari al valore fisiologico cioè a 17 GPa o 12 GPa .

Poiché non so come si incuneerà il cemento nell'osso ~~devo~~ considero per entrambi i valori i modelli Reuss e Voigt.

Valore di 17 GPa .

Poiché la porosità è pari al 39% vuol dire che il valore dell'osso da tener conto inizialmente è quello previsto precedentemente e cioè di 1 GPa .

Reuss

$$E_{\text{osso sano}} = \frac{E_{\text{osso por.}} \cdot E_{\text{elemento}}}{E_{\text{osso int. cement}} + E_{\text{cement. osso}}}$$

Voigt

$$E_{\text{osso sano}} = E_{\text{osso por.}} + E_{\text{osso poroso}} + E_{\text{cement.}} + E_{\text{elemento}}$$

2

$E_{\text{oss. porosa}} = 1 \text{ GPe.}$

$E_{\text{cimento}} = 3 \text{ GPe.}$

Reuss

$$\left\{ \begin{aligned} 17 &= \frac{1 \cdot 3}{1 \cdot f_{\text{cem}} + 3 \cdot f_{\text{oss. porosa}}} \\ f_{\text{cem}} + f_{\text{oss. porosa}} &= 1 \end{aligned} \right.$$

$$\left\{ \begin{aligned} f_{\text{oss. porosa}} &= 1 - f_{\text{cem}} \\ f_{\text{cem}} + 3 - 3f_{\text{cem}} &= \frac{3}{17} \end{aligned} \right.$$

$$\left\{ \begin{aligned} 2f_{\text{cem}} &= \frac{3}{17} - 3 \Rightarrow f_{\text{cem}} = \frac{24}{17} > 1 \\ f_{\text{oss. porosa}} &= 1 - f_{\text{cem}} \end{aligned} \right.$$

\Downarrow
non real

Voigt

$$\left\{ \begin{aligned} 17 &= 1 \cdot f_{\text{oss. porosa}} + 3 \cdot f_{\text{cimento}} \\ f_{\text{cem}} + f_{\text{oss. porosa}} &= 1 \end{aligned} \right.$$

$$\left\{ \begin{aligned} f_{\text{oss. porosa}} &= 1 - f_{\text{cem}} \\ 17 &= 1 - f_{\text{cem}} + 3 \cdot f_{\text{cimento}} \end{aligned} \right.$$

$$\left\{ \begin{aligned} f_{\text{oss. porosa}} &= 1 - f_{\text{cem}} \\ 16 &= 2 f_{\text{cimento}} \end{aligned} \right.$$

$$\left\{ \begin{aligned} 8 &= f_{\text{cimento}} \\ f_{\text{oss. porosa}} &= 1 - f_{\text{cem}} \end{aligned} \right.$$

\Downarrow
na real.

Exerc 12 GPe

$$12 = \frac{3}{f_{\text{cem}} + 3 f_{\text{oss. porosa}}}$$

$$\begin{aligned} f_{\text{cem}} + 3 - 3f_{\text{cem}} &= \frac{1}{4} \\ -2f_{\text{cem}} &= \frac{1}{4} - 3 \quad f_{\text{cem}} = 1.5 \end{aligned}$$

\Downarrow
non real

$$11 = f_{\text{oss. porosa}} + 3 f_{\text{cimento}}$$

$$11 = 1 - f_{\text{cem}} + 3 f_{\text{cimento}}$$

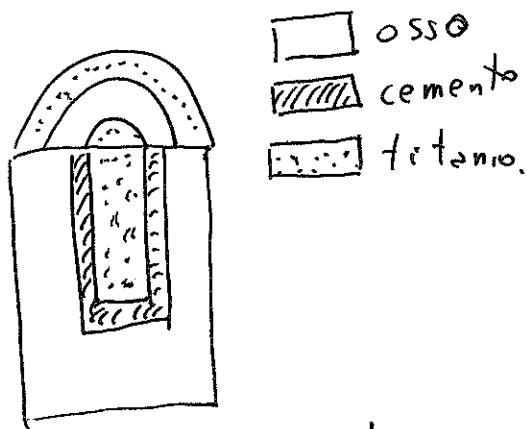
$$11 = 2 f_{\text{cimento}} \quad f = 5.5 \text{ m}$$

\Downarrow
na real

La frazione volumetrica massima che vorrei aggiungere è 5.5 quindi dovrebbe essere aggiunto il volume 5.5 più grande dell'osso - Da.

3) Per il motore sopra detto e poi ~~perché~~ poiché il cemento non si lega all'osso non si può realizzare.

4) Dimensionamento.



Stacciamo in due parti testa e stelo.



Testa.

So dal bilancio di forze che

$$F_{x,y} = P \cdot b \sin \alpha$$

$$F_z = P \cdot (1 + b \cos \alpha)$$

$$b = \frac{OC}{OA}$$

$$\alpha = 45^\circ$$

metodo puntuale.

$$E_{\text{osso seno}} \bigg|_{\text{lungo } z} = \frac{F_z}{2\pi r_{\text{cotile}}^2} \cdot \frac{1}{E_{\text{cot}}} + \frac{F_z}{2\pi r_{\text{NB}}^2} \cdot \frac{1}{E_{\text{NB}}} + \frac{F_z}{2\pi r_{\text{Test}}^2} \cdot \frac{1}{E_T}$$

$$E_{\text{osso seno}} \bigg|_{\text{lungo } xy} = \frac{F_{x,y}}{A_{\text{...}}} \cdot \frac{1}{E_{\text{cot}}} + \frac{F_{x,y}}{A_{\text{...}}} \cdot \frac{1}{E_{\text{NB}}} + \frac{F_{x,y}}{A_{\text{...}}} \cdot \frac{1}{E_T}$$

(4)

l'area $A_{xy} = \int_{h_{ost}}^h 2\pi \sqrt{x^2+y^2+z^2} dz = \frac{2}{3} \frac{\pi}{z} (x^2+y^2+z^2) \Big|_{h_{ost}}^h =$

$h=2 \quad h_{ost}=h_{ostone}$

$$A_{xy} = \frac{2}{3} \pi \frac{2^3}{h} = \frac{2}{3} \pi 2^2$$

Impongo che $2 \pi \tau_{AZ} B_{AZ} = 2 \loggia coppe a etabolare = valore nob$

per un uomo $\approx 4 \text{ cm}$
 1. una lena $\approx 3 \text{ cm}$.

ed ho

$$E_{osso sano} \Big|_{lunga z} = \frac{F_z}{A_z \cdot \cancel{F_z}} = \frac{F_z}{2\pi z_{catile}^2} \cdot \frac{1}{10} + \frac{F_z}{2\pi \cdot 16 \cdot 10^2} \cdot \frac{1}{110} + \frac{F_z}{2\pi z_{trst}^2} \cdot \frac{1}{140}$$

$$E_{osso sano} \Big|_{lunga y} = \frac{F_{xy}}{A_{xy} \cdot \cancel{F_{xy}}} = \frac{F_{xy}}{\frac{2}{3} \pi z_{cat}^2} \cdot \frac{1}{10} + \frac{F_{xy}}{\frac{2\pi}{3} z_{approccabile}^2} \cdot \frac{1}{110} + \frac{F_{xy}}{\frac{2\pi}{3} z_{trst}^2} \cdot \frac{1}{140}$$

In questo caso $z =$
 loggia coppe a etabolare

ho un sistema di due equazioni in due incognite risolto.

Stelo

$$E_{osso sano} \Big|_{lunga z} = \frac{F_z}{\pi r_{fensore}^2 \cdot \cancel{F_z}} = \frac{F_z}{\pi r_{stelo}^2} \cdot \frac{1}{110} + \frac{F_z}{\pi (r_{stelo}^2 + z_{ciment}^2)} \cdot \frac{1}{10} +$$

$$+ \frac{F_z}{\pi (r_{fensore}^2 - r_{ciment}^2)} \cdot \frac{1}{\text{cos residuo } z}$$

Esercizio 1

1) Io so che $E = E_0 (1-p)^d$ con $d=5$ $E_z = 17 \text{ GPa}$
 $E_{xy} = 12 \text{ GPa}$

perché una protesi sta cementata $1 \text{ GPa} < E < 100 \text{ MPa}$

il valore minimo lo ha in corrispondenza di $E = 1 \text{ GPa}$.

$$1 = 17 (1-p_1)^5 \quad \Rightarrow \quad p_1 = 44\%$$

$$1 = 12 (1-p_2)^5 \quad \Rightarrow \quad p_2 = 39\%$$

$$P_{\min} = \min(44\%, 39\%) = 39\%$$

2) Ripartire in condizioni fisiologiche vuol dire che almeno uno dei due moduli elastici o in direzione x o in direzione y sia pari al valore fisiologico cioè a 17 GPa o 12 GPa .

Poiché non so come si incuneerà il cemento con l'osso ~~devo~~ considero per entrambi i valori i modelli Reuss e Voigt.

Valore di 17 GPa .

Poiché la porosità è pari al 39% vuol dire che il valore dell'osso da tener conto inizialmente è quello previsto precedentemente e cioè di 1 GPa .

Reuss

$$E_{\text{osso sano}} = \frac{E_{\text{osso por.}} \cdot E_{\text{elemento}}}{E_{\text{osso por.}} + E_{\text{elemento}}}$$

Voigt

$$E_{\text{osso sano}} = E_{\text{osso por.}} + E_{\text{elemento}}$$

$$E_{\text{oss. poroso}} = 1 \text{ GPa.}$$

$$E_{\text{cimento}} = 3 \text{ GPa.}$$

Reuss

$$\begin{cases} 17 = \frac{1 \cdot 3}{1 \cdot f_{\text{cem}} + 3 \cdot f_{\text{oss. poroso}}} \\ f_{\text{cem}} + f_{\text{oss. poroso}} = 1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} f_{\text{oss. poroso}} = 1 - f_{\text{cem}} \\ f_{\text{cem}} + 3 - 3f_{\text{cem}} = \frac{3}{17} \end{cases}$$

$$\begin{cases} 2f_{\text{cem}} = \frac{3}{17} - 3 \Rightarrow f_{\text{cem}} = \frac{24}{17} > 1 \\ f_{\text{oss. poroso}} = 1 - f_{\text{cem}} \end{cases}$$

\Downarrow
non real

Voigt

$$\begin{cases} 17 = 1 \cdot f_{\text{oss. poroso}} + 3 \cdot f_{\text{cimento}} \\ f_{\text{cem}} + f_{\text{oss. poroso}} = 1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} f_{\text{oss. poroso}} = 1 - f_{\text{cem}} \\ 17 = 1 - f_{\text{cem}} + 3 \cdot f_{\text{cimento}} \end{cases}$$

$$\begin{cases} f_{\text{oss. poroso}} = 1 - f_{\text{cem}} \\ 17 = 2f_{\text{cimento}} \end{cases}$$

$$\begin{cases} 8 = f_{\text{cimento}} \\ f_{\text{oss. poroso}} = 1 - f_{\text{cem}} \end{cases}$$

\Downarrow
na real.

Exerc 12 GPa

$$11 = \frac{3}{f_{\text{cem}} + 3f_{\text{oss. poroso}}}$$

$$f_{\text{cem}} + 3 - 3f_{\text{cem}} = \frac{1}{4}$$

$$-2f_{\text{cem}} = \frac{1}{4} - 3 \quad f_{\text{cem}} = 1.5 \quad \Downarrow \text{non real}$$

$$11 = f_{\text{oss. poroso}} + 3f_{\text{cimento}}$$

$$11 = 1 - f_{\text{cem}} + 3f_{\text{cimento}}$$

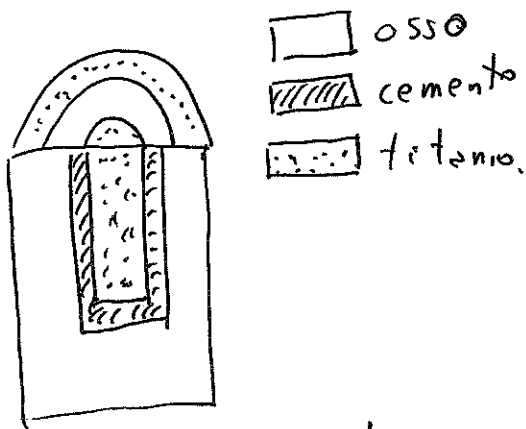
$$11 = 2f_{\text{cimento}} \quad f = 5.5 \text{ na}$$

\Downarrow
non real

La frazione volumetrica massima che vorrei aggiungere è 5.5 quindi dovrebbe essere aggiunto il volume 5.5 più grande dell'osso - Da.

3) Per il motore sopra detto e poi ~~perché~~ poiché il cemento non è leggero all'osso non si può realizzare.

4) Dimensionamento.



Stoppiamo in due parti testa e stelo.



Testa.

So dal bilancio di forze che

$$F_{x,y} = P \cdot b \sin \alpha$$

$$F_z = P \cdot (1 + b \cos \alpha)$$

$$b = \frac{OC}{OA}$$

$$\alpha = 45^\circ$$

metodo puntuale.

$$\epsilon_{\text{osso seno}} |_{\text{lungo } z} = \frac{F_z}{2\pi r_{\text{cotile}}^2} \cdot \frac{1}{E_{\text{cot}}} + \frac{F_z}{2\pi r_{\text{NB}}^2} \cdot \frac{1}{E_{\text{NB}}} + \frac{F_z}{2\pi r_{\text{Test}}^2} \cdot \frac{1}{E_T}$$

$$\epsilon_{\text{osso seno}} |_{\text{lungo } xy} = \frac{F_{x,y}}{A_{\text{co}}} \cdot \frac{1}{E_{\text{cot}}} + \frac{F_{x,y}}{A_{\text{NB}}} \cdot \frac{1}{E_{\text{NB}}} + \frac{F_{x,y}}{A_{\text{Test}}} \cdot \frac{1}{E_T}$$

(4)

L'area $A_{xy} = \int_{h_{ost}}^h 2\pi \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} dz = \frac{2}{3} \frac{\pi}{z} (x^2 + y^2 + z^2) \Big|_{h_{ost}}^h =$

$h = 2 \quad h_{ost} = h_{ostione}$

$$A_{xy} = \frac{2}{3} \pi \frac{2^3}{h} = \frac{2}{3} \pi 2^2$$

Impongo che $2 \pi \tau_{AZ} B_{ACK} = 2$ oggi coppe e etabulare = valore nob

per un uomo = 4 cm

in una clena = 3 cm.

ed ho

$$E_{osso sano} \Big|_{lunga z} = \frac{F_z}{A_z \cdot \cancel{L_z}} = \frac{F_z}{2\pi z_{cat.le}^2} \cdot \frac{1}{10} + \frac{F_z}{2\pi \cdot 16 \cdot 10^{-2}} \cdot \frac{1}{110} + \frac{F_z}{2\pi z_{fmsl}^2} \cdot \frac{1}{110}$$

$$E_{osso sano} \Big|_{lunga y} = \frac{F_{xy}}{A_{xy} \cdot \cancel{L_{xy}}} = \frac{F_{xy}}{\frac{2}{3} \pi z_{cat}^2} \cdot \frac{1}{10} + \frac{F_{xy}}{\frac{2\pi}{3} z_{cappociale}^2} \cdot \frac{1}{110} + \frac{F_{xy}}{\frac{2\pi}{3} z_{bst}^2} \cdot \frac{1}{110}$$

In questo caso ? =
oggi coppe e etabulare

ho un sistema di due equazioni in due incognite risolto.

Stelo

$$E_{osso sano} \Big|_{lunga z} = \frac{F_z}{\pi r_{fmsl}^2 \cdot \cancel{L_z}} = \frac{F_z}{\pi r_{stelo}^2} \cdot \frac{1}{110} + \frac{F_z}{\pi (r_{stelo}^2 + r_{cem est}^2)} \cdot \frac{1}{10} + \frac{F_z}{\pi (r_{fmsl}^2 - r_{cem est}^2)} \cdot \frac{1}{\text{cosmoresiduo } z}$$

(5)

$$E_{osso \text{ sens}} \bigg|_{\text{lungo } xy} = \frac{F_{xy}}{2\pi r_{feno} h_{feno}} \cdot \frac{1}{E_{xy}} = \frac{F_{xy}}{2\pi r_{st} \cdot h_{stelo}} \cdot \frac{1}{140} + \frac{F_{xy}}{2\pi r_{cemento} h_{cemento}} + \frac{F_{xy}}{2\pi r_{feno} h_{feno}} \cdot \frac{1}{E_{osso \text{ residuo } xy \text{ reciso.}}}$$

$E_{osso \text{ residuo}}$ essendo lo stelo nallo parte compatta è 17 GPa in direzione z e 12 GPa in direzione xy

E_z lo calcolo considerando tutto l'osso sia spugnoso che compatto come un unico dove $f_{spugnoso} = 30\%$ $f_{compatto} = 70\%$.

E_{xy} lo calcolo considerando tutto l'osso sia spugnoso che compatto come un unico dove $f_{spugnoso} = 30\%$ $f_{compatto} = 70\%$.

$$h_{feno \text{ reciso}} = 0.85 \cdot h_{feno}$$

Anche in questo caso ho due equazioni ma tre incognite h_{stelo} , $h_{cemento}$, $r_{cemento}$.

Per determinare le 3^e equazioni uso la condizione di isostress alla parte o tra osso e cemento o cemento e stelo.

Prendiamo quello tra cemento e ~~osso~~ ed ho:

$$\sigma_{osso} = \sigma_{cemento}$$

$$\frac{F_{xy}}{2\pi r_{feno} h_{feno \text{ residuo}}} = \frac{F_{xy}}{2\pi r_{cemento} h_{cemento}}$$

Ho in tal modo 3 equazioni in 3 incognite.

Esercizio 2.

(6)

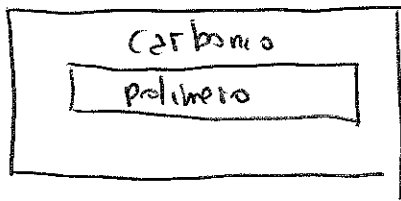
$$E_{\text{polietilene}} = 5 \text{ MPa}$$

$$E_{\text{PIAA}} = 70 \text{ MPa}$$

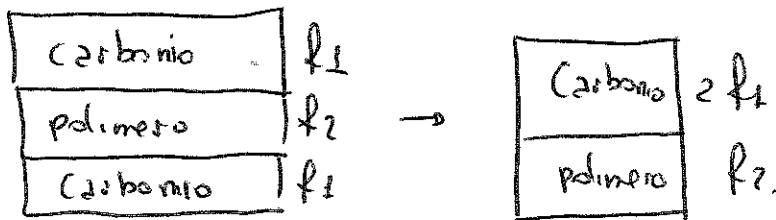
$$E_{\text{carbono tubstato}} = 0.1 \text{ TPa}$$

$$E_{\text{foglietto}} = 1 \text{ GPa}$$

Il foglietto della valvola lo posso così approssimare a:



Essendo i moduli elastici polimerici molto più piccoli di quelli del foglietto posso schematizzare la valvola così:



questo è un reuss.

$$E_{TOT} = \frac{E_1 E_2}{f_1 E_2 + f_2 E_1}$$

in questo caso è
$$E_T = \frac{E_c \cdot E_{pol}}{2f_1 E_{pol} + f_2 E_c}$$

per polietilene ha

per PIAA ha

$$1 = \frac{100 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{2f_1 \cdot 5 \cdot 10^{-3} + f_2 \cdot 100}$$

$$1 = \frac{100 \cdot 70 \cdot 10^{-3}}{2f_1 \cdot 70 \cdot 10^{-3} + f_2 \cdot 100}$$

$$f_1 = \frac{\pi r_{\text{cart}}^2 (S_{\text{spessore carbonio}})}{\pi r_{\text{cart}}^2 (2S_{\text{spessore carbonio}} + h_{\text{pol}})}$$

$$f_2 = \frac{\pi r_{\text{cart}}^2 h_{\text{pol}}}{\pi r_{\text{cart}}^2 (2S_{\text{spessore carbonio}} + h_{\text{pol}})}$$

$$f_1 = \frac{\delta_{sp. carb}}{h_{pol} + 2\delta_{sp. carb}}$$

$$f_2 = \frac{h_{pol}}{h_{pol} + 2\delta_{sp. carb} n.o.}$$

⑦

Substituira

Poliethylene

$$\frac{2\delta_{sp}}{h_{pol} + 2\delta_{sp}} \cdot 5 \cdot 10^{-3} + \frac{h_{pol}}{h_{pol} + 2\delta_{sp}} \cdot 100 = 0.5$$

$$0.01\delta_{sp} + 100h_{pol} = 0.5h_{pol} + \delta_{sp}$$

$$99.5h_{pol} = 0.99\delta_{sp}$$

$$h_{pol} = 10^{-2}\delta_{sp} \quad r_{pol} = 100 - 2 \cdot 10^{-2}\delta_{sp} \quad \text{---}$$

P22A

$$\frac{2\delta_{sp}}{h_{pol} + 2\delta_{sp}} \cdot 20 \cdot 10^{-3} + \frac{h_{pol}}{h_{pol} + 2\delta_{sp}} \cdot 100 = 2$$

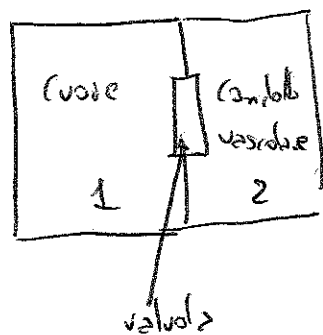
$$0.04\delta_{sp} + 100h_{pol} = 2h_{pol} + 4\delta_{sp}$$

$$98h_{pol} = 3.96\delta_{sp}$$

$$h_{pol} = 0.04\delta_{sp} \quad r_{pol} = 100 - 2\delta_{sp}$$

Posso rappresentare il sistema come

(8)



applico bernoulli:

$$\frac{1}{2} m v_1^2 + P_1 V_1 = \frac{1}{2} m v_2^2 + P_2 V_2$$

$m = \rho V$ essendo il sistema un sistema chiuso i volumi V_1 e V_2 sono uguali.

$$\frac{1}{2} \rho v_1^2 + P_1 = \frac{1}{2} \rho v_2^2 + P_2$$

vorrei calcolare v_2 .

$$\frac{1}{2} \rho v_2^2 = \frac{1}{2} \rho v_1^2 + (P_1 - P_2)$$

$$v_2^2 = v_1^2 + \frac{2}{\rho} (P_1 - P_2) \Rightarrow v_2 = \sqrt{v_1^2 + \frac{2}{\rho} (P_1 - P_2)}$$

ρ = densità del sangue che posso approssimare ~~ad~~ a $10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

$P_1 - P_2 = \Delta P$ = gradiente pressorio che nel caso del condotto aortico è uguale alla massima apertura = 100 mm Hg

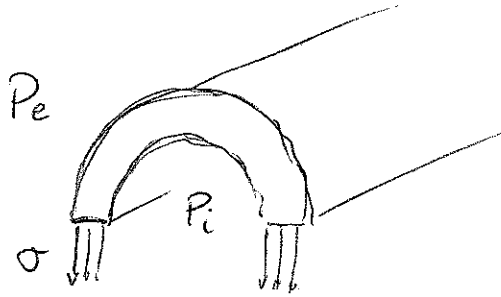
v_1 = velocità del sangue nel 1 condotto. Per ricerca del flusso sanguigno so che $Q = 5 \frac{\text{l}}{\text{min}} = A v_1$ $A = \pi r_{\text{aort}}^2$ e allora $v_1 = \frac{Q}{A}$

essendo $v_2 > v_1$ ho che $Q_2 > Q_1$ ho quindi un flusso superiore a quello biologico. $Q_2 = A v_2$

ESERCIZIO 3

9

DATI $R_o = 20 \text{ mm}$
 $h = 0.5 \text{ mm}$



~~Tubo~~
 Tubo a pareti sottili in pressione

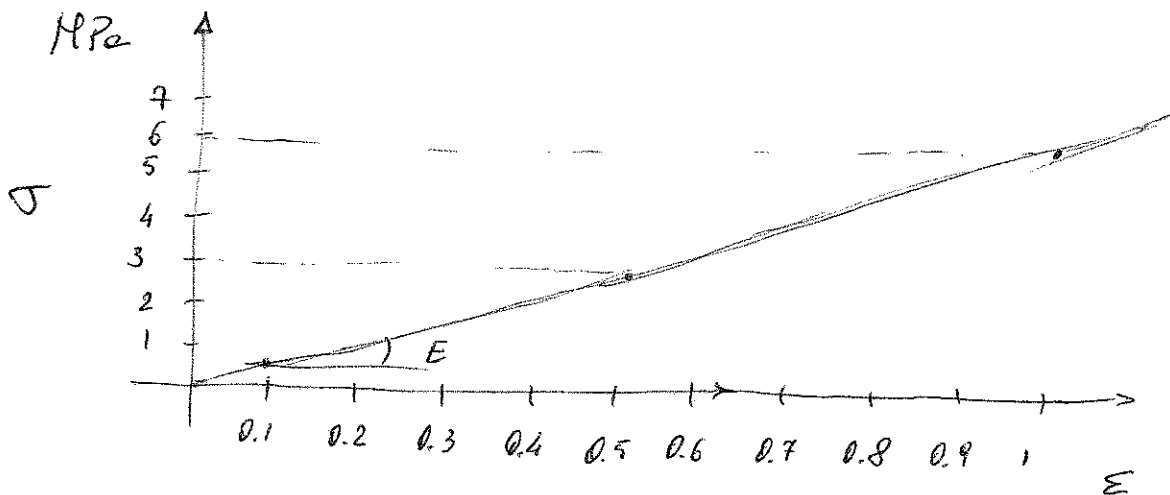
$$R_{est} \approx R_{int} \Rightarrow R$$

$$R_{est} - R_{int} = h = 0.5 \text{ mm}$$

$$\sigma = \frac{\Delta P \cdot R}{h}$$

→ scelto 3 punti

$\Delta P (\text{mHg})$	$\Delta P (P_e)$	$R (\text{m})$	$R (\text{mm})$	$\Delta R (\text{mm})$	$E \theta$	σ
100	13300	0.022	22	2	0.1	585200
375	49875	0.03	30	10	0.5	2992500
560	74480	0.04	40	20	1	5958400



Per trovare la pendenza si vuole una regressione ai minimi quadrati, e Esistono varie "formule".

il metodo proposto sfrutta il calcolo matriciale

$$\sigma = E \epsilon \Rightarrow \text{l'intercetta è nulla}$$

$$E = [\epsilon^T \epsilon]^{-1} \epsilon^T \cdot \sigma$$

→ continue

$$E = \begin{bmatrix} 0.1 \\ 0.5 \\ 1 \end{bmatrix}$$

m.b.: avendo posto l'interesse
fori a zero, il vettore E
risulta composto da 3 righe ed
una colonna.

$$E = [E^T \cdot E]^{-1} E^T \cdot \sigma$$

$$\left(\begin{bmatrix} 0.1 & 0.5 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.1 \\ 0.5 \\ 1 \end{bmatrix} \right)^{-1} \begin{bmatrix} 0.1 & 0.5 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 585200 \\ 2992500 \\ 5958400 \end{bmatrix}$$

$$\frac{1}{1.26} \cdot \begin{bmatrix} 0.1 & 0.5 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 585200 \\ 2992500 \\ 5958400 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \frac{0.1}{1.26} & \frac{0.5}{1.26} & \frac{1}{1.26} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 585200 \\ 2992500 \\ 5958400 \end{bmatrix}$$

$$\frac{0.1 \cdot 585200}{1.26} + \frac{0.5 \cdot 2992500}{1.26} + \frac{5958400}{1.26} = 5962833.3$$

$$\approx 6 \cdot 10^6$$

$\Rightarrow 6 \text{ MPe}$

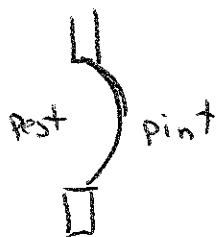
Per lo schema vedere appunti presenti sul sito.

Essendo il circuito alimentato in corrente o tensione ogni suo componente circuitale si riscalderà in particolare gli elettrodi in contatto con la cartuccia visiva.
Sapendo che la potenza che un circuito dissipa è pari a $VI = P_{\text{circuito}} = \frac{V^2}{R} = I^2 R$
E tenendo conto che tale energia viene dissipata in energia termica $E = \frac{3}{2} k \Delta T$
vogliamo che variazioni la corrente o la tensione di stimolazione fornita agli elettrodi, compromettendo il segnale.

Esercizio n°5 per anno accademico dopo 2011-2013

$$E_{P_{44}} = 10 \text{ MPa} \quad l_{\text{membrana}} = 3 \text{ mm} \quad d = 500 \text{ }\mu\text{m}$$

essendo $d \ll l$ approssimiamo la membrana ad un film sottile.



Applico le plate e so che $p_{\text{int}} - p_{\text{est}} = \frac{4 \tau}{d}$

$$\tau = \frac{d (\Delta p)}{4}$$

$$\Delta p_{\text{dolore}} = 200 \text{ Pa}$$

$$\Delta p_{\text{irribilita}} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$$

$$\tau_{\text{dolore}} = \frac{3 \cdot 10^{-3}}{4} \cdot 200 = 150 \text{ mPa}$$

$$\tau_{\text{irribilita}} = \frac{3}{4} \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-5} = 15 \text{ nPa}$$