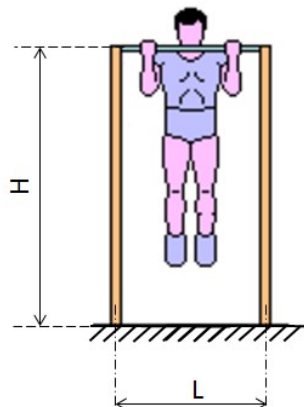


1. Il soggetto rappresentato in figura, di massa corporea 82 kg, si trova in condizioni statiche di trazione sulla sbarra. Nella proiezione sul piano frontale la posizione della presa delle mani coincide con il punto di articolazione delle spalle, tra loro distanziate di 48 cm e le mani sono equi-distanziate dall'asse di simmetria della struttura. Gli elementi della sbarra hanno le seguenti caratteristiche geometriche e di materiale:

- barra orizzontale: $L = 1'500$ mm, sezione circolare cava di diametro esterno $D_b = 28$ mm e spessore $t_b = 1.5$ mm, modulo elastico $E_b = 200'000$ MPa, tensione ammissibile $\sigma_{b,lim} = 170$ MPa
- ritti: $H = 2'200$ mm, sezione circolare di diametro $D_r = 75$ mm, modulo elastico $E_r = 20'000$ MPa, tensione ammissibile $\sigma_{h,lim} = 12$ MPa



Trattando la struttura nel piano e trascurando il peso proprio delle strutture:

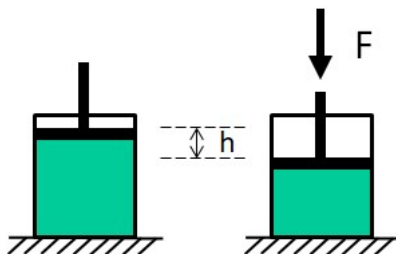
1. Si determinino le componenti di sollecitazione sulla struttura, ipotizzando che la barra orizzontale sia incernierata ai ritti e che questi, a loro volta, siano incastrati al suolo.
2. Si calcoli il regime di tensione nella sezione di mezzeria dell'elemento orizzontale e nelle sezioni di incastro dei ritti, verificando se la tensione nei punti più critici è superiore o meno ai limiti di tensione ammessi. Nel caso sia superiore, si modifichi la sezione in modo opportuno per rientrare nei limiti.
3. Si valuti il carico critico di instabilità dei ritti e si verifichi se le sollecitazioni indotte possano determinare fenomeni di instabilità dell'equilibrio.

Si discuta il problema nello spazio tridimensionale (facoltativo).

2. In una prova di laboratorio si valuta la resistenza di un fissatore osseo intramidollare, utilizzato per la guarigione di una frattura ossea completa. Il sistema femore / fissatore è vincolato e sollecitato come in figura. La forza F è applicata sulla testa del femore, con direzione parallela al suo asse, ad una distanza di 22 mm dal medesimo. Il fissatore ha sezione costante di forma circolare con diametro pari a 8 mm ed è costituito da una lega metallica con resistenza pari a 0.85 GPa. Si calcoli il valore della forza F corrispondente al raggiungimento di tale condizione limite.



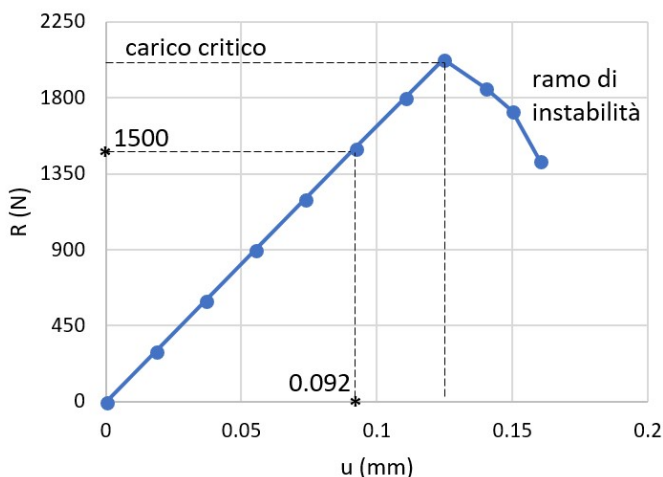
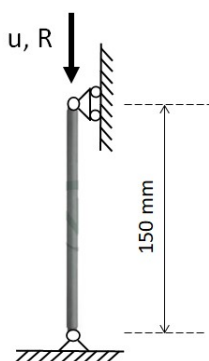
3. Un biopolimero presenta in piccole deformazioni un comportamento elastico lineare isotropo, con modulo elastico longitudinale E pari a 30 kPa e coefficiente di Poisson 0.42. Il biopolimero è immerso in un cilindro rigido di raggio R pari a 9.0 mm a formare uno spessore pari a 20 mm. Si calcoli la variazione di volume del biopolimero dovuta ad una prova di compressione confinata, come in figura, con forza di compressione F pari a 0.4 N.



4. Si calcolino le tensioni normali agenti sulla sezione di mezzeria del bilanciere nella configurazione di presa rappresentata in figura. Il bilanciere ha una lunghezza L pari a 150 cm, sezione circolare con diametro d pari a 28 mm e densità pari a 7.85×10^{-9} t/mm³. I dischi hanno massa pari a 10 kg (ciascuno) e sono fissati a 30 cm dalle estremità. Sul piano frontale le mani sono distanziate tra loro di 46 cm.



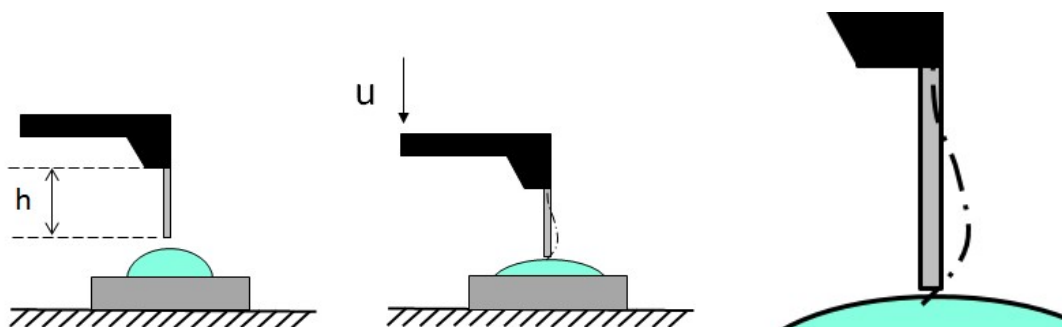
5. La barra di un fissatore spinale in lega di Titanio, di lunghezza iniziale pari a 150 mm e sezione trasversale costante circolare di diametro pari a 5.5 mm, è sottoposta alla prova di compressione indicata in figura. La prova è effettuata imponendo lo spostamento del punto superiore della barra lungo il suo asse, verso il basso. A destra è indicato il grafico risultante, che riporta la reazione vincolare R in funzione di tale spostamento u . Sulla base dei dati riportati (grafico compreso), si determini il valore del carico critico che determina la perdita di stabilità dell'equilibrio.



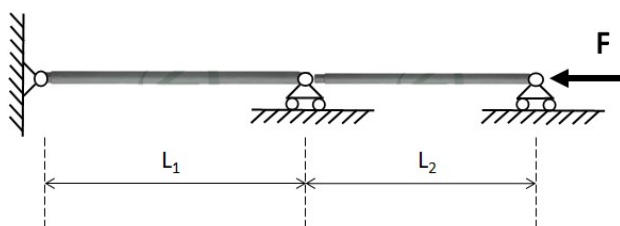
6. Un atleta sostiene un bilanciere di lunghezza totale 200 cm con due dischi di massa 30 kg ciascuno, posizionati a 30 cm dalle estremità. Si determini la posizione delle mani a cui corrisponde il massimo momento flettente sul bilanciere e il corrispondente valore del momento flettente. Si trascuri la massa del bilanciere e si consideri la posizione delle mani simmetrica rispetto al piano sagittale.



7. Nelle figure seguenti è rappresentato un micro-ago utilizzato per misurare la rigidità di singole cellule, tramite la loro compressione. Il micro-ago ha una sezione rettangolare con lati $a = 0.21 \mu\text{m}$ e $b = 0.23 \mu\text{m}$, rispettivamente, e lunghezza $h = 8.5 \mu\text{m}$. Il modulo elastico longitudinale E è pari a 52 GPa. Si calcoli il carico critico di instabilità del micro-ago sulla base della deformata flessionale di instabilità indicata nell'ingrandimento a destra.



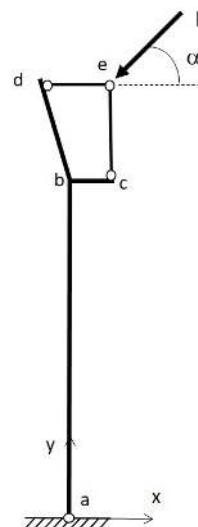
8. Il braccio di un sistema robotico si viene a trovare nella condizione di vincolo/carico indicata in figura. Il braccio ha una sezione trasversale quadrata di lato b pari a 1 mm, modulo elastico E pari a 200'000 MPa e resistenza a compressione pari a $\sigma_c = 300 \text{ MPa}$; le lunghezze dei due bracci sono pari a $L_1 = 10 \text{ mm}$ e $L_2 = 4 \text{ mm}$. Si calcoli il valore minimo della forza F che determina il raggiungimento della condizione di crisi strutturale della struttura.



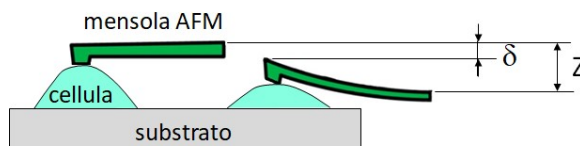
9. Una prova di resistenza di una stampella è condotta secondo le condizioni di carico e vincolo indicate. La stampella (struttura a-b-c-d) è assimilabile ad una struttura a trave ed è caricata da una forza F pari a 1200 N attraverso due aste (c-e, d-e). Considerando il problema come bidimensionale, si chiede di calcolare: 1) l'angolo α necessario a condurre la prova sperimentale; 2) l'andamento delle sollecitazioni agenti sull'intera struttura (aste comprese); 3) le tensioni normali massime e minime agenti nella sezione del tratto b-d adiacente al punto b, considerando una sezione circolare cava di diametro esterno di 15 mm e spessore 3 mm.

Posizioni degli estremi della struttura, espresse in mm, rispetto al sistema di riferimento (x,y):

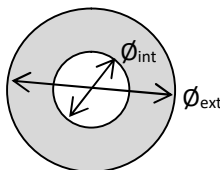
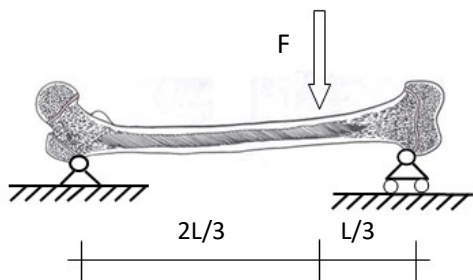
a (0,0), b (0, 800), c (100, 800), d (-40, 1100), e (100, 1100)



10. La mensola di un microscopio a forza atomica (AFM) è in contatto con una cellula appoggiata ad un substrato infinitamente rigido. Alla sezione di destra della mensola è imposto un abbassamento Z pari a 4 μm , con rotazione nulla; la cellula si deforma a compressione mentre la mensola subisce una flessione. Si chiede di calcolare lo spostamento δ dell'estremità sinistra della mensola, sotto le seguenti ipotesi: 1) la mensola ha lunghezza L pari a 200 μm , sezione rettangolare con spessore b pari a 5 μm e larghezza w pari a 9 μm , modulo elastico E pari a 100 MPa; 2) la rigidità della cellula è descrivibile, in forma semplificativa, come una molla lineare agente in direzione verticale con rigidità $K = 0.6 \mu\text{N}/\mu\text{m}$.



11. In una prova meccanica di resistenza di un femore la struttura viene vincolata e caricata come in figura. Si determinino le componenti di sollecitazione nell'ipotesi che il femore sia assimilabile ad una struttura a trave ad asse rettilineo, orizzontale. Ipotizzando poi che nella sezione di massimo momento flettente la struttura abbia la sezione circolare cava indicata in figura, si calcoli la massima tensione normale di compressione agente.



Dati geometrici e di carico

$L = 420 \text{ mm}$, $F = 1010 \text{ N}$

$\phi_{\text{int}} = 12.8 \text{ mm}$

$\phi_{\text{ext}} = 26.0 \text{ mm}$

12. Una porzione di femore umano è sottoposta a una prova sperimentale meccanica come in figura, applicando un momento torcente M_t con asse momento coincidente con l'asse del femore. La sezione di minore resistenza della diafisi è quella all'incastro. Tale sezione si assume di tipo circolare cavo, con diametro esterno di 32 mm e spessore di 6 mm. Nell'ipotesi che nella condizione di limite elastico la tensione tangenziale sul tessuto osseo corticale sia pari a $\tau_{lim} = 48 \text{ MPa}$, si calcoli il corrispondente valore limite del momento torcente $M_{t,lim}$.



13. Un ausilio per cammino a due appoggi e configurazione piana è sottoposto ad un test meccanico di resistenza come in figura. Si stabilisca uno schema di calcolo che comprenda opportune assunzioni per la struttura e le condizioni di vincolo. Durante la prova la forza verticale F_v è mantenuta costante al valore indicato, mentre la forza orizzontale F_h è incrementata gradualmente, a partire da un valore nullo. Si determini il valore di F_h corrispondente ad una condizione nella quale la reazione verticale sul punto "e" sia nulla. Per tale condizione si determinino i diagrammi di sollecitazione sulla struttura, limitatamente alla porzione sottostante il punto b.

Dati:

$$F_v = 0.9 \text{ kN}$$

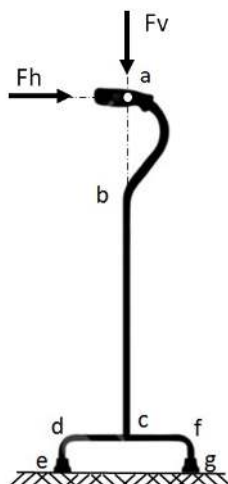
$$F_h = \text{variabile}$$

$$|ab| = 160 \text{ mm}$$

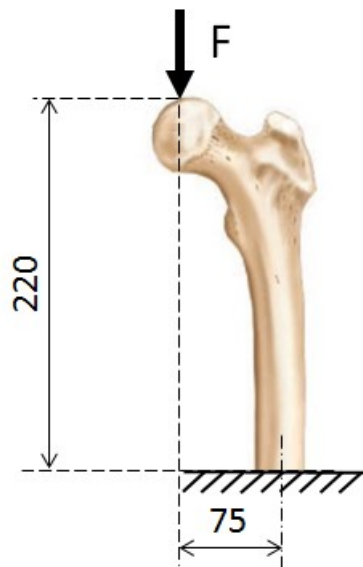
$$|bc| = 450 \text{ mm}$$

$$|cd| = |cf| = 140 \text{ mm}$$

$$|de| = |fg| = 70 \text{ mm}$$



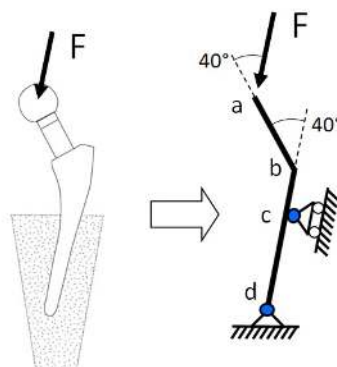
14. Una porzione di femore umano è sottoposta ad una prova sperimentale meccanica come in figura, applicando una forza parallela all'asse del femore. La sezione di minore resistenza della diafisi è quella all'incastro. Tale sezione si assume di tipo circolare cavo, con diametro esterno di 32 mm e spessore di 7 mm. Nell'ipotesi che nella condizione di limite elastico la tensione normale sul tessuto osseo corticale assuma a trazione e compressione, rispettivamente, i valori $\sigma_{lim, trz} = +160$ MPa e $\sigma_{lim, cmp} = -180$ MPa, si calcoli il corrispondente valore limite della forza F.



15. Assumendo in via semplificativa la protesi d'anca in figura come un sistema a trave vincolato secondo lo schema proposto, si determinino le componenti di sollecitazione derivanti dalla specifica configurazione di carico applicata. Supponendo che la struttura nel punto b del tratto ab abbia sezione circolare con diametro pari a 15 mm, si calcolino le componenti di tensione normale massima e minima agenti.

Dati geometrici e di carico

$L_{ab} = 60$ mm, $L_{bc} = 30$ mm, $L_{cd} = 60$ mm, $F = 2'000$ N



16. Le figure sottostanti indicano due prove sperimentali di resistenza di un femore umano. In prima approssimazione, si consideri il tratto centrale di diafisi a sezione costante circolare cava, con diametro esterno di 26 mm e spessore di 6 mm. La lunghezza del femore in entrambi i casi è pari a 430 mm. Considerando una tensione normale di trazione di 160 MPa come condizione limite del tessuto osseo, si deducano i valori corrispondenti della forza F nei due casi. Si descriva, inoltre, la differenza dello stato di tensione nelle sezioni maggiormente sollecitate per i due casi proposti.

