Elementi di costruzione di macchine biomediche

Prof. Azzi Ahluwalia e Carmelo de Maria

Esame: scritto di 2,5 ore → Pretest in 30 min con domande multiple e V o F che deve essere priva di errori
↘ 3 esercizi

Non c'è limite di consegna

Orale non obbligatorio, su richiesta

Web: centropiaggio.unipi.it

Libro (anche on line): Beghini, Lezioni ed esercitazioni di tecnica delle costruzioni meccaniche

Ricevimenti su richiesta: azzi.ahluwalia@unipi.it / carmelo.demaria@unipi.it

master copy



master copy

SI (m K s)

7 unità di misura fondamentale

∘ lunghezza	Metri
∘ massa	Kilogrammi
∘ tempo	Secondi
∘ quantità di sostanza	Moli
∘ intensità di corrente	Ampere
∘ intensità luminosa	Candela
∘ temperatura	Kelvin

PROPRIETÀ FISICHE: quantificate grazie alle dimensioni e unità di misura

- quantificabili
  - → proprietà fisiche estensive ④ variano con la grandezza
  - → proprietà fisiche intensive ⑤ non dipendono dalla grandezza
- non quantificabili
  - ∘ calore
  - ∘ forma

④ massa, area, entropia, lunghezza, capacità termica
⑤ temperatura, pressione, densità, viscosità, calore specifico

non dipendono dal materiale — dipendono dal materiale

PROPRIETÀ FISICHE QUANTIFICABILI → additive

1) Lunghezza

5 cm [ ] L = 50 mm = 0,5 dm = 0,05 m = 5000 μm

la proprietà fisica è uguale ma se cambio unità di misura cambia la quantità

Dalle fondamentali M L T K I derivano energia, potenza, resistenza
Nelle equazioni fisiche i due membri devono essere uguali, anche per le unità di misura
Nelle equazioni empiriche, affinché valgano le grandezze devono essere espresse con certe unità di misura

Energia $= \frac{1}{2} m v^2$ $\left[Kg \cdot \frac{m^2}{s^2} = M L^2 T^{-2} \text{ (Joule)} \right]$

Potenza $= \frac{mgh}{t} = F \cdot v$ $\left[M L^2 T^{-3} \right]$ W

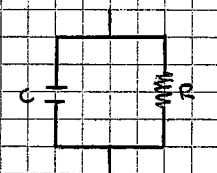
Capacità termica $C = \frac{Q}{\Delta T}$ $\underbrace{[J K^{-1}]}_{M L^2 T^{-2} K^{-1}}$

Resistenza $= \frac{V}{I}$ $\left[M L^2 T^{-3} I^{-2} \right]$ Ω

SOMMA = addendi e risultato tutti nella stessa unità di misura
DIVISIONE tra 2 quantità con = unità di misura mi dà un numero puro
LOGARITMO si può fare solo di un numero puro
ESPONENZIALE si può fare solo di un numero puro

Costante di Boltzmann $K = 1{,}38 \cdot 10^{-23}$ JK^{-1} rappresenta l'energia termica per Kelvin di una molecola

(?) Energia termica per Kelvin per una mole

ES. 

$V = V_0 e^{-\frac{t}{RC}}$ coefficiente adimensionale ⇒ RC unità di misura S da dimostrare

$P = \frac{F}{A} = \frac{M L T^{-2}}{L^2} = M L^{-1} T^{-2}$

$PV = nRT$

$V = L^3$ T n mol

Costante ideale dei gas $R = 0{,}0821 \frac{\text{litri} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot K}$ o $\frac{Pa \cdot m^3}{mol \cdot K}$

ES. $v = \sqrt{\frac{2mg}{C_d \rho A}}$ velocità di caduta terminale
unità di misura di C_d? coefficiente di attrito

10/03

MATERIALE
- solidi → atomi e molecole legami tra loro, ci vogliono grandi forze per prepararli
- liquidi
- gas
- plasma

Scienza dei materiali = studio delle relazioni presenti tra le strutture e proprietà dei materiali

Proprietà che ci permettono di prevedere il comportamento dei materiali: elettriche, meccaniche, magnetiche, ottiche, termiche, chimiche

Il comportamento finale di una struttura dipende anche dal modo in cui una struttura viene processata e lavorata

3 classi di materiali
- metalli
- polimeri
- ceramiche

+
- compositi (anche biologici)
- nanomateriali
- materiali avanzati
- semiconduttori

① METALLI → costituiti da elementi metallici e piccole quantità di non metallici (a volte)
- rigidi, forti, duttili, resistenti
- conduttori elettrici e termici, talvolta hanno proprietà magnetiche

Ne fanno parte anche le ceramiche (Al_2O_3, Si_2O_3, SiC, Si_3N_4) ②

Contengono elementi metallici e non, sono rigidi, duri ma fragili e sono isolanti termici ed elettrici, esistono ceramiche magnetiche

③ POLIMERI = classe più grande

macromolecole costituite da unità strutturali ripetute contenenti C, H, N, Si
hanno basse densità, tendono a decomporre velocemente, duttili e flessibili, bassa conducibilità elettrica, non magnetici, facilmente lavorabili

- Densità metalli > densità acqua (il maggiore è platino)
- ceramiche con metalli nella struttura molecolare sono le più dense

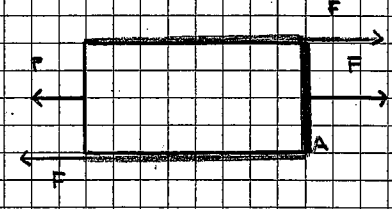
SOLIDI: la relazione spaziale tra atomi e molecole non cambia da un momento all'altro, cioè non cambia la relazione tra gli atomi

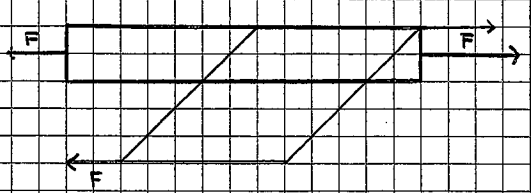
Punto materiale = unità base del solido

- FORZA: misurata in Newton, definita come massa · accelerazione, su un punto materiale
- SFORZO: forza che agisce per unità di area, in Newton/m^2, esprime la relazione tra le forze esercitate tra i punti materiali
  → densità superficiale di forza

Sforzo = $\frac{F}{A}$ deve definire la forza e la superficie tramite la sia ⊥

$\left[\frac{N}{m^2}\right] = [Pa]$





In base alla superficie su cui applico la forza, ottengo risultati diversi

Lo sforzo solitamente è dell'ordine di MPa, GPa, KPa

In base alla superficie su cui agisce lo sforzo, il materiale reagisce in modo diverso

↓

Devo definire ampiezza e direzione della forza nonché orientazione della superficie rispetto alla forza

- ampiezza forza = scalare
- direzione forza = vettore
- orientazione superficie = tensore

} SFORZO

TENSORE DELLO SFORZO = σ

perpendicolare di piano ↓ direzione forza

$$\begin{bmatrix} \sigma_{xx} & \sigma_{xy} & \sigma_{xz} \\ \sigma_{yx} & \sigma_{yy} & \sigma_{yz} \\ \sigma_{zx} & \sigma_{zy} & \sigma_{zz} \end{bmatrix}$$

Detta anche "matrice di Cauchy"

Sforzi normali (pedici uguali)

Sforzi di taglio (pedici diversi)

VETTORE DELLO SFORZO

$$\vec{S} = \vec{\vec{T}} \cdot \vec{n}$$

Dot product tra vettore unitario normale alla superficie e tensore dello sforzo

Solidi → in equilibrio rotazionale, atomi e molecole possono variare la loro distanza relativa ma non la loro posizione relativa e quindi il tensore degli sforzi è sempre simmetrico

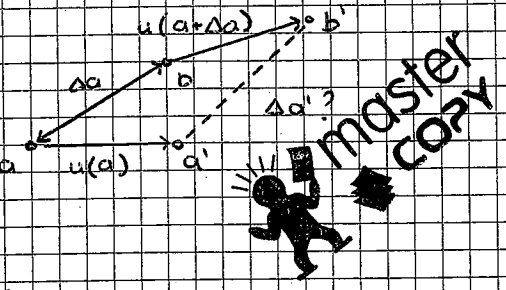
$\sigma_{yx} = \sigma_{xy}$

matrice del tensore simmetrica (anche in 3D)

$$\begin{bmatrix} \sigma_{xx} & \sigma_{xy} \\ \sigma_{yx} & \sigma_{yy} \end{bmatrix}$$

DEFORMAZIONE: come un materiale cambia la propria forma

Dati a e b punti adiacenti, con distanza Δa → il materiale si sposta e le unità si spostano e/o deformano



$\Delta a' = b' - a'$

$a' = a + u(a)$

$b' = b + u(a + \Delta a)$ $\quad b = a + \Delta a$

$\Delta a' = b + u(a + \Delta a) - a - u(a)$

$\Delta a' = a + \Delta a + u(a + \Delta a) - a - u(a) =$

$= \Delta a + u(a + \Delta a) - u(a)$

$\Delta a' = \Delta a + \Delta u$

$\Delta u = \Delta a' - \Delta a$ → Δu = differenza di spostamento tra due punti adiacenti

$\underline{u}$ = spostamento (vettore)

$u = (u_x, u_y, u_z)$

$$\Delta u_x = \frac{\partial u_x}{\partial x} dx + \frac{\partial u_x}{\partial y} dy + \frac{\partial u}{\partial z} dz$$

Posso definire $\nabla \vec{u}$ = $\begin{bmatrix} \frac{\partial u_x}{\partial x} & \frac{\partial u_x}{\partial y} & \frac{\partial u_x}{\partial z} \\ \frac{\partial u_y}{\partial x} & \frac{\partial u_y}{\partial y} & \frac{\partial u_y}{\partial z} \\ \frac{\partial u_z}{\partial x} & \frac{\partial u_z}{\partial y} & \frac{\partial u_z}{\partial z} \end{bmatrix}$

(gradiente dello spostamento)

Definisce quanto varia lo spostamento nello spazio

Matrice che descrive come cambia lo spostamento relativo tra punti adiacenti in ogni direzione

a_{xx} → direzione di spostam. | a_{xx} → direzione di variazione della distanza relativa tra i 2 punti

$\nabla \vec{u}$ = $\begin{bmatrix} a_{xx} & a_{xy} & a_{xz} \\ a_{yx} & a_{yy} & a_{yz} \\ a_{zx} & a_{zy} & a_{zz} \end{bmatrix}$

spostamenti uniassiali con variazioni solo sull'asse

gli altri sono deformazioni di taglio

$\nabla \vec{u}$ = **tensore delle deformazioni** se

- corpo materiale non subisce traslazioni o rotazioni (rif. fisso)
- subisce piccole deformazioni

DEFORMAZIONE Def. [adimensionale]

1. Differenza di lunghezza rispetto alla lunghezza iniziale Engineering strain

$$\varepsilon = \frac{\Delta \ell}{\ell_0} = \frac{\ell - \ell_0}{\ell_0}$$

2. Cauchy strain

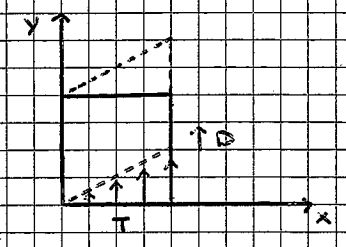
$$\varepsilon = \frac{1}{2}\left(\frac{\ell^2 - \ell_0^2}{\ell^2}\right)$$

3. Logaritmic or real strain

$$\varepsilon = \ln \frac{\ell}{\ell_0} \qquad \left(d\varepsilon = \frac{d\ell}{\ell}\right)$$

Quando $\ell \approx \ell_0$ le 3 definizioni coincidono e $\ell_0 - \ell \approx 2\ell_0$

DEFORMAZIONI DI TAGLIO (Shear strain)

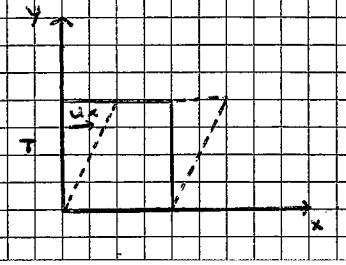


- Spostamento lungo y
- variazione di distanza tra 2 punti funzione di x

$\frac{\partial u_y}{\partial x}$

$u_x = 0$ $\quad u_y = \frac{D}{T} x$ $\quad \frac{\partial u_y}{\partial x} = \frac{D}{T}$

poiché lineare



$u_x = \frac{D}{T} y$ $\quad \frac{\partial u_x}{\partial y} = \frac{D}{T}$