

5

TERMI + TERM II

Prof Guerrisi

2002-03

020
1

20.8 Calori specifici molari per un gas perfetto

In questo paragrafo vogliamo ricavare un'espressione per l'energia interna E_{int} di un gas perfetto. Useremo quindi questo risultato per derivare un'espressione del calore specifico molare di un gas perfetto.

L'energia interna E_{int}

Supponiamo in primo luogo che il gas perfetto sia un gas *monoatomico*, come l'elio, il neon, o l'argo. Supponiamo quindi che l'energia interna E_{int} del gas ideale sia semplicemente la somma delle energie cinetiche traslazionali delle sue molecole (una molecola singola non possiede energia cinetica rotazionale, come ci dimostrerà la teoria quantistica).

L'energia cinetica traslazionale media di una singola molecola dipende soltanto dalla temperatura del gas ed è data dall'equazione 20.24: $\bar{K} = \frac{3}{2}kT$. Un campione di n moli di tale gas contiene nN_A molecole. L'energia interna E_{int} del campione è quindi

$$E_{int} = (nN_A)\bar{K} = (nN_A)\left(\frac{3}{2}kT\right), \quad (20.37)$$

ovvero, poiché $N_A k = R$ (eq. 20.7),

$$E_{int} = \frac{3}{2}nRT \quad (\text{gas ideale monoatomico}). \quad (20.38)$$

Vediamo dunque che:

► L'energia interna E_{int} è una funzione solo della temperatura del gas, ed è indipendente da altre variabili.

Con l'equazione 20.38 ora possiamo ricavare un'espressione per il calore specifico molare di un gas ideale. In realtà deriviamo due espressioni, una per il caso in cui il volume del gas rimane costante mentre gli viene fornito calore e l'altra per il caso in cui la pressione del gas rimane costante durante questo processo. I simboli per questi due calori specifici molari sono rispettivamente C_V e C_p . (Per tradizione si attribuiscono loro dei simboli con lettere maiuscole, anche se si tratta di un tipo di calore specifico).

Calore specifico molare a volume costante

La figura 20.8a mostra n moli di un gas ideale a pressione p e temperatura T racchiusi in un cilindro di volume fisso V . Questo *stato iniziale* del gas è segnato sulla curva p - V della figura 20.8b. Supponete ora di fornire una piccola quantità di calore Q al gas, aumentando lentamente la temperatura della sorgente sulla quale poggia il cilindro. La temperatura del gas aumenta di una piccola quantità fino a $T + \Delta T$, e la sua pressione a $p + \Delta p$, portando il gas allo *stato finale* «f».

In questo esperimento troviamo che il calore Q è legato alla variazione di temperatura ΔT da

$$Q = nC_V \Delta T \quad (\text{volume costante}), \quad (20.39)$$

dove C_V rappresenta il **calore specifico molare a volume costante**. Sostituendo questa espressione per Q nella prima legge della termodinamica (eq. 19.26), abbiamo

$$\Delta E_{int} + L = nC_V \Delta T. \quad (20.40)$$

Mantenendo costante il volume, $L = 0$. Risolvendo quindi rispetto a C_V otteniamo

$$C_V = \frac{\Delta E_{int}}{n \Delta T}. \quad (20.41)$$

Dall'equazione 20.38 vediamo che $\Delta E_{int}/T = \frac{3}{2}nR$, di modo che la variazione di energia interna diventa

$$\Delta E_{int} = \frac{3}{2}nR \Delta T. \quad (20.42)$$

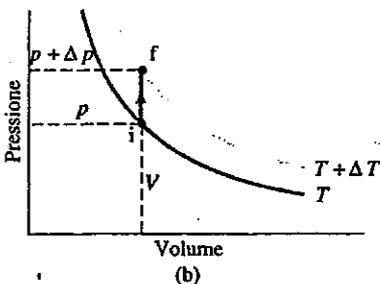
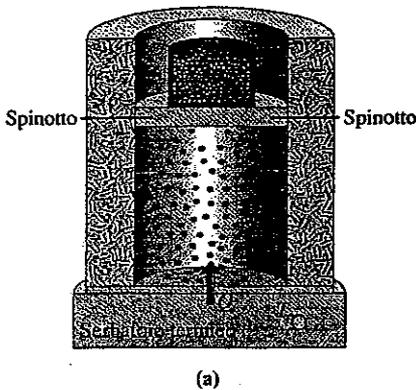


Figura 20.8 (a) La temperatura di un gas ideale viene accresciuta da T a $T + \Delta T$ in una trasformazione a volume costante. Viene fornito calore ma non viene compiuto lavoro. (b) La trasformazione su un diagramma p - V .

TABELLA 20.2 Calori specifici molari a volume costante

Molecola	Esempio	C_V [J/(mol · K)]
Monoatomica	Ideale	$\frac{3}{2}R = 12.5$
	He	12.5
	Ar	12.6
Biatomica	Ideale	$\frac{5}{2}R = 20.8$
	N ₂	20.7
	O ₂	20.8
Poliatomica	Ideale	$3R = 24.9$
	NH ₄	29.0
	CO ₂	29.7

Sostituendo questo risultato nell'equazione 20.41 si ha

$$C_V = \frac{3}{2}R = 12.5 \text{ J/(mol · K)} \quad (\text{gas monoatomico}). \quad (20.43)$$

Come mostra la tabella 20.2, questa previsione della teoria cinetica concorda molto bene con la pratica per i gas monoatomici reali, che è il caso che noi abbiamo ipotizzato. I valori (previsti e) sperimentali di C_V per i gas *biatomici* e *poliatomici* sono sostanzialmente più elevati di quelli per i gas monoatomici per le ragioni che tratteremo nel paragrafo 20.9.

Ora possiamo generalizzare l'equazione 20.38 per l'energia interna di un gas ideale introducendo C_V :

$$E_{\text{int}} = nC_V T \quad (\text{gas ideale qualunque}). \quad (20.44)$$

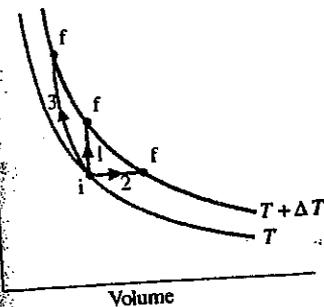
Questa equazione si applica non solo a un gas ideale monoatomico, ma a qualsiasi altro gas perfetto (si deve usare il valore appropriato di C_V). Esattamente come con l'equazione 20.38, vediamo che l'energia interna dipende dalla temperatura del gas ma non dalla sua pressione o massa volumica.

Quando un gas ideale confinato subisce una variazione di temperatura ΔT , allora sia dall'equazione 20.41 sia dall'equazione 20.44 possiamo indicare la variazione risultante della sua energia interna come

$$\Delta E_{\text{int}} = nC_V \Delta T \quad (\text{gas ideale, trasformazione qualunque}). \quad (20.45)$$

Questa equazione si può interpretare come:

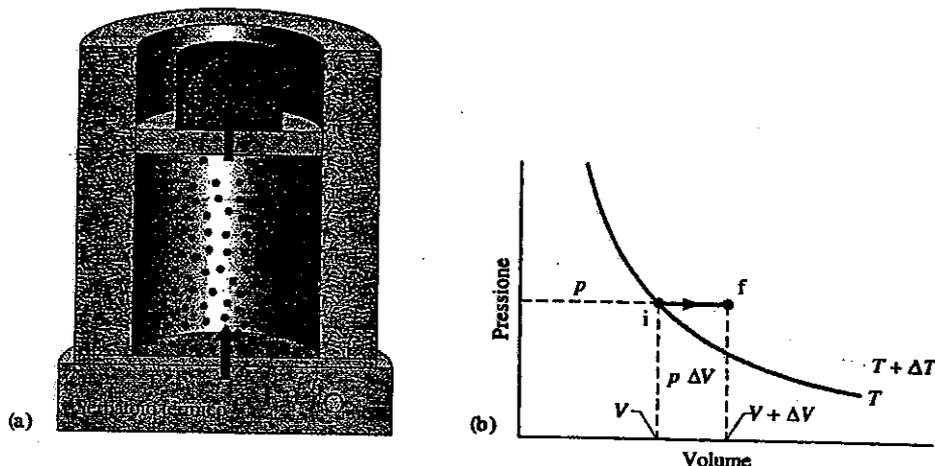
► La variazione di energia interna di un gas ideale confinato non dipende dal tipo di trasformazione che ha prodotto una variazione nella temperatura del gas, ma solo dall'entità di questa variazione.



Come esempi, considerate i tre percorsi tra le due isoterme nel diagramma p - V della figura 20.9. Il percorso 1 rappresenta una trasformazione *isocora*, cioè a volume costante. Il percorso 2 rappresenta una trasformazione *isobara*, cioè a pressione costante (che stiamo per prendere in esame). E il percorso 3 rappresenta una trasformazione *adiabatica*, nella quale non viene scambiato alcun calore con l'ambiente esterno al sistema (discuteremo questo argomento nel paragrafo 20.11). Sebbene i valori del calore Q e del lavoro L associati a questi tre percorsi differiscano, come pure p_f e V_f , i valori di ΔE_{int} associati ai tre percorsi sono identici, e dati dalla 20.45, perché tutti comportano la stessa variazione di temperatura ΔT . Così, indipendentemente dal percorso effettivamente seguito per passare da T a $T + \Delta T$, possiamo *sempre* riferirci al percorso 1 per calcolare facilmente ΔE_{int} con l'equazione 20.45.

20.9 Tre percorsi che rappresentano tre differenti trasformazioni che compie un gas ideale da uno stato iniziale a temperatura T a un certo stato finale a temperatura $T + \Delta T$. La variazione ΔE_{int} di energia interna del gas è la stessa per queste tre trasformazioni e per ogni altra che dia luogo alla stessa variazione di temperatura.

Figura 20.10 (a) La temperatura di un gas ideale viene accresciuta da T a $T + \Delta T$ in una trasformazione a pressione costante. Viene fornito calore e viene compiuto lavoro per spostare il pistone zavorrato. (b) La trasformazione su un diagramma p - V . Il lavoro, $p \Delta V$, è rappresentato dall'area color sabbia.



Calore specifico molare a pressione costante

Supponiamo ora che la temperatura del gas sia aumentata della stessa piccola quantità ΔT come in precedenza, ma che il calore necessario Q sia aggiunto quando il gas è sottoposto a pressione costante. Un meccanismo per eseguire questa operazione è illustrato nella figura 20.10a; il diagramma p - V per il processo è tracciato nella figura 20.10b. In questo esperimento troviamo che il calore Q è legato alla variazione di temperatura ΔT da

$$Q = nC_p \Delta T \quad (\text{pressione costante}), \quad (20.46)$$

dove C_p è il calore specifico molare a pressione costante e sarà *maggiore* del calore specifico molare a volume costante: l'energia deve essere fornita non solo per far crescere la temperatura, ma anche per compiere il lavoro esterno, cioè per sollevare il pistone zavorrato della figura 20.10a.

Per correlare C_p a C_v , partiamo dalla prima legge della termodinamica (eq. 19.26):

$$\Delta E_{\text{int}} = Q - L. \quad (20.47)$$

Sostituiamo poi ogni termine nell'equazione 20.47. Per ΔE_{int} , usiamo l'equazione 20.45. Per Q , ci serviamo dell'equazione 20.46. Per sostituire L , notiamo per prima cosa che, data la pressione costante, l'equazione 20.16 stabilisce che $L = p \Delta V$. Utilizzando quindi l'equazione del gas perfetto ($pV = nRT$), possiamo scrivere

$$L = p \Delta V = nR \Delta T. \quad (20.48)$$

Effettuando queste sostituzioni nell'equazione 20.47, e quindi dividendo tutto per $n \Delta T$, troviamo

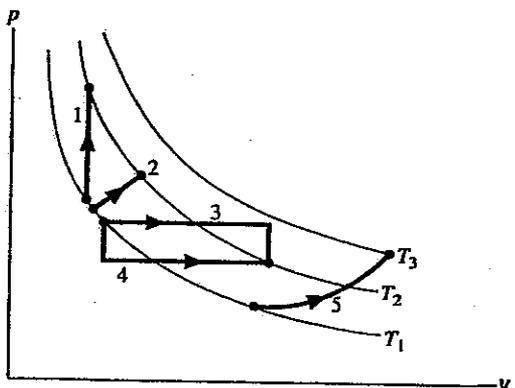
$$C_v = C_p - R,$$

ovvero

$$C_p = C_v + R. \quad (20.49)$$

Questa previsione della teoria cinetica concorda con l'esperienza, non solo per i gas monoatomici ma per i gas in generale, finché la loro massa volumica è abbastanza bassa da consentirci di trattarli come gas ideali.

✓ VERIFICA 4: La figura a fianco mostra cinque trasformazioni di un gas su un diagramma p - V . Ordinate le trasformazioni secondo i valori decrescenti della variazione di energia interna del gas.



Problema svolto 20.7

Una bolla di 5.00 mol di elio (monoatomico) è immersa a una certa profondità in acqua; l'acqua (e quindi l'elio) subisce un aumento di temperatura ΔT di 20.0 °C a pressione costante. Come conseguenza, la bolla si espande. Si consideri il gas come fosse ideale.

(a) Quanto calore Q viene aggiunto all'elio durante l'espansione e l'aumento di temperatura?

SOLUZIONE: La idea chiave sta nel considerare che il calore Q è legato alla variazione di temperatura ΔT dal calore specifico molare c_p , e, poiché la pressione è costante, possiamo usare l'equazione 20.46 per scrivere, in funzione di C_p ,

$$Q = nC_p \Delta T, \quad (20.50)$$

che ci consente di trovare Q . Il valore di C_p si può ricavare dalla equazione 20.49, in cui a C_v possiamo sostituire il valore $\frac{3}{2}R$ dato dalla (20.43) per un gas monoatomico qual è l'elio. L'equazione 20.50 diventa quin-

$$\begin{aligned} Q &= n(C_v + R) \Delta T = n\left(\frac{3}{2}R + R\right) \Delta T = n\left(\frac{5}{2}R\right) \Delta T \\ &= (5.00 \text{ mol})(2.5)[8.31 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})](20.0^\circ\text{C}) = \\ &= 2077.5 \text{ J} \approx 2080 \text{ J}. \end{aligned}$$

(b) Qual è la variazione ΔE_{int} dell'energia interna dell'elio durante l'aumento di temperatura?

SOLUZIONE: La bolla si espande, perciò non si tratta di un processo a volume costante. L'elio comunque resta confinato (nella bolla). L'idea chiave è dunque considerare la variazione di energia interna *come se* intervenisse a volume costante con il medesimo salto termico ΔT . Una variazione ΔE_{int} a volume costante si calcola agevolmente tramite

l'equazione 20.45:

$$\begin{aligned} \Delta E_{\text{int}} &= nC_v \Delta T = n\left(\frac{3}{2}R\right) \Delta T = \\ &= (5.00 \text{ mol})(1.5)[8.31 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})](20.0^\circ\text{C}) = \\ &= 1246.5 \text{ J} \approx 1250 \text{ J}. \end{aligned}$$

(c) Quanto lavoro L compie l'elio nella sua espansione contro l'acqua che lo circonda, durante l'aumento di temperatura?

SOLUZIONE: L'idea chiave è considerare che il lavoro svolto da *qualsiasi* gas in espansione contro la pressione esterna è dato dall'equazione 20.11; dobbiamo quindi integrare $p \, dV$. Quando la pressione è costante come nel nostro caso, possiamo semplificare in $L = p \Delta V$. Se il gas è perfetto, vale la legge data dalla (20.5): $p \Delta V = nR \Delta T$. Si conclude che

$$\begin{aligned} L &= nR \Delta T = \\ &= (5.00 \text{ mol})[8.31 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})](20.0^\circ\text{C}) = 831 \text{ J}. \end{aligned}$$

Dato che conosciamo sia Q sia ΔE_{int} , si può arrivare al risultato per un'altra strada. In questo caso la idea chiave è quella di ricorrere alla prima legge della termodinamica:

$$L = Q - \Delta E_{\text{int}} = 2077.5 \text{ J} - 1246.5 \text{ J} = 831 \text{ J}.$$

Si noti che durante l'aumento di temperatura, soltanto una porzione (1250 J) del calore totale (2080 J) trasferito all'elio va ad aumentare l'energia interna dell'elio e perciò la temperatura dell'elio. Il restante calore (831 J) è trasferito dall'elio sotto forma di lavoro che l'elio compie durante l'espansione. Se l'acqua fosse gelata, essa non permetterebbe questa espansione. Quindi lo stesso aumento di temperatura di 20.0 °C richiederebbe soltanto 1250 J di calore, perché l'elio non compirebbe alcun lavoro.

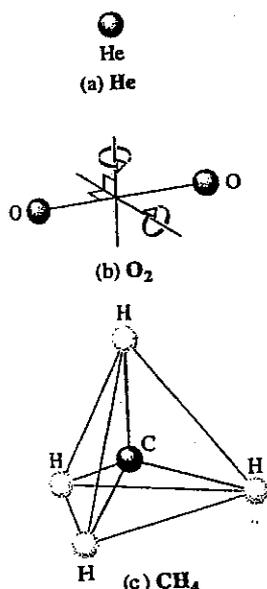


Figura 20.11 Modelli di molecole utilizzati nella teoria cinetica: (a) elio, una tipica molecola monoatomica; (b) ossigeno, una tipica molecola biatomica; (c) metano, una tipica molecola poliatomico. Le sfere rappresentano gli atomi e i segmenti che li congiungono rappresentano i legami. Nella molecola di ossigeno sono disegnati due assi di rotazione.

20.9 Gradi di libertà e calore specifico molare

Come indicato nella tabella 20.2, la previsione secondo cui $C_v = \frac{3}{2}R$ concorda con la pratica per i gas monoatomici ma non va bene per i gas biatomici e poliatomici. Cerchiamo di spiegare questa differenza considerando la possibilità che le molecole con più di un atomo possano immagazzinare energia interna in forme diverse dal moto traslazionale.

La figura 20.11 mostra i modelli previsti dalla teoria cinetica per l'elio (un gas monoatomico), l'ossigeno (biatomico), e il metano (poliatomico). Sulla base della loro struttura, sembra ragionevole supporre che le molecole monoatomiche, che sono essenzialmente puntiformi e hanno soltanto un piccolissimo momento d'inerzia intorno a qualunque asse, possono immagazzinare energia soltanto nel loro moto traslazionale. Le molecole biatomiche e poliatomiche dovrebbero, tuttavia, essere in grado di accumulare significative quantità supplementari di energia nei moti di rotazione e oscillazione.

Come prendere in considerazione queste possibilità da un punto di vista quantitativo? James Clerk Maxwell indicò per primo come fare, introducendo il teorema dell'**equiripartizione dell'energia**:

➤ Ogni tipo di molecola ha un certo numero f di **gradi di libertà**, che sono i modi indipendenti con i quali la molecola può immagazzinare energia. Ciascuno di questi gradi di libertà è associato, in media, a un'energia di $\frac{1}{2}kT$ per ogni molecola (o $\frac{1}{2}RT$ per ogni mole).

Applichiamo ora il teorema ai moti traslazionale e rotazionale delle molecole di figura 20.11. Lasciamo invece il moto oscillatorio al prossimo paragrafo. Per il moto traslazionale ci sono tre gradi di libertà, corrispondenti ai tre assi perpendicolari lungo i quali si può verificare tale moto. Quindi le molecole di tutti i tipi hanno in media un'energia associata di $3\left(\frac{1}{2}\right)kT$ per ogni molecola.

Per il moto rotazionale immaginiamo l'origine degli assi xyz al centro geometrico di ciascuna molecola di figura 20.11. Ciascuna molecola di un gas dovrebbe poter ruotare con una componente della velocità angolare per ciascuno dei tre assi, e quindi dovrebbe avere

TABELLA 20.4 Gradi di libertà per alcune molecole

Molecola	Esempio	Gradi di libertà			Calori specifici molari previsti	
		Traslazionali	Rotazionali	Totali (f)	C_V (eq. 20.51)	$C_P = C_V + R$
Monoatomica	He	3	0	3	$\frac{3}{2}R$	$\frac{5}{2}R$
Biatomica	O ₂	3	2	5	$\frac{5}{2}R$	$\frac{7}{2}R$
Poliatomica	CH ₄	3	3	6	$3R$	$4R$

tre gradi di libertà rotazionali, e quindi un'ulteriore energia di $3(\frac{1}{2})kT$ per ciascuna molecola. Tuttavia empiricamente si trova che ciò è vero solo per le molecole poliatomiche. La teoria quantistica spiega che una molecola monoatomica di un gas non ruota e quindi non possiede energia rotazionale (gli atomi non girano come trottole). Una molecola biatomica può ruotare attorno al suo centro solo attorno ai due assi perpendicolari alla congiungente fra gli atomi, come mostrato nella figura 20.11b, e non può invece ruotare attorno all'asse molecolare. La molecola biatomica presenta quindi solo due gradi di libertà rotazionali e un'energia per molecola di $2(\frac{1}{2})kT$ associata al moto rotazionale.

Per applicare i risultati ottenuti nel paragrafo 20.8 ai gas biatomici e poliatomici, è necessario analizzare in dettaglio le deduzioni di quel paragrafo, sostituendo l'equazione 20.38 ($E_{int} = \frac{3}{2}nRT$) con l'equazione $E_{int} = (f/2)nRT$, dove f è il numero di gradi di libertà elencati nella tabella 20.3. Così facendo si giunge alla previsione

$$C_V = \left(\frac{f}{2}\right)R = 4.16 f \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}, \quad (20.51)$$

che concorda, come è logico, con l'equazione 20.43 per $f = 3$ (gas monoatomici). Come mostra la tabella 20.2, questa previsione è in accordo con l'esperienza anche per le molecole biatomiche ($f = 5$), ma è insufficiente per le molecole poliatomiche.

Problema svolto 20.8

Una stanza di volume V , come l'igloo della fotografia d'inizio capitolo è riempita di aria (che consideriamo come un gas ideale biatomico) a una temperatura iniziale T_1 bassa. Dopo aver acceso una stufa a legna, la temperatura dell'aria aumenta fino a un valore T_2 . Quale cambiamento ne deriva nell'energia interna immagazzinata dall'aria nel locale?

SOLUZIONE: Al crescere dalla temperatura la pressione dell'aria p non può variare in quanto il contenitore (la stanza) non è sigillato. Poiché la stanza non è perfettamente ermetica, le molecole d'aria fuoriescono attraverso varie aperture man mano che la temperatura aumenta, per cui la pressione dell'aria all'interno della stanza si uniforma sempre alla pressione dell'aria all'esterno e il numero n delle molecole presenti diminuisce. La prima idea chiave ci impedisce dunque di utilizzare l'equazione 20.45, che richiederebbe un valore di n costante.

Siamo costretti quindi, ecco la seconda idea chiave, ad accontentarci dell'equazione 20.44, che lega la variazione di energia interna dell'aria nella stanza in ogni istante con n e T :

$$\Delta E_{int} = \Delta(nC_V T) = C_V \Delta(nT).$$

Usando la legge del gas perfetto (eq. 20.5), possiamo sostituire pV/R al posto di nT , ottenendo

$$\Delta E_{int} = C_V \Delta \left(\frac{pV}{R} \right). \quad (20.52)$$

Da quanto sopra vediamo che, poiché né la pressione p né il volume V dell'aria all'interno del locale variano,

$$\Delta E_{int} = 0,$$

anche se la temperatura cambia.

Allora perché la stanza sembra essere più confortevole alla temperatura più elevata? Vi sono almeno due fattori. Il nostro corpo ha la tendenza a raffreddarsi perché (1) emette radiazione elettromagnetica (radiazione termica), e (2) cede calore alle molecole d'aria che ci urtano lambendo la nostra pelle. Se si aumenta la temperatura della stanza, (1) aumenta la quantità di radiazione termica proveniente dalle superfici degli oggetti contenuti nella stanza, che il corpo intercetta e che va a bilanciare così la radiazione emessa; (2) aumenta l'energia cinetica delle molecole d'aria che ci urtano, così che si cede loro meno calore.

20.10 Un accenno alla teoria quantistica

Il successivo passo logico consiste nel vedere se possiamo migliorare l'accordo della teoria cinetica con l'esperienza prendendo in considerazione l'energia interna immagazzinata nelle molecole biatomiche e poliatomiche sotto forma di oscillazioni molecolari. Per esempio i due atomi della molecola di ossigeno di figura 20.11b possono oscillare avvicinandosi e allontanandosi ripetutamente, come se il loro legame fosse una specie di molla. L'esperienza mostra tuttavia che tali oscillazioni non si innescano che a temperature relati-

14.11. ENTALPIA

Una gran parte dei processi termodinamici si svolge a pressione costante, solitamente alla pressione atmosferica che nel corso del processo stesso non subisce modificazioni.

Si consideri ora un processo nel corso del quale il sistema termodinamico interessato scambia calore e lavoro con l'ambiente esterno, mentre la pressione resta costante.

Per il primo principio della termodinamica si avrà

$$14.28) \quad Q = P \cdot \Delta V + \Delta U$$

Ma essendo $\Delta V = V_2 - V_1$ la differenza fra volume finale e iniziale e $\Delta U = U_2 - U_1$ la differenza fra energia interna finale e iniziale, la (14.28) si può scrivere sotto la forma

$$Q = P(V_2 - V_1) + U_2 - U_1$$

dalla quale si ricava facilmente

$$14.29) \quad Q = (PV_2 + U_2) - (PV_1 + U_1) = H_2 - H_1 = \Delta H$$

avendo indicato con H la funzione PV+U che prende il nome di entalpia.

Con $\Delta H = H_2 - H_1$ viene quindi indicato il calore ceduto o acquistato dal sistema nel processo e nella trasformazione termodinamica in esame che, come si è detto, si svolge a pressione costante.

Volendo confrontare quantitativamente la variazione di entalpia o, ciò che è lo stesso, i calori di reazione di due diversi processi chimici, conviene fare il confronto con riferimento alle moli delle sostanze interessate alla reazione, perché in tal modo il confronto può essere riferito facilmente allo stesso numero di molecole. Risulta infatti immediato il confronto fra il calore di reazione di una mole di idrogeno e una mole di carbonio che bruciano entrambe in ossigeno. Il calore di reazione si chiama in tal caso calore molare di reazione.

Si possono meglio chiarire le idee facendo alcuni esempi:

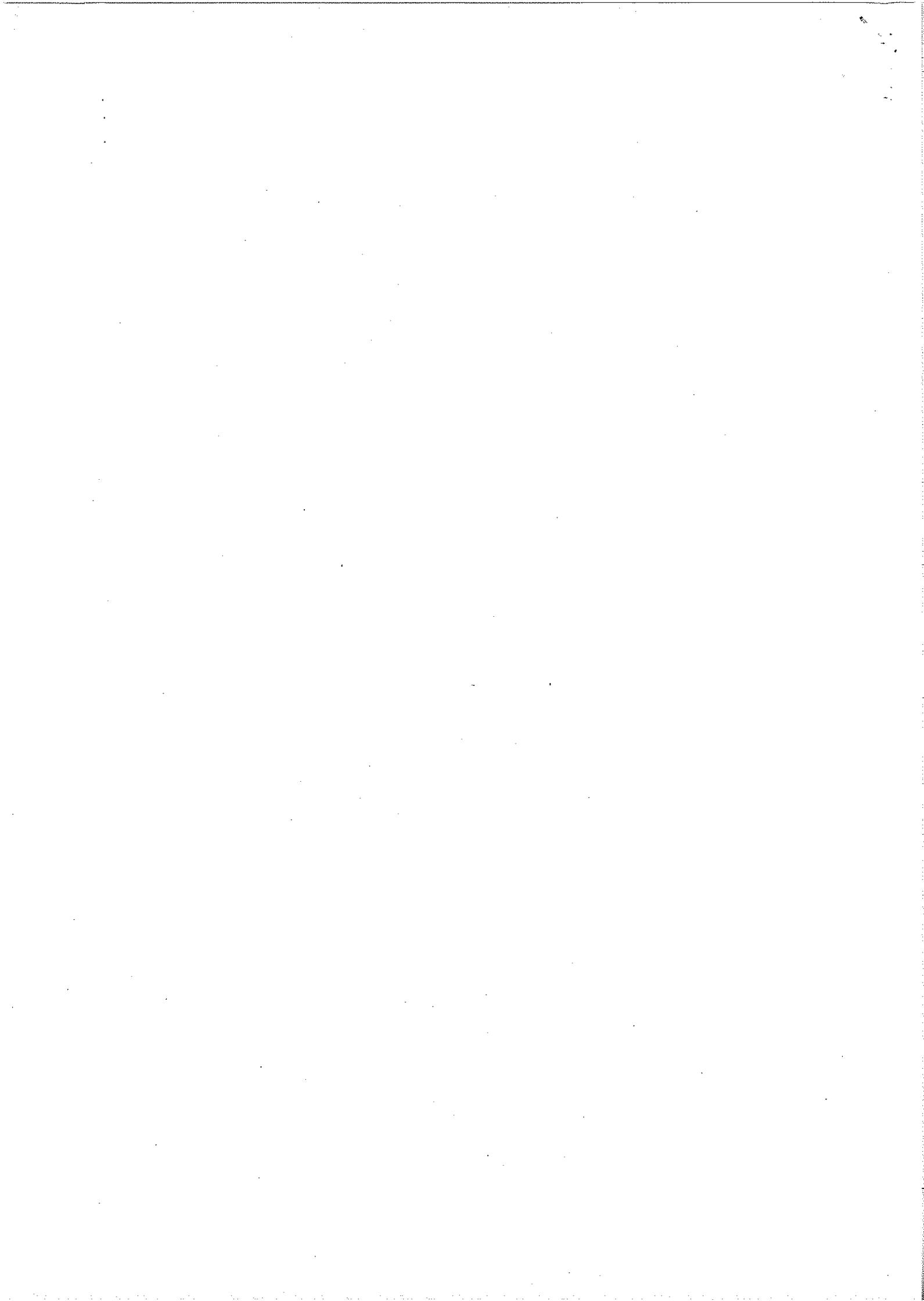
1° esempio

~~Nella reazione $C + O_2 \rightarrow CO_2$ il calore molare di reazione è di 94,03 Kcal e si può pertanto scrivere~~

Trasformazioni termodinamiche per un gas perfetto

trasformazione	legge	ΔU	Q	L
isocora ($V = k$)	$P = P_0(1+t/273,16)$	$nc_v\Delta T$	$nc_v\Delta T$	0
isobara ($P = k$)	$V = V_0(1+t/273,16)$	$nc_v\Delta T = nc_p\Delta T - p\Delta V$	$nc_p\Delta T$	$p\Delta V = nR\Delta T$
isoterma ($T = k$)	$PV = k$	0	$L = nRT\ln(V_f/V_i)$	$nRT\ln(V_f/V_i)$
adiabatica ($Q = 0$)	$pV^\gamma = \text{cost}$	$nc_v\Delta T$	0	$-\Delta U$

- Per il I principio della termodinamica $\Delta U = Q - L$
- c_v = calore specifico molare a volume costante
- c_p = calore specifico molare a pressione costante
- $\gamma = c_p/c_v$



0,50

FORZE MUSCOLARI DELTOIDE, BICIPITE, TRICIPITE

MUSCOLO DELTOIDE

8
9

Arto superiore in abduzione

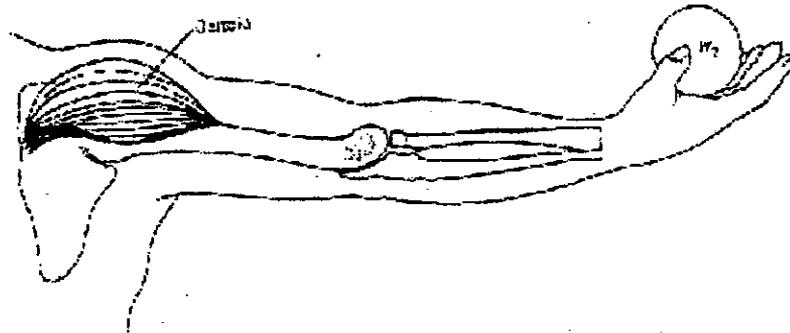
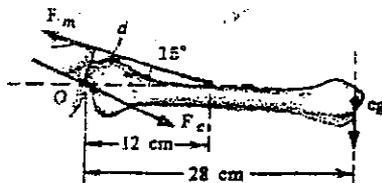


Diagramma di corpo libero



O= punto di articolazione della spalla
 P= peso braccio applicato nel centro di gravità (cg) a 28cm dal punto O
 Fm= forza sviluppata dal muscolo deltoide, la cui inserzione si trova a 12cm dal punto O, inclinato di un angolo di 15° rispetto all'omero.
 Fc= forza di contatto dell'omero sull'articolazione della spalla
 W= peso di un corpo di 60N applicato a 58cm da O

(Dispense sull'equilibrio esempio 3 pag.52)

I caso:

W=0

Determinare:

Forza esercitata dal muscolo deltoide (Fm) Forza di contatto dell'omero sulla scapola (Fc)

Pbraccio= 30N applicato nel "cg" distante 28cm dall'articolazione della spalla(o)

Da studi con i raggi X e da indagini anatomiche si conosce che:

- Fm agisce con un angolo di 15° rispetto all'omero
- L'inserzione del deltoide si trova a 12cm(d) dall'articolazione della spalla (o)

Considerando i momenti rispetto all'articolazione della spalla:

$$\sum \tau = \tau_{Fm} + \tau_P + \tau_{Fc} = 0 \quad \text{prima condizione per l'equilibrio}$$

$$\tau_{Fc} = (Fc)(0) = 0$$

$$\tau_P = P \cdot r = -(30N)(0.28m)(\sin 90^\circ) = -8,4Nm$$

$$\tau_{Fm} = Fm \cdot d = (Fm)(0,12m)(\sin 15^\circ)$$

$$(F_m)(0,12m)(0,26) - 8,4Nm = 0$$

$$F_m = 8,4Nm / 0,031m = \underline{271N}$$

$$\sum F_t = F_m + P + F_c = 0 \quad \text{seconda condizione per equilibrio}$$

$$F_{tot y} = F_m \sin 15^\circ - P - F_{cy} = 70,46 - 30 - F_{cy} = 0$$

$$F_{cy} = 100,46N$$

$$F_{tot x} = -F_m \cos 15^\circ - 0 + F_{cx} = 0$$

$$F_{cx} = 270N$$

$$F_c = \sqrt{(F_{cy})^2 + (F_{cx})^2} = \underline{288N}$$

(esempio 4 pag.53)

Il caso:

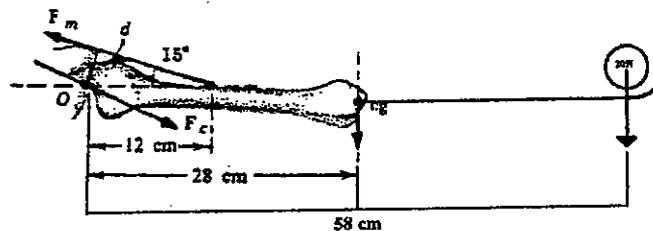
W ≠ 0

Forza esercitata dal muscolo deltoide (F_m) quando la mano, che dista 58cm dall'articolazione della spalla sostiene un peso di 20N

$P_{braccio} = 30N$ applicato nel "cg" distante 28cm dall'articolazione della spalla (o)

Da studi con i raggi X e da indagini anatomiche si conosce che:

- F_m agisce con un angolo di 15° rispetto all'omero
- L'inserzione del deltoide si trova a 12cm (d) dall'articolazione della spalla (o)



Considerando i momenti rispetto all'articolazione della spalla:

$$\sum \tau = \tau_{F_m} + \tau_P + \tau_W + \tau_{F_c} = 0 \quad \text{prima condizione per l'equilibrio}$$

$$\tau_{F_c} = (F_c)(0) = 0$$

$$\tau_W = W \cdot r = - (20N)(0,58m)(\sin 90^\circ) = - 11,6Nm$$

$$\tau_P = P \cdot r = - (30N)(0,28m)(\sin 90^\circ) = - 8,4Nm$$

$$\tau_{F_m} = F_m \cdot d = (F_m)(0,12m)(\sin 15^\circ)$$

$$(F_m)(0,12m)(0,26) - 8,4Nm - 11,6Nm = 0$$

$$F_m = 8,4Nm + 11,6Nm / 0,031m = 645N$$

MUSCOLO BICIPITE

(esercizio 2 pag.56)

I caso

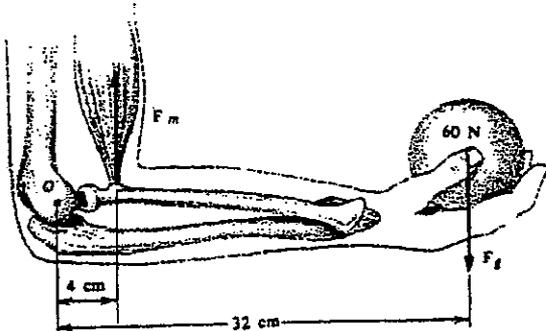
Arto superiore in flessione: angolo di 90° tra braccio e avambraccio

L'inserzione del bicipite si trova a 4cm dall'articolazione del gomito (o)

Determinare:

Forza esercitata dal bicipite (F_m)

1. per $P=14N$ applicato nel "cg" distante 15cm dall'articolazione del gomito(o)
2. quando la mano, che dista 32cm da o, sorregge un peso di 60N



O= punto di articolazione del gomito
P= peso avambraccio applicato nel cg distante 15cm dal punto **O**
F_m= forza esercitata dal bicipite la cui inserzione si trova a 4cm da **O**
W= peso esercitato da una massa di 60N che dista 32cm da **O**

Considerando i momenti rispetto all'articolazione del gomito:

1.

$$\sum \tau = \tau_{F_m} + \tau_P = 0 \quad \text{prima condizione per l'equilibrio}$$

$$\tau_P = P \cdot r = -(14N)(0,15m)(\sin 90^\circ) = -2,1Nm$$

$$\tau_{F_m} = F_m \cdot d = (F_m)(0,04m)(\sin 90^\circ)$$

$$(F_m)(0,04m) - 2,1Nm = 0$$

$$F_m = 2,1Nm / 0,04m = 52,5N$$

2.

$$\sum \tau = \tau_{F_m} + \tau_P + \tau_W = 0 \quad \text{prima condizione per l'equilibrio}$$

$$\tau_P = P \cdot r = -(14N)(0,15m)(\sin 90^\circ) = -2,1Nm$$

$$\tau_W = W \cdot r = -(60N)(0,32m)(\sin 90^\circ) = -19,2Nm$$

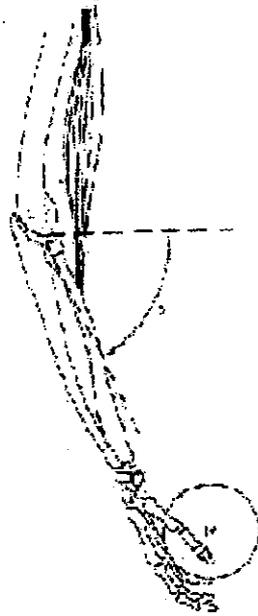
$$\tau_{F_m} = F_m \cdot d = (F_m)(0,04m)(\sin 90^\circ)$$

$$(F_m)(0,04m) - 2,1Nm - 19,2Nm = 0$$

$$F_m = 2,1Nm + 19,2Nm / 0,04m = 532,5$$

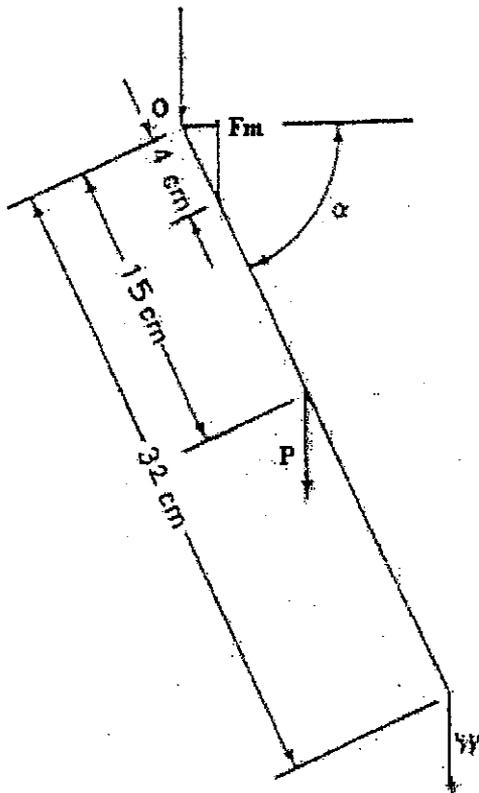
Il caso:

Arto superiore in flessione: angolo α fra avambraccio e piano orizzontale



Determinare la forza esercitata dal bicipite (F_m) per:

- $P=14N$
- $W=60N$



O= punto di articolazione del gomito
P= peso avambraccio applicato nel cg distante 15cm dal punto **O**
F_m= forza esercitata dal bicipite la cui inserzione si trova a 4cm da **O**
W= peso esercitato da una massa di 60N che dista 32cm da **O**

$$\sum \tau = \tau_{Fm} + \tau_P + \tau_W = 0 \quad \text{prima condizione per l'equilibrio}$$

$$\tau_{Fm} = Fm \cdot d = (Fm)(0,04m)(\text{sen } \alpha)$$

$$\tau_P = P \cdot r = -(14N)(0,15m)(\text{sen } \alpha)$$

$$\tau_W = W \cdot r = -(60N)(0,32m)(\text{sen } \alpha)$$

$$Fm(\text{sen } \alpha)(0,04m) - (14N)(0,15m)(\text{sen } \alpha) - (60N)(0,32m)(\text{sen } \alpha) = 0$$

$$Fm = (14N)(0,15m) + (60N)(0,32m) / 0,04m = 532,5N$$

N.B La forza esercitata dal muscolo bicipite quando la mano sostiene un peso è uguale nel primo e nel secondo caso.

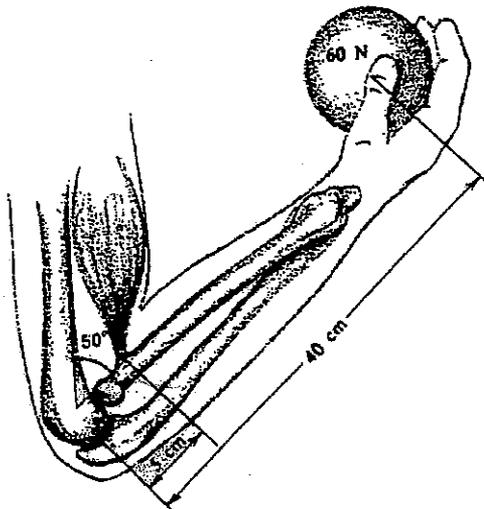
I caso

P= trascurabile

Arto superiore in flessione: angolo 50° tra braccio e avambraccio

La mano, che dista 40cm dall'articolazione del gomito(o), sostiene un peso di 60N

L'inserzione del bicipite si trova a 5cm da (o)



O= punto di articolazione del gomito
P= peso avambraccio applicato nel cg distante 20cm dal punto O
Fm= forza esercitata dal bicipite la cui inserzione si trova a 5cm da O
W= peso esercitato da una massa di 60N che dista 40 cm da O
Fc= forza esercitata sull'avambraccio dal gomito

Determinare:

Forza del bicipite (Fm), Forza esercitata sull'avambraccio dal gomito (Fc)

W=60N

$$\sum \tau = \tau_{Fm} + \tau_W + \tau_{Fc} = 0 \quad \text{prima condizione per l'equilibrio}$$

$$\sum \tau = Fm \cdot r_m + W \cdot r_W = 0$$

$$\sum \tau = (Fm)(r_m)(\text{sen } 50) - (W)(r_W)(\text{sen } 50) = 0$$

$$F_m = W \cdot r_w \cdot \sin 50 / r_m \cdot \sin 50 = 60N(0,40m) / 0,05m = 480N$$

$$\sum F_t = F_m + W + F_c = 0$$

seconda condizione per equilibrio

$$F_{tot y} = F_c + F_m + W = 0$$

$$F_{tot y} = F_m - F_c - W = 0$$

$$F_c = F_m - W = 480N - 60N = 420N$$

(esercizio n 18 pag 59)

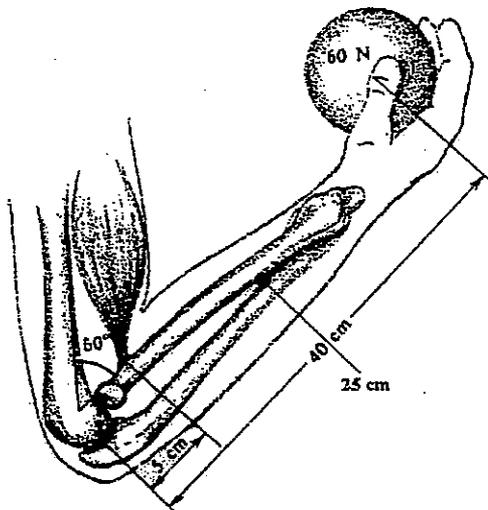
II caso

P = non trascurabile

La mano, che dista 40cm dall'articolazione del gomito(O), sostiene un peso di 60N

L'inserzione del bicipite si trova a 5cm da (O)

La forza peso (P) dell'avambraccio e della mano è di 25N applicati nel "cg" distante 20cm dal gomito



O = punto di articolazione del gomito
P = peso avambraccio applicato nel cg distante 20cm dal punto O
F_m = forza esercitata dal bicipite la cui inserzione si trova a 5cm da O
W = peso esercitato da una massa di 60N che dista 40 cm da O
F_c = forza esercitata sull'avambraccio dal gomito

Determinare:

Forza del bicipite (F_m), Forza esercitata sull'avambraccio dal gomito (F_c)

$$\sum \tau = \tau_{F_c} + \tau_{F_m} + \tau_P + \tau_W = 0 \quad \text{prima condizione per l'equilibrio}$$

$$\sum \tau = (F_m)(\sin 50)(r_m) - (P)(\sin 50)(r_p) - (W)(\sin 50)(r_w) = 0$$

$$F_m = P \sin 50 r_p + W \sin 50 r_w / \sin 50 r_m$$

$$F_m = 25N(0,766)0,20m + 60N(0,766)0,40m / (0,766)0,05m = 600N$$

$$\sum F_t = F_m + W + F_c + P = 0 \quad \text{seconda condizione per equilibrio}$$

$$F_{tot x} = 0$$

$$F_{tot y} = F_c + P + F_m + W = 0$$

$$\mathbf{F}_{\text{tot } y} = -F_c - P + F_m - W = 0$$

$$F_c = 600\text{N} - 20\text{N} - 60\text{N} = 520\text{N}$$

MUSCOLO TRICIPITE

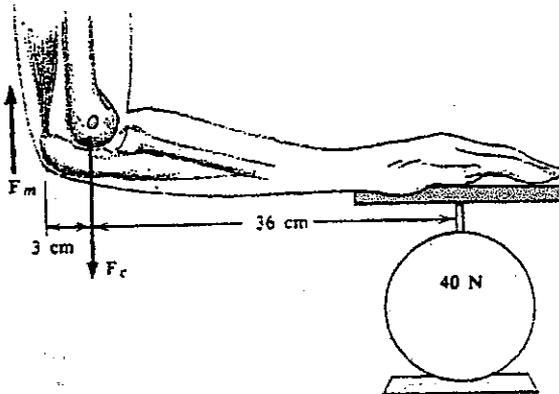
(esercizi 3-4 pag.)

Arto superiore in flessione: angolo di 90° tra braccio e avambraccio.

L' inserzione del tricipite si trova a 3cm dall' articolazione del gomito

Determinare la forza esercitata dal muscolo tricipite (F_m) e forza di contatto dell' omero sull' avambraccio (F_c) nei seguenti casi:

1. $P = 20\text{N}$
2. $W = 40\text{N}$



O = punto di articolazione del gomito
P = peso avambraccio applicato nel centro di gravità (cg) distante 18cm dal punto O
F_m = forza esercitata dal muscolo tricipite, la cui inserzione si trova a 3cm da O
F_c = forza di contatto dell' omero sull' avambraccio
W = forza che la mano, che dista 36cm da O, esercita sul piatto di un dinamometro.

Considerando i momenti rispetto all' articolazione del gomito:

1.

$$\sum \tau = \tau_{F_m} + \tau_P + \tau_{F_c} = 0 \quad \text{prima condizione per l'equilibrio}$$

$$\tau_{F_c} = 0$$

$$\tau_P = P \cdot r = -(20\text{N})(0,18\text{m})(\sin 90^\circ) = -3,6\text{Nm}$$

$$\tau_{F_m} = F_m \cdot d = (F_m)(0,03\text{m})(\sin 90^\circ)$$

$$(F_m)(0,03\text{m}) - 3,6\text{Nm} = 0$$

$$F_m = 3,6\text{Nm} / 0,03\text{m} = 120\text{N}$$

$$\sum F_t = F_m + F_c + P = 0 \quad \text{seconda condizione per equilibrio}$$

$$\mathbf{F}_{\text{tot } x} = 0$$

$$\mathbf{F}_{\text{tot } y} = F_m - P - F_c = 0$$

$$= 120\text{N} - 20 - F_c = 0$$

$$F_c = 120 - 20 = 100\text{N}$$

FORZE E SPINA DORSALE

(Riferimento: GIANCOLI pag 254)

9

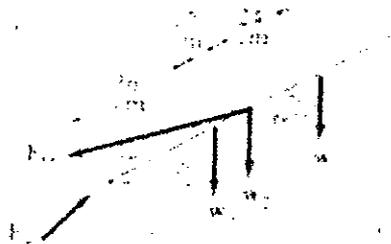
Perché si consiglia di sollevare i pesi da terra flettendo le ginocchia invece che il busto?

Le forze che agiscono sulla spina dorsale quando una persona si piega in avanti sono:

- la forza muscolare F_M esercitata dai muscoli erettori della spina dorsale
- la forza F_V esercitata alla base della colonna vertebrale sull'ultima vertebra lombare.
- le forze peso della testa, delle braccia e del tronco, che indichiamo rispettivamente w_1 , w_2 , w_3 , i cui moduli sono proporzionali al peso w di una persona secondo i seguenti coefficienti: $w_1 = 0,07 w$; $w_2 = 0,12 w$; $w_3 = 0,46 w$

I caso: Il tronco forma un angolo di 30° con il pavimento
 _____ (es: 9.11 cap. 9 GIANCOLI pag 254)

Il diagramma di corpo libero è:



Per calcolare F_M utilizziamo la condizione di equilibrio rotazionale (momento torcente totale = 0):

$$M_T = M_{W_1} + M_{W_2} + M_{W_3} + M_{F_M} + M_{F_V} = 0$$

Calcolando i momenti delle forze rispetto ad un asse di rotazione posto alla base della colonna e inserendo i valori numerici si ottiene:

$$M_T = -w_1(0,72m)(\sin 60^\circ) - w_2(0,48m)(\sin 60^\circ) - w_3(0,36m)(\sin 60^\circ) + F_M(0,48m)(\sin 12^\circ) = 0$$

Da cui:

$$F_M = 2,2w$$

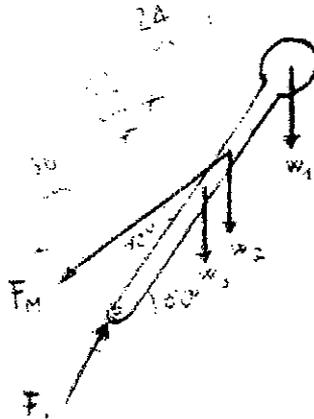
Per ottenere F_V utilizziamo la condizione di equilibrio traslazionale (forza risultante nulla)

$$F_T = W_1 + W_2 + W_3 + F_M + F_V = 0$$

Questa condizione deve essere soddisfatta lungo entrambi gli assi cartesiani.

Il caso. Il tronco forma un angolo di 60° con il pavimento
(es. 40 cap. 9 GIANCOLI pag 272)

Il diagramma di corpo libero e':



Per calcolare F_M utilizziamo la condizione di equilibrio rotazionale (momento torcente totale =0):

$$M_T = M_{W_1} + M_{W_2} + M_{W_3} + M_{F_M} + M_{F_V} = 0$$

Calcolando i momenti delle forze rispetto ad un asse di rotazione posto alla base della colonna e inserendo i valori numerici si ottiene:

$$M_T = -(w_1)(0,72m)(\sin 30^\circ) - (w_2)(0,48m)(\sin 30^\circ) - (w_3)(0,36m)(\sin 30^\circ) + F_M(0,48m)(\sin 12^\circ) = 0$$

Da cui:

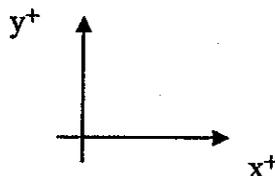
$$F_M = 1,4w$$

Per ottenere F_V utilizziamo la condizione di equilibrio traslazionale (forza risultante nulla)

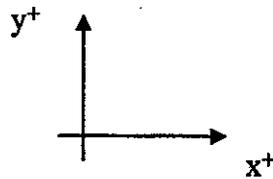
$$F_T = W_1 + W_2 + W_3 + F_M + F_V = 0$$

Questa condizione deve essere soddisfatta lungo entrambi gli assi cartesiani.

Assumiamo un sistema di assi cartesiani come in figura e proiettiamo l'equazione sugli assi.



Assumiamo un sistema di assi cartesiani come in figura e proiettiamo l'equazione sugli assi.



Poiché l'angolo formato dalla forza F_M con l'asse delle x è $30^\circ - 12^\circ = 18^\circ$ ^{*}, si ottiene:

$$F_{M_y} = -F_M (\sin 18^\circ)$$

$$F_{M_x} = -F_M (\cos 18^\circ)$$

L'equazione scalare lungo l'asse delle X è:

$$F_{V_x} - F_M \cos 18^\circ = 0$$

$$F_{V_x} = (2.2w)(\cos 18^\circ)$$

$$F_{V_x} = 2.1w$$

L'equazione scalare lungo l'asse delle Y è:

$$F_{V_y} - F_M \sin 18^\circ - w_1 - w_2 - w_3 = 0$$

$$F_{V_y} = (2.2w)(\sin 18^\circ) - 0.07w - 0.12w - 0.46w$$

$$F_{V_y} = 1.3w$$

Quindi:

$$F_V = \sqrt{(F_{V_x})^2 + (F_{V_y})^2} = \sqrt{(2.1w)^2 + (1.3w)^2} = 2.5w$$

L'angolo θ che F_V forma con l'orizzontale è dato da

$$\text{tg } \theta = F_{V_y} / F_{V_x} = 1.3w / 2.1w = 0.62$$

$$\theta = \text{arctg } 0.62 = 32^\circ$$

^{*} Lo stesso risultato si otterrebbe se si considerasse l'angolo di 72° ($60^\circ + 12^\circ$) formato dalla forza F_M con l'asse delle y .

Poiché l'angolo formato dalla forza F_M con l'asse delle x è $60^\circ - 12^\circ = 48^\circ$ [†], si ottiene:

$$F_{M_y} = -F_M (\sin 48^\circ)$$

$$F_{M_x} = -F_M (\cos 48^\circ)$$

L'equazione scalare lungo l'asse delle X è:

$$F_{V_x} - F_M \cos 48^\circ = 0$$

$$F_{V_x} = (1.4w)(\cos 48^\circ)$$

$$F_{V_x} = 0.9w$$

L'equazione scalare lungo l'asse delle Y è:

$$F_{V_y} - F_M \sin 48^\circ - w_1 - w_2 - w_3 = 0$$

$$F_{V_y} = (1.4w)(\sin 48^\circ) - 0,07w - 0,12w - 0.46w$$

$$F_{V_y} = 1.7w$$

Quindi:

$$F_V = \sqrt{(F_{V_x})^2 + (F_{V_y})^2} = \sqrt{(1.4w)^2 + (1.7w)^2} = 1.9w$$

L'angolo θ che F_V forma con l'orizzontale è dato da

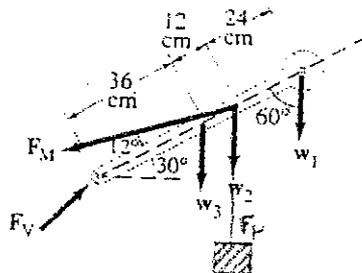
$$\operatorname{tg} \theta = F_{V_y} / F_{V_x} = 1,7w / 0,9w = 1,9$$

$$\theta = \operatorname{arctg} 1,9 = 62^\circ$$

III caso. Il tronco forma un angolo di 30° con il pavimento e la persona tiene in mano una massa di 20 Kg con le braccia penzoloni verso il basso. Supponiamo che la massa della persona sia 70 kg.

(es. 41 cap.9 GIANCOLI pag 272)

Il diagramma di corpo libero è:



[†] Lo stesso risultato si otterrebbe se si considerasse l'angolo di 42° ($30^\circ + 12^\circ$) formato dalla forza F_M con l'asse delle y .

Per calcolare F_M utilizziamo la condizione di equilibrio rotazionale (momento torcente totale = 0):

$$M_T = M_{W_1} + M_{W_2} + M_{W_3} + M_{F_M} + M_{F_V} = 0$$

Calcolando i momenti delle forze rispetto ad un asse di rotazione posto alla base della colonna e inserendo i valori numerici si ottiene:

$$M_T = - (w_1)(0,72m)(\sin 60^\circ) - (w_2)(0,48m)(\sin 60^\circ) - (w_3)(0,36m)(\sin 60^\circ) + \\ - (20kg)(g)(\sin 60^\circ) + F_M(0,48m)(\sin 12^\circ) = 0$$

Sostituendo i valori dei moduli delle forze peso w_1, w_2, w_3 assumendo che la persona abbia una massa di 70 Kg:

$$M_T = - (70kg)(g)(0,07)(0,72m)(\sin 60^\circ) - (70kg)(g)(0,12)(0,48m)(\sin 60^\circ) - (70kg)(g)(0,46) \\ (0,36m)(\sin 60^\circ) - (20kg)(g)(0,48m)(\sin 60^\circ) + F_M(0,48m)(\sin 12^\circ) = 0$$

Da cui:

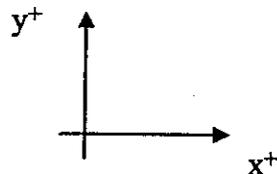
$$F_M = 2440 \text{ N}$$

Per ottenere F_V utilizziamo la condizione di equilibrio traslazionale (forza risultante nulla)

$$F_T = W_1 + W_2 + W_3 + F_M + F_V = 0$$

Questa condizione deve essere soddisfatta lungo entrambi gli assi cartesiani.

Assumiamo un sistema di assi cartesiani come in figura e proiettiamo l'equazione sugli assi.



L'equazione scalare lungo l'asse delle X è:

$$F_{V_x} - F_M \cos 18^\circ = 0 \\ F_{V_x} = (2440N)(\cos 18^\circ) \\ F_{V_x} = 2320 \text{ N}$$

L'equazione scalare lungo l'asse delle Y è:

$$F_{VY} - F_M \sin 18^\circ - w_1 - w_2 - w_3 - F_P = 0$$
$$F_{VY} = (2440\text{N})(\sin 18^\circ) + (70\text{kg})(g)(0,07) + (70\text{kg})(g)(0,12) + (70\text{kg})(g)(0,46) + (20\text{kg})(g)$$
$$F_{VY} = 1396 \text{ N}$$

Quindi:

$$F_V = \sqrt{(F_{Vx})^2 + (F_{Vy})^2} = \sqrt{(2320\text{N})^2 + (1396\text{N})^2} = 2707 \text{ N} = 2,7 \times 10^3 \text{ N}$$

L'angolo θ che F_V forma con l'orizzontale è dato da

$$\text{tg } \theta = F_{Vy} / F_{Vx} = 1396\text{N} / 2320\text{N} = 0.60$$
$$\theta = \text{arctg } 0.60 = 31^\circ$$

CONCLUSIONI

Detto ciò possiamo confrontare la forza muscolare impiegata e la forza che grava sulla quinta vertebra lombare nelle tre diverse condizioni.

Considerando una persona che abbia una massa di 70 Kg:

Il tronco forma un angolo di 30° con il pavimento:

$$F_M = 2.2 (70\text{Kg}) (g) = 1509 \text{ N}$$

$$F_V = 2.5 (70\text{Kg}) (g) = 1715 \text{ N}$$

Il tronco forma un angolo di 60° con il pavimento:

$$F_M = 1.4 (70\text{Kg}) (g) = 960 \text{ N}$$

$$F_V = 1.9 (70\text{Kg}) (g) = 1303 \text{ N}$$

Il tronco forma un angolo di 30° con il pavimento e la persona tiene in mano una massa di 20 Kg con le braccia penzoloni verso il basso:

$$F_M = 2440 \text{ N}$$

$$F_V = 2707 \text{ N}$$

I valori evidenziati rappresentano i coefficienti di proporzionalità tra il peso della persona e le forze F_M e F_V .

Quindi possiamo dedurre che, più il tronco è inclinato rispetto all'orizzontale, più sono grandi la forza muscolare esercitata dai muscoli paravertebrali e la forza che grava sulla quinta vertebra lombare. Inoltre, se viene sollevato un peso, vediamo che queste due forze aumentano notevolmente. E' facile ora capire perché è conveniente sollevare pesi tenendo il tronco meno inclinato possibile e quindi flettendo le ginocchia.

2.

$$\sum \tau = \tau_{Fm} + \tau_P + \tau_W + \tau_{Fc} = 0 \quad \text{prima condizione per l'equilibrio}$$

$$\tau_P = P \cdot r = -(20N)(0,18m)(\text{sen}90^\circ) = -3,6Nm$$

$$\tau_W = W \cdot r = -(40N)(0,36m)(\text{sen}90^\circ) = -14,4Nm$$

$$\tau_{Fm} = F_m \cdot d = (F_m)(0,03m)(\text{sen}90^\circ)$$

$$(F_m)(0,03m) - 3,6Nm - 14,4Nm = 0$$

$$F_m = 3,6Nm + 14,4Nm / 0,03m = 600,0N$$

$$\sum F_t = F_m + F_c + P + W = 0 \quad \text{seconda condizione per equilibrio}$$

$$F_{\text{tot } x} = 0$$

$$F_{\text{tot } y} = F_m - P - F_c + W = 0$$

$$= 600 + 40 - 20 - F_c = 0$$

$$F_c = 620N$$

CONCLUSIONE

L'arto superiore può essere visto come una leva di III grado, in quanto il guadagno meccanico è sempre inferiore a 1

$$G_m < 1$$

Dagli esercizi svolti è emerso che a parità di F peso applicata (Resistenza), al diminuire della distanza del punto di inserzione del muscolo (Potenza) dall' articolazione (Fulcro), è necessaria una forza muscolare (F_m) maggiore per mantenere il sistema in equilibrio.

Sacchetti Lucia
De Felici Cecilia

2,00

CORSO DI LAUREA IN MEDICINA E CHIRURGIA - A.A. 1999/2000

Prova di esame Corso Integrato di Fisica . 28.02.2000

Calorimetria (distribuito a lezione A.A. 2002/2003)

1. Quale dei seguenti processi non rappresenta, in generale, un efficace meccanismo di cessione di calore dall'organismo all'ambiente esterno?

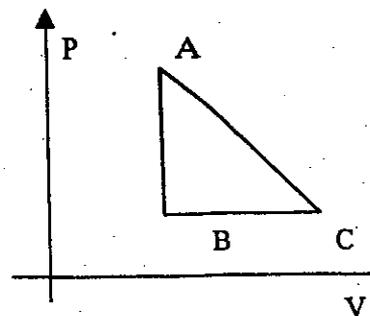
- R1: Irraggiamento corporeo.
- R2: Convezione sulla superficie corporea.
- R3: Conduzione del calore attraverso l'aria.
- R4: Respirazione
- R5: Evaporazione superficiale

2. Un uomo che pesa 700 N fa una passeggiata in montagna durante la quale passa da una quota di 100 m ad una quota di 200 m. Nello stesso tempo il suo corpo cede all'ambiente una quantità di calore pari a 10 kcal. Di quanto è variata la sua energia interna?

- R1: 28,2 kJ
- R2: -28,2 kcal
- R3: -60 kJ
- R4: -28200 J
- R5: nessuna delle risposte precedenti

3. Un gas perfetto subisce la trasformazione ciclica (A->B->C->A) rappresentata nel piano di Clapeyron in figura? Si può affermare che:

- R1: Il sistema non scambia calore con l'ambiente esterno.
- R2: Il lavoro compiuto dal sistema durante la trasformazione è positivo
- R3: La variazione di energia interna del sistema è maggiore di zero
- R4: Il sistema assorbe calore dall'ambiente esterno.
- R5: Il sistema cede calore all'ambiente esterno.



4. Il calore specifico di un corpo è:

- R1. La quantità di calore che un corpo può trasferire ad un altro
- R2. La quantità di calore che occorre somministrare al corpo per portare la sua temperatura da 14,5°C a 15,5°C
- R3. La quantità di calore che occorre somministrare all'unità di massa del corpo per innalzare di un grado la sua temperatura
- R4. La quantità di calore che occorre somministrare al corpo per innalzarne di un grado la temperatura

5. Un termos contiene 2 kg di acqua alla temperatura di 20°C. Se si aggiunge 1 kg di acqua a 80°C, la temperatura finale della miscela è:

- R1: 100°C
- R2: 50°C
- R3: 60°C
- R4: 20°C
- R5: 80°C

6. Il rapporto tra la quantità di energia irradiata, per unità di tempo, da un corpo alla temperatura assoluta $T_1 > 0^\circ\text{K}$ e quella irradiata dallo stesso corpo quando si trova ad una temperatura $T_2 =$

- $T_1/2$ è:
- R1: 16
- R2: 4
- R3: 4 watt
- R4: 16 watt
- R5: 0.25
- R6: 0.5

$kg \cdot m \cdot s^{-1} \cdot s^{-2}$

PROVA IN ITININERE DI FISICA APPLICATA (ESEMPIO DISTRIBUITO A LEZIONE)

1. Qual e' l'unita' di misura della grandezza $Y = m v t^2$ nel sistema MKS? (m = massa; v = velocita'; t = tempo)

- R1: $kg m s^{-2}$
- R2: $kg m$
- R3: $kg m^{-1}$
- R4: $kg m s^{-3}$**
- R5: $kg m^{-1} s^{-2}$

2. L'energia cinetica di un corpo si puo' misurare in:

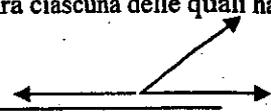
- R1. watt
- R2. joule**
- R3. newton
- R4. $[m/s]^2$

3. La Terra esercita una forza mg su un corpo di massa m. La massa della terra e' M. Il corpo esercita sulla Terra una forza:

- R1. -mg**
- R2: mg
- R3: Mg
- R4: -Mg
- R5: uguale a 0

4. Quanto vale il modulo della risultante delle tre forze rappresentate in figura ciascuna delle quali ha modulo pari a 10 N?

- R1: 0 N
- R2: 10N**
- R3: 20 N
- R4: non si puo' determinare



5. Un ciclista ha percorso 20 km in 15 minuti e successivamente 10 km in 15 minuti. La sua velocita' media sull'intero percorso e' stata

- R1: 10 km/h
- R2: 30 km/h
- R3: 45 km/h
- R4: 60 km/h**

6. Se la somma di tutte le forze che agiscono su di un corpo esteso e' uguale a zero, il corpo:

- R1. E' in equilibrio
- R2. E' in quiete
- R3. Ha energia nulla
- R4. Ha nel baricentro accelerazione nulla**

7. Un corpo si muove di moto rettilineo con accelerazione costante pari a $20 ms^{-2}$ e all'istante iniziale ($t=0$) dista 10 m dall'origine di riferimento e ha velocita' nulla. L'equazione oraria del moto e':

- R1. $s = 10 + 20 t^2$
- R2. $s = 20 + 10 t$
- R3. $s = 20 t$
- R4. $s = 10 + 10 t^2$**

$s = \frac{1}{2} a t^2 + v_0 t + s_0$

8. Una forza costante di 200 N e' applicata ad un oggetto che si muove in linea retta dalla A alla posizione B distante 3 m da A. Il lavoro della forza:

- R1. Vale 600 N
- R2. Puo' avere un qualsiasi valore compreso tra -600 N e +600 N**
- R3. Dipende dal tempo che impiega l'oggetto per andare da A a B.
- R4. e' nullo

9. Due corpi di massa 1 kg e 2 kg rispettivamente vengono lanciati verticalmente verso l'alto con le stesse velocia' iniziali. Se si trascura l'attrito dell'aria l'altezza raggiunta e':

- R1. Maggiore per il corpo di 1 kg
- R2. Uguale per entrambi i corpi**
- R3. Maggiore per il corpo di 2 kg
- R4. Tutte le precedenti risposte sono errate perche' occorre conoscere la forza iniziale

10. L'accelerazione di un pallone da football subito dopo il lancio, se si trascurano le forze di attrito, e' diretta:

- R1. Verso l'alto**
- R2. Nella direzione del moto del pallone
- R3. Verso il basso**
- R4. Non c'e' accelerazione

11. Riguardo la reazione R di un corpo ad una azione A esercitata su di esso si puo' affermare che:

- R1: R e A hanno lo stesso punto di applicazione.
- R2: R e A sono uguali.
- R3: R e A hanno la stessa direzione.**
- R4: R e A hanno lo stesso verso.

12. Componendo due moti rettilinei uniformi che hanno velocita' e direzione diversa si ottiene:

- R1. Un moto rettilineo uniforme**
- R2. Un moto rettilineo uniformemente accelerato
- R3. Un moto circolare uniforme
- R4. Un moto armonico

$v = \frac{v_1 - v_2}{t_1 - t_2} = \frac{20}{30 - 10} = 1 m/s$

$\vec{v} = v_1 \vec{e}_1 + v_2 \vec{e}_2$
 $\vec{v} = 20 \vec{e}_1 + 10 \vec{e}_2$

CORSO DI LAUREA IN MEDICINA E CHIRURGIA - A.A. 1999/2000

Prova di esame Corso Integrato di Fisica . 28.02.2000

Calorimetria (distribuito a lezione A.A. 2002/2003)

1. Quale dei seguenti processi non rappresenta, in generale, un efficace meccanismo di cessione di calore dall'organismo all'ambiente esterno?

R1: Irraggiamento corporeo.

R2: Convezione sulla superficie corporea.

R3: Conduzione del calore attraverso l'aria.

R4: Respirazione

R5: Evaporazione superficiale

2. Un uomo che pesa 700 N fa una passeggiata in montagna durante la quale passa da una quota di 100 m ad una quota di 200 m. Nello stesso tempo il suo corpo cede all'ambiente una quantità di calore pari a 10 kcal. Di quanto è variata la sua energia interna?

R1: 28,2 kJ

R2: -28,2 kcal

R3: -60 kJ

R4: -28200 J

R5: nessuna delle risposte precedenti

3. Un gas perfetto subisce la trasformazione ciclica (A→B→C→A) rappresentata nel piano di Clapeyron in figura? Si può affermare che:

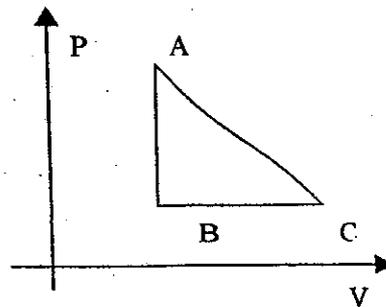
R1: Il sistema non scambia calore con l'ambiente esterno.

R2: Il lavoro compiuto dal sistema durante la trasformazione è positivo

R3: La variazione di energia interna del sistema è maggiore di zero

R4: Il sistema assorbe calore dall'ambiente esterno.

R5: Il sistema cede calore all'ambiente esterno.



4. Il calore specifico di un corpo è:

R1. La quantità di calore che un corpo può trasferire ad un altro

R2. La quantità di calore che occorre somministrare al corpo per portare la sua temperatura da 14,5°C a 15,5°C

R3. La quantità di calore che occorre somministrare all'unità di massa del corpo per innalzare di un grado la sua temperatura

R4. La quantità di calore che occorre somministrare al corpo per innalzarne di un grado la temperatura

5. Un thermos contiene 2 kg di acqua alla temperatura di 20°C. Se si aggiunge 1 kg di acqua a 80°C, la temperatura finale della miscela è:

R1: 100°C

R2: 50°C

R3: 60°C

R4: 20 °C

R5: 80 °C

6. Il rapporto tra la quantità di energia irradiata, per unità di tempo, da un corpo alla temperatura assoluta $T_1 > 0$ K e quella irradiata dallo stesso corpo quando si trova ad una temperatura $T_2 = T_1/2$ è:

R1: 16

R2: 4

R3: 4 watt

R4: 16 watt

R5: 0.25

R6: 0.5

Calorimetria

Cognome Nome

1. Una persona a dieta svolge un'attività fisica normale consumando 2500 kcal al giorno mentre il suo regime alimentare è di sole 1500 kcal al giorno. Se la differenza viene compensata a spese dei grassi di riserva dell'organismo (1 g di grasso fornisce una energia di 9,3 kcal), di quanti chilogrammi calerà questa persona in un mese?

- R1: 5 kg
- R2: 3,2 kg
- R3: 32 kg
- R4: 5,7 kcal
- R5: nessuna delle risposte precedenti

2. In un giorno d'estate, da una bottiglia di aranciata, estratta da un frigorifero alla temperatura di 6 °C, una ragazza versa in un bicchiere monouso 110 cm³ di bevanda. Assaggiatala e trovatala troppo fredda aggiunge 60 cm³ di aranciata a temperatura ambiente di 25 °C. Qual è la temperatura finale della bibita? Si trascurino le dispersioni di calore verso l'ambiente circostante e la capacità termica del bicchiere, e si assuma per le due masse di bevande mescolate la medesima densità.

- R1: 15 °C
- R2: 12,7 °C
- R3: 40 °C
- R4: 1,3 °C
- R5: il calcolo non è possibile perché manca il valore del calore specifico dell'aranciata.

3. L'innalzamento della temperatura media di un soggetto adulto di massa 75 kg, quando viene immagazzinata una quantità di calore pari a 120 kcal è:
(calore specifico del corpo = 0,82 cal/g °C)

- R1: 2 °C
- R2: 20°C
- R3: 0,192 °C
- R4: 0,82°C

PROVA DI FISICA APPLICATA (ESEMPIO DISTRIBUITO A LEZIONE)

1. Qual e' l'unita' di misura della grandezza $Y = m v t^2$ nel sistema MKS? (m = massa; v = velocita'; t = tempo)

R1: kg m s^{-2} R2: kg m R3: kg m^{-1} R4: kg m s^{-3} R5: $\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-2}$

2. L'energia cinetica di un corpo si puo' misurare in:

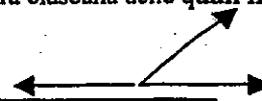
R1. watt R2. joule R3. newton R4. $[\text{m/s}]^2$

3. La Terra esercita una forza mg su un corpo di massa m. La massa della terra e' M. Il corpo esercita sulla Terra una forza:

R1: -mg R2: mg R3: Mg R4: -Mg R5: uguale a 0

4. Quanto vale il modulo della risultante delle tre forze rappresentate in figura ciascuna delle quali ha modulo pari a 10 N?

R1 : 0 N R2: 10N R3: 20 N R4: non si puo' determinare



5. Un ciclista ha percorso 20 km in 15 minuti e successivamente 10 km in 15 minuti. La sua velocita' media sull'intero percorso e' stata

R1: 10 km/h R2: 30 km/h R3: 45 km/h R4: 60 km/h

6. Se la somma di tutte le forze che agiscono su di un corpo esteso e' uguale a zero, il corpo:

R1. E' in equilibrio R3. Ha energia nulla
R2. E' in quiete R4. Ha nel baricentro accelerazione nulla

7. Un corpo si muove di moto rettilineo con accelerazione costante pari a 20 ms^{-2} e all'istante iniziale ($t=0$) dista 10 m dall'origine di riferimento e ha velocita' nulla. L'equazione oraria del moto e':

R1. $s = 10 + 20 t^2$ R2. $s = 20 + 10 t$ R3. $s = 20 t$ R4. $s = 10 + 10 t^2$

8. Una forza costante di 200 N e' applicata ad un oggetto che si muove in linea retta dalla A alla posizione B distante 3 m da A. Il lavoro della forza:

R1. Vale 600 N
R2. Puo' avere un qualsiasi valore compreso tra -600 N e +600 N
R3. Dipende dal tempo che impiega l'oggetto per andare da A a B.
R4. e' nullo

9. Due corpi di massa 1 kg e 2 kg rispettivamente vengono lanciati verticalmente verso l'alto con le stesse velocita' iniziali. Se si trascura l'attrito dell'aria l'altezza raggiunta e':

R1. Maggiore per il corpo di 1 kg R4. Tutte le precedenti risposte sono errate perche' occorre conoscere la forza iniziale
R2. Uguale per entrambi i corpi
R3. Maggiore per il corpo di 2 kg

10. L'accelerazione di un pallone da football subito dopo il lancio, se si trascurano le forze di attrito, e' diretta:

R1. Verso l'alto R3. Verso il basso
R2. Nella direzione del moto del pallone R4. Non c'e' accelerazione

11. Riguardo la reazione R di un corpo ad una azione A esercitata su di esso si puo' affermare che:

R1: R e A hanno lo stesso punto di applicazione. R3: R e A hanno la stessa direzione.
R2: R e A sono uguali. R4: R e A hanno lo stesso verso.

12. Componendo due moti rettilinei uniformi che hanno velocita' e direzione diversa si ottiene:

R1. Un moto rettilineo uniforme
R2. Un moto rettilineo uniformemente accelerato
R3. Un moto circolare uniforme
R4. Un moto armonico

In un individuo sotto sforzo la portata cardiaca e' di 15 l/min e la frequenza cardiaca di 100 min⁻¹. Sapendo che l'energia dissipata dal muscolo ventricolare sotto forma di calore durante un ciclo e' di 2,5 J, che l'efficienza del ventricolo sinistro e' del 15% e che il raggio dell'aorta e' di 1 cm, calcolare il valore della pressione media in aorta. Esprimere il risultato in mmHg. Si assuma il valore della pressione ventricolare durante il riempimento trascurabile rispetto al valore durante l'eiezione. Densita' del sangue = 1000 kg/m³; 1 mmHg = 133,3 Pa. (Controllare i dati).

In un individuo sotto sforzo la pressione media in aorta e' di 150 mmHg, la portata cardiaca di 15 l/min e la frequenza cardiaca di 100 min⁻¹. Sapendo che l'efficienza del ventricolo sinistro e' del 25% e che il raggio dell'aorta e' di 1 cm, calcolare il valore l'energia dissipata dal muscolo ventricolare sotto forma di calore durante un ciclo. Esprimere il risultato in mmHg. Si assuma il valore della pressione in atrio trascurabile rispetto al volre della pressione in aorta e il valore della densita' del sangue pari a 1000 kg/m³. 1 mmHg = 133,3 Pa.

[fluidi-itm595]

Un vaso sanguigno di raggio R_0 si ramifica in un numero N di vasi di uguale raggio R_1 .

(a) Si determini il rapporto tra il gradiente di pressione nel vaso principale e il gradiente di pressione nei vasi secondari. (gradiente di pressione = variazione di pressione per unita' di lunghezza = $\Delta P/l$)

(b) Si calcoli il valore di tale rapporto nei due casi:

$$N=10, R_0 = 1 \text{ mm}, R_1 = 600 \mu$$

$$N=10, R_0 = 1 \text{ mm}, R_1 = 50 \mu$$

(Valori della viscosita' del sangue in funzione del raggio:

$$\eta(R_0=1 \text{ mm}) = \eta(R_1 = 600 \mu) = 0,04 \text{ P}; \quad \eta(R_1=50 \mu) = 0,03 \text{ P}$$

[EsMz.96me]

Si determini la viscosita' di un fluido che scorre in un condotto di lunghezza $l = 0,5 \text{ m}$ e sezione costante $S = 10 \text{ cm}^2$ sapendo che la velocita' del fluido e' $v = 10 \text{ m/s}$ e che la differenza di pressione tra gli estremi del condotto e' $\Delta p = 100 \text{ mmHg}$

$$\Delta P = \frac{8 \mu \cdot l \cdot Q}{\pi r^4}$$

[EsMz.96me]

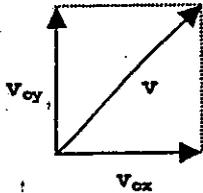
$$\frac{1}{Q} \frac{\Delta P \cdot \pi r^4}{8 \cdot l} = \mu$$

$$\mu =$$

PROVA IN ITINERARE DI FISICA APPLICATA (ESEMPIO DISTRIBUITO A LEZIONE)

Un giocatore dà un calcio ad un pallone, imprimendogli una velocità orizzontale di 12 m/s e una velocità verticale di 12 m/s.

- 1) In che direzione rispetto all'orizzontale il giocatore lancia il pallone.



$$\operatorname{tg} \alpha = v_{oy} / v_{cx} = 1 \Rightarrow \alpha = 45^\circ$$

$$v_o = \sqrt{v_{oy}^2 + v_{oy}^2} = 16.97 \text{ m/s}$$

- 2) A quale quota (quota di lancio $y_o = 0$) si trova il pallone dopo 0,1 s dal lancio.

$$y = y_o + v_{oy} t - \frac{1}{2} g t^2 \Rightarrow y - y_o = v_{oy} t - \frac{1}{2} g t^2$$

$$\text{per } t=0.1 \text{ s } \quad y - y_o = 12 * 0.1 - \frac{1}{2} * 9.8 * 0.01 = 1.249 \text{ m}$$

- 3) Dopo quanto tempo il pallone raggiungerà l'altezza massima.

Il pallone raggiunge l'altezza massima quando si annulla la componente verticale della velocità.

$$v_y = v_{oy} - g t \Rightarrow 0 = v_{oy} - g t_{y\max} \Rightarrow$$

$$t_{y\max} = v_{oy} / g = 12 / 9.8 = 1.22 \text{ s}$$

- 4) Quale altezza massima raggiungerà il pallone.

$$y_{\max} - y_o = v_{oy} t_{y\max} - \frac{1}{2} g t_{y\max}^2 = (12 * 1.22 - 4.9 * 1.22^2) \text{ m} = 7.35 \text{ m}$$

Lo stesso risultato si ottiene applicando il teorema di conservazione dell'energia meccanica:

$$mgy_o + \frac{1}{2} m v_o^2 = mgy_{\max} + \frac{1}{2} m v_{y\max}^2$$

poiché $y_o = 0$, $v_o^2 = v_{oy}^2 + v_{ox}^2$ e $v_{y\max} = v_{ox}$ si ottiene:

$$\frac{1}{2} m v_{ox}^2 + \frac{1}{2} m v_{oy}^2 = mgy_{\max} + \frac{1}{2} m v_{ox}^2 \Rightarrow y_{\max} = v_{oy}^2 / 2g$$

che è perfettamente equivalente all'espressione precedente se si sostituisce in essa $t_{\max} = v_{oy} / g$ (vedi 3)

- 5) Dopo quanto tempo il pallone arriverà a terra

Poiché $y_o = 0$, il pallone arriverà a terra quando raggiungerà di nuovo la quota $y = 0$, per cui il tempo di volo (cioè il tempo durante il quale il pallone si trova in aria) deve soddisfare l'equazione:

$$0 = v_{oy} t_v - \frac{1}{2} g t_v^2 \Rightarrow t_v (v_{oy} - \frac{1}{2} g t_v) = 0$$

che ammette le due soluzioni:

$$t_v = 0 \quad \text{istante iniziale del lancio}$$

$$t_v = 2v_{oy} / g = 24 / 9.8 \text{ s} = 2.44 \text{ s}$$

6) A che distanza dal punto di lancio il pallone arrivera' a terra

$$x - x_0 = v_{ox} t_v = 12 * 2.44 \text{ m} = 28.28 \text{ m}$$

7) Il portiere avversario, partendo dalla linea della rete, a 50 metri in linea retta dal punto di tiro, incomincia a correre nella direzione della palla nello stesso istante in cui viene effettuato il tiro. A che velocità costante si deve muovere il portiere se vuole prendere la palla prima che cada al suolo?

Il portiere deve percorrere, in un tempo pari al tempo di volo, uno spazio pari a 50m - la gittata del pallone, per cui si ha:

$$v = (50 - 28.28) / 2.44 = 8.9 \text{ m/s}$$

8) Quanto vale l'impulso impresso dal giocatore al pallone nell'istante del lancio se il pallone ha una massa di 500 g.

$$I = F t = m \Delta v = m(v_0 - 0) \Rightarrow I = m v_0 = 0.5 * 16.97 \text{ kg m/s} = 8.485 \text{ kg m/s}$$

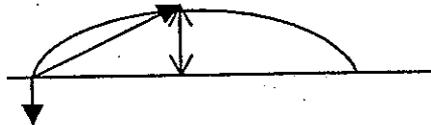
9) Quanto lavoro compie la forza di gravita' sul pallone tra l'istante del lancio e l'istante in cui il pallone si trova alla sua massima altezza.

Poiche' l'unica forza che agisce sul pallone e' la forza peso, si puo' applicare il teorema dell'energia cinetica:

$$L = \frac{1}{2} m v_{y_{\max}}^2 - \frac{1}{2} m v_0^2 = \frac{1}{2} m v_{ox}^2 - \frac{1}{2} m (v_{ox}^2 + v_{oy}^2) = - \frac{1}{2} m v_{oy}^2 = - \frac{1}{2} * 0.5 * 144 \text{ J} = - 36 \text{ J}$$

Se si applica la definizione di lavoro si ottiene:

$$L = F \cdot s = mg \cdot s = mgs \cos \alpha = -mgy_{\max}$$



7) Il cuore di un individuo batte alla frequenza di 60 battiti/minuto con una fase sistolica della durata di $1/4$ del ciclo, generando una portata $Q = 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$.

Se la pressione massima diastolica nel ventricolo sinistro è $P_{vs} = 2666 \text{ Pa}$ e il lavoro fatto dai muscoli del ventricolo sinistro in un ciclo è $L = 1 \text{ joule}$, calcola la pressione aortica raggiunta, trascurando il fattore cinetico.

Ad un paziente viene praticata una fleboclisi con un apparato costituito da un tubo di plastica lungo (1.00 ± 0.01) m e da un ago lungo $(5.00 \pm 0.01) \times 10^{-2}$ m e avente un diametro interno di (0.20 ± 0.001) mm. In mezz'ora vengono trasfusi (110 ± 5) ml di liquido.

Per accelerare la trasfusione viene cambiato l'ago e ne viene usato un altro di pari lunghezza e avente un diametro interno di (0.30 ± 0.001) mm. Si vuol sapere quale quantità di liquido verrà trasfusa nella successiva mezz'ora nell'ipotesi che tutte le altre condizioni siano mantenute costanti. (Assumi che il raggio del tubo di plastica sia "infinito" rispetto a quello dell'ago e che la pressione all'ingresso dell'ago sia uguale nei due casi)

Un ugello a sezione circolare di diametro $D_1 = 0.06$ m scarica verticalmente nell'atmosfera un getto di acqua verso l'alto con velocità $v_1 = 15$ m/s

A) Ricava l'equazione di Bernoulli per il moto di un fluido nell'atmosfera

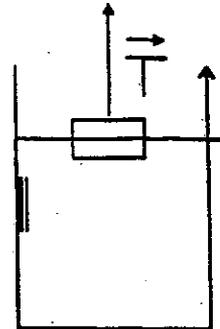
B) Ricava la relazione che fornisce il diametro

D del getto alla quota h ~~superiore alla~~
~~bocca dell'ugello~~ ~~rappresenta~~ del getto e fare
il grafico di D in funzione di h .

- a) qual è la forza risultante sul sangue in questo tratto di arteria?
b) qual è il valore massimo che può avere la velocità media del flusso sanguigno a 37 °C, affinché il regime del flusso rimanga laminare?
(viscosità del sangue = 2.084×10^{-3} Pa s; densità del sangue = 1.06 g cm^{-3})
-

[esmz96me]

Un cilindro di rame ($\rho_{Cu} = 8,9 \text{ g/cm}^3$) di massa m è appeso mediante un filo sottile in un recipiente pieno di acqua ($\rho_{H_2O} = 1000 \text{ kg/m}^3$). In condizioni di equilibrio il cilindro emerge per metà dall'acqua. Sapendo che la tensione T del filo è pari a 30 N, determinare il valore della massa del cilindro di rame.



[esot95me]

La sezione più piccola di un tubo di Venturi ha il raggio di 1 cm e la sezione più larga ha il raggio di 2 cm. La velocità dell'acqua nella sezione più larga è 0.1 m/s. Trovare la caduta di pressione e la velocità nella sezione più stretta.

[esot95me]

Una piccola arteria ha una lunghezza di 0.15×10^{-2} m e un raggio di $2,5 \times 10^{-5}$ m. Calcolare la sua resistenza in mmHg s cm^{-3} . Se la caduta di pressione ai capi dell'arteria è di 10 mmHg, qual'è il flusso? (viscosità del sangue $\eta = 2,084 \times 10^{-3}$ Pa s, $1 \text{ mmHg} = 133,3 \text{ Pa}$)

5. Un mole di gas perfetto monoatomico compie il ciclo disegnato in figura, costituito da una trasformazione isobara (A→B), una trasformazione isocora (B→C) e una trasformazione isoterma (C→A). Sapendo che $P_A = 10^5$ Pa; $V_A = 0.020$ m³, $V_B = 0.035$ m³, calcolare:

- 1) i valori della temperatura del gas nei punti A, B;
- 2) il lavoro compiuto dal gas in un ciclo;
- 3) il rendimento della macchina termica, sapendo che il sistema assorbe calore soltanto nella trasformazione isobara A→B.

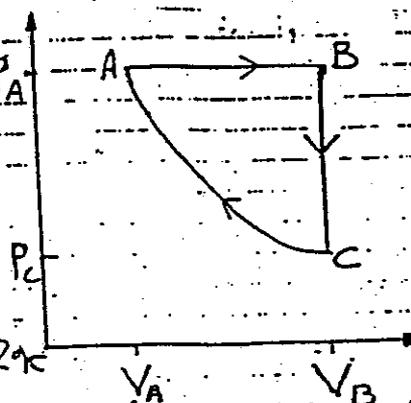
(costante universale dei gas: $R = 8,31$ J °K⁻¹ mole⁻¹).

7

1) $P_A V_A = n R T_A$

$$T_A = \frac{P_A V_A}{n R} = \frac{(10^5 \cdot 0,020)}{1 \cdot 8,31} \text{ K} = 240,6 \text{ K}$$

$$T_B = \frac{P_B V_B}{n R} = \frac{P_A V_B}{n R} = \frac{(10^5 \cdot 0,035)}{1 \cdot 8,31} \text{ K} = 421,2 \text{ K}$$



2) $L_T = L_{A \rightarrow B} + L_{B \rightarrow C} + L_{C \rightarrow A}$

* $L_{A \rightarrow B} = P_A (V_B - V_A) = 10^5 (0,035 - 0,020) \text{ J} = 1500 \text{ J}$

$L_{B \rightarrow C} = \emptyset$

$$L_{C \rightarrow A} = n R T_A \ln \frac{V_A}{V_C} = 1 \cdot 8,31 \cdot 240,6 \times \ln \frac{0,020}{0,035} \text{ J} = -1119 \text{ J}$$

* $L_T = (1500 + \emptyset - 1119) \text{ J} = 381 \text{ J}$

3) $\eta = \frac{L_T}{Q_{ASS}} = \frac{381 \text{ J}}{3752 \text{ J}} = 0,10 \approx 10\%$

$Q_{ASS} = Q_{AB} = n c_p (T_B - T_A) = n \frac{5}{2} R (T_B - T_A) = 1 \times \frac{5}{2} \cdot 8,31 (421,2 - 240,6) \text{ J} \approx 3752 \text{ J}$

Costo = 1500 J + 2752 J = 4252 J

5) Sapendo che la tensione elastica di parete di un vaso è di 10 N/m e che il vaso è dilatato fino ad un raggio di $R = 2$ cm, calcolare la pressione trasmurale del vaso.

$$T = 10 \text{ N/m}$$

$$R = 2 \text{ cm}$$

6) Calcolare la VES (Velocità di Eritrosedimentazione) degli eritrociti nel plasma ($\rho_{pl} = 1.027 \text{ g/cm}^3$; $\eta_{pl} = 0.01 \text{ poise}$). Considera l'eritrocita sferico ($r_e = 3.5 \cdot 10^{-4} \text{ cm}$; $\rho_e = 1.10 \text{ g/cm}^3$) ed esprimi tutte le quantità nel sistema CGS.

1. Un termometro viene posto in contatto con un corpo avente la stessa capacità termica del termometro ma temperatura diversa. Che valore di temperatura misurerà il termometro?

- R1: Una temperatura molto vicina a quella del corpo.
- R2: la somma della temperatura iniziale del corpo e di quella del termometro.
- R3: la differenza tra la temperatura iniziale del corpo e quella del termometro.
- ~~R4~~: Il valore medio tra la temperatura del termometro e quella del corpo.

2. Il calore specifico di un corpo è definito come:

- R1 - Il rapporto tra la quantità di calore posseduta dal corpo e la sua massa
- ~~R2~~ - Il rapporto tra la quantità di calore necessaria per aumentare di un grado la temperatura del corpo e la sua massa.
- R3 - Il rapporto tra la temperatura del corpo e la sua massa.
- R4 - Il rapporto tra il calore posseduto dal corpo ed il suo volume

3. Nel trasporto di calore per conduzione la quantità di calore trasmessa è proporzionale alla conducibilità del materiale e:

- ~~R1~~: al gradiente di temperatura.
- R2: al gradiente di concentrazione.
- R3: al gradiente di velocità
- R4: alla lunghezza del materiale.

4. Se per innalzare di 10 °C la temperatura di un corpo di 10 g sono necessari 3 cal, il calore specifico, c , e la capacità termica, C , del corpo sono:

- R1: $c = 0.3 \text{ cal/g} \times ^\circ\text{C}$; $C = 3 \text{ cal}/^\circ\text{C}$
- R2: $c = 30 \text{ cal/g} \times ^\circ\text{C}$; $C = 300 \text{ cal}/^\circ\text{C}$
- R3: $c = 0.03 \text{ cal/g} \times ^\circ\text{C}$; $C = 0.3 \text{ cal}/^\circ\text{C}$
- R4: $c = 3 \text{ cal/g} \times ^\circ\text{C}$; $C = 0.3 \text{ cal}/^\circ\text{C}$

dente resistenza equivalente del sistema circolatorio e commentare la differenza tra i due risultati ottenuti.

$$R = \frac{\Delta p}{Q} = \frac{\Delta p}{\Delta V \gamma} = \frac{100}{760} \times 10^6 \times \frac{1}{50 \times 1} = 2,6 \times 10^3 \text{ poise s cm}^{-3}$$

$$R' = \frac{\Delta p'}{Q'} = \frac{140}{760} \times 10^6 \times \frac{1}{150} = 1,2 \times 10^3 \text{ poise s cm}^{-3}$$

la resistenza è diminuita la sezione complessiva di qualche distretto di vasi è aumentata per permettere una migliore irrorazione dei tessuti senza un eccessivo aumento della potenza cardiaca.

4) La portata nella parte di fegato L_1 (v. figura) $Q = 25 \text{ cm}^3/\text{s}$, conoscendo le resistenze della parte L_1 del fegato $R_{L1} = 0,3 \text{ torr s cm}^{-3}$, della parte L_2 di fegato $R_{L2} = 16,3 \text{ torr s cm}^{-3}$, della milza $R_M = 9,8 \text{ torr s cm}^{-3}$, dell'intestino tenue $R_{IT} = 9,2 \text{ torr s cm}^{-3}$, dell'intestino crasso $R_{IC} = 27,9$

- determinare la caduta di pressione totale tra l'arteria A e la vena V
- determinare le portate nella milza, nell'intestino tenue e nell'intestino crasso.

LA FIGURA È LA 47.12 DEL I VOLUME
DEL KANE-STERNHEIM

a) la portata in R_{L1} è la stessa di quella del parallelo di R_{L2} R_M R_{IT} R_{IC} , quindi la caduta di pressione sarà data dal prodotto di detta portata con la resistenza equivalente corrispondente al circuito in questione:

$$R_{eq} = R_{L1} + \frac{1}{\frac{1}{R_{L2}} + \frac{1}{R_M} + \frac{1}{R_{IT}} + \frac{1}{R_{IC}}} = 0,3 + \frac{1}{\frac{1}{16,3} + \frac{1}{9,8} + \frac{1}{9,2} + \frac{1}{27,9}}$$

$$= 3,54 \text{ torr s cm}^{-3}$$

da cui

$$\Delta p = Q R_{eq} = 25 \times 3,54 = 88,5 \text{ torr}$$

b) per ricavare le portate richieste è necessario conoscere preventivamente la caduta di pressione ai capi del parallelo di resistenze, questa è data dalla differenza tra la caduta di pressione tra A e V e la caduta di pressione ai capi di R_{L1} . Per cui:

$$\Delta p_{//} = \Delta p - Q R_{L1} = 88,5 - 25 \times 0,3 = 81 \text{ torr}$$

da cui

$$Q_M = P // R_M = 81/9,8 = 8,3 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$Q_{IT} = P // R_{IT} = 81/9,2 = 8,8 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$Q_{IC} = P // R_{IC} = 81/27,9 = 2,9 \text{ cm}^3/\text{s}$$

5) Stimare l'effetto della pressione idrostatica in un individuo la cui pressione nel sistema circolatorio è di 100 torr in ogni parte del corpo quando è posto in posizione orizzontale, rispettivamente all'altezza:

- della testa, posta a 170 cm dal suolo
- del cuore, posto a 120 cm dal suolo
- del bacino, posto a 80 cm dal suolo
- dei piedi, posti all'altezza del suolo

Si assuma che il sangue abbia la stessa densità dell'acqua ($\rho = 1 \text{ g/cm}^3$) e che l'accelerazione di gravità sia pari a $9,8 \text{ m/s}^2$. Esprimi il risultato in torr (1 torr = 133,3 Pa)

*

Quando l'individuo è steso la pressione nel sistema circolatorio è la stessa in ogni punto e pari a quella al cuore. Quando l'individuo si trova in posizione eretta, le pressioni nei punti indicati saranno differenti a causa della differenza di quota.

Le quattro pressioni sono legate dalla relazione:

$$P_p = P_b + \rho g h_b = P_c + \rho g h_c = P_t + \rho g h_t$$

e dato che $P_c = 100 \text{ torr}$

$$P_t = P_c + \rho g (h_c - h_t) = 100 + \frac{1000 \times 9,8 \times (120 - 170) \times 10^{-2}}{133,3} = 60 \text{ torr}$$

$$P_b = P_c + \rho g (h_c - h_b) = 100 + \frac{1000 \times 9,8 \times (120 - 80) \times 10^{-2}}{133,3} = 130 \text{ torr}$$

$$P_p = P_c + \rho g (h_c - h_p) = 100 + \frac{1000 \times 9,8 \times (120 - 0) \times 10^{-2}}{133,3} = 190 \text{ torr}$$

6) Calcolare numericamente il lavoro utile esterno in Joule compiuto dal cuore in un ciclo cardiaco, la potenza cardiaca media e quella di picco in Watt, sapendo che la pressione ventricolare è $p_v = 100 \text{ torr}$, la gittata pulsatoria è $\Delta V = 60 \text{ cm}^3$, la frequenza del battito cardiaco è $\nu = 1 \text{ s}^{-1}$ la durata delle sistole è circa uguale a $d_s = T/3$ dove T è il periodo di pulsazione del cuore.

*

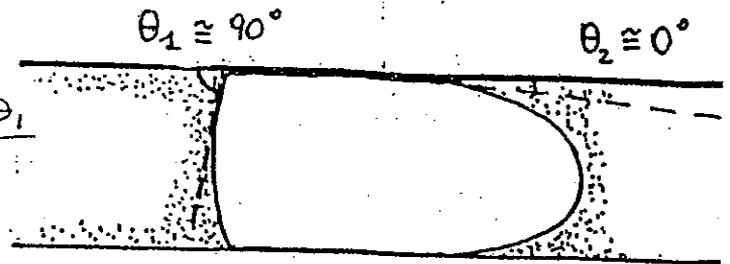
$$L = p_v \Delta V = 100 \times 133,3 \times 60 \times 10^{-6} = 0,8 \text{ J}$$

La potenza media è data dal rapporto tra il lavoro utile compiuto in un

10) Assumendo la tensione superficiale del sangue circa uguale a quella dell'acqua ($\tau = 72,5 \text{ dyne/cm}$), stimare la differenza di pressione ai capi di un embolo dovuta alla tensione superficiale. Si assumano θ_1 e θ_2 (v. figura) uguali rispettivamente a 0° e a 90° . Si effettui il calcolo per le arteriole e per le venule ($r = 0,1 \text{ mm}$) e per i capillari ($r = 0,02 \text{ mm}$)

Per definizione di pressione e di tensione superficiale si ha:

$$p_1 = \frac{F_1}{\pi r^2} = \frac{\tau \cos \theta_1 \cdot 2\pi r}{\pi r^2} = \frac{2\tau \cos \theta_1}{r}$$



dove p_1 è la pressione aggiuntiva dovuta alla tensione superficiale e r è il raggio del condotto.

Analogamente:

$$p_2 = \frac{F_2}{\pi r^2} = \frac{\tau \cos \theta_2 \cdot 2\pi r}{\pi r^2} = \frac{2\tau \cos \theta_2}{r}$$

Dunque la differenza di pressione ai capi dell' embolo dovuta alla tensione superficiale è:

$$\Delta p_c = p_1 - p_2 = \frac{2\tau}{r} (\cos \theta_1 - \cos \theta_2)$$

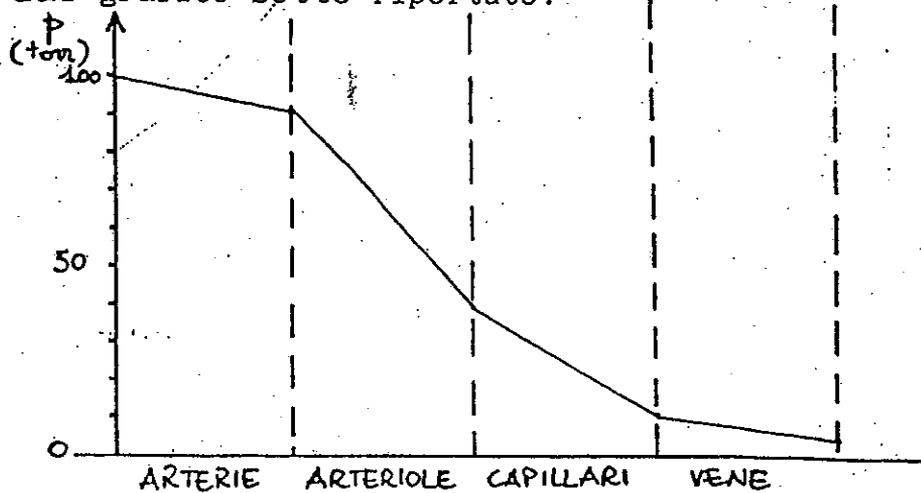
Nel caso dei capillari $r = 0,02 \text{ mm}$ e quindi

$$\Delta p_c = \frac{2 \cdot 72,5}{2 \cdot 10^{-3}} \cdot (1 - 0) = 72,5 \cdot 10^3 \text{ barie} = 72,5 \cdot 10^3 \cdot \frac{760}{10^6} = 55,1$$

Per le arteriole o le venule $r = 0,1 \text{ mm}$ e quindi:

$$\Delta p_c = \frac{2 \cdot 72,5}{1 \cdot 10^{-2}} \cdot (1 - 0) = 14,5 \cdot 10^3 \text{ barie} = 14,5 \cdot 10^3 \cdot \frac{760}{10^6} = 11 \text{ ton}$$

11) Utilizzando i risultati dell' esercizio precedente, dire se l' abbassamento di pressione dovuto alla presenza di una bolla d' aria è in grado di arrestare il flusso del sangue nei capillari, nelle venule e nelle arteriole, ricavando i valori della pressione nei vari distretti del sistema circolatorio dal grafico sotto riportato.



* * *

La differenza di pressione ai capi dell' embolo è data dalla differenza tra la pressione del sangue e la pressione dovuta alla tensione superficiale:

$$\Delta p' = \Delta p - \Delta p_e$$

Ricordando che :

$$\Delta p_e = 11 \text{ ton} \quad \text{per le arteriole}$$

$$\Delta p_e = 11 \text{ ton} \quad \text{per le venule}$$

$$\Delta p_e = 55 \text{ ton} \quad \text{per i capillari}$$

e ricavando i valori di Δp dal grafico, si può vedere che la presenza di una bolla d' aria è in grado di arrestare il flusso del sangue nelle venule e nei capillari.

12) Assumendo per un vaso sanguigno la forma cilindrica, ricavando dal grafico sopra riportato i valori delle pressioni transmurali e dai sotto riportati i valori dei raggi dei vasi corrispondenti, calcolare le tensioni massime tipiche cui sono sottoposte le pareti dei diversi vasi.

$$R_{\text{aorta}} = 0,9 \text{ cm} \quad R_{\text{venule}} = R_{\text{arteriole}} = 0,1 \text{ mm}$$

$$R_{\text{venà cava}} = 1,4 \text{ cm} \quad R_{\text{capillari}} = 0,02 \text{ mm}$$

Tre barrette di rame hanno dimensioni:

prima barretta: sezione = 4 cm^2 , lunghezza = 10 cm

seconda barretta: sezione = 2 cm^2 , lunghezza = 5 cm

terza barretta: sezione = 1 cm^2 , lunghezza = 3 cm

Quale delle tre barrette trasmetterà meglio il calore per conduzione da una estremità all'altra?

R1: La prima meglio delle altre.

R2: Le prime due nello stesso modo ed entrambe meglio della terza.

R3: La terza meglio delle altre perché è più corta.

R4: sono tutte e tre equivalenti perché sono fatte dello stesso materiale.

$$Q = k A \frac{\Delta t}{\Delta x}$$

$$\frac{A}{\Delta x} = \left(\frac{Q}{k \Delta t} \right)$$

(I) $\frac{4}{10} = 0,4$
 (II) $\frac{2}{5} = 0,4$
 (III) $\frac{1}{3} = 0,33$

6. - Due corpi hanno capacità termica C_1 e $C_2 = 2C_1$, rispettivamente. Ad essi viene fornita la stessa quantità di calore Q . Siano Δt_1 e Δt_2 le variazioni di temperatura dei due corpi. Risulterà:

R1 - $\Delta t_1 = \Delta t_2$

R2 - $\Delta t_1 = 1/2 \Delta t_2$

(R3) - $\Delta t_1 = 2 \Delta t_2$

R4 - Non è possibile rispondere in quanto non si conoscono le masse dei due corpi.

$$Q = C \cdot \Delta t$$

$$Q = C_1 \Delta t_1$$

$$Q = C_2 \Delta t_2$$

$$C_1 \Delta t_1 = 2 C_1 \Delta t_2$$

7. - Se mescoliamo tra di loro in un recipiente adiabatico due masse di acqua, rispettivamente m_1 alla temperatura T_1 ed m_2 alla temperatura t_2 , la temperatura equilibrio t_f sarà:

R1 - $t_f = (m_1 t_1 + m_2 t_2) / 2$

R2 - $t_f = (m_1 t_1 - m_2 t_2) / 2$

R3 - $t_f = (m_1 t_1 + m_2 t_2) / 2(m_1 + m_2)$

R4 - $t_f = (m_1 t_1 - m_2 t_2) / 2(m_1 + m_2)$

(R5) - $t_f = (m_1 t_1 + m_2 t_2) / (m_1 + m_2)$

$$[C=1]$$

$$m_1 (t_1 - t_f) = m_2 (t_f - t_2)$$

$$t_f = (m_1 t_1 + m_2 t_2) / (m_1 + m_2)$$

lome 7/11/97

600

8)

A.- La quantità di calore trasferita all'ambiente dall'interno del corpo per conduzione alla sua superficie attraversa l'adipe, la cute ed i vestiti.

1) si calcoli la resistenza termica totale offerta dai tre strati, ipotizzando una superficie corporea $A = 1 \text{ m}^2$ e sapendo che:

adipe:	$\Delta x_a = 8 \text{ mm};$	$k_a = 0,16$	$\text{W} / \text{m} \text{ } ^\circ\text{K}$
cute:	$\Delta x_c = 5 \text{ mm};$	$k_c = 0,3$	$\text{W} / \text{m} \text{ } ^\circ\text{K}$
vestiti:	$\Delta x_v = 3 \text{ cm};$	$k_v = 0,2$	$\text{W} / \text{m} \text{ } ^\circ\text{K}.$

2) Se la temperatura interna del corpo è di 37°C e quella esterna dei vestiti 32°C , quale valore di flusso termico fluisce per conduzione dall'interno del corpo alla superficie esterna?

9)

B.- 1) Quanto flusso termico irradia in un secondo una persona di superficie corporea $A = 1,5 \text{ m}^2$ e una temperatura della pelle di 33°C ?

2) Qual'è la lunghezza d'onda della radiazione emessa alla massima intensità? [$e = 1$; $s = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}$]

795.6

10)

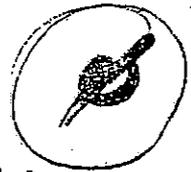
C.- Una persona nuda, di superficie corporea $A = 1,8 \text{ m}^2$ e con una temperatura cutanea di 31°C perde 108 cal/h per convezione.

1) Sapendo che la velocità dell'aria è di $1,8 \text{ m/s}$ e che la pressione atmosferica è di 1 bar , determinare la temperatura dell'ambiente.

2) Quanto calore perderebbe in un'ora la stessa persona, se, a parità di condizioni ambientali (T , p), la velocità dell'aria aumentasse a $2,5 \text{ m/s}$?

CORSO DI LAUREA IN MEDICINA E CHIRURGIA - A.A. 1992/93

CORSO INTEGRATO DI FISICA - IV PROVA IN ITINERE - 27/5/93



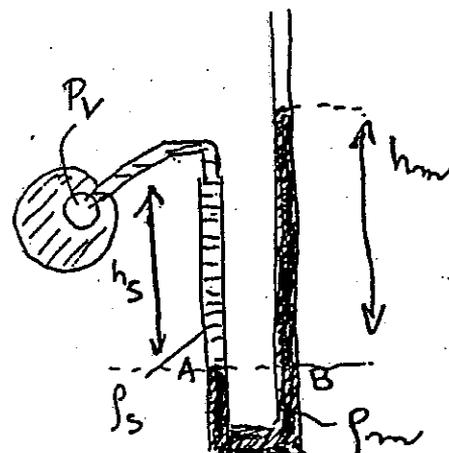
COGNOME ~~.....~~ NOME ~~.....~~ Anno di corso ~~.....~~

1) Un cilindro di rame ($\rho=8,9 \text{ g/cm}^3$) di massa $m=3 \text{ Kg}$ è appeso mediante un filo sottile in un recipiente pieno di acqua ($\rho=1000 \text{ Kg/m}^3$). Il cilindro é in equilibrio completamente immerso in acqua. Determinare la tensione T del filo in queste condizioni.

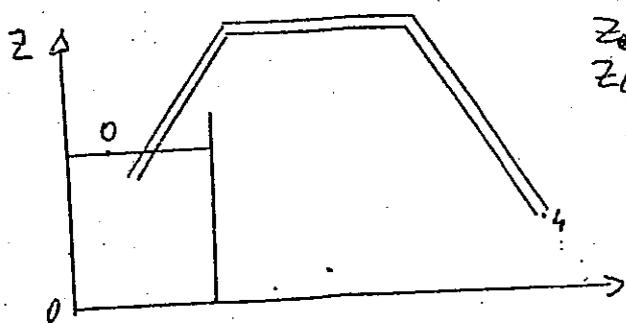
2) Il cuore pompa sangue con una portata di 5 litri/min nell'aorta che ha un raggio di 1 cm. Se il sangue ha una viscosità di $4 \times 10^{-3} \text{ Ns/cm}^2$ ed una densità di 10^3 Kg/m^3 , determinare:

- (a) la velocità del sangue nell'aorta
- (b) la velocità critica per il moto laminare

3) Un manometro a tubo aperto a mercurio ($\rho_m = 13600 \text{ Kg/m}^3$) misura la pressione in una vena attraverso una cannula riempita di una soluzione salina ($\rho_s = 1300 \text{ Kg/m}^3$). Se la pressione venosa manometrica è di 4 mmHg, quanto sarà l'altezza h_m se $h_s = 10 \text{ mm}$?



4) Per travasare acqua da un recipiente di grande diametro viene usato un sifone (v.fig.) il cui tubo ha un diametro interno $D=10\text{mm}$. Si assuma che in tutto il sistema non vi sia dissipazione di energia e che il recipiente si svuoti molto lentamente ($v_0=0$). Si determini la portata nella sezione 4.



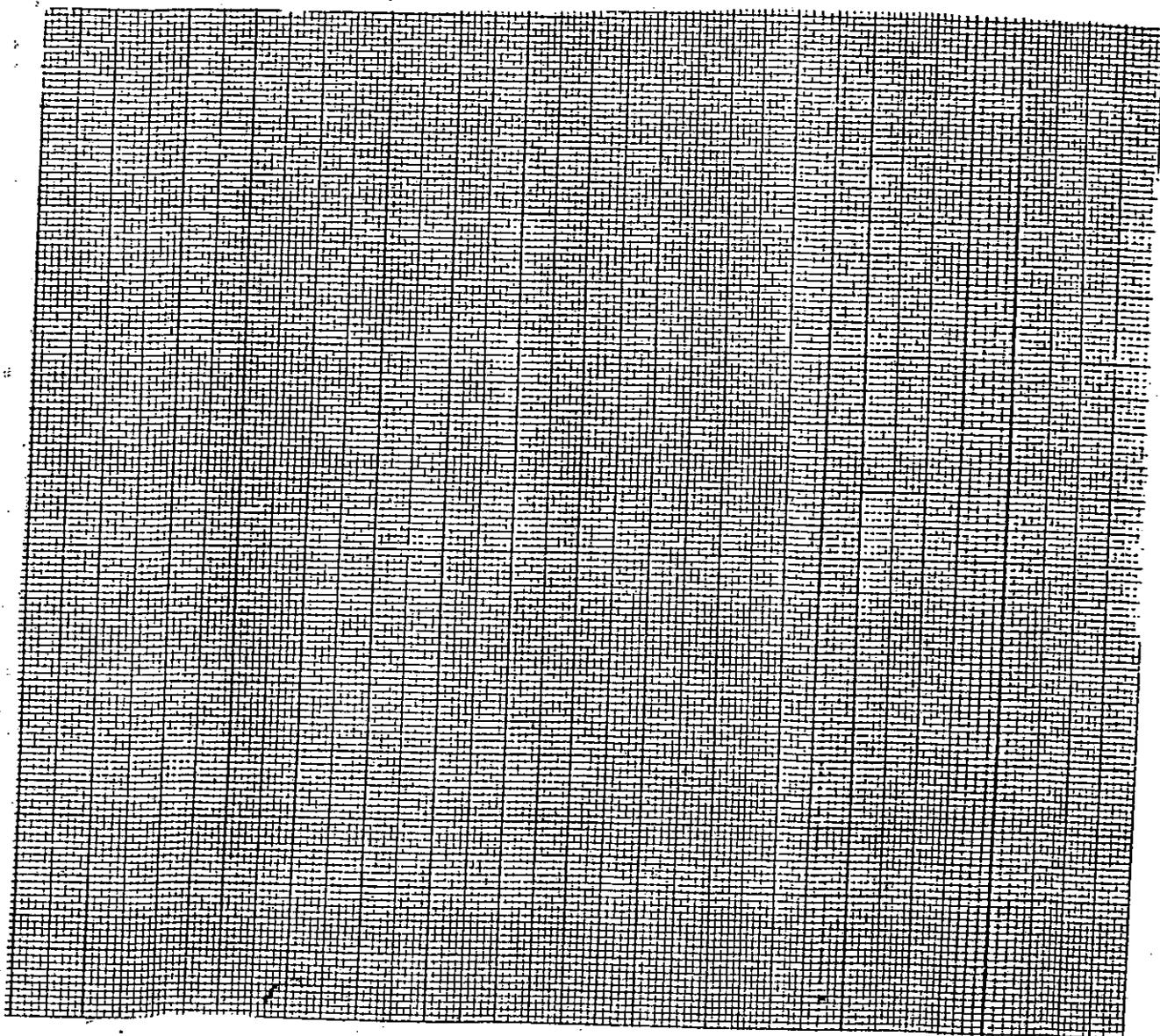
$$z_0 = 9 \text{ m}$$

$$z_4 = 3 \text{ m}$$

20) Un oggetto di plastica di volume $V = 28 \times 10^{-3} \text{ cm}^3$ e densità $\rho = 1.2 \text{ g/cm}^3$ viene fatto scendere in un tubo di olio di densità $\rho_1 = 0.86 \text{ g/cm}^3$ e si registra la profondità s raggiunta dall'oggetto in funzione del tempo.

- a) Basandoti sui dati riportati in tabella scrivi l'equazione oraria del moto dell'oggetto determinando l'errore sulle costanti.
- b) Determina il modulo F_A della forza ^{di Archimede} di attrito che l'olio esercita sull'oggetto. (Esprimi il risultato con il corretto numero di cifre significative).

t (sec \pm 0.2 sec)	1.0	3.0	6.7	10.5
s (cm \pm 0.4 cm)	4.6	6.4	9.2	12.8



12.12. POTENZIALI TERMODINAMICI.

Molto spesso i sistemi naturali che interessa studiare si trasformano in condizioni particolari (ad esempio isotermicamente), per cui si possono determinare delle funzioni che, pur permettendo di valutare la direzione di evoluzione e le condizioni di equilibrio del sistema, sono più semplici e più direttamente misurabili dell'entropia.

Si consideri l'espressione del primo principio della termodinamica:

$$(12.12.1) \quad dU = \delta Q - \delta L.$$

Finora, avendo trattato solo un sistema come il gas perfetto, il significato di δL non poteva essere altro che quello di lavoro di espansione o di compressione ($\delta L_p = p dV$). Ma il primo principio della termodinamica non si applica solo ai sistemi gassosi, quindi il significato di δL varia a seconda dei sistemi. Per un sistema meccanico è

$$(12.12.2) \quad \delta L_m = F dS,$$

come nel caso di una barra sottoposta ad una forza di trazione F che provoca un allungamento dS . Per un sistema elettrico è

$$(12.12.3) \quad \delta L_e = -V dq,$$

come nel caso di una pila con f.e.m. V che eroga una carica dq . Per un sistema costituito da una lamina interfacciale è

$$(12.12.4) \quad \delta L_r = -\tau dA,$$

dove τ è il coefficiente di tensione interfacciale e dA l'incremento subito dalla superficie.

Per ogni sistema termodinamico bisogna quindi prendere in considerazione l'opportuna espressione di δL (è ovvio che quelle sopra citate non sono le uniche forme possibili di δL). Pertanto nell'espressione del primo principio bisogna tener conto di δL nella forma più generale, compatibilmente con le caratteristiche del sistema in esame:

$$(12.12.5) \quad \delta L = \delta L_m + \delta L_e + \delta L_r + \dots + p dV.$$

Dalla (12.12.1) si può scrivere

$$(12.12.6) \quad \delta L = \delta Q - dU,$$

da cui, ricordando che per la (12.11.21) è $\delta Q \leq T dS$, segue

$$(12.12.7) \quad \delta L \leq T dS - dU.$$

Per una trasformazione isoterma a temperatura T da uno stato A ad uno stato B risulta quindi

$$(12.12.8) \quad L_{AB} \leq T(S_B - S_A) - (U_B - U_A),$$

ossia

$$(12.12.9) \quad L_{AB} \leq (U_A - TS_A) - (U_B - TS_B).$$

Si introduca la funzione

$$(12.12.10) \quad F = U - TS,$$

che prende il nome di *energia libera*, si misura in joule ed è una funzione di stato dato che è una combinazione di funzioni di stato; la (12.12.9) può allora scriversi

$$(12.12.11) \quad F_A - F_B = -\Delta F = -\Delta U + T \Delta S \geq L_{AB}.$$

Energia
libera

L'espressione matematica traduce le seguenti proposizioni: il lavoro effettuato da un sistema durante una trasformazione isotermica reversibile da A a B è uguale alla diminuzione dell'energia libera del sistema; se la trasformazione è irreversibile, il sistema è in grado di compiere un lavoro minore della diminuzione dell'energia libera del sistema stesso. Il nome di energia libera, dovuto a Helmholtz (spesso l'energia libera è detta anche funzione o potenziale di Helmholtz), deriva dal fatto che in una trasformazione reversibile e isoterma F misura l'energia che può essere liberata e convertita in lavoro.

In una pila, ad esempio, l'energia chimica relativa alle reazioni che avvengono al suo interno determina la variazione di energia interna ΔU . Ma la f.e.m., e

quindi il lavoro che la pila può compiere, può essere maggiore o minore di $-\Delta U$, come risulta evidente dalla (12.12.11) per la presenza del termine $T\Delta S$. La differenza di energia interviene macroscopicamente sotto forma di calore e la pila, durante il funzionamento isoteramico, assorbe o cede calore.

In campo biologico le trasformazioni che maggiormente interessano avvengono, oltre che isotericamente, anche a pressione costante. In questo caso è opportuno separare, nell'espressione generale del lavoro δL , il termine $p dV$ dagli altri contributi $\delta L'$, cioè è opportuno scrivere

$$(12.12.12) \quad \delta L = \delta L' + p dV,$$

e, per una trasformazione da A a B ,

$$(12.12.13) \quad L_{AB} = L'_{AB} + (pV_B - pV_A).$$

La (12.12.11) diventa allora

$$(12.12.14) \quad L'_{AB} + pV_B - pV_A \leq F_A - F_B.$$

Introducendo la funzione

$$(12.12.15) \quad G = F + pV = U - TS + pV = H - TS,$$

che prende il nome di *entalpia libera* o *energia libera di Gibbs* e si misura in joule, la (12.12.14) si scrive

$$(12.12.6) \quad L'_{AB} \leq -\Delta G;$$

quindi in una trasformazione isotermica e isobara il lavoro eseguito dal sistema al di fuori di quello determinato dalle variazioni di volume è sempre minore o al massimo uguale alla diminuzione della funzione di stato entalpia libera G . Per trasformazioni reversibili è

$$(12.12.7) \quad L'_{AB} = -\Delta G.$$

La differenza tra F e G è data dal termine pV ; nelle trasformazioni biologiche in cui non intervengono gas, le variazioni volumiche del sistema sono trascurabili, quindi F e G sono praticamente coincidenti. Quando ΔG è positivo, il lavoro compiuto dal sistema è negativo, quindi la reazione non può procedere spontaneamente e si dice *endoergonica*; se invece ΔG è negativo, la reazione può procedere spontaneamente e si dice *esoergonica*.

Dal punto di vista pratico c'è da osservare che le funzioni di stato termodinamiche H , S , F , G , sono sempre definite a meno di una costante; si è allora stabilito, per molte reazioni chimiche, di considerare come stato di riferimento standard con valore zero quello in cui una sostanza è allo stato naturale, pura, a 25°C , alla pressione di 101325 Pa e a $\text{pH} = 7$. Le variazioni riferentisi a tale stato si indicano con un apice zero; ad esempio ΔG° indica la variazione di entalpia libera quando una mole di reattivo genera dei prodotti che durante la reazione sono mantenuti nei rispettivi stati standard. In tab. 12.12.1 sono dati i valori di ΔG , per diverse reazioni di idrolisi, a differenti temperature e pH.

1. Un termometro viene posto in contatto con un corpo avente la stessa capacita termica del termometro ma temperatura diversa. Che valore di temperatura misurera il termometro?
- R1: Una temperatura molto vicina a quella del corpo.
 - R2: la somma della temperatura iniziale del corpo e di quella del termometro.
 - R3: la differenza tra la temperatura iniziale del corpo e quella del termometro.
 - R4: Il valore medio tra la temperatura del termometro e quella del corpo.

$$C_1 = C_2$$

$$M_1 c_1 = M_2 c_2$$

$$\Delta T_c M_1 c_1 = M_2 c_2 \Delta T_c$$

Sono uguali

2. Il calore specifico di un corpo è definito come:

- R1 - Il rapporto tra la quantità di calore posseduta dal corpo e la sua massa.
- R2 - Il rapporto tra la quantità di calore necessaria per aumentare di un grado la temperatura del corpo e la sua massa.
- R3 - Il rapporto tra la temperatura del corpo e la sua massa.
- R4 - Il rapporto tra il calore posseduto dal corpo ed il suo volume.

$$c = \frac{Q}{M \Delta T}$$

3. Nel trasporto di calore per conduzione la quantità di calore trasmessa è proporzionale alla conducibilità del materiale e:

- R1 al gradiente di temperatura.
- R2 al gradiente di concentrazione.
- R3 al gradiente di velocità
- R4 alla lunghezza del materiale.

4. Se per innalzare di 10 °C la temperatura di un corpo di 10 g sono necessarie 3 cal, il calore specifico, c, e la capacità termica, C, del corpo sono:

- R1: c = 0.3 cal/g x °C ; C = 3 cal/°C
- R2: c = 30 cal/g x °C ; C = 300 cal/°C
- R3: c = 0.03 cal/g x °C ; C = 0.3 cal/°C
- R4: c = 3 cal/g x °C ; C = 0.3 cal/°C

$$3 \text{ cal} = c m \Delta T = c \cdot 10 \cdot 10^\circ\text{C}$$

$$c = \frac{3}{100} = 0.03$$

$$C = c \cdot m$$

dato che $Q = Sv = V/t_s$.

Quindi con

$$f.c. = \frac{1}{2} \rho \Delta V v^2 = 0,5 \times 1000 \times 200 \times 10^{-6} \times (500 \times 10^{-2})^2 = 2,5 \text{ J}$$

$$f.p. = p_a \Delta V = 160 \times 133,3 \times 200 \times 10^{-6} = 4,3 \text{ J}$$

$$r = \frac{f.c.}{f.p.} = \frac{2,5}{4,3} = 0,6$$

Come si vede in questo caso il fattore cinetico costituisce il 37% del lavoro cardiaco, questo significa che la pressione aortica è notevolmente inferiore alla pressione ventricolare.

Si provi a vedere l'importanza del fattore cinetico nel caso di un individuo con stenosi aortica ($S_a = 1 \text{ cm}^2$), a parità degli altri fattori.

9) Dimostrare numericamente che il lavoro fatto dal ventricolo destro in condizioni normali è piccolo rispetto a quello fatto dal ventricolo sinistro, sapendo che la pressione nell'aorta polmonare è di 25 torr, che la sezione di tale aorta è di $4,2 \text{ cm}^2$, che la gettata pulsatoria risulta essere in tali condizioni 60 cm^3 ed il tempo di sistole di $0,3 \text{ s}$ (si ricorda che il lavoro fatto dal ventricolo sinistro è già stato calcolato in un precedente esercizio e che comunque la sezione dell'aorta è di $2,5 \text{ cm}^2$ e la pressione di 100 torr).

la velocità nell'arteria polmonare è data al solito da:

$$v_{ap} = \frac{\Delta V}{S t} = \frac{60 \times 10^{-6}}{4,2 \times 0,3} = 4,8 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

per cui

$$L_{vd} = p_{ap} \Delta V + \frac{1}{2} \rho \Delta V v^2 = 25 \times 133,3 \times 60 \times 10^{-6} + 0,5 \times 1000 \times 60 \times 10^{-6} \times (4,8 \times 10^{-5})^2 = 0,2 \text{ J}$$

mentre

$$L_{vs} = p_a \Delta V = 0,8 \text{ J}$$

(il fattore cinetico è trascurabile)

con la frequenza di pulsazione, cioè

$$P_{\text{media}} = 0,8 \times 1 = 0,8 \text{ W}$$

La potenza di picco è tuttavia potenza di picco è tuttavia più elevata, in quanto il cuore compie tutto il lavoro durante la fase II di contrazione isotonica, la cui durata è circa un terzo del periodo:

$$P_p = \frac{L_p}{T/3} = \frac{L_p}{d} = 0,8 / 0,33 = 2,4 \text{ W}$$

Il lavoro card.

7) Calcolare numericamente il lavoro totale (in Joule) compiuto dal cuore in una giornata (24h), sapendo che:

$P = 0,8 \text{ W}$ è la potenza media utile

$$\eta = 10\%$$

8) Determinare

la potenza utile risulta essere solo il 10% della potenza totale che sarà dunque:

$$P_t = P \frac{100}{10} = 8 \text{ W}$$

il lavoro totale, espresso in Joule sarà allora dato dal prodotto della potenza totale in W per il tempo espresso in secondi:

$$L = P_t \cdot t = 8 \times 24 \times 3600 = 691 \times 10^3 \text{ J}$$

8) Stimare il rapporto tra fattore cinetico e di pressione nel lavoro cardiaco in un individuo nel caso in cui:

a) l'individuo sia a riposo e quindi abbia una gettata pulsatoria di

$\Delta V = 60 \text{ cm}^3$, una pressione aortica di $p_a = 100 \text{ torr}$, la velocità del sangue nell'aorta di $v = 50 \text{ cm/s}$.

b) l'individuo sia sottoposto ad uno sforzo fisico prolungato per cui

la gettata pulsatoria risulti $\Delta V' = 200 \text{ cm}^3$, la pressione nell'aorta di $p'_a = 160 \text{ torr}$, la durata della sistole si riduca a $d_s = 0,1 \text{ s}$.

Si assuma la densità del sangue pari a quella dell'acqua e la sezione dell'aorta pari a $S = 4 \text{ cm}^2$.

$$\text{a) fattore di pressione} = \text{f.p.} = p_a \Delta V = 100 \times 133,3 \times 60 \times 10^{-6} = 0,8 \text{ J}$$

$$\text{fattore cinetico} = \text{f.c.} = \frac{1}{2} \rho \Delta V v^2 = 0,5 \times 1000 \times 60 \times 10^{-6} \times (50 \times 10^{-2})^2 = 7,5 \times 10^{-3} \text{ J}$$

$$r = \frac{\text{f.c.}}{\text{f.p.}} = \frac{0,75 \times 10^{-3}}{0,8} = 9,4 \times 10^{-3}$$

$$\Delta V = 200$$

Una delle seguenti affermazioni è falsa. Quale?

- R1 i liquidi sono fluidi
- R2 i gas non sono fluidi
- R3 i gas e i liquidi sono entrambi fluidi
- R4 i fluidi a riposo non possono essere assoggettati a sollecitazioni di scorrimento
- R5 sollecitazioni di scorrimento causano una progressiva e non elastica deformazione dei fluidi

Una delle seguenti affermazioni è falsa. Quale?

- R1 le molecole di un fluido sono più mobili di quelle di un solido
- R2 un gas si espanderà fino ad occupare completamente il volume del suo contenitore
- R3 un fluido è di fatto incompressibile ai fini pratici
- R4 un fluido può essere un gas oppure un liquido
- R5 un fluido può mostrare una superficie libera

Se si mescolano due liquidi aventi rispettivamente densità d_1 e d_2 e volumi V_1 e V_2 , la densità della miscela che si ottiene è uguale a:

- R1 $(d_1 + d_2)/2$
- R2 $(d_1 + d_2)/(V_1 + V_2)$
- R3 $(d_1 V_1 + d_2 V_2)/(V_1 + V_2)$

Si ha 1.00 litro di una soluzione acquosa di densità 1.50 g cm^{-3} .
Se si aggiunge 1.00 litro di acqua ($d=1.00 \text{ g cm}^{-3}$), la densità della soluzione diventa:

- R1 $d=1.50 \text{ g cm}^{-3}$
- R2 $d=1.25 \text{ g cm}^{-3}$
- R3 $d=2.50 \text{ g cm}^{-3}$

Un densimetro è costituito da un cilindro, graduato linearmente lungo il suo asse. È omogeneo, e porta all'interno di una estremità un pesetto di piombo che lo mantiene verticale quando lo si immerge nel liquido di cui si vuol misurare la densità. In liquidi di diversa densità mostra pescaggi diversi, essendo diversa la spinta di Archimede.

La densità incognita di un liquido (d_x) si misura rilevando il pescaggio relativo h_x . Il densimetro si tara immergendolo in acqua distillata (d_0) e rilevando il pescaggio relativo h_0 .

La densità incognita (d_x) si trova con la relazione:

- R1 $d_x = d_0 - h_x / h_0$
- R2 $d_x = d_0 + h_0 / h_x$
- R3 $d_x = d_0 \cdot h_x / h_0$
- R4 $d_x = d_0 \cdot h_0 / h_x$

Si chiamano forze di superficie, le forze:

- R1 applicate alle superfici che delimitano il fluido, per esempio quelle esercitate dalle pareti del recipiente che lo contiene
- R2 esterne, che interessano solo le molecole che si trovano sulla superficie limite del fluido
- R3 che si esercitano sulla superficie libera di un fluido

La direzione è di 30° rispetto all'asse del cilindro.
Determina la pressione in Pa che il cilindretto esercita sul piano.

Calcolare la forza che viene esercitata su un'impurezza solida che occlude l'ago di una siringa di area $A=0.3 \text{ mm}^2$, se si esercita una forza di 5 N sul pistone della siringa di area 1 cm^2 .

Un vaso contiene sangue alla pressione di 151 mm Hg. Se su un lato del vaso si apre una diramazione di 0.5 cm^2 :

- i) calcolare la forza con cui il sangue sollecita la parete del vaso opposta all'apertura
- ii) poiché il vaso rimane in equilibrio nonostante questa sollecitazione, discuti che cosa genera e dove può essere applicata la forza equilibrante.

Un manometro a due fluidi (I-salina $d_g=1.2$; II-mercurio $d_g=8$) è usato per misurare la pressione in un vaso sanguigno. La lettura dei distivelli fornisce i seguenti risultati:

$h_g = 0.10 \text{ m}$ (tra il vaso e il menisco comune salina - mercurio)

$h_{mT} = 0.05 \text{ m}$ (tra il menisco comune e il menisco esterno del mercurio)

Calcola la pressione assoluta all'interno del vaso.

Scrivi la relazione dell'accelerazione cui è sottoposto un corpo di volume V e densità d , immerso totalmente in un mezzo fluido di densità d_0 .

R4 - si, purchè la superficie del fluido sia tutta a contatto con le pareti rigide del recipiente
 R5 - no, perchè per le pressioni non vale il principio della composizione vettoriale delle forze

5) Si può assumere che la pressione idrostatica all'interno di un liquido in quiete varia, per la legge di Stevino, una funzione lineare della quota.
 Tale legge si ricava assumendo valide le ipotesi sottolencate tranne una: quale?

R1 - che il liquido abbia composizione percentuale costante
 R2 - che il liquido abbia temperatura costante
 R3 - che il liquido abbia densità costante
 R4 - che la pressione sovrastante il pelo libero del liquido sia uniforme
 R5 - che la variazione di pressione tra due punti a quota diversa sia proporzionale al dislivello tra i due punti

6) Dati due recipienti di forma diversa e riempiti ad una stessa altezza rispetto al fondo, in quale di essi si manifesterà maggior pressione sul fondo?

R1 - in quello che contiene maggiore volume di liquido
 R2 - in quello che ha una maggiore superficie libera sulla quale la gravità la pressione atmosferica
 R3 - in entrambi i recipienti la pressione sul fondo sarà identica
 R4 - in quello che ha maggiore superficie sul fondo la pressione sarà maggiore

7) Tra i fattori riportati sotto, riconoscere quelli che influenzano direttamente la pressione che un liquido esercita sul fondo di un recipiente aperto:
 R1 - il peso totale del liquido
 R2 - il volume del liquido
 R3 - il peso specifico del liquido

R4 - profondità della superficie del liquido
 R5 - forma del recipiente
 R6 - inclinazione delle pareti del recipiente
 R7 - la pressione atmosferica
 R8 - la massa totale del liquido

8) Può il termine di pressione idrostatica di un liqui

è il peso specifico?
 R1 - si, purchè sia misurato a livello del mare
 R2 - si, perchè il valore numerico della densità relativa () è uguale a quello del peso specifico relativo (), rispetto alla stessa sostanza di riferimento

R3 - si, perchè la pressione idrostatica dipende dalla gravità
 R4 - no, perchè il peso specifico dipende dalla altitudine, mentre la pressione idrostatica dipende dall'altezza h della colonna di liquido e dalla massa attraverso la densità

9) Un liquido ideale scorre, in regime stazionario, in un tratto di condotto a sezione costante inclinato di 45 gradi sull'orizzontale. Se V_1 è la velocità alla sezione alta e V_2 la velocità a quella bassa, che rapporto avranno le due velocità?

R1 - V_1 minore di V_2
 R2 - V_1 maggiore di V_2
 R3 - V_1 uguale a V_2
 R4 - $V_1 = V_2$ sen 45

10) Quando è che il moto di un liquido si dice stazionario?

R1 - quando il liquido si muove con velocità costante
 R2 - quando il liquido segue la legge di continuità
 R3 - quando la velocità della particella del fluido dipende solo dal tempo e non dalla posizione che occupa la particella nel condotto
 R4 - quando la velocità delle particelle del fluido dipende solo dalla posizione della particella e non dal tempo
 R5 - quando il liquido non è viscoso

11) Si può applicare la legge di Bernoulli per un liquido ideale che sale da una sezione S2 verso una sezione S1, in regime stazionario, lungo un tratto di condotto?

R1 - si, perchè è sufficiente che vi sia una variazione di energia potenziale gravitazionale
 R2 - si, perchè il liquido è ideale e si muove in moto stazionario
 R3 - no, perchè la sezione non è costante
 R4 - no, perchè il condotto non è orizzontale
 R5 - si, perchè il condotto non è orizzontale

R4 - solo per i liquidi ideali e privi di attrito interno
R5 - per tutti i liquidi incompressibili

17) Il coefficiente di viscosità cinematica si misura in:

- R1 - centimetro quadrato/secondo
- R2 - poise/secondo
- R3 - poise/g per centimetro cubo
- R4 - dyne/centipoise
- R5 - centipoise
- R6 - centistokes
- R7 - e' un numero puro

18) si definisce densità assoluta:

- R1 - la massa dell'unità di volume di una sostanza
- R2 - il rapporto tra la massa della sostanza e un ugual massa distillata di 20 gradi centigradi
- R3 - il rapporto tra la massa della sostanza e la massa di un ugual volume di una sostanza assunta come riferimento
- R4 - il rapporto fra il suo peso ed il suo volume
- R5 - il rapporto fra la sua massa ed il suo peso

19) Rispetto alla posizione orizzontale, la posizione verticale comporta sensibili variazioni pressorie nel sistema circolatorio dell'uomo sulla terra, passando dalla posizione orizzontale alla stazione eretta (posizione verticale) si riscontrano un aumento della pressione nei distretti circolatori cerebrali, ed una contemporanea riduzione nei distretti delle gambe

- R2 - una diminuzione di pressione limitatamente ai distretti circolatori delle gambe
- R3 - un aumento di pressione nei distretti circolatori delle gambe ed una contemporanea riduzione nei distretti cerebrali
- R4 - un aumento di pressione limitato al distretto circolatorio cerebrale

20) Il teorema di Bernoulli spiega l'andamento della pressione nel sistema circolatorio umano

- R1 - sì, perché il teorema di Bernoulli come espressione della conservazione della energia può essere sempre applicato
- R2 - no, per principio, perché il liquido circolante presenta attrito interno
- R3 - sì, perché la portata è costante ed il moto del fluido è laminare
- R4 - no, perché i condotti si suddividono e non sono sempre

12) Sia dato un condotto con due diramazione in cui scorre liquido reale incompressibile in moto laminare, sia Q1 la portata del condotto principale e Q2 la portata complessiva delle due diramazioni, risulta:

- R1 - $Q1/Q2 = 1$
- R2 - trattandosi di un liquido reale, a priori non è possibile stabilire il rapporto tra le portate senza ulteriori precisazioni
- R3 - $Q1/Q2 = 1$
- R4 - $Q1/Q2 = 1$

13) Per un liquido viscoso newtoniano, a temperatura costante la perdita di carico per unità di lunghezza, lungo un tubo orizzontale a sezione costante:

- R1 - è zero
- R2 - occorrono altri dati per poter rispondere
- R3 - non ha senso parlare, in questo caso, di perdita di carico
- R4 - è costante

14) Per liquido viscoso newtoniano si intende un liquido il cui coefficiente di viscosità, a temperatura costante, è:

- R1 - variabile con il rapporto F/V
- R2 - sempre maggiore dell'unità
- R3 - costante
- R4 - variabile con il rapporto v/x

15) Per un liquido che si muove in un condotto, quale è il significato della relazione che esprime la legge di continuità?

- R1 - il volume che scorre nell'unità di tempo attraverso una qualsiasi sezione del condotto è costante
- R2 - il volume del liquido si muove con continuità lungo tutto il condotto
- R3 - la velocità del liquido è costante lungo tutto il condotto
- R4 - significa che il moto del liquido è di tipo stazionario

16) L'equazione di continuità è valida:

- R1 - per liquidi nel campo gravitazionale
- R2 - solo per i liquidi reali ed incompressibili
- R3 - solo per liquidi ideali

- Quando un tubo capillare è immerso in un liquido:
- R1: il livello del liquido nel tubo si innalza se si forma un menisco concavo;
- R2: il livello del liquido nel tubo si innalza se si forma un menisco convesso;
- R3: il livello del liquido nel tubo si abbassa se si forma un menisco convesso;
- R4: il livello del liquido si abbassa se si forma un menisco concavo. Segnare tutte le risposte giuste.
- Ad un estremo di un manometro ad aria libera contenente acqua si trova una bolla di acqua saponata avente un raggio di 5 mm; supponendo che il coefficiente di tensione superficiale dell'acqua saponata sia $\gamma = 40 \text{ dyn/cm}$, determinare il valore del dislivello h del liquido nei due rami del manometro.
- Per alimentare una pianta alta 1 m quale deve essere il massimo diametro dei vasi capillari? (Si consideri $\theta = 0^\circ$, $\gamma = 728 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}$, $\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$).
- Supponendo che la superficie di appoggio di un insetto galleggiante sull'acqua sia circolare e di 1 mm², determinare la massima massa dell'insetto (Si consideri $\theta = 0^\circ$, $\gamma = 728 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}$).
- Calcolare i valori della tensione dei capillari arteriosi e venosi, sapendo che i valori dei rispettivi raggi sono $r_a = 15 \cdot 10^{-6} \text{ m}$, $r_v = 10^{-6} \text{ m}$ e che le relative differenze di pressioni sono $\Delta P_a = 60 \text{ mm Hg}$, $\Delta P_v = 20 \text{ mm Hg}$.

1 - Dalla: $h = \frac{\rho g r \cos \theta}{\rho g \pi}$ con: $r = 0,465 \text{ N/m}$
 $r_0 = 10^{-4} \text{ m}$
 $\rho = 1360 \text{ kg/cm}^3 = 13,6 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$
 $\cos(40^\circ) = -\cos(40^\circ)$

$h = \frac{2 \cdot 0,465 \cdot (-0,766)}{13,6 \cdot 10^3 \cdot 10^{-4} \cdot 9,8} = -0,0535 \text{ m}$

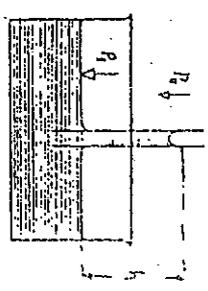
2 - Il raggio della goccia si ricava dalla relazione:
 $\gamma = \frac{\rho g r}{\Delta \rho} = \frac{2 \cdot 80}{800} = 0,2 \text{ cm}$

3 - Il raggio della bolla si ricava dalla relazione:
 $\gamma = \frac{\Delta P}{\Delta \rho} = \frac{4 \cdot 80}{800} = 0,4 \text{ cm}$

4 - Indicando con w il peso totale si ha:
 $\begin{cases} F = W_1 + W_2 = W \\ F = 2\ell\gamma \end{cases} \Rightarrow W = 2\ell\gamma = 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ N}$

5 - Indicando con p la pressione atmosferica e con p' la pressione immediatamente al di sotto del menisco si ha:

$\begin{cases} p_a - p = \rho g h \\ p_a - p' = \frac{2\gamma}{r} \end{cases} \Rightarrow p' = p + \rho g h - p_a + \frac{2\gamma}{r} + \rho g h$
 $\Rightarrow p' = p_a - p' = \frac{2\gamma}{r} = \frac{2\gamma}{(p_a - p) + \rho g h} = 0,04 \text{ atm}$



6 - Indicando con p_0 la pressione esterna richiesta questa si ricava dalla relazione:

$p_0 - p = \rho g h \Rightarrow p = \frac{2\gamma}{r} \Rightarrow$
 $p_0 = \frac{2\gamma}{r} + \rho g h = 13,6 \cdot 980 \cdot 798 + \frac{2 \cdot 0,465}{0,1} = 9,53 \cdot 10^5 \text{ dyne/cm}^2 = 9,53 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2 = 0,953 \text{ atm} = 715,7 \text{ Torr}$

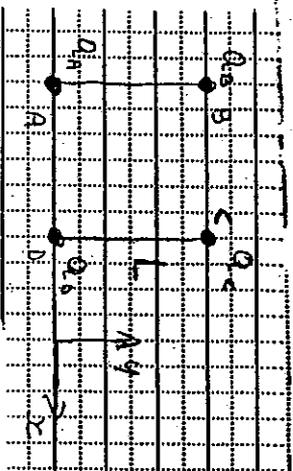
FLUIDI

- 12) Calcolare il lavoro per unità di volume compiuto dal cuore in un battito sapendo che la pressione aortica è di 100 mmHg e che il sangue scorre nell'aorta con una velocità di 100 cm/sec. Si ritenga l'aorta all'altezza del cuore.
- 13) In condizioni normali in un'arteria il sangue scorre alla velocità di $V = 500$ mm/sec. Determinare la variazione di pressione sanguigna se per una causa qualunque l'arteria raddoppiasse la sua sezione ($\rho = 1,1$ g/cm³).
- 14) Sapendo che la portata dell'aorta varia da 3,5 l/min. in condizioni di riposo a 35 l/min in fase attiva, determinare la variazione percentuale della velocità del sangue ritenendo la sezione aortica $S =$ costante, dalle condizioni di attività a quelle di riposo.
- 15) Determinare la portata dell'acqua che fuoriesce da un foro circolare di diametro $d = 40$ mm. praticato in un serbatoio a 6 m sotto il livello dell'acqua.

- 1) L'alcool ha un peso specifico relativo di 0,79. Calcolare la sua densità sia in g cm⁻³ che in kg m⁻³.
- 2) Un recipiente cilindrico di 10 cm di diametro interno pesa 0,2 kg quando è vuoto. Se è riempito fino ad un livello di 16 cm con un certo tipo di olio pesa 1,450 kg. Calcolare il peso specifico dell'olio.
- 3) Un recipiente per plasma ($\rho = 1,025$) è un cilindro verticale avente un diametro interno di 7 cm. Se è riempito di plasma fino ad un livello di 15 cm, calcolare quanti litri di plasma sono nel recipiente e quanto pesano.
- 4) Quanti cm³ di mercurio ($\rho = 13,60$) avrebbero lo stesso peso di 100 cm³ di acqua?
- 5) Un campione di sangue normale ha un peso specifico relativo $\rho = 1,050$. Calcolare il volume in cm³ che peserebbe 500 gr.
- 6) Un campione di acqua di mare ha una densità di 1,025 g cm⁻³. Calcolare il suo peso specifico in kg per litro.
- 7) La densità dell'etanolo è di 0,79 g cm⁻³. Calcolare la sua densità in kg litro⁻¹, il suo peso specifico assoluto in kgf litro⁻¹ ed il suo peso specifico relativo in gr cm⁻³.
- 8) Il cuore pompa nell'aorta con una posizione media di 100 mmHg. Se la sezione dell'aorta è di 3 cm², quanto vale la forza media che il cuore esercita sul sangue che si immette nell'aorta.
- 9) Sapendo che la superficie media di un corpo umano è $S = 1,8$ m² calcolare la forza complessiva che agisce sul corpo di un sommozzatore che si trova in posizione orizzontale all' profondità $h = 30$ m nell'acqua del mare.
- 10) Un corpo è sospeso ad un dinamometro. Quest'ultimo indica 248 g. Se il corpo è immerso in aria a 160 gr; se il corpo è immerso in acqua, determinare la densità del corpo.
- 11) È noto che il cervello dell'uomo è immerso in un liquido protettivo, in tal modo il cervello grava con un peso $P = 50$ g. sulla base cranica. Determinare la densità di detto liquido se il volume medio della massa cerebrale è $V = 1,2$ litri e la sua massa $m = 1400$ gr.

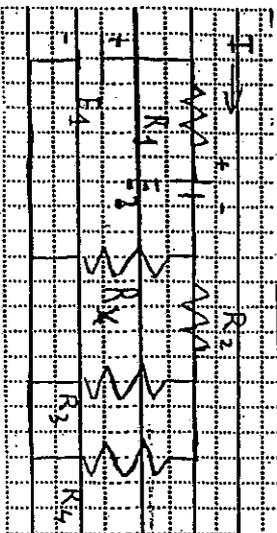
0,30

1) Quale valore deve avere la carica elettrica Q_C posta sul vertice C del quadrato di lato L in figura, affinché la forza elettrica risultante agente sulla carica elettrica Q_A abbia direzione parallela all'asse y ($Q_A = Q_B = Q_D = 3.0 \times 10^{-6} \text{ C}$)



2) Si considerino le superfici equipotenziali del campo elettrico prodotto da una carica puntiforme $Q = 1.50 \times 10^{-8} \text{ C}$. Quanto dista la superficie a 100 V dalla superficie a 20 V ? ($\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ V}^{-1} \text{ m}^{-2}$)

3) Quale valore deve avere la resistenza R_x del circuito elettrico in figura affinché la corrente I che percorre la resistenza R_1 abbia intensità pari ad 1.0 A ?
 Quale è, in queste condizioni, la potenza elettrica dissipata dalla resistenza R_2 ?
 ($E_1 = 15 \text{ V}$; $E_2 = 5 \text{ V}$; $R_1 = R_2 = 5 \Omega$; $R_3 = 100 \Omega$; $R_4 = 10 \Omega$)



Quattro cariche elettriche puntiformi uguali ($Q = 1.00 \times 10^{-5} \text{ C}$) sono poste ai vertici di un quadrato la cui diagonale ha una lunghezza di 2.00 m .
 Si calcolino i valori del campo elettrico e del potenziale elettrico al centro del quadrato.

5

Tre barrette di rame hanno dimensioni:

prima barretta: sezione = 4 cm^2 , lunghezza = 10 cm

seconda barretta: sezione = 2 cm^2 , lunghezza = 5 cm

terza barretta: sezione = 1 cm^2 , lunghezza = 3 cm

Quale delle tre barrette trasmetterà meglio il calore per conduzione da una estremità all'altra?

R1: La prima meglio delle altre.

R2: Le prime due nello stesso modo ed entrambe meglio della terza.

R3: La terza meglio delle altre perchè è più corta.

R4: Sono tutte e tre equivalenti perchè sono fatte dello stesso materiale.

$$\frac{\Delta t}{\Delta x} = \frac{Q}{\lambda A}$$

6

- Due corpi hanno capacità termica C_1 e $C_2 = 2C_1$, rispettivamente. Ad essi viene fornita la stessa quantità di calore Q . Siano Δt_1 e Δt_2 le variazioni di temperatura dei due corpi. Risulterà:

R1 - $\Delta t_1 = \Delta t_2$

R2 - $\Delta t_1 = 1/2 \Delta t_2$

R3 - $\Delta t_1 = 2 \Delta t_2$

R4 - Non è possibile rispondere in quanto non si conoscono le masse dei due corpi.

$$C_2 = 2C_1$$

$$Q_1 = Q_2$$

$$C_1 \Delta t_1 = C_2 \Delta t_2$$

$$C_1 \Delta t_1 = 2C_1 \Delta t_2$$

7

- Se mescoliamo tra di loro in un recipiente adiabatico due masse di acqua, rispettivamente m_1 alla temperatura t_1 ed m_2 alla temperatura t_2 , la temperatura all'equilibrio t_f sarà:

R1 - $t_f = (m_1 t_1 + m_2 t_2) / 2$

R2 - $t_f = (m_1 t_1 - m_2 t_2) / 2$

R3 - $t_f = (m_1 t_1 + m_2 t_2) / 2(m_1 + m_2)$

R4 - $t_f = (m_1 t_1 - m_2 t_2) / 2(m_1 + m_2)$

R5 - $t_f = (m_1 t_1 + m_2 t_2) / (m_1 + m_2)$

5. Tre barrette di rame hanno dimensioni:
 prima barretta: sezione = 4 cm^2 , lunghezza = 10 cm
 seconda barretta: sezione = 2 cm^2 , lunghezza = 5 cm
 terza barretta: sezione = 1 cm^2 , lunghezza = 3 cm

Quale delle tre barrette trasmetterà meglio il calore per conduzione da una estremità all'altra?

- R1: La prima meglio delle altre.
~~R2: Le prime due nello stesso modo ed entrambe meglio della terza.~~
 R3: La terza meglio delle altre perchè è più corta.
 R4: sono tutte e tre equivalenti perchè sono fatte dello stesso materiale.

6. - Due corpi hanno capacità termica C_1 e $C_2 = 2C_1$, rispettivamente. Ad essi viene fornita la stessa quantità di calore Q . Siano Δt_1 e Δt_2 le variazioni di temperatura dei due corpi. Risulterà:

- R1 - $\Delta t_1 = \Delta t_2$
 R2 - $\Delta t_1 = 1/2 \Delta t_2$
~~R3 - $\Delta t_1 = 2 \Delta t_2$~~

R4 - Non è possibile rispondere in quanto non si conoscono le masse dei due corpi.

7. - Se mescoliamo tra di loro in un recipiente adiabatico due masse di acqua, rispettivamente m_1 alla temperatura T_1 ed m_2 alla temperatura t_2 , la temperatura all'equilibrio t_f sarà:

- R1 - $t_f = (m_1 t_1 + m_2 t_2) / 2$
 R2 - $t_f = (m_1 t_1 - m_2 t_2) / 2$
 R3 - $t_f = (m_1 t_1 + m_2 t_2) / 2(m_1 + m_2)$
 R4 - $t_f = (m_1 t_1 - m_2 t_2) / 2(m_1 + m_2)$
~~R5 - $t_f = (m_1 t_1 + m_2 t_2) / (m_1 + m_2)$~~

3. Quanta energia termica irradia in un secondo una persona con un'area della superficie corporea di $1,5 \text{ m}^2$ e con una temperatura della pelle di $33 \text{ }^\circ\text{C}$? Qual'è la lunghezza d'onda della radiazione di intensità massima emessa?

(potere emissivo $\epsilon = 1$, $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ }^\circ\text{K}^{-4}$)

(6)

Temperatura della superficie corporea espressa in $^\circ\text{K}$ $T = (33 + 273)^\circ\text{K} = 306^\circ\text{K}$

$$H_{\text{ir}} = \epsilon \sigma A T^4 = 1 \times 5,67 \times 10^{-8} \times 1,5 \times (306)^4 \text{ W} = 745,7 \text{ W} = \frac{745,7 \text{ cal/s}}{4,18} = 178,4 \text{ cal/s}$$

$$\lambda_{\text{max}} = \frac{0,2898}{T} \text{ cm} = \frac{0,2898}{306} \text{ cm} = 9,5 \times 10^{-4} \text{ cm} = 9,5 \times 10^{-6} \text{ m}$$

4. Una persona nuda con una superficie corporea di $1,8 \text{ m}^2$, una temperatura della pelle di $31 \text{ }^\circ\text{C}$ perde 108 kcal/h per convezione.

(6)

a) Sapendo che la velocità dell'aria è di 1 m/s e che la pressione dell'ambiente è di 1 atm , determinare la temperatura dell'ambiente.

b) Quanto calore perderebbe in un'ora la persona se, a parità di condizioni ambientali (temperatura e pressione), la velocità dell'aria aumentasse a $2,5 \text{ m/s}$?

$$P = 1 \text{ atm} = 760 \text{ mm}$$

$$a) \quad H = 10,4 \sqrt{\frac{v \cdot P}{760}} \cdot A (T_s - T_a) =$$

$$= 10,4 \sqrt{v} \cdot A (T_s - T_a) \quad (2)$$

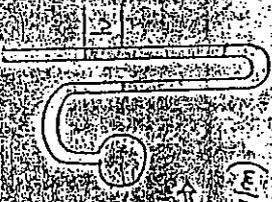
$$T_s - T_a = \frac{H}{10,4 \sqrt{v} \cdot A} = \frac{108}{10,4 \cdot 1 \cdot 1,8} \text{ }^\circ\text{C} \approx 5,8 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_a = (T_s - 5,8) \text{ }^\circ\text{C} = (31 - 5,8) \text{ }^\circ\text{C} = 25,2 \text{ }^\circ\text{C} \quad (2)$$

$$b) \quad H = 10,4 \sqrt{v} \cdot A (T_s - T_a) = (10,4 \sqrt{2,5} \cdot 1,8 \cdot 5,8) \text{ Kcal}$$

$$= 171,7 \text{ Kcal/h} \quad (2)$$

11 (continua)



al livello del liquido è causato dalla variazione di pressione dovuta alla tensione superficiale della meniscatura che costituisce la bolina. Dalla legge di Laplace $\Delta p = \frac{4\sigma}{r}$ poiché $\Delta p = \rho g h$

$h = \frac{\Delta p}{\rho g} = \frac{4\sigma}{\rho g r}$

$h = \frac{4 \cdot 39 \cdot 10^{-3}}{10^3 \cdot 9.8} = 1.6 \cdot 10^{-5} \text{ m}$

$r = 50 \text{ cm} = 0.5 \text{ m} = 5 \cdot 10^{-1} \text{ m}$

può supporre che il liquido che alimenta la pianta abbia le stesse caratteristiche fisiche dell'acqua pura. L'acquasale per il fenomeno della capillarità è ipotizzando la salita attraverso vasi di raggio costante, si può utilizzare la relazione: $h = \frac{2\sigma \cos \alpha}{\rho g r}$

ricava: $r = \frac{2\sigma \cos \alpha}{\rho g h}$

$$r = \frac{2 \cdot 728 \cdot 10^{-3}}{10^3 \cdot 9.8} = 14,9 \cdot 10^{-6} \text{ m} \rightarrow r = 29,8 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

insetto galleggia sulla superficie d'acqua a causa della tensione superficiale, il cui valore si può mettere in relazione con la forza peso mediante la: $F = \tau \cdot l$ con: $l = 2\pi r$

$$F = \tau \cdot 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{\rho}} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ N} \quad (\lambda = \sigma_{\text{acqua}} = \pi r^2 \frac{1}{2} = 1 \text{ mm}^2 = 10^{-6} \text{ m}^2)$$

corrisponde al peso massimo dell'insetto sostenuto dall'acqua, per cui:

$$m = \frac{2,58 \cdot 10^{-4}}{9,8} = 2,63 \cdot 10^{-5} \text{ kg}$$

si possono assimilare le pareti dei vasi sanguigni a delle membrane elastiche e poiché per quest'vale, la $\Delta p = \frac{4\sigma}{r}$ risulta:

$$\tau_{\text{ca}} = 15 \cdot 10^{-5} \cdot 60 \cdot 133,3 = 1,2 \text{ N/m}$$

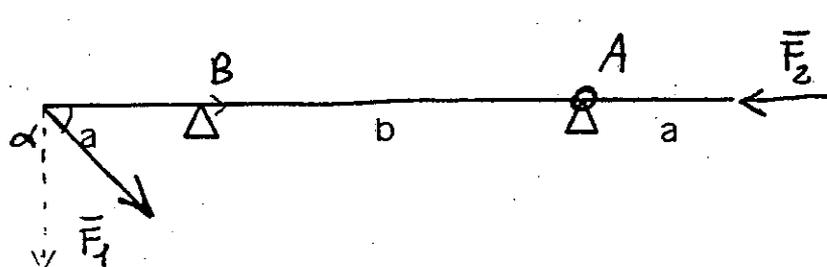
$$\tau_{\text{cv}} = 1 \cdot 10^{-5} \cdot 20 \cdot 133,3 = 2,7 \cdot 10^{-2} \text{ N/m}$$

$$1 \text{ mmHg} = 1,333 \cdot 10^2 \text{ N/m}^2 = 133,3 \text{ N/m}^2$$

COGNOME _____ NOME _____

FIRMA _____

Per l'asta in figura, vincolata con la cerniera A e l'appoggio semplice B, si determinino le reazioni vincolari esprimendo il risultato con il giusto numero di cifre significative.



$$F_1 = 20.0 \text{ N}$$

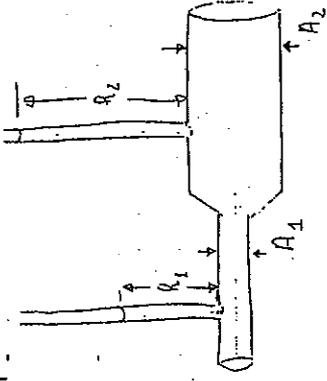
$$F_2 = 12.58 \text{ N}$$

$$a = 10 \text{ cm}$$

$$b = 25.2 \text{ cm}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

dispositivo in figura scorre un liquido ideale -
 determini la sezione A_1 sapendo che $A_2 = 10 \text{ cm}^2$,
 portata Q nel condotto vale $30 \text{ cm}^3/\text{s}$ e che la
 differenza delle altezze del liquido nelle colonne
 manometriche è $h_2 - h_1 = 15 \text{ cm}$.

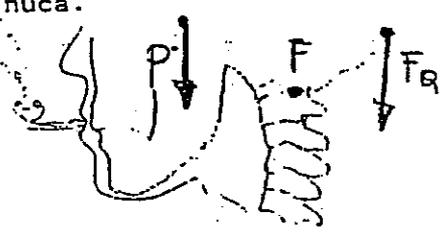


esaminare la tensione elastica τ della parete
 una grossa arteria di raggio $r = 1,3 \text{ cm}$,
 assumendo una pressione intravasale media di 100 mmHg
 una pressione esterna al vaso costante di 10 mmHg .

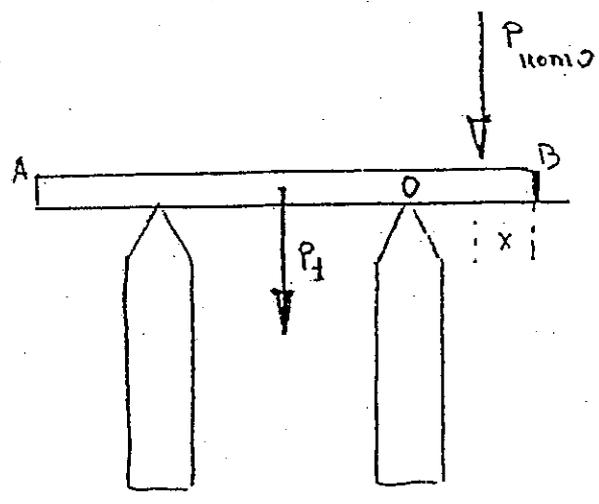
6. Un oggetto cade in un pozzo contenente acqua ($\rho_0 = 1 \text{ g/cm}^3$).
 Quanto vale la densità ρ dell'oggetto se la sua
 accelerazione è di $4,9 \text{ m/s}^2$?

7. In un soggetto normale a riposo il fattore cinetico contribuisce
 per l'1% al lavoro totale del ventricolo sinistro. Si determini
 il contributo percentuale del fattore cinetico rispetto
 al lavoro totale del ventricolo sinistro di un soggetto
 a riposo con una stenosi aortica, che riduce l'area
 della sezione dell'aorta ad $1/4$ di quella del soggetto
 normale. (Si assuma che i valori della gittata
 cardiaca, delle pressioni media aortica siano uguali
 nei due casi).

- Una bilancia difettosa ha un braccio lungo 40 cm e l'altro 40.6 cm. Un corpo sospeso a questo secondo braccio fa equilibrio a 6 kgp. Qual è il peso del corpo?
- In una leva di II genere, la forza di carico, di intensità pari a 200 N, sia applicata a 15 cm dal fulcro. Quale deve essere l'intensità della forza applicata perché vi sia equilibrio e a quale distanza dal fulcro essa deve essere applicata se il guadagno meccanico della macchina è pari a 10.
- Qual è il guadagno meccanico delle seguenti macchine:
 - carrucola fissa
 - carrucola mobile
 - piano inclinato
- È possibile assimilare il cranio umano ad una leva avente il fulcro nell'articolazione cervicale, forza di carico dovuta al peso della testa è la forza applicata è la forza esercitata dai muscoli della nuca. A che tipo di leva corrisponde.
 Assumendo che per un individuo medio il peso della testa sia pari a 60 N e il suo braccio rispetto al fulcro sia di 8 cm, mentre il braccio della forza applicata sia di 2cm, si ricavi quale forza devono sviluppare i muscoli della nuca.

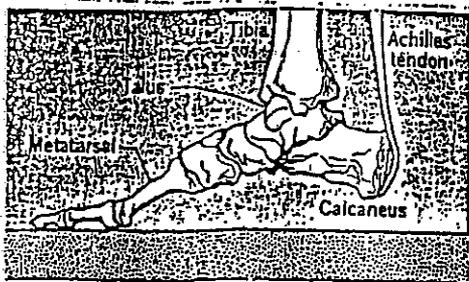


- Come mostrato in figura, una tavola del peso $p_1 = 40 \text{ kg}_p$, lunga 8 m è appoggiata a due supporti, posti ognuno ad una distanza di 2 m dagli estremi della tavola. Determinare a quale distanza minima da un estremo della tavola può arrivare un uomo di 70 kg_p senza far ribaltare la tavola.

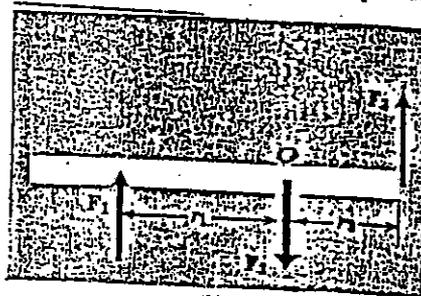


11/11/81 (Ponderazione delle forze) e differenza (centro di gravità)

Esempio n. 2: Forze applicate sul piede quando si sta in punta di piedi.



(a)



(b)

Supponiamo che un soggetto di 80 kg stia poggiato su un piede con il calcagno appena alzato dal pavimento. In figura (a) sono indicati le varie ossa e muscoli e in figura (b) sono schematizzate le forze più importanti e la loro distanza dal punto O corrispondente al punto di attacco della tibia. Per semplicità si assume che la forza F_3 agisce in direzione verticale sebbene essa in realtà formi un piccolo angolo con la verticale.

F_1 = forza normale esercitata dal pavimento sul metatarso (uguale al peso del soggetto)

F_2 = forza esercitata dalla tibia sulla superficie superiore del talo

F_3 = forza esercitata dal tendine di Achille sul calcagno (o tallone)

r_1 = distanza dal collo del piede (punto O) del punto di contatto tra il metatarso e il pavimento (tipicamente, 12 cm)

r_3 = distanza da O del punto di attacco del tendine di Achille (tipicamente, 6cm)

Applicando le condizioni di equilibrio per un corpo rigido, e calcolando i momenti delle forze in gioco rispetto al punto O, si ottiene:

$$F_2 = F_1 + F_3 = 784 \text{ N} + F_3$$

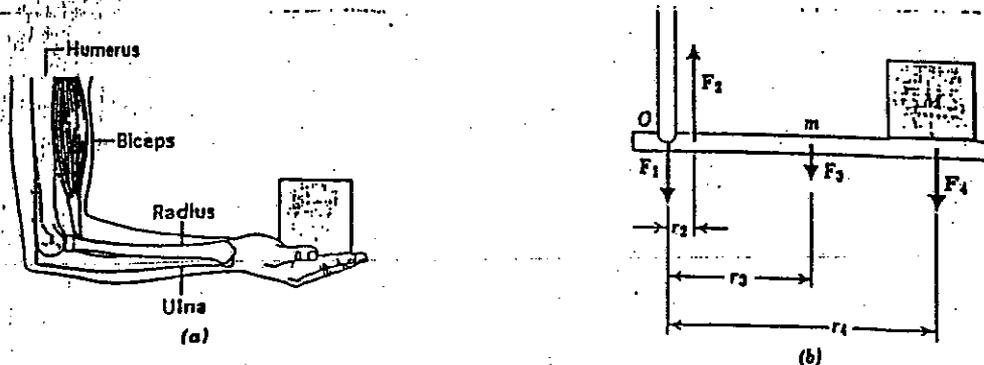
$$r_3 F_3 = r_1 F_1 \quad \text{da cui} \quad F_3 = r_1 F_1 / r_3 = (0.12 \text{ m}) \times (784 \text{ N}) / (0.06 \text{ m}) = 1567 \text{ N}$$

Sostituendo il valore di F_3 nella (1) si ottiene $F_2 = 784 \text{ N} + 1567 \text{ N} = 2351 \text{ N}$

Queste forze sono considerevolmente maggiori del peso del soggetto ($W = 784 \text{ N}$) essendo $F_2 = 3.0 W$ e $F_3 = 2.0 W$

FORZE SVILUPPATE DAI MUSCOLI ED ESERCITATE SULLE OSSA NEL CORPO UMANO

Esempio n. 1: Forze in gioco in un braccio quando si tiene nella mano un oggetto come indicato in figura.



In figura (b) sono indicate le varie forze che agiscono sul braccio e le loro distanze dal gomito (punto O)

- F_1 = forza esercitata dall'omero sul gomito
- F_2 = forza esercitata dal muscolo bicipite sul radio
- F_3 = forza peso del braccio più mano applicata al baricentro.
- F_4 = peso del corpo M
- r_2 = distanza dal gomito del punto di attacco del muscolo bicipite (tipicamente, 4cm)
- r_3 = distanza dal gomito del baricentro braccio-mano
- r_4 = distanza dal gomito del baricentro del blocco (assunto uguale al baricentro della mano)

Valori tipici per un uomo alto 1.83 m e del peso di 80 kg_p sono:

$$r_4 = 0.35 \text{ m}; r_3 = 0.19 \text{ m}; F_3 = 23 \text{ N}$$

Se si assume un blocco di 10 kg, $F_4 = Mg = 98 \text{ N}$

Per ricavare i valori di F_1 ed F_2 , applichiamo le condizioni di equilibrio per un corpo rigido:

- (1) $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4 = 0$ (risultante delle forze applicate uguale a zero)
- (2) $\vec{r}_1 \times \vec{F}_1 + \vec{r}_2 \times \vec{F}_2 + \vec{r}_3 \times \vec{F}_3 + \vec{r}_4 \times \vec{F}_4 = 0$ (momento risultante di tutte le forze applicate rispetto ad un asse qualsiasi uguale a zero)

Poichè le forze hanno tutte la stessa direzione verticale, la (1) in forza scalare diventa: (assunto positivo il verso verso l'alto)

$$F_2 - (F_1 + F_3 + F_4) = 0 \text{ da cui } F_2 = F_1 + 23 \text{ N} + 98 \text{ N} = F_1 + 121 \text{ N} \quad (3)$$

Scegliendo il punto O come punto rispetto al quale calcolare i momenti e verso positivo il verso uscente dalla pagina, dalla (2) si ottiene:

$$r_2 F_2 - r_3 F_3 - r_4 F_4 = 0 \text{ da cui } r_2 F_2 = r_3 F_3 + r_4 F_4$$

$$\text{ed } F_2 = (r_3 F_3 + r_4 F_4) / r_2 = ((0.19 \text{ m}) \times (23 \text{ N}) + (0.35 \text{ m}) \times (98 \text{ N})) / (0.04 \text{ m}) = 968 \text{ N}$$

$$\text{Quindi, } F_1 = F_2 - 121 \text{ N} = 847 \text{ N}$$

Come si può notare la forza che deve sviluppare il muscolo bicipite e la forza che agisce sull'ulna sono notevolmente maggiori del peso da sostenere e sono rispettivamente pari a 9.9 volte e 8.6 volte tale peso.

Il braccio è una leva di terzo genere sempre svantaggiosa e in questo caso il guadagno meccanico vale:

$$\text{G.M.} = \frac{F_4}{F_1} = \frac{98 \text{ N}}{968 \text{ N}} = 0.1$$

Tre barrette di rame hanno dimensioni:

prima barretta: sezione = 4 cm^2 , lunghezza = 10 cm

seconda barretta: sezione = 2 cm^2 , lunghezza = 5 cm

terza barretta: sezione = 1 cm^2 , lunghezza = 3 cm

Quale delle tre barrette trasmetterà meglio il calore per conduzione da una estremità all'altra?

R1: La prima meglio delle altre.

R2: Le prime due nello stesso modo ed entrambe meglio della terza.

R3: La terza meglio delle altre perchè è più corta.

R4: sono tutte e tre equivalenti perchè sono fatte dello stesso materiale.

$$Q = K \cdot \Delta t \cdot \frac{A}{L}$$

6 - Due corpi hanno capacità termica C_1 e $C_2 = 2C_1$, rispettivamente. Ad essi viene fornita la stessa quantità di calore Q . Siano Δt_1 e Δt_2 le variazioni di temperatura dei due corpi. Risulterà:

R1 - $\Delta t_1 = \Delta t_2$

R2 - $\Delta t_1 = 1/2 \Delta t_2$

R3 - $\Delta t_1 = 2 \Delta t_2$

R4 - Non è possibile rispondere in quanto non si conoscono le masse dei due corpi.

$$C_1 \quad C_2 = 2C_1$$

$$Q = C_1 \Delta t_1 = 2C_1 \Delta t_2$$

$$\Delta t_1 = 2 \Delta t_2$$

7 - Se mescoliamo tra di loro in un recipiente adiabatico due masse di acqua, rispettivamente m_1 alla temperatura t_1 ed m_2 alla temperatura t_2 , la temperatura di equilibrio t_f sarà:

R1 - $t_f = (m_1 t_1 + m_2 t_2) / 2$

R2 - $t_f = (m_1 t_1 - m_2 t_2) / 2$

R3 - $t_f = (m_1 t_1 + m_2 t_2) / 2(m_1 + m_2)$

R4 - $t_f = (m_1 t_1 - m_2 t_2) / 2(m_1 + m_2)$

R5 - $t_f = (m_1 t_1 + m_2 t_2) / (m_1 + m_2)$

$$m_1 (t_1 - t_f) = m_2 (t_f - t_2)$$

$$t_f =$$

1. Un termometro viene posto in contatto con un corpo avente la stessa capacit  termica del termometro ma temperatura diversa. Che valore di temperatura misurer  il termometro?

- R1: Una temperatura molto vicina a quella del corpo.
- R2: La somma della temperatura iniziale del corpo e di quella del termometro.
- R1: la differenza tra la temperatura iniziale del corpo e quella del termometro.
- ~~X~~ Il valore medio tra la temperatura del termometro e quella del corpo.

Capacit  termica $Q = cm\Delta t$
 Costante \rightarrow ipotesi

2. Il calore specifico di un corpo   definito come

- R1 - Il rapporto tra la quantit  di calore posseduta dal corpo e la sua massa.
- ~~X~~ - Il rapporto tra la quantit  di calore necessaria per aumentare di un grado la temperatura del corpo e la sua massa.
- R3 - Il rapporto tra la temperatura del corpo e la sua massa.
- R4 - Il rapporto tra il calore posseduto dal corpo ed il suo volume.

$$c = \frac{Q}{m\Delta t}$$

3. Nel trasporto di calore per conduzione la quantit  di calore trasmessa   proporzionale alla conducibilit  del materiale e:

- ~~X~~ al gradiente di temperatura.
- R2: al gradiente di concentrazione.
- R3: al gradiente di velocit 
- R4: alla lunghezza del materiale.

4. Se per innalzare di 10  C la temperatura di un corpo di 10 g sono necessarie 3 cal, il calore specifico, c , e la capacit  termica, C , del corpo sono:

- R1: $c = 0.3 \text{ cal/g} \times ^\circ\text{C}$; $C = 3 \text{ cal/}^\circ\text{C}$
- R2: $c = 30 \text{ cal/g} \times ^\circ\text{C}$; $C = 300 \text{ cal/}^\circ\text{C}$
- ~~X~~ $c = 0.03 \text{ cal/g} \times ^\circ\text{C}$; $C = 0.3 \text{ cal/}^\circ\text{C}$
- R4: $c = 3 \text{ cal/g} \times ^\circ\text{C}$; $C = 0.3 \text{ cal/}^\circ\text{C}$

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta t} = \frac{3}{10 \cdot 10} = 0,03$$

$$C = c \cdot m = 0,03 \cdot 10 = 0,3$$

Bisogna fare attenzione alle unit  di misura

5. Tre barrette di rame hanno dimensioni:

prima barretta: sezione = 4 cm^2 , lunghezza = 10 cm

seconda barretta: sezione = 2 cm^2 , lunghezza = 5 cm

terza barretta: sezione = 1 cm^2 , lunghezza = 3 cm

Quale delle tre barrette trasmetterà meglio il calore per conduzione da una estremità all'altra?

$$Q = k \Delta \frac{\Delta T}{\Delta x} = k \Delta T \frac{\Delta}{\Delta x} = \frac{\Delta}{\Delta x} \cdot k \Delta T$$

$\frac{\Delta}{\Delta x} = \frac{1}{10}$
 $\frac{\Delta}{\Delta x} = \frac{1}{5}$
 $\frac{\Delta}{\Delta x} = \frac{1}{3}$

R1: La prima, meglio delle altre.

~~R2~~: Le prime due nello stesso modo ed entrambe meglio della terza.

R3: La terza meglio delle altre perché è più corta.

R4: sono tutte e tre equivalenti perché sono fatte dello stesso materiale.

6 - Due corpi hanno capacità termica C_1 e $C_2 = 2C_1$, rispettivamente. Ad essi viene fornita la stessa quantità di calore Q . Siano Δt_1 e Δt_2 le variazioni di temperatura dei due corpi. Risulterà:

R1 - $\Delta t_1 = \Delta t_2$

R2 - $\Delta t_1 = 1/2 \Delta t_2$

R3 - $\Delta t_1 = 2 \Delta t_2$

R4 - Non è possibile rispondere in quanto non si conoscono le masse dei due corpi.

$\frac{Q}{m \Delta T}$

7 - Se mescoliamo tra di loro in un recipiente adiabatico due masse di acqua, rispettivamente m_1 alla temperatura T_1 ed m_2 alla temperatura t_2 , la temperatura all'equilibrio t_f sarà:

R1 - $t_f = (m_1 t_1 + m_2 t_2) / 2$

R2 - $t_f = (m_1 t_1 - m_2 t_2) / 2$

R3 - $t_f = (m_1 t_1 + m_2 t_2) / 2(m_1 + m_2)$

R4 - $t_f = (m_1 t_1 - m_2 t_2) / 2(m_1 + m_2)$

R5 - $t_f = (m_1 t_1 + m_2 t_2) / (m_1 + m_2)$

La portata in un condotto $Q = A \cdot v$:

- R1: aumenta se la sezione del condotto diminuisce
- R2: aumenta se la sezione del condotto aumenta
- R3: rimane costante se non vi sono perdite o diramazioni
- R4: rimane costante in ogni caso

Una delle seguenti affermazioni è falsa. Quale?

- R1: la portata volumetrica di un liquido in un condotto è uguale al prodotto della sezione del condotto in cui scorre il liquido per la velocità media del liquido stesso in corrispondenza della stessa sezione
- R2: la portata volumetrica di un liquido in un condotto in corrispondenza ad una certa sezione è pari al volume del liquido che attraversa nell'unità di tempo quella sezione di condotto
- R3: la portata volumetrica di un liquido in un condotto in corrispondenza ad una certa sezione è pari al volume di liquido che passa attraverso la sezione

In un tratto di arteria stenotico (cioè a sezione ridotta):

- R1: la velocità aumenta e la pressione diminuisce
- R2: la velocità aumenta e la pressione aumenta
- R3: la velocità diminuisce e la pressione aumenta

Quante delle seguenti espressioni rappresenta l'energia totale di un fluido in movimento espressa in Joule/m³?

R1: $v^2 / 2g + h + P / \rho g$

R2: $\rho v^2 / 2 + \rho gh + P$

R3: $v^2 / 2 + gh + P / 2$

Un condotto è costituito da un tubo di raggio r . Se la portata nel condotto è $Q = 1 \text{ m}^3/\text{s}$, calcolare le velocità medie del flusso nelle tre sezioni.

- (2) Nell'uomo a riposo, la portata cardiaca è di 5 litri/min. La velocità media di flusso del sangue, pari a circa 38 cm/s nell'aorta, si riduce ad un valore di 1 cm/s nei capillari. Sapendo che la sezione media di un singolo capillare è di 0.1 mm², calcolare il numero totale di capillari.

- (3) Un vaso sanguigno di raggio R si ramifica in numerosi vasi di raggio $r = R/6$. Se la velocità media del fluido nei vasi più piccoli è $1/3$ di quella del vaso più grande, quanti vasi di raggio r vi devono essere?

Un condotto è costituito da tre sezioni poste in cascata: $A_1 = 0,3 \text{ m}^2$, $A_2 = 0,4 \text{ m}^2$, $A_3 = 0,2 \text{ m}^2$. Se la portata nel condotto è $Q = 1 \text{ m}^3/\text{s}$, calcolare le velocità medie del flusso nelle tre sezioni.

F L U I D I

1) Una delle seguenti affermazioni è falsa: quale?

- R1 - i liquidi sono fluidi
- R2 - i gas non sono fluidi
- R3 - i gas ed i liquidi sono entrambi fluidi
- R4 - i fluidi a riposo non possono contenere (?)/essere assoggettati (?) a sollecitazioni di scorrimento
- R5 - sollecitazioni di scorrimento causano una continua e non elastica distorsione dei fluidi

2) Una delle seguenti affermazioni sui fluidi è falsa: quale?

- R1 - le molecole di un fluido sono più mobili di quelle di un solido.
- R2 - un gas si espanderà fino ad occupare completamente il volume del suo contenitore
- R3 - un fluido è considerato incompressibile ai fini pratici
- R4 - un fluido può essere un gas o un liquido
- R5 - un fluido può mostrare una sua superficie libera

3) Un liquido contenuto in un recipiente in quiete si può considerare in equilibrio anche perché:

- R1 - le pressioni esercitate sulle pareti laterali si equilibrano tra loro se le pareti sono verticali
- R2 - le pressioni esercitate sulle pareti laterali comunque inclinate sull'orizzonte si equilibrano tra loro
- R3 - se il recipiente è aperto superiormente la pressione atmosferica è equilibrata dalla pressione esercitata sul liquido dal fondo del recipiente
- R4 - la pressione idrostatica sul fondo del recipiente è equilibrata dalla pressione esercitata sul liquido dal fondo del recipiente
- R5 - la forza esercitata sul fondo del recipiente del termine P della pressione atmosferica nella legge di Stevino $p(h) = p_a + \rho \cdot g \cdot h$ è equilibrata dalla forza esercitata sul fondo esterno del recipiente dalla stessa pressione atmosferica

4) si può parlare di equilibrio tra le pressioni sulla superficie di un fluido come si parla di equilibrio di forze applicate su di un corpo solido rigido?

- R1 - no, perché la pressione è una grandezza scalare
- R2 - sì, purché le pressioni si considerino esercitate su facce parallele
- R3 - sì, purché le pressioni si considerino esercitate su superfici comunque orientate purché di uguale area

Nell'uomo a riposo, la portata cardiaca è di 5 litri/min. La velocità media di flusso del sangue, pari a circa 38 cm/s nell'arteria, si riduce ad un valore di 1 cm/s nei capillari. Sapendo che la sezione media di un singolo capillare è di $0,1 \text{ mm}^2$, calcolare il numero totale di capillari.

Un vaso sanguigno di raggio R si ramifica in numerosi vasi di raggio $r = R/6$. Se la velocità media del fluido nei vasi più piccoli è $1/3$ di quella del vaso più grande, quanti vasi di raggio r vi devono essere?

Dal grafico si può ricavare che la pressione trasmurale nell' aorta è pari circa a 100 torr, nelle arteriole la pressione massima è circa 90 torr, nei capillari circa 40 torr, nelle venule 10 torr e nella vena cava 5 torr. Da cui:

$$r_{aorta} = (\Delta p \cdot R)_{aorta} = 100 \cdot \frac{10^5}{760} \cdot 0,9 = 1,2 \cdot 10^5 \text{ dyne/cm}$$

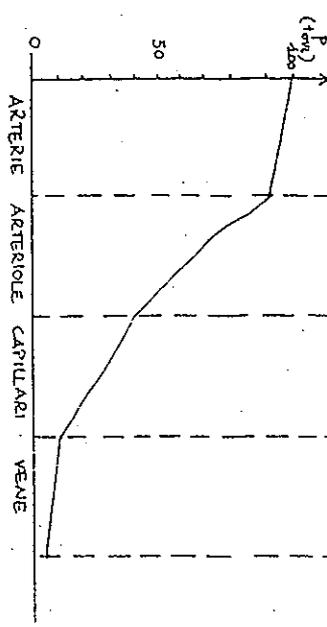
$$r_{vena\ cava} = (\Delta p \cdot R)_{vena\ cava} = 5 \cdot \frac{10^5}{760} \cdot 1,4 = 9,2 \cdot \frac{\text{dyne}}{\text{cm}}$$

$$r_{arteriole} = (\Delta p \cdot R)_{arteriole} = 90 \cdot \frac{10^5}{760} \cdot 1 \cdot 10^{-2} = 1,2 \cdot 10^3 \text{ dyne/cm}$$

$$r_{capillari} = (\Delta p \cdot R)_{capillari} = 40 \cdot \frac{10^5}{760} \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 1,0 \cdot 10^2 \text{ dyne/cm}$$

$$r_{venule} = (\Delta p \cdot R)_{venule} = 10 \cdot \frac{10^5}{760} \cdot 1 \cdot 10^{-2} = 1,3 \cdot 10^2 \text{ dyne/cm}$$

11) Utilizzando i risultati dell' esercizio precedente, dire se l' abbassamento di pressione dovuto alla presenza di una bolla d' aria è in grado di arrestare il flusso del sangue nei capillari, nelle venule e nelle arteriole, ricavando i valori della pressione nei vari distretti del sistema circolatorio dal grafico sotto riportato.



La differenza di pressione ai capi dell' embolo è data dalla differenza tra la pressione del sangue e la pressione dovuta alla tensione superficiale:

$$\Delta p' = \Delta p - \Delta p_r$$

Ricordando che :

$$\Delta p_r = \frac{4\sigma}{r} \quad \text{per le arteriole}$$

$$\Delta p_r = \frac{4\sigma}{r} \quad \text{per le venule}$$

$$\Delta p_r = \frac{4\sigma}{r} \quad \text{per i capillari}$$

e ricavando i valori di Δp dal grafico, si può vedere che la presenza di una bolla d' aria è in grado di arrestare il flusso del sangue nelle venule e nei capillari.

12) Assumendo per un vaso sanguigno la forma cilindrica, ricavando dal grafico sopra-risportato i valori delle pressioni trasmurali e dei

sotto riportati i valori dei raggi dei vasi corrispondenti, calcolare le tensioni massime tipiche cui sono sottoposte le pareti dei diversi vasi.

$$R_{aorta} = 0,9 \text{ cm} \quad R_{arteriole} = 0,1 \text{ mm}$$

$$R_{venule} = 1,4 \text{ cm} \quad R_{capillari} = 0,02 \text{ mm}$$

considerare in equilibrio per tutte - meno una - le ragioni sottocoscenate: quale ?

punti della superficie di un fluido. Sappiamo che ciò non è vero, spiega perché questa è una lettura affrettata.

- R1 le pressioni esercitate dalle pareti laterali interne si equilibrano tra loro solo se le pareti sono parallele
- R2 le pressioni esercitate sul fluido da pareti laterali interne comunque inclinate si equilibrano tra loro
- R3 se il recipiente è aperto superiormente, la pressione atmosferica applicata sulla superficie libera orizzontale del liquido è equilibrata dalla pressione esercitata subito il fondo esterno del recipiente
- R4 la pressione idrostatica del liquido sul fondo interno del recipiente è equilibrata dalla pressione esercitata sul liquido dal fondo interno del recipiente
- R5 la forza esercitata sul fondo del recipiente dal termine P_{atm} nella legge di Stevino: $p(h) = p_{atm} + \rho gh$ è equilibrata da parte della forza esercitata sul fondo esterno dal termine della stessa pressione atmosferica

La pressione arteriosa di un paziente è stata misurata in 4 giorni consecutivi e si sono ottenuti i risultati seguenti (in mm Hg):

150	180	180	170
-----	-----	-----	-----

Qual è la pressione arteriosa media calcolata sui quattro giorni di osservazione ?

- R1 166,7 mm Hg
- R2 (150-180) mm Hg
- R3 165 mm Hg
- R4 170 mm Hg

Descrivi un esperimento per verificare se un certo fluido è comprimibile, fornendo uno schema delle procedure che intendresti utilizzare.

apparecchi e strumenti :

procedimento :

misure :

conclusioni :

Spiegare come un un fluido possa rimanere in quiete se la pressione applicata su punti diversi della superficie è di fatto diversa.

Per misurare la densità dell'urina di un paziente vengono fatte le seguenti pesate, servendosi di una bilancia e di un picnometro per liquidi:

$$P_1 = 30,2 \text{ g} \quad (\text{picnometro vuoto})$$

$$P_2 = 130,2 \text{ g} \quad (\text{acqua distillata nel picnometro})$$

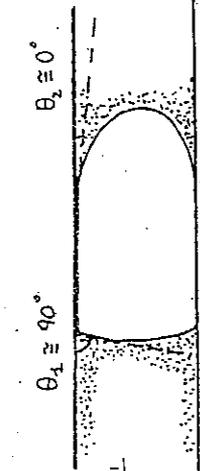
$$P_3 = 132,2 \text{ g} \quad (\text{urina nel picnometro})$$

Calcolare la densità relativa dell'urina dalle pesate.

Un bisturi - che ha la lama con il taglio inclinato di 30° rispetto al dorso - incide un tessuto spinto con la forza di $0,1 \text{ N}$ lungo il dorso e in direzione perpendicolare al taglio. Se l'area complessiva del taglio è di $0,1 \text{ cm}^2$, calcolare la pressione esercitata sul tessuto: 1) dalla sezione inclinata del taglio; 2) dal dorso del bisturi.

Una pentola a pressione alta internamente 20 cm ha sul coperchio una valvola a caduta costituita da un'apertura di 2 mm^2 chiusa con un cilindretto di 80 g di peso. A quale pressione, al momento di innescare della valvola, è sottoposta l'acqua che riempie metà della pentola ?

Assumendo la tensione superficiale del sangue circa uguale a quella dell'acqua ($\tau = 72,5 \text{ dyne/cm}$), stimare la differenza di pressione ai capi di un embolo dovuta alla tensione superficiale. Si assumano θ_1 e θ_2 (v. figura) uguali rispettivamente a 0° e a 90° . Si effettuino i calcoli per le arteriole e per le venule ($r = 0,1 \text{ mm}$) e per i capillari ($r = 0,02 \text{ mm}$)



$$F_{1s} = \frac{\tau \cos \theta_1 \cdot 2\pi r}{\pi r^2} = \frac{2 \tau \cos \theta_1}{r}$$

ove p_1 è la pressione aggiuntiva dovuta alla tensione superficiale. r è il raggio del condotto.

alogenamente:

$$F_{1s} = \frac{\tau \cos \theta_1 \cdot 2\pi r}{\pi r^2} = \frac{2 \tau \cos \theta_1}{r}$$

invece la differenza di pressione ai capi dell'embolo dovuta alla tensione superficiale è:

$$\Delta p_s = p_1 - p_2 = \frac{2\tau}{r} (\cos \theta_1 - \cos \theta_2)$$

al caso dei capillari $r = 0,02 \text{ mm}$ e quindi

$$\Delta p_s = \frac{2 \cdot 72,5}{2 \cdot 10^{-3}} \cdot (1 - 0) = 72,5 \cdot 10^3 \frac{\text{barie}}{10^6} = 72,5 \cdot 10^3 \cdot \frac{160}{10^6} = 55 \text{ ton}$$

per le arteriole o le venule $r = 0,1 \text{ mm}$ e quindi:

$$\Delta p_s = \frac{2 \cdot 72,5}{1 \cdot 10^{-2}} \cdot (1 - 0) = 14,5 \cdot 10^3 \frac{\text{barie}}{10^6} = 14,5 \cdot 10^3 \cdot \frac{160}{10^6} = 11 \text{ ton}$$

dato che $Q = Sv = V/t$

Quindi $v = Q/S$

$$f.c.v. = \frac{1}{2} \rho \Delta v^2 = 0,5 \cdot 1000 \cdot 200^2 \cdot 10^{-6} \cdot (500 \cdot 10^{-2})^2 = 2,5 \text{ J}$$

$$f.p.v. = p \Delta v = 160 \cdot 133,3 \cdot 200 \cdot 10^{-6} = 4,3 \text{ J}$$

$$r = \frac{f.c.v.}{f.p.v.} = \frac{2,5}{4,3} = 0,6$$

Come si vede in questo caso il fattore cinetico costituisce il 37% del lavoro cardiaco, questo significa che la pressione aortica è notevolmente inferiore alla pressione ventricolare. Si provi a vedere l'importanza del fattore cinetico nel caso di un individuo con stenosi aortica ($S_a = 1 \text{ cm}^2$), a parità degli altri fattori.

Dimostrare numericamente che il lavoro fatto dal ventricolo destro in condizioni normali è piccolo rispetto a quello fatto dal ventricolo sinistro, sapendo che la pressione nell'arteria polmonare è di 25 torr, che la sezione di tale arteria è di $4,2 \text{ cm}^2$, che la gettata pulsatoria risulta essere in tali condizioni 60 cm^3 ed il tempo di sistole di $0,3 \text{ s}$ (si ricorda che il lavoro fatto dal ventricolo sinistro è già stato calcolato in un precedente esercizio e che comunque la sezione dell'aorta è di $2,5 \text{ cm}^2$ e la pressione di 100 torr).

La velocità nell'arteria polmonare è data al solito da:

$$v_{ap} = \frac{\Delta v}{S \cdot t} = \frac{60 \cdot 10^{-6}}{4,2 \cdot 0,3} = 4,8 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$$

$$L_{vd} = p_{ap} \Delta v + \frac{1}{2} \rho \Delta v^2 = 25 \cdot 133,3 \cdot 60 \cdot 10^{-6} + 0,5 \cdot 1000 \cdot 60 \cdot 10^{-6} \cdot (4,8 \cdot 10^{-5})^2 = 0,2 \text{ J}$$

mentre

$$L_{vs} = p_a \Delta v = 0,8 \text{ J}$$

(il fattore cinetico è trascurabile)

La frequenza di pulsazione, cioè

$$f = 0,8 \times 1 = 0,8 \text{ W}$$

La potenza di picco è, tuttavia potenza di picco è tuttavia più elevata, quanto il cuore compie tutto il lavoro durante la fase II di contrazione isotonica, la cui durata è circa un terzo del periodo:

$$\frac{L}{T} = \frac{L}{T/3} = 0,8 / 0,33 = 2,4 \text{ W}$$

Calcolare numericamente il lavoro totale (in Joule) compiuto dal cuore in una giornata (24h), sapendo che:

$$P = 0,8 \text{ W è la potenza media utile}$$

$$= 10\%$$

La potenza utile risulta essere solo il 10% della potenza totale che sarà dunque:

$$P = \frac{100}{10} = 8 \text{ W}$$

Lavoro totale, espresso in Joule sarà allora dato dal prodotto della potenza totale in W per il tempo espresso in secondi:

$$L = P \cdot t = 8 \times 24 \times 3600 = 691 \times 10^3 \text{ J}$$

Stimare il rapporto tra fattore cinetico e di pressione nel lavoro cardiaco in un individuo nel caso in cui:

1) l'individuo sia a riposo e quindi abbia una gettata pulsatoria di $\Delta V = 60 \text{ cm}^3$ e una pressione aortica di $p_a = 100 \text{ torr}$, la velocità del sangue nell'aorta di $v = 50 \text{ cm/s}$.

2) l'individuo sia sottoposto ad uno sforzo fisico prolungato per cui la gettata pulsatoria risulti $\Delta V' = 200 \text{ cm}^3$, la pressione nell'aorta di $p_a' = 160 \text{ torr}$, la durata della sistole si riduca a $d_s = 0,1 \text{ s}$.

Si assuma la densità del sangue pari a quella dell'acqua e la sezione dell'aorta pari a $S = 4 \text{ cm}^2$.

Il fattore di pressione = f.p. = $p_a \Delta V = 100 \times 133,3 \times 60 \times 10^{-6} = 0,8 \text{ J}$

Fattore cinetico = f.c. = $\frac{1}{2} \rho \Delta v v^2 = 0,5 \times 1000 \times 60 \times 10^{-6} \times (50 \times 10^{-2})^2 = 7,5 \times 10^{-3} \text{ J}$

$$\frac{f.c.}{f.p.} = \frac{0,75 \times 10^{-3}}{0,8} = 9,4 \times 10^{-3}$$

$$Q_M = \dot{P} // R_M = 81/9,8 = 8,3 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$Q_{IT} = \dot{P} // R_{IT} = 81/9,2 = 8,8 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$Q_{IC} = \dot{P} // R_{IC} = 81/27,9 = 2,9 \text{ cm}^3/\text{s}$$

5) Stimare l'effetto della pressione idrostatica in un individuo la cui pressione nel sistema circolatorio è di 100 torr in ogni parte del corpo quando è posto in posizione orizzontale, rispettivamente all'altezza:

a) della testa, posta a 170 cm dal suolo

b) del cuore, posto a 120 cm dal suolo

c) del bacino, posto a 80 cm dal suolo

d) dei piedi, posti all'altezza del suolo

Si assuma che il sangue abbia la stessa densità dell'acqua ($\rho = 1 \text{ g/cm}^3$) e che l'accelerazione di gravità sia pari a $9,8 \text{ m/s}^2$. Esprimi il risultato in torr (1 torr = 133,3 Pa).

*

Quando l'individuo è steso la pressione nel sistema circolatorio è la stessa in ogni punto e pari a quella al cuore. Quando l'individuo si trova in posizione eretta, le pressioni nei punti indicati saranno differenti a causa della differenza di quota.

Le quattro pressioni sono legate dalla relazione:

$$P = P_b + \rho g h_b = P_c + \rho g h_c = P_t + \rho g h_t$$

$$\text{e dato che } P_c = 100 \text{ torr} \quad 1000 \times 9,8 \times (120 - 170) \times 10^{-2} = 60 \text{ torr}$$

$$P_t = P_c + \rho g (h_c - h_t) = 100 + \frac{1000 \times 9,8 \times (120 - 80) \times 10^{-2}}{133,3} = 130 \text{ torr}$$

$$P_b = P_c + \rho g (h_c - h_b) = 100 + \frac{1000 \times 9,8 \times (120 - 0) \times 10^{-2}}{133,3} = 190 \text{ torr}$$

Calcolare numericamente il lavoro utile esterno in Joule compiuto dal cuore in un ciclo cardiaco, la potenza cardiaca media e ~~la frequenza~~ la gettata pulsatoria, sapendo che la pressione ventricolare è $p_v = 100 \text{ torr}$, la gettata pulsatoria è $\Delta V = 60 \text{ cm}^3$, la frequenza del battito cardiaco è $f = 1 \text{ s}^{-1}$ la durata delle sistole è circa uguale a $d_s = T/3$ dove T è il periodo di pulsazione del cuore.

*

$$L = p_v \Delta V = 100 \times 133,3 \times 60 \times 10^{-6} = 0,8 \text{ J}$$

----- media è data dal rapporto tra il lavoro utile compiuto in un ci-

In una siringa contiene 5 cm^3 di un medicinale oleoso. È una iniezione intramuscolare praticata con tale siringa duza 10 S , quale pressione costante è stata applicata allo stantuffo della siringa? $a =$ sezione dell'ago = $0,8 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^2$, $l =$ lunghezza dell'ago = 4 cm , $\eta =$ viscosità del medicinale = 1 poise , $P_m =$ pressione presente nel tessuto muscolare = 10 mm Hg . Assuma che la resistenza idraulica offerta dalla siringa sia trascurabile rispetto a quella offerta all'ago.

In un vaso sanguigno di raggio R si ramifica in n vasi di raggio $r = R/6$. Se la velocità del fluido nei vasi più piccoli è $1/3$ di quella del vaso più grande, quanti vasi di raggio r vi sono?

CORSO INTEGRATO DI FISICA A.A. 1990/91

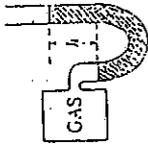
23.05.91 III PROVA IN ITINERE

COGNOME e NOME: Anno di corso:

N° di matricola: DOCUMENTO:

0

1. Un manometro ad U (ad aria libera), contenente mercurio, misura la pressione di un gas racchiuso in un contenitore. Quanto vale la pressione assoluta del gas se $h = 380 \text{ mm}$ (Esprimere il risultato in atmosfera).



Quale delle seguenti operazioni consentirebbe di aumentare il dislivello h tra i livelli nei due rami?

R1: Diminuire la sezione del tubo

R2: Aumentare la sezione del tubo

R3: Sostituire il mercurio con acqua

R4: Allungare il ramo destro del tubo

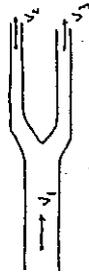
R5: Diminuire il volume di mercurio contenuto nel tubo

abbia un condotto di sezione $S_1 = 1,0 \text{ m}^2$ in cui scorre un liquido che ha una diramazione come in figura in cui $S_2 = 0,4 \text{ m}^2$ e $0,6 \text{ m}^2$. Calcolare la velocità V_2 e V_3 sapendo che $V_1 = 3 \text{ m/s}$.

*** ** *

che $Q = \text{cost.}$ si ha che

$$\frac{S_1 V_1}{S_2 + S_3} = \frac{1 \times 3}{0,6 + 0,4} = 3 \text{ m/s}$$



In un tubo di Venturi orizzontale, un manometro segna tra i punti A e B differenza di pressione di 80 torr. Si calcoli la portata del condotto sapendo che le sezioni S_1 e S_2 sono rispettivamente 12 cm^2 e 6 cm^2 e che il liquido è acqua ($\rho = 1 \text{ g/cm}^3$).

*** ** *

applicando il teorema di Bernoulli e osservando che i due punti A e B sono alla stessa altezza potenziale:

$$\frac{1}{2} \rho v_A^2 + P_A = \frac{1}{2} \rho v_B^2 + P_B$$

L'equazione di continuità si ricava poi una relazione tra v_A e v_B :

$$v_A S_A = v_B S_B \quad \text{da cui} \quad v_B = \frac{v_A S_A}{S_B}$$

sostituita nell'equazione precedente fornisce:

$$v_A^2 + P_A = \frac{1}{2} \rho \left(\frac{v_A S_A}{S_B} \right)^2 + P_B$$

da cui

$$v_A^2 \left(1 + \frac{S_A^2}{S_B^2} \right) = P_A - P_B$$

infine

$$v_A = \sqrt{\frac{P_A - P_B}{\rho \left(1 + \frac{S_A^2}{S_B^2} \right)}} = \sqrt{\frac{80 \cdot 133,3}{1000 \cdot \left(1 + \frac{12^2}{6^2} \right)}} = 21,3 \text{ m/s}$$

$$Q_B = v_A S_A = 21,6 \text{ m}^3/\text{s}$$

In un tratto di condotto in cui scorre acqua ha una lunghezza di 1,5 m e la sezione S costante è inclinata rispetto all'orizzontale di 30° . Sapendo che la velocità $V_1 = 0,3 \text{ m/s}$ e la pressione $P_1 = 1 \text{ atm}$ calcolare

Sapendo che il tubo è a sezione costante e deve valere l'equazione di continuità, la velocità V_2 sarà la stessa di V_1 .

La pressione nel punto 2 si può ricavare applicando il teorema di Bernoulli:

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2$$

La differenza di altezza $h_1 - h_2$ si ottiene moltiplicando la lunghezza del tubo per il seno di 30° , le velocità V_1 e V_2 sono uguali e quindi:

$$P_2 = P_1 + \rho g \sin 30^\circ L = 1 \cdot 1013 \cdot 10^5 + 1000 \cdot 9,8 \cdot 0,5 \cdot 1,5 = 1,086 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

4) La caduta di pressione lungo un tubo orizzontale è 100 Pa. Il raggio del tubo è 1 cm, il flusso è laminare. Qual è la forza risultante sul fluido in questo tratto di tubo? Se $\bar{v} = 1,5 \times 10^{-2} \text{ m/s}$, qual è la potenza necessaria per mantenere il flusso?

*** ** *

La forza è data dalla caduta di pressione moltiplicata per l'area della sezione del tubo:

$$F = \Delta P \cdot \pi \cdot r^2 = 100 \cdot 3,14 \cdot (1 \cdot 10^{-2})^2 = 3,14 \cdot 10^{-2} \text{ N}$$

la potenza sarà dunque:

$$P = F \bar{v} = 3,14 \cdot 10^{-2} \cdot 1,5 \cdot 10^{-2} = 4,71 \cdot 10^{-4} \text{ W}$$

5) Un condotto con un raggio interno di 2 mm è attraversato da un fluido con viscosità $2,084 \times 10^{-3} \text{ Pa s}$ ad una velocità media di $0,03 \text{ m/s}$. Calcolare la portata e la caduta di pressione lungo un tratto orizzontale di 5 cm di lunghezza.

*** ** *

$Q = \bar{v} \cdot \pi \cdot r^2 = 0,03 \cdot 10^{-2} \cdot 3,14 \cdot 2 \cdot 10^{-4} = 0,38 \text{ cm}^3/\text{s}$
la caduta di pressione sarà semplicemente data dalla legge di Poiseuille

$$\Delta P = \frac{Q \cdot 8 \eta L}{\pi r^4} = \frac{0,38 \cdot 8 \cdot (2,084 \cdot 10^{-3}) \cdot 10 \cdot 5}{3,14 \cdot (0,2)^4} = 63 \text{ hPa}$$



ESERCITAZIONE SULLA FISICA DEL SISTEMA CIRCOLATORIO DEI MAMMIFERI

1) Calcolare la velocità media del sangue nei vari distretti del sistema circolatorio sapendo che la portata è $Q=5$ litri/minuto il raggio dell'aorta è $r_a=0,9$ cm, il raggio della vena cava è $r_v=1,4$ cm, la sezione del letto capillare è $S_c=570$ cm², la sezione del letto arteriolare è $S_a=80$ cm², la sezione del letto venulare è $S_v=170$ cm².

*

$$Q = \frac{5 \times 10^{-3}}{60} = 83,3 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$S_{aorta} = \pi r_a^2 = 2,5 \text{ cm}^2$$

$$\bar{v}_{aorta} = Q/S_a = 33,3 \text{ cm/s}$$

$$\bar{v}_{arteriole} = Q/S_a = 1 \text{ cm/s}$$

$$\bar{v}_{venule} = Q/S_v = 0,49 \text{ cm/s}$$

$$S_{vena\ cava} = \pi r_v^2 = 6,2 \text{ cm}^2$$

$$\bar{v}_{vena\ cava} = Q/S_v = 13,4 \text{ cm/s}$$

2) Stimare la velocità critica per l'aorta assumendo il numero di Reynolds $M_R = 2000$, la densità del sangue pari a quella della acqua $\rho = 1 \text{ g/cm}^3$, la viscosità pari a $\eta = 0,04$ poise, il raggio dell'aorta pari a $r_a = 0,9$ cm.

*

$$\bar{v}_c = \frac{M_R \cdot \eta}{2 \rho r_a} = \frac{2000 \times 0,04}{2 \times 1 \times 0,9} = 40 \text{ cm/s}$$

3) Assumendo che la gittata pulsatoria sia $\Delta v = 40$ cm³, che la frequenza del battito cardiaco sia $\nu = 1 \text{ s}^{-1}$, che la pressione aortica media sia $p_a = 100$ torr e che la pressione del sangue nella vena cava sia nulla, stimare la resistenza equivalente al flusso del sangue nei condotti che costituiscono il sistema circolatorio.

4) Stimare la resistenza equivalente al flusso del sangue nella vena cava.

dente resistenza equivalente del sistema circolatorio e commentare la differenza tra i due risultati ottenuti.

$$R = \frac{\Delta p}{Q} = \frac{\Delta p}{\Delta v \nu} = \frac{100 \times 10^6 \times \frac{1}{50 \times 1}}{2,6 \times 10^3 \text{ poise} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}^{-3}} = 7,7 \times 10^3 \text{ poise} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}^{-3}$$

$$R' = \frac{\Delta p'}{Q'} = \frac{140 \times 10^6 \times \frac{1}{150}}{1,2 \times 10^3 \text{ poise} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}^{-3}} = 7,8 \times 10^3 \text{ poise} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}^{-3}$$

la resistenza è diminuita la sezione complessiva di qualche distretto di vasi è aumentata per permettere una migliore irrorazione dei tessuti senza un eccessivo aumento della potenza cardiaca.

6) 4) La portata nella parte di fegato L_1 è (v. figura) $Q = 25 \text{ cm}^3/\text{s}$, conoscendo le resistenze della parte L_1 del fegato $R_{L1} = 0,3 \text{ torr} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}^{-3}$, della parte L_2 di fegato $R_{L2} = 16,3 \text{ torr} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}^{-3}$, della milza $R_M = 9,8 \text{ torr} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}^{-3}$, dello intestino tenue $R_{IT} = 9,2 \text{ torr} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}^{-3}$, dell'intestino crasso $R_{IC} = 27,9 \text{ torr} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}^{-3}$.

a) determinare la caduta di pressione totale tra l'arteria A e la vena V
b) determinare le portate nella milza, nell'intestino tenue e nell'intestino crasso.

LA FIGURA È LA 43.11 DEL I VOLUME DEL KANE-STERNHEIM.

a) la portata in R_{L1} è la stessa di quella del parallelo di R_{L2} , R_M , R_{IT} , R_{IC} quindi la caduta di pressione sarà data dal prodotto di detta portata con la resistenza equivalente corrispondente al circuito in questione:

$$R_{eq} = R_{L1} + \frac{1}{\frac{1}{R_{L2}} + \frac{1}{R_M} + \frac{1}{R_{IT}} + \frac{1}{R_{IC}}} = 0,3 + \frac{1}{\frac{1}{16,3} + \frac{1}{9,8} + \frac{1}{9,2} + \frac{1}{27,9}} = 3,54 \text{ torr} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}^{-3}$$

da cui

$$\Delta p = Q R_{eq} = 25 \times 3,54 = 88,5 \text{ torr}$$

b) per ricavare le portate richieste è necessario conoscere preventivamente la caduta di pressione ai capi del parallelo di resistenze, questa è data dalla differenza tra la caduta di pressione tra A e V e la caduta di pressione ai capi di R_{L1} . Per cui:

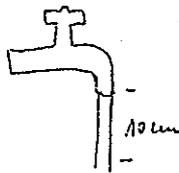
$$\Delta p_{//} = \Delta p - Q R_{L1} = 88,5 - 25 \times 0,3 = 81 \text{ torr}$$

da cui

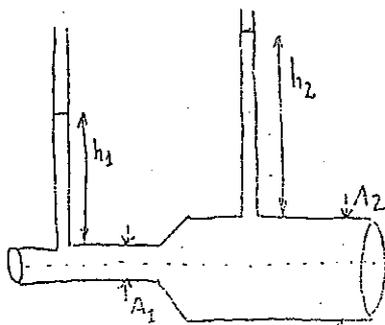
- 14) In un tubo di Venturi orizzontale, un manometro segna tra i punti P_1 e P_2 una differenza di pressione di 80 torr. Si calcoli la portata del condotto sapendo che le sezioni A_1 ed A_2 sono rispettivamente di 12 cm^2 e 6 cm^2 e che il liquido è acqua ($\rho = 1000 \text{ Kg/m}^3$).
Si ricorda che $1 \text{ torr} = 133,3 \text{ Pa}$.



- 15) Un getto di acqua esce da un rubinetto di diametro $D = 2 \text{ cm}$ con una velocità $v = 10 \text{ cm/s}$. Calcolare la velocità dell'acqua e la sezione del getto ad una distanza $d = 10 \text{ cm}$ dalla estremità del rubinetto.



- 16) Nel dispositivo in figura scorre un liquido ideale. Si determini la sezione A_1 sapendo che $A_2 = 10 \text{ cm}^2$, la portata Q nel condotto vale $30 \text{ cm}^3/\text{s}$ e che la differenza delle altezze del liquido nelle canne manometriche è $h_2 - h_1 = 15 \text{ cm}$.



6. Quale delle seguenti grandezze non influenza la viscosità del sangue nel sistema circolatorio?

- R1. Ematocrito
 - R2. Percentuale di globuli rossi
 - R3. Temperatura corporea
 - R4. Diametro dei vasi sanguigni
 - R5. Pressione del sangue
 - R6. gradiente di velocità di scorrimento
-

7. Un corpo totalmente immerso in un liquido riceve una spinta dal basso verso l'alto il cui valore dipende:

- R1. Dalla profondità a cui si trova il corpo
 - R2. Dalla densità del corpo
 - R3. Dalla densità del liquido
 - R4. Dalla densità del corpo e del liquido
-

FLUIDI

- 1) L'alcool ha un peso specifico relativo di 0,79. Calcolare la sua densità sia in g cm^{-3} che in kg m^{-3} .
- 2) Un recipiente cilindrico di 10 cm di diametro interno pesa 0,2 kg quando è vuoto. Se è riempito fino ad un livello di 16 cm con un certo tipo di olio pesa 1,450 kg. Calcolare il peso specifico dell'olio.
- 3) Un recipiente per plasma ($\rho = 1.025$) è un cilindro verticale avente un diametro interno di 7 cm. Se è riempito di plasma fino ad un livello di 15 cm, calcolare quanti litri di plasma sono nel recipiente e quanto pesano.
- 4) Quanti cm^3 di mercurio ($\rho = 13.60$) avrebbero lo stesso peso di 100 cm^3 di acqua?
- 5) Un campione di sangue normale ha un peso specifico relativo $\rho = 1.050$. Calcolare il volume in cm^3 che peserebbe 500 gr.
- 6) Un campione di acqua di mare ha una densità di 1.025 g cm^{-3} . Calcolare il suo peso specifico in kg per litro.
- 7) La densità dell'etanolo è di 0.79 g cm^{-3} . Calcolare la sua densità in kg litro^{-1} , il suo peso specifico assoluto in kgf litro^{-1} ed il suo peso specifico relativo in g cm^{-3} .
- 8) Il cuore pompa nell'aorta con una posizione media di 100 mmHg. Se la sezione dell'aorta è di 3 cm^2 , quanto vale la forza media che il cuore esercita sul sangue che si immette nell'aorta.
- 9) Sapendo che la superficie media di un corpo umano è $S = 1,8 \text{ m}^2$ calcolare la forza complessiva che agisce sul corpo di un sommozzatore che si trova in posizione orizzontale alla profondità $h = 30 \text{ m}$ nell'acqua del mare.
- 10) Un corpo è sospeso ad un dinamometro. Quest'ultimo indica 246 g. Se il corpo è immerso in aria a 160 gr; se il corpo è immerso in acqua, determinare la densità del corpo.
- 11) E' noto che il cervello dell'uomo è immerso in un liquido protettivo. In tal modo il cervello grava con un peso $F_p = 50 \text{ g}$ sulla base cranica. Determinare la densità di detto liquido se il volume medio della massa cerebrale è $V = 1,2$ litri e la sua massa $m = 1400 \text{ gr}$.

PROVA IN ITINERARE DI FISICA APPLICATA (ESEMPIO DISTRIBUITO A LEZIONE)

Qual e' l'unita' di misura della grandezza $Y = m \cdot v \cdot t^2$ nel sistema MKS? (m = massa; v = velocita'; t = tempo)

- R1: kg m s^{-2} R2: kg m R3: kg m^{-1} ~~R4: kg m s^{-3}~~ R5: $\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-2}$

L'energia cinetica di un corpo si puo' misurare in:

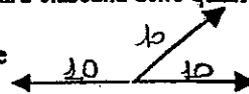
- R1. watt ~~R2. joule~~ R3. newton R4. $[\text{m/s}]^2$

La Terra esercita una forza mg su un corpo di massa m , La massa della terra e M . Il corpo esercita sulla Terra una forza:

- R1: $-mg$ R2: mg R3: Mg ~~R4: $-Mg$~~ R5: uguale a 0

Quanto vale il modulo della risultante delle tre forze rappresentate in figura ciascuna delle quali ha modulo pari a 10 N?

- R1: 0 N ~~R2: 10 N~~ R3: 20 N R4: non si puo' determinare



Un ciclista ha percorso 20 km in 15 minuti e successivamente 10 km in 15 minuti. La sua velocita' media sull'intero percorso e' stata

- R1: 10 km/h R2: 30 km/h R3: 45 km/h ~~R4: 60 km/h~~

Se la somma di tutte le forze che agiscono su di un corpo esteso e' uguale a zero, il corpo:

- R1. E' in equilibrio R3. Ha energia nulla
R2. E' in quiete R4. Ha nel baricentro accelerazione nulla

Un corpo si muove di moto rettilineo con accelerazione costante pari a 20 ms^{-2} e all'istante iniziale ($t = 0$) dista 10 m dall'origine di riferimento e ha velocita' nulla. L'equazione oraria del moto e':

- R1. $s = 10 + 20 t^2$ R2. $s = 20 + 10 t$ R3. $s = 20 \cdot t$ ~~R4. $s = 10 + 10 t^2$~~

Una forza costante di 200 N e' applicata ad un oggetto che si muove in linea retta dalla A alla posizione B distante 3 m da A. Il lavoro della forza:

- ~~R1. Vale 600 N~~
R2. Puo' avere un qualsiasi valore compreso tra -600 N e +600 N
R3. Dipende dal tempo che impiega l'oggetto per andare da A a B.
R4. e' nullo

Due corpi di massa 1 kg e 2 kg rispettivamente vengono lanciati verticalmente verso l'alto con le stesse velocita' iniziali. Se si trascura l'attrito dell'aria l'altezza raggiunta e':

- R1. Maggiore per il corpo di 1 kg R4. Tutte le precedenti risposte sono errate perche' occorre conoscere la forza iniziale
~~R2. Uguale per entrambi i corpi~~
R3. Maggiore per il corpo di 2 kg

10 L'accelerazione di un pallone da football subito dopo il lancio, se si trascurano le forze di attrito, e' diretta:

- ~~R1. Verso l'alto~~ R3. Verso il basso
R2. Nella direzione del moto del pallone R4. Non c'e' accelerazione

11 Riguardo la reazione R di un corpo ad una azione A esercitata su di esso si puo' affermare che:

- R1: R e A hanno lo stesso punto di applicazione. ~~R2: R e A hanno la stessa direzione.~~
R2: R e A sono uguali. R4: R e A hanno lo stesso verso.

12 Componendo due moti rettilinei uniformi che hanno velocita' e direzione diversa si ottiene:

- ~~R1. Un moto rettilineo uniforme~~
R2. Un moto rettilineo uniformemente accelerato
R3. Un moto circolare uniforme
R4. Un moto armonico

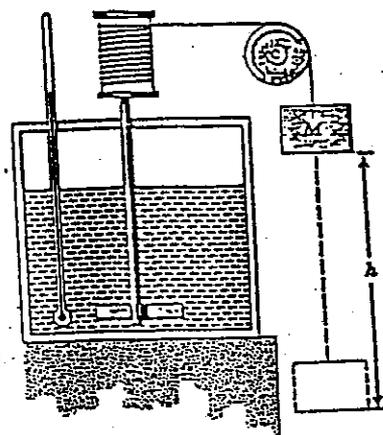
In uno degli esperimenti fatti da Joule, un blocco di massa M veniva fatto cadere facendo ruotare un mulinello immerso in acqua. In questo modo l'energia potenziale gravitazionale di M era trasferita per attrito come calore all'acqua. Se la quantità di acqua nel contenitore è di 1 kg e se un blocco di 5 kg veniva fatto cadere per una distanza di 6 m, calcolare l'aumento di temperatura dell'acqua. Si assuma che la quantità di calore prodotta per attrito venga assorbita soltanto dall'acqua.

6

$$L = m_b g h = (5 \times 9,8 \times 6) \text{ J} = 294 \text{ J} \quad (2)$$

$$Q = \frac{L}{J} = m_a c_a \Delta T = 70,33 \text{ cal} \quad (2)$$

$$\Delta T = \frac{Q}{m_a c_a} = \frac{70,33}{1000 \cdot 1} \text{ }^\circ\text{C} = 0,07 \text{ }^\circ\text{C} \quad (1)$$



2. Quanto calore è richiesto per convertire 1 kg di ghiaccio a -10°C in vapore a 100°C ?
Si assuma che l'acqua evapori soltanto alla temperatura di 100°C .

5

(calore specifico del ghiaccio $c_g = 0,5 \text{ cal/g }^\circ\text{C}$; calore latente di fusione del ghiaccio $\lambda_g = 80 \text{ cal/g}$; calore specifico dell'acqua $c_a = 1,0 \text{ cal/g }^\circ\text{C}$; calore latente di evaporazione dell'acqua a 100°C ; $\lambda_a = 540 \text{ cal/g}$)

Calore necessario per portare 1 kg di ghiaccio dalle temperature di -10°C a 0°C

$$Q_1 = m_g c_g (T_f - T_i) = 1000 \times 0,5 \times 10 \text{ cal} = 5000 \text{ cal} = 5 \text{ kcal} \quad (1)$$

Calore necessario per fondere il ghiaccio a 0°C .

$$Q_2 = m_g \lambda_g = 1000 \times 80 \text{ cal} = 80 \text{ kcal} \quad (1)$$

Calore necessario per portare la temperatura dell'acqua ($m_a = m_g$) da 0°C a 100°C

$$Q_3 = m_a c_a (T_f - T_i) = 1000 \times 1 \cdot 100 \text{ cal} = 100 \text{ kcal} \quad (1)$$

Calore necessario per far evaporare l'acqua a 100°C

$$Q_4 = m_a \lambda_a = 1000 \times 540 \text{ cal} = 540 \text{ kcal} \quad (1)$$