

26.10.2022

portare calcolatrice all'esame

### Le grandezze fisiche

Per poter comunicare con la 'stessa' lingua è stato necessario creare delle unità di misura per ogni grandezza fisica. Alla fine dell'1800 si è deciso di unificare i sistemi di misura nel Sistema Internazionale (che fu introdotto solo nel 1960). In Italia l'Inrim è l'istituto che si occupa di comunicare le unità di misura fondamentali.

Le unità di misura fondamentali sono 7: metro per la lunghezza, chilogrammo per la massa, secondi per il tempo, ampere per l'intensità di corrente, Kelvin per la temperatura, mole per la quantità di sostanza e la candela per l'intensità luminosa.

Tutte le unità di misure hanno dei multipli e dei sottomultipli.

Gli strumenti di misura che si hanno per misurare le grandezze fisiche possono essere analogici o digitali. Periodicamente tutti gli strumenti vanno tarati.

Quando facciamo una misura si possono effettuare degli errori. Gli errori possono essere sistematici (un errore che farò sempre, ad esempio se l'oggetto con cui misuro è tarato male o non misura bene) oppure errori casuali.

Normalmente si riporta il valore dell'errore con una o al massimo due cifre significative, si arrotonda alla seconda cifra dopo la virgola.

### Vettori e scalari

Alcune grandezze fisiche sono descritte solamente da un numero e dalla loro unità di misura e si chiamano grandezze scalari. Le grandezze fisiche che per essere descritte hanno bisogno di un modulo, una direzione e un verso si chiamano grandezze vettoriali.

Un vettore nel piano può essere scomposto nelle sue componenti lungo l'asse x e l'asse y formando un triangolo rettangolo → le componenti del vettore sono quindi:

$$A_x = a \cos(x) \quad \text{e} \quad A_y = a \sin(x)$$

I vettori si possono sommare tra di loro, prima però bisogna scomporre i 2 vettori nelle loro componenti cartesiane.  $C_x = A_x + B_x$        $C_y = A_y + B_y$

### Meccanica

Bisogna prima di tutto avere un sistema di riferimento rispetto al quale il moto è studiato. Ci si può muovere in 1, 2 o 3 dimensioni. Quando il punto si muove definiamo la traiettoria che esso svolge (può essere rettilinea o curva). Lo spostamento (delta x) è composto dallo spostamento finale ( $X_f$ ) meno lo spostamento iniziale ( $X_i$ ).

Il tempo è sempre una quantità positiva invece lo spostamento può essere negativo.

## Il moto rettilineo

La traiettoria è una retta e la legge oraria che lo definisce è la funzione  $x(t)$  che mi dice come varia la posizione ( $x$ ) nel tempo ( $t$ ).

Velocità media: rapporto tra spazio percorso e tempo trascorso per muoversi.

$$\text{Velocità media} = (x_f - x_i) : (t_f - t_i)$$

L'unità di misura della velocità è m/s nel sistema internazionale (SI) mentre nella vita pratica si utilizzano i Km/h

La velocità istantanea si utilizza quando l'intervallo di tempo è un istante (cioè quasi 0). La velocità istantanea è misurata per piccolissimi intervalli di tempo.

## Il moto rettilineo uniforme

La velocità è costante. L'unità di misura è m/s

Equazioni del moto rettilineo uniforme in una dimensione:  $v = v_0 = \text{costante}$   
 $x = x_0 + vt$

$v_0$  = velocità iniziale a tempo uguale a 0

$x_0$  = posizione iniziale a tempo uguale a 0

Velocità = spazio / tempo  $\rightarrow$  spazio = velocità x tempo  $\rightarrow$  tempo = spazio / velocità

Legge oraria del moto rettilineo uniforme:  $x = x_0 + vxt$

## Il moto rettilineo uniformemente accelerato

L'accelerazione è costante, l'unità di misura è  $\text{m/s}^2$

Equazioni del moto rettilineo uniformemente accelerato:  $a = \text{costante}$   
 $v = v_0 + at$   
 $x = x_0 + v_0t + \frac{1}{2} a(t^2)$

$x_0$  = posizione iniziale a tempo uguale a 0

$v_0$  = velocità iniziale a tempo uguale a 0

Se l'accelerazione è  $>$  di 0 allora il moto è accelerato, se invece l'accelerazione è  $<$  a 0 il moto è ritardato

$$(v_f)^2 = (v_i)^2 + 2a$$

## Caduta di un grave

Trascurando l'attrito con l'aria un corpo lasciato libero di cadere in vicinanza della superficie terrestre si muove verso il basso di moto rettilineo uniformemente accelerato. Tutti i corpi per effetto della gravità sono soggetti sulla superficie terrestre alla stessa accelerazione chiamata  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Se si considera un sistema di riferimento con la direzione verticale come asse delle  $y$  rivolto verso l'alto, l'accelerazione di gravità, costante, sarà negativa e quindi le formule precedenti diventano:

$$v_y = v_{0y} - gt$$

$$y = y_0 + v_{0y}t - \frac{1}{2} g(t^2)$$

$$(v_y)^2 = (v_{0y})^2 - 2g(y - y_0)$$

-la velocità aumenta linearmente con il  $t$

-lo spostamento aumenta

quadraticamente con il tempo

Se si fanno cadere due corpi con massa diversa (es: una mela ed una piuma) in assenza di attrito, ad esempio nel vuoto, essendo soggetti alla stessa accelerazione di gravità  $g$ , cadranno con moto identico ed arriveranno al suolo nello stesso istante!

Il moto di un corpo lanciato verso l'alto ha accelerazione costante uguale a  $-g$

02.11.2022

Moto in 2 e 3 dimensioni

## Il moto parabolico

È il moto per cui un oggetto va verso l'alto e poi cade verso il basso. Tutto ciò che cade verso il basso ha un'accelerazione uguale a  $g$ . La velocità è considerata un vettore. Il vettore velocità diminuisce

Un corpo viene lanciato con velocità iniziale  $v_0$  ed angolo  $\alpha$  rispetto alla superficie terrestre. Per semplicità siano  $x_0 = 0$  ed  $y_0 = 0$  (origine degli assi coincide con il punto del lancio). Le componenti iniziali della velocità sono quindi:

$$v_{0x} = v_0 \cos \alpha$$

$$v_{0y} = v_0 \sin \alpha$$

e quelle dell'accelerazione sono:  $a_x = 0$   
 $a_y = -g$

L'equazione in  $y$  ci dice come varia la parabola mentre l'equazione dell'asse delle  $x$  ci da la gittata. L'equazione dell'asse  $x$  si può risolvere solo se si pone  $y = 0$ .

$V_0$  è la velocità iniziale,  $g$  è la forza di gravità(9,8) e  $\sin$  e  $\cos$  dell'angolo è la parte variabile della formula. Il range massimo si ha quando il  $\sin^2 \alpha$  è massimo cioè è  $\pi/4$  perché il seno di 90 gradi ( $\pi/2$ ) è 1 (cioè il massimo valore che può avere il seno).

\* $\pi/4$  perché è  $\sin^2 \alpha$  quindi il 2 si semplifica con il 4 e si ottiene il seno di  $\pi/2$ \*  
 Se alzo l'angolo di lancio oltre  $\pi/4$  l'oggetto tornerà indietro.

Se due corpi uguali (es. 2 palline) vengono lasciati cadere uno verticalmente lungo  $y$  ed il secondo con una velocità iniziale lungo  $x$  pari a  $v_{0x}$ , l'andamento del moto lungo l'asse verticale sarà lo stesso per i due corpi. La pallina lanciata sulla verticale e quella lanciata sulla orizzontale cadono nello stesso istante perché entrambe devono percorrere la stessa distanza per raggiungere il terreno, anche se una compie solo un moto verticale e l'altra invece compone prima anche un moto orizzontale.

## Il moto circolare uniforme

Moto lungo una circonferenza con velocità di modulo costante. Tutti gli oggetti che vengono messi in rotazione prima di essere lanciati (martello, disco...) seguono il moto circolare uniforme. È caratterizzato da 3 parametri:

-**frequenza**, quanti giri compie al secondo. L'unità di misura è Hertz

-**periodo**, il contrario della frequenza ( $1/f$ ) cioè il tempo che ci vuole a fare un giro. L'unità di misura è il secondo

-**modulo della velocità**, circonferenza diviso tempo ( $2\pi r/T$ ). L'unità di misura è m/s

-**accelerazione centripeta**, è rivolta verso il centro. Tiene l'oggetto legato alla traiettoria. L'unità di misura è  $m/s^2$  (metri al secondo quadrato)

## Leggi della dinamica

Fino ad ora abbiamo studiato il moto del punto materiale usando i concetti di posizione, velocità ed accelerazione. Perché i corpi si muovono? Newton (1642–1727) riuscì a trovare una spiegazione e compie uno studio sistematico che riassume (1687) nei suoi Principia Mathematica Philosophiae Naturalis. Secondo Newton: se un corpo si muove è soggetto ad una forza, se un corpo è fermo non è soggetto ad alcuna forza. Però sono entrambe deduzioni sbagliate! → una forza causa una variazione del moto di un corpo. Se la forza cessa, il corpo permane nel suo stato di quiete o di moto (rettilineo uniforme).

La forza è la grandezza che esprime e misura l'interazione tra sistemi fisici. Esistono forze che avvengono per contatto e forze che avvengono a distanza.

Ci sono differenti tipi di forze e sono tutte manifestazioni di 4 forze fondamentali:

- **forza gravitazionale**, è stata la prima ad essere stata scoperta ed è quella forza che ci tiene attaccati al terreno
- **forza elettromagnetica**
- **forza nucleare debole** (decadimenti nucleari  $\beta$ )
- **forza nucleare forte** (stabilità del nucleo atomico)

Esistono 3 principi della dinamica:

1. **Principio di inerzia**: un corpo non soggetto a forze permane nel suo stato di quiete o di moto rettilineo uniforme.

Un oggetto fermo, rimane fermo se nessuna forza agisce su di esso. Un oggetto che si muove di moto rettilineo uniforme continua a muoversi di moto rettilineo uniforme se nessuna forza agisce su di esso. Se la risultante delle forze che agiscono su un corpo è zero, la velocità del corpo non cambia (è 0 oppure rimane costante)

La prima legge della Dinamica (o prima legge di Newton), deriva dalle osservazioni di Galileo prima e di Newton poi (legge d'inerzia). Se un corpo è in quiete od in moto rettilineo uniforme dipende solo dal sistema di riferimento in cui esso è osservato!

Se poniamo una pallina davanti a noi su un ripiano in un treno in moto rettilineo uniforme vediamo la pallina ferma, benché per un osservatore sulla Terra, noi la pallina ed il treno ci muoviamo. Se ora il treno accelera (o decelera), vediamo la pallina muoversi, anche se non è soggetta ad alcuna forza! Nel sistema di riferimento accelerato, non vale la Prima Legge della Dinamica! La Legge vale solo nei sistemi di riferimento inerziali. Possiamo anzi così definire un sistema di riferimento inerziale: se su un corpo non agisce alcuna forza, un qualsiasi sistema di riferimento in cui la sua accelerazione rimane nulla è un sistema di riferimento inerziale. Con una certa approssimazione si può dire che un sistema di riferimento solidale alla superficie terrestre può considerarsi inerziale

2.  **$F=ma$** : l'accelerazione impressa ad un corpo è proporzionale alla forza risultante applicata (con la stessa direzione e lo stesso verso). La costante di proporzionalità  $m$  è la massa del corpo (si misura in kg). Unità di misura della forza (S.I.) è Newton ( $\text{kg} \times \text{m} / \text{s}^2$ )  
La forza è proporzionale all'accelerazione. Se si applica la stessa forza a corpi diversi, le accelerazioni che i corpi acquistano sono in genere diverse. Si trova quindi che dobbiamo introdurre una proprietà dei corpi che si chiama massa e che è, seconda legge della Dinamica (o prima legge di Newton). L'accelerazione di un corpo è inversamente proporzionale alla sua massa. La massa è una proprietà intrinseca di un corpo e si misura in

kg mentre in fisica anatomica e nucleare si usa l'unità di massa atomica unificata (u) definita come 1/12 della massa dell'atomo.

La forza essendo un vettore può essere scomposta nelle sue componenti cartesiane:

$$F_x = m a_x \quad F_y = m a_y \quad F_z = m a_z$$

**3. Principio di azione e reazione:** ad ogni azione corrisponde una reazione uguale e contraria. Quando un oggetto esercita una forza  $F$  su un secondo oggetto, quest'ultimo esercita una forza  $-F$  sul primo. Se due corpi interagiscono, la forza esercitata sul corpo 1 dal corpo 2 è uguale ed opposta alla forza esercitata sul corpo 2 dal corpo 1.  $F_{1,2} = -F_{2,1}$

Le due forze hanno ugual modulo, però agiscono su due corpi differenti e quindi, essendo le loro masse diverse le accelerazioni impresse ai due corpi sono anche loro differenti!

La forza di azione è uguale in modulo alla forza di reazione ed opposta in direzione. Le forze di azione e reazione agiscono su corpi differenti.

### La forza peso

$F = mg$ ,  $g$  è l'accelerazione di gravità ( $9,81 \text{ m/s}^2$ ). Mentre la massa è una proprietà intrinseca di un corpo, il peso è la forza con cui la massa  $m$  viene attratta dalla massa terrestre (dipende dalla posizione del corpo rispetto al centro  $F$  della terra, man mano che ci allontaniamo dal centro della terra  $g$  diminuisce)

La forza peso agisce sul baricentro. Il baricentro rappresenta il punto in cui è applicata la risultante delle forze peso. Per un corpo rigido il baricentro è un punto fisso (per un corpo di geometria regolare è il centro geometrico) per il corpo umano invece dipende dalla postura.

### La forza centripeta

Affinche' un corpo sia in rotazione su di esso deve agire una forza centripeta:

$$F = m \times a_c = m(v^2/r)$$

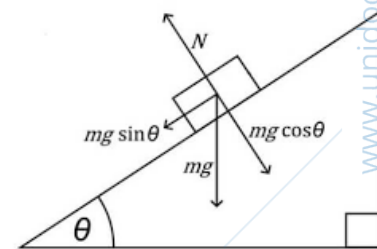
Per il terzo principio il corpo esercita una forza centrifuga uguale e contraria alla forza centripeta.

### Piano inclinato senza attrito

Sul corpo agisce la forza peso  $P = mg$  che può essere scomposta lungo la direzione del piano inclinato e lungo la sua normale:

$$F_x = m \times a_x = mg \times \sin(\alpha)$$

$$F_y = m \times a_y = mg \times \cos(\alpha)$$



La componente  $F_y$  è bilanciata dalla reazione normale del piano inclinato  $F_n$ . Lungo  $x$  viceversa agisce la forza  $F_x$  e quindi il corpo scivola lungo il piano inclinato con accelerazione:  $a_x = g \times \sin(\alpha)$

Il corpo si muove quindi di **moto rettilineo uniformemente accelerato** lungo il piano inclinato. La sua velocità in un generico istante  $t$ , assumendo  $V_i = 0$ , sarà quindi:

$$V^2 = 2(g \sin(\alpha))x \quad \text{e la sua legge oraria è: } x = 1/2(g \sin(\alpha))t^2$$

## Forze di attrito

Quando un corpo è in movimento compaiono sempre delle forze che si oppongono al moto, che sono chiamate forze di attrito. Se si sposta un corpo come in figura, su di esso agiscono la forza di gravità ( $mg$ ), la forza normale ( $n$ ) e la forza di attrito ( $f$ ). Si deve applicare una certa forza prima che l'oggetto si muova (attrito statico  $f_s$ ). Successivamente, si osserva che per mantenere l'oggetto in moto è sufficiente una forza minore (attrito dinamico  $f_d$ ). La forza da applicare per vincere queste forze di attrito dipende anche dalla massa dell'oggetto.

Le forze di attrito si oppongono al moto e sono dirette nel verso opposto al moto.

$F_s < \mu_s N$     $F_d = \mu_d N$  → Le quantità  $\mu_s$  e  $\mu_d$  sono adimensionali e rappresentano i coefficienti di attrito statico e dinamico

Le forze di attrito sono sempre perpendicolari alle forze che le generano; la forza di attrito è dovuta alla forza  $F$  applicata (e non alla forza peso del corpo) ed è perpendicolare ad essa.

Perché il corpo non scivoli, dovrà ovviamente essere  $f_s < \mu_s F$  e  $f_s > mg$

I coefficienti di attrito statico e dinamico possono essere misurati con dei calcoli.

Aumentando l'inclinazione del piano inclinato (aumentando l'angolo  $\alpha$ ) si arriva all'angolo critico  $\alpha_{crit}$  in cui il blocco inizia a scivolare, e la forza di attrito statico raggiunge il suo valore massimo  $\mu_s n$  → cioè il valore di  $\mu_s$  è pari alla tangente dell'angolo a cui il blocco inizia a scivolare. Ovviamente dipende dal materiale del blocco, da quello del piano inclinato e dalla lavorazione delle superfici. Quando il blocco inizia a scivolare, il modulo della forza di attrito dinamico è pari a  $\mu_d n$  e quindi il corpo scivola accelerando. Se si riduce l'angolo  $\alpha$ , si trova per quale valore  $\alpha$  il corpo scivola con velocità costante.

16.11.2022

## Lavoro ed energia

### Lavoro di una forza

Una forza compie lavoro quando il punto di applicazione della forza sia posta.

Lavoro = Forza x Spostamento lo spostamento però è una forza vettoriale quindi il lavoro si calcola facendo forza x  $\Delta$ spostamento =  $F \times \Delta s \times \cos(\alpha)$

L'unità di misura è il joule →  $J = N \times m$

Se il lavoro è positivo ( $L > 0$ ) il lavoro è un lavoro motore

Se il lavoro è negativo ( $L < 0$ ) il lavoro è un lavoro resistente

es:

-il lavoro necessario per sollevare una valigia di 10kg per 2 m →  $L = f \times \Delta s = mg \times s = 10kg \times 9,8 \text{ ms}^{-2} \times 2m = 196J$

-il lavoro necessario per spostare orizzontalmente la valigia, tenuta sollevata per la maniglia, per una distanza di 10 m →  $L = F \times \Delta s \times \cos(90^\circ) = 0$  (il lavoro è nullo)

## Energia

È la capacità di compiere un lavoro. Prende diversi nomi:

- energia associata a un corpo in movimento (energia cinetica)
- energia associata alla posizione di un corpo (energia potenziale)
- energia di legame molecolare (energia chimica)
- energia associata alla massa (energia nucleare,  $E=mc^2$ )
- energia termica e calore

Ogni processo naturale determina una trasformazione di energia. L'energia globale dell'universo è invariata, ciò che cambia è la densità di energia; perché l'universo è un sistema isolato.

In un sistema isolato (che cioè non scambia energia con l'esterno) l'energia totale si conserva sempre e ciò si chiama **principio di conservazione dell'energia**. L'energia non si crea, non si distrugge ma si trasforma!

Alla temperatura di zero assoluto la materia è ferma

## Energia cinetica

L'energia cinetica è l'energia associata al movimento di un corpo.

La sua formula è  $E_c = 1/2 m(v)^2$  e la sua unità di misura è il joule (J)

Il teorema dell'energia cinetica: Il lavoro totale compiuto su un corpo che si sposta da A a B è uguale alla variazione della sua energia cinetica  $\rightarrow L_{tot} = E_{c,finale} - E_{c,iniziale} = \Delta E_c$

Il lavoro totale è il lavoro compiuto dalla risultante di tutte le forze agenti sul corpo

## Energia potenziale

È l'energia associata all'altezza di un corpo. Si riferisce all'energia che potenzialmente l'oggetto può sfruttare quando è lasciato cadere a terra da un'altezza (h)

L'energia potenziale gravitazionale è pari al lavoro che devo produrre per portare il corpo ad un'altezza h da terra. Questa energia viene restituita quando il corpo è lasciato cadere

La formula dell'energia potenziale è  $E_p = mgh$  e l'unità di misura è il **joule (J)**

Principio di conservazione dell'energia meccanica: in assenza di forze di attrito, l'energia meccanica totale  $E_t$  di un sistema si conserva  $\rightarrow E_c + E_p = E_t = \text{costante}$

È una costante perché non si considera la massa (perché si semplifica durante l'equazione)

È opportuno notare che l'energia potenziale gravitazionale è sempre definita a meno di una costante: quello che conta è la sua variazione e non il suo valore assoluto

Se si immagina di spostare il corpo m anziché lungo la verticale, lungo un piano inclinato privo di attrito, ma sempre tra i livelli  $y_1$  e  $y_2$ , si trova che il lavoro fatto nei due casi è uguale! Il percorso si può vedere lungo la direzione del percorso oppure scomposta nei suoi componenti x e y.

## Rendimento $\eta$ di una macchina

Lo scopo del corpo umano è crescere, acquisire della materia, processare questa materia, ingrandirsi e rilasciare la materia nell'ambiente. Tutta l'energia che noi acquisiamo dall'esterno non diventa tutta energia da poter utilizzare perché il corpo umano è una macchina e ha bisogno di energia per funzionare.

**Macchina:** sistema che trasforma energia di vario genere in lavoro meccanico.

Nel corpo umano sono i muscoli che producono calore. Gli umani producono sempre calore, quando ci muoviamo ne produciamo ancora di più.

energia chimica  $\rightarrow$  lavoro meccanico

**Rendimento:** rapporto tra il lavoro meccanico utile L prodotto dalla macchina e l'energia ET impiegata dalla macchina:

**$\eta = \text{Lavoro utile} / \text{Energia totale}$**

Se  $\eta < 1$  vuol dire che ci sono delle forze dissipative. Il rendimento migliore limitando gli attriti (lubrificazione)

## Potenza meccanica

La **potenza meccanica** rappresenta il lavoro compiuto da una forza nell'unità di tempo

$$P = \text{Lavoro} / \text{deltatempo}$$

L'unità di misura è il **watt**  $\rightarrow W = J/s$

In generale, la potenza rappresenta l'energia fornita da una macchina nell'unità di tempo

Si fa spesso uso di una unità di energia data dal chilowatt-ora. Attenzione che è una unità di

energia! Infatti  $1 \text{ kWh} = 1 \text{ kWh} = (1000 \text{ W}) (3600 \text{ s}) = 3,6 \times 10^6 \text{ W} \times \text{s} = 3,6 \text{ MJ}$

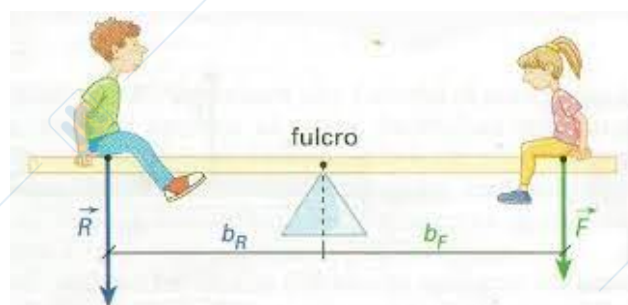
Le potenze dei motori delle automobili vengono date in cavalli vapore (CV o hp) – sistema britannico  $\rightarrow 1 \text{ hp} \approx 746 \text{ W}$

$$1 \text{ kcal} = 4186 \text{ J}$$

## Le leve

Sono semplici macchine per compiere un lavoro. Sono caratterizzate da **3 punti**:

- il punto intorno al quale ruota la leva, detto **fulcro**
- il punto di applicazione della nostra forza, detto **potenza**
- il punto di applicazione della forza da vincere, detto **resistenza**



Se  $F \times b_f = R \times b_r$  allora la leva è in una situazione di equilibrio

Le leve si dividono in 3 tipi:

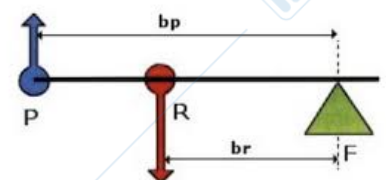
### -leve del I° tipo

Il fulcro è sempre compreso tra la forza e la resistenza (non è sempre vantaggiosa)



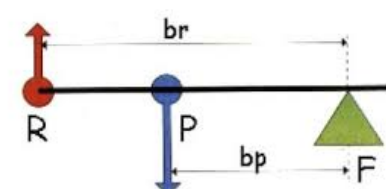
### -leve del II° tipo

La resistenza è sempre compresa tra la forza e il fulcro ( $b_r < b_p$  è sempre vantaggiosa)



### -leve del III° tipo

La forza è sempre compresa tra il fulcro e la resistenza ( $b_r > b_p$  è sempre svantaggiosa)



Leve nel corpo umano:

La leva di I° tipo in questo caso è svantaggiosa perchè  $br > bp$ . Il fulcro è l'articolazione, la resistenza il peso del capo e la potenza i muscoli splenici (posteriori del collo)

La leva di II° tipo è vantaggiosa perchè  $bf > br$ . Il fulcro sono le dita, la resistenza il peso che grava sulla caviglia e la potenza i muscoli gemelli (che esercitano una trazione sul tendine di Achille)

La leva di III° tipo è sempre vantaggiosa perché  $bf > br$ . Il fulcro è l'articolazione del gomito, la resistenza è il peso dell'avambraccio e la potenza è la forza esercitata dal muscolo bicipite brachiale



## La pressione

La pressione è definita come forza / superficie. L'unità di misura nel Sistema Internazionale è il Pascal  $\rightarrow 1 \text{ Pa} = \text{N} / \text{m}^2$ . La pressione è una grandezza scalare.

## La fisica dei fluidi

Differenze tra **solidi**, **liquidi** e **gassosi**:

-le **sostanze solide** hanno una massa, una forma propria, una superficie propria, un volume, delle proprietà elastiche di trazione-compressione e proprietà elastiche di deformazione di taglio

-le **sostanze liquide** hanno una massa, prendono la forma del contenitore, hanno superficie propria, un volume, delle proprietà elastiche di trazione-compressione e non reagiscono a deformazioni di taglio

-le **sostanze gassose** hanno una massa, prendono la forma del contenitore, la superficie e il volume del contenitore, hanno proprietà elastiche di trazione-compressione e non reagiscono a deformazioni di taglio

Un **fluido ideale** ha viscosità nulla (cioè è in assenza di attriti interni) ed è incomprimibile (cioè ha volume costante)

La **densità** di una sostanza è definita come massa / volume. L'unità di misura nel Sistema Internazionale è il  $\text{kg} / \text{m}^3$

L'acqua mostra un comportamento particolare, perché la sua densità è massima alla temperatura di  $4^\circ\text{C}$ .

Siccome la formula della densità è  $d = \text{massa} / \text{volume}$ ... nota la densità di una sostanza, si può calcolare la massa corrispondente ad un volume  $V$  ( $m = d \times V$ ), o il volume occupato da una massa di quella sostanza ( $V = m/d$ ).

Le forze di pressione esercitate su un corpo immerso in un fluido in quiete sono perpendicolari alla sua superficie. In assenza di gravità sono indipendenti dall'orientamento e dalla posizione della superficie (isotropia della pressione).

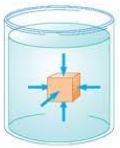


FIGURA 15.1 La forza esercitata dal fluido su un corpo immerso è perpendicolare in ogni punto alla superficie del corpo. La forza del fluido sulle pareti del recipiente è perpendicolare alle pareti in ogni punto.

## Principio di Pascal

Per il principio di Pascal in assenza del campo gravitazionale, la pressione è la stessa in ogni punto del fluido. La conseguenza del principio di Pascal è che la pressione esercitata in un punto della superficie del fluido si trasmette inalterata in ogni punto del volume del fluido.

## Legge di Stevino

L'effetto della forza peso del fluido

La pressione idrostatica è densità  $\times$   $g \times$   $\Delta h$

Secondo la legge di Stevino la pressione in un fluido aumenta con la profondità quindi la pressione diventa  $p_a +$  densità  $\times$   $g \times \Delta h$

La pressione è la stessa in tutti i punti con la stessa altezza. La pressione dipende solo dall'altezza, non dipende dalla forma del contenitore o dalla quantità di liquido contenuto.

Il **principio dei vasi comunicanti** è una conseguenza della legge di Stevino e dice che in due o più recipienti comunicanti, un fluido omogeneo si porta allo stesso livello.

## Come misurare la pressione atmosferica

Tramite il barometro di Torricelli: un tubo di vetro pieno di mercurio e chiuso ad un'estremità viene immerso in un recipiente pieno di mercurio. Il mercurio all'interno del tubo si porta ad un'altezza tale che la pressione idrostatica alla base è pari alla pressione atmosferica.

La pressione atmosferica è 1 atmosfera che corrisponde a 760 mmHg

Effetti della pressione idrostatica: in posizione eretta la pressione arteriosa dipende dall'altezza perché  $p = p_a + d \times g \times h$

## Il principio di Archimede

Il principio di Archimede enuncia che **un corpo immerso in un fluido** (parzialmente o interamente) **riceve una spinta verso l'alto di intensità pari al peso del fluido spostato**

Un corpo immerso in un liquido sta in equilibrio se la forza che lo spinge verso l'alto (spinta idrostatica) è uguale al suo peso quindi vuol dire che la densità del corpo è uguale alla densità del fluido

Se invece il corpo affonda vuol dire che la spinta idrostatica è minore del peso del corpo e che quindi la densità del corpo è maggiore di quella del fluido.

Se il corpo sale in superficie vuol dire che la spinta idrostatica è maggiore del peso del corpo e che quindi la densità del fluido è maggiore di quella del corpo.

La densità media del corpo umano è  $985 \text{ kg} / \text{m}^3$  mentre quella dell'acqua marina è di  $1024 \text{ kg} / \text{m}^3$ ; siccome la densità dell'acqua è maggiore di quella del corpo umano, per il principio di Archimede, noi esseri umani galleggiamo.

La densità del corpo umano è via via crescente passando dal tessuto adiposo, a quello muscolare, per arrivare a quello osseo, quindi un atleta grasso galleggia meglio di uno muscoloso che a sua volta galleggia meglio di una persona molto magra.

Il volume del corpo che contribuisce al calcolo della spinta di Archimede è soltanto quello immerso; tutte le parti che non sono immerse non generano spinta di Archimede, ma contribuiscono al peso totale del corpo. Quando facciamo esercizi di nuoto con braccia alzate fuori dall'acqua, facciamo più fatica a galleggiare: le braccia contribuiscono al peso totale che ci spinge verso il basso, ma non contribuiscono alla spinta di Archimede verso l'alto.

## La spinta idrostatica in aria

I corpi immersi in aria ricevono una spinta verso l'alto?

L'aria incandescente della fiamma ha densità minore di quella dell'aria che la circonda. La mongolfiera viene riempita di aria a temperatura maggiore (e quindi a densità minore) di quella atmosferica. Il dirigibile o il palloncino del luna park sono riempiti con gas di densità minore di quella dell'aria alla stessa temperatura.

14.12.2022

## La dinamica dei fluidi

**Densità:**  $\rho = \rho(x,y,z,t)$  in generale varia da punto a punto da istante a istante

Fluido incomprimibile:  $\rho = \rho(x,y,z,t) = \text{cost}$

[con ottima appross. Liquidi]

**Viscosità:**  $\eta = \eta(x,y,z,t)$  si manifesta come forza parallela alla velocità e che dipende da essa. Si oppone allo scorrimento delle diverse parti di fluido una sull'altra (forze di taglio presenti in condizioni dinamiche)

Fluido non viscoso:  $\eta = 0$

Si definisce un fluido ideale un fluido con le seguenti caratteristiche:

- il fluido è non viscoso, ossia non presenta forze di attrito interne
- il fluido è incomprimibile, cioè la sua densità è costante

Dobbiamo considerare l'attrito che c'è tra un corpo e il fluido e questo attrito si chiama viscosità. Si oppone alla direzione del fluido.

**Viscosità** = attrito tra diversi strati di liquido

Si consideri un fluido confinato tra due lastre parallele di area  $S$  e distanti tra loro  $z$ . Si tiene ferma la lastra inferiore e si fa scorrere quella superiore con una velocità costante  $v$  applicandovi una forza  $F$ .

Tale forza è necessaria perché il fluido vicino alla lastra superiore esercita su essa una resistenza viscosa che si oppone al moto: ogni strato di fluido esercita su quelli adiacenti ad esso una forza resistente in modo che la velocità del fluido vicino alla lastra alla quale è applicata la forza è  $v$  mentre è quasi nulla vicino alla lastra inferiore, variando linearmente con la quota.

La viscosità si oppone al moto del liquido,  $\eta$  lineare alla distanza dal bordo. Si misura in  $\text{kg/m} \times \text{s}$ .

L'acqua ha coefficiente di viscosità uguale a 1 perché è usata come metro di valutazione. Man mano che ci avviciniamo agli 0 gradi il gradiente di viscosità aumenta mentre diminuisce se la temperatura si avvicina ai  $100^\circ\text{C}$ . L'olio è 84 volte più viscoso dell'acqua.

I fluidi reali vengono chiamati anche fluidi viscosi. Quando un fluido è in movimento, il suo moto può essere caratterizzato in due diversi modi:

Esistono 2 tipi di regime in cui i fluidi si possono muovere:

### -moto in regime laminare

- Silenzioso
- Le velocità sono parallele
- Le traiettorie non si intersecano

Ogni particella che passa in un particolare punto si muove lungo la stessa traiettoria seguita dalla particella passata in precedenza.

Le particelle del fluido si muovono lungo una traiettoria detta linea di corrente.

In regime stazionario le linee di corrente hanno una configurazione costante nel tempo e coincidono con le traiettorie degli elementi del fluido

### -moto in regime turbolento

- Rumoroso
- Le traiettorie si intersecano (vortici)
- Maggior perdita di energia

Si ha un moto irregolare del fluido, con improvvise variazioni di velocità (corrente vorticoso) e le particelle del fluido non seguono traiettorie ordinate.

In un fluido reale sono presenti forze di attrito interne (dissipazione di energia). Il moto diventa turbolento se si supera una velocità critica (dipende dalla geometria del condotto e dalle caratteristiche del fluido che scorre). Il passaggio da regime laminare a turbolento dipende dalla velocità a cui si muove l'oggetto; se la velocità è molto elevata l'oggetto segue il regime di moto turbolento.

La **portata Q** di un condotto è il volume di liquido che attraversa una sua sezione nell'unità di tempo.  $Q = V / \Delta t$  unità di misura  $m^3/s$ . La portata Q di un condotto è il volume di liquido che attraversa una sua sezione nell'unità di tempo → In un tempo  $\Delta t$  il liquido percorre un tratto pari a  $v \cdot \Delta t$  → la portata di un condotto si può anche esprimere come prodotto della superficie della sezione per la velocità  $Q = S \times v$ .

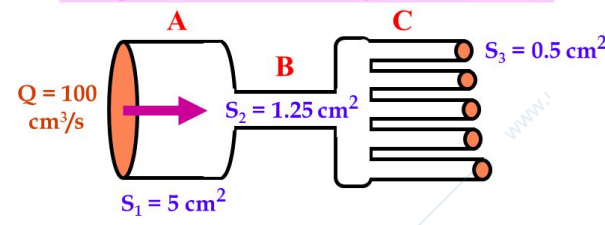
L'**equazione di continuità** riguarda il circolo sanguigno. Il circolo sanguigno è un sistema chiuso che non presenta sorgenti o pozzi. In regime di moto stazionario, in assenza di sorgenti o di pozzi, la portata è la stessa in ogni sezione del condotto. Significa semplicemente che, se non ci sono perdite o ingressi di liquido, il volume che passa in un certo tempo è lo stesso in tutte le sezioni del condotto (conseguenza della incomprimibilità del liquido). Se la sezione aumenta, la velocità diminuisce; se la sezione diminuisce, la velocità aumenta.  $Q = S \times v = \text{costante}$ .

I nostri vasi sanguigni per colpa di qualche malattia possono diventare più grossi (aneurisma) oppure più piccoli (stenosi). Se il vaso si allarga (aneurisma) il sangue va più piano perché ha più spazio in cui può fluire. In caso di stenosi il sangue viaggia più velocemente. La pressione del sangue in un vaso aneurisma aumenta mentre in un vaso stenosi la pressione diminuisce.

**Equazione di continuità e circolo sanguigno:** l'equazione di continuità vale anche nel caso di un condotto che si divide in più condotti secondari; per esempio in un vaso sanguigno.

La portata è costante in ogni distretto del sistema idraulico →  $Q = S \times v = \text{costante}$

Se il distretto comprende più condotti bisogna considerare la sezione complessiva del distretto  
 →  $S_b = s_1 + s_2 + \dots + s_n$        $S_a \times v_a = S_b \times v_b$



La portata del circolo sanguigno è di 5 l/min  
 La portata è la stessa per tutti i distretti circolatori  
 La velocità del sangue in un distretto circolatorio è di  
 $v = Q / S$  (S è la superficie complessiva dei vasi del distretto)

### Equazione di Bernoulli

Dato un fluido ideale (incomprimibile e non viscoso) in moto in un condotto con moto stazionario ed irrotazionale. Nel caso più generale, il condotto ha sezione ed altezza non costanti. Il suo moto può essere descritto con l'equazione di Bernoulli (1700, 1782).

$p + 1/2 \rho v^2 + \rho g z = \text{costante}$  → in un tubo di flusso la somma dei termini p,  $1/2 \rho v^2$  e  $\rho g z$  è costante in un punto qualunque del tubo stesso

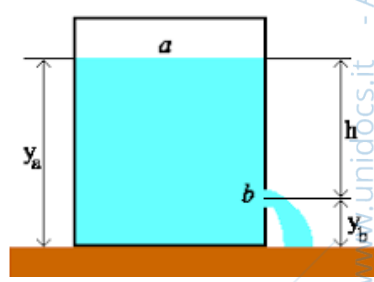
p è un termine di pressione, il termine  $1/2 \rho v^2$  quello cinetico e  $\rho g z$  (o  $\rho g h$ ) il termine potenziale, ma ovviamente sono tutti e tre dimensionalmente delle pressioni!

se  $v_1 = v_2 = 0$ , ovvero il fluido è in quiete, si trova che  $p_1 + \rho g z_1 = p_2 + \rho g z_2$

### Teorema di Torricelli

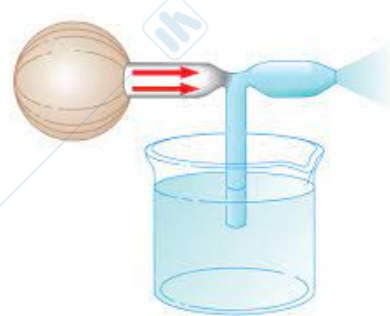
È una conseguenza dell'equazione di Bernoulli. Da un foro posto ad un'altezza (h) dalla superficie superiore di un fluido contenuto in un serbatoio, il fluido esce con una velocità pari a quella che avrebbe se scendesse in caduta libera per un tratto h.

**Spiegazione:** applicando l'equazione di Bernoulli ai punti a e b e considerando nulla la velocità perché la massa del fluido è molto grande si ottiene  $p_a + \rho g y_a = p_b + \rho g y_b + 1/2 \rho v^2$  ma essendo che i punti a e b sono entrambi in comunicazione con l'atmosfera,  $p_a$  e  $p_b$  saranno uguali e pari alla pressione atmosferica quindi si possono semplificare ottenendo:  $\rho g y_a = \rho g y_b + 1/2 \rho v^2$  quindi  $v = \sqrt{2gh}$



### Nebulizzatore

È una conseguenza dell'equazione di Bernoulli. Se si schiaccia la pompetta, l'aria viene forzata nel tubo, e nella strozzatura del tubo aumenta di velocità e quindi diminuisce la pressione rispetto alla pressione atmosferica. Il liquido contenuto nel recipiente viene quindi aspirato nel tubo verticale, entra nel flusso d'aria e fuoriesce dal beccuccio del nebulizzatore!



### Volo

La portanza generata da un'ala non è altro che la somma (vettoriale) di una pressione agente sul ventre e una depressione agente sul dorso dell'ala stessa.

## Metabolismo corporeo

**Definizione:** è un complesso di reazioni biochimiche di sintesi e di degradazione che si svolgono in ogni vivente che ne determinano l'accrescimento, il rinnovamento e il mantenimento.

**Caloria (cal):** unità di misura della quantità di calore necessaria per innalzare la temperatura di 1g di acqua distillata da 14,5 a 15,5°C

**Kilocaloria:** unità di misura del potere calorico degli alimenti, pari a 1000 calorie  
1kcal = 4186 J

L'energia interna U nel corpo umano è accumulata sotto forma di energia chimica attraverso gli alimenti. Parte dell'energia prodotta viene utilizzata per compiere lavoro, parte viene dissipata verso l'esterno sotto forma di calore.

L'energia minima consumata in una giornata è di 1550 cal

### Misura del metabolismo basale

In stato di riposo gran parte dell'energia è dissipata in calore (questa energia (calore) viene prodotta tramite il combustibile alimentare (ossidazione di proteine, zuccheri e grassi). Nei processi di ossidazione si consuma ossigeno e si produce anidride carbonica; dalla misura di ossigeno consumato è possibile risalire alla quantità di energia prodotta (spirometria)) mentre il resto serve per il lavoro all'interno del corpo.

### Rate metabolico in un'attività fisica

Le sostanze alimentari sono trasformate in sostanze utilizzabili dai tessuti (es l'ATP). Il lavoro meccanico esercitato dai muscoli è un lavoro a basso rendimento perché la contrazione isotonica implica lavoro meccanico mentre la contrazione isometrica no.

Il **rendimento = lavoro/energia consumata** → è sempre <1

L'energia consumata non disponibile sotto forma di lavoro è dissipata in calore

### Termoregolazione corporea

All'interno del corpo umano viene continuamente prodotto calore. In condizioni di riposo il calore prodotto nell'unità di tempo è uguale al metabolismo basale.

La quantità di calore prodotta nell'unità di tempo aumenta con l'attività fisica (solo una piccola parte dell'energia interna è utilizzata per compiere lavoro, il resto è calore)

Le reazioni biochimiche dell'organismo hanno un funzionamento ottimale a  $t = 37^{\circ}\text{C}$

$t > 41^{\circ}\text{C}$  → ipertermia

sono situazioni in cui l'organismo

$t < 30^{\circ}\text{C}$  → ipotermia



subisce gravi danni

L'organismo deve mantenere una temperatura costante; il calore prodotto all'interno del corpo umano deve essere dissipato verso l'esterno... quali sono i meccanismi di trasmissione del calore?

-**convezione:** propagazione del calore attraverso il trasporto di un fluido. È un meccanismo di propagazione del calore tipico dei fluidi, in cui il trasporto di calore è associato al trasporto di materia. La quantità di calore Q scambiata in un certo tempo è proporzionale alla superficie S del radiatore ed alla differenza di temperatura  $\Delta T$  tra radiatore

e stanza:  $Q \propto S \cdot \Delta T$  (dipende dalla differenza di temperatura  $\Delta T$ ). Es: radiatore in una stanza, acqua in pentola, sangue e linfa nei sistemi biologici.

-**conduzione**: propagazione del calore senza trasporto di materia. È un meccanismo di propagazione del calore nei solidi.  $Q/\Delta t = K \times (S/d) \times \Delta T$  (dipende dalla differenza di temperatura  $\Delta T$ ). K è la conducibilità termica, che è diversa per ogni sostanza

-**irraggiamento**: emissione di onde elettromagnetiche, radiazione termica. Trasmissione di calore per emissione di onde elettromagnetiche da parte di un corpo a temperatura T. Avviene anche nel vuoto. Ogni corpo irradia ed assorbe calore dall'ambiente circostante. Si ha:  $Q = Q_{\text{irradiato}} - Q_{\text{assorbito}} \approx K\Delta T$  (dipende dalla differenza di temperatura  $\Delta T$ ). Es: l'energia solare si propaga per irraggiamento, gli animali a sangue freddo emettono onde infrarosse e i corpi arroventati emettono luce.

-**evaporazione** (solo nei sistemi biologici): il calore latente di evaporazione dell'acqua H<sub>2</sub>O a 37°C è  $\approx 580 \text{ kg}^{-1}$ . Il processo endotermico è il passaggio di calore dal corpo al liquido che evapora e *non* dipende dalla differenza di temperatura  $\Delta T$ ! Es: l'evaporazione di 100 g di H<sub>2</sub>O  $\rightarrow$  trasmette un calore pari a  $58 \text{ kcal} = 242.5 \text{ kJ}$

### Trasmissione del calore nel corpo umano:

**Conduzione**  $\rightarrow$  trasmissione interna ed esterna. Contatto tra organi interni e contatto della superficie cutanea con i vestiti

**Irraggiamento**  $\rightarrow$  trasmissione esterna. Emissione termica

**Convezione**  $\rightarrow$  trasmissione interna ed esterna. Diffusione del calore interno tramite il sangue e contatto della superficie cutanea con l'aria

Questi tre metodi di propagazione del calore nel corpo umano sono inefficaci se  $\Delta T = 0$ , sono inefficaci se la temperatura dell'ambiente è maggiore della temperatura corporea.

L'**evaporazione** avviene per trasmissione esterna con la sudorazione e la respirazione, è efficace anche se  $\Delta T = 0$  ed è più efficace se l'ambiente esterno è secco.

### Termoregolazione corporea:

Se la **temperatura dell'ambiente è bassa ( $T \ll 37^\circ\text{C}$ )** il corpo umano per mantenere l'omeostasi fa avvenire una vasocostrizione, i brividi per aumentare la produzione interna di calore e la pelle d'oca per ridurre la conducibilità della pelle.

Se la **temperatura dell'ambiente è alta ( $T > 37^\circ\text{C}$ )** il corpo umano per mantenere l'omeostasi fa avvenire una vasodilatazione e la sudorazione.

Sono tutti processi regolati dall'ipotalamo