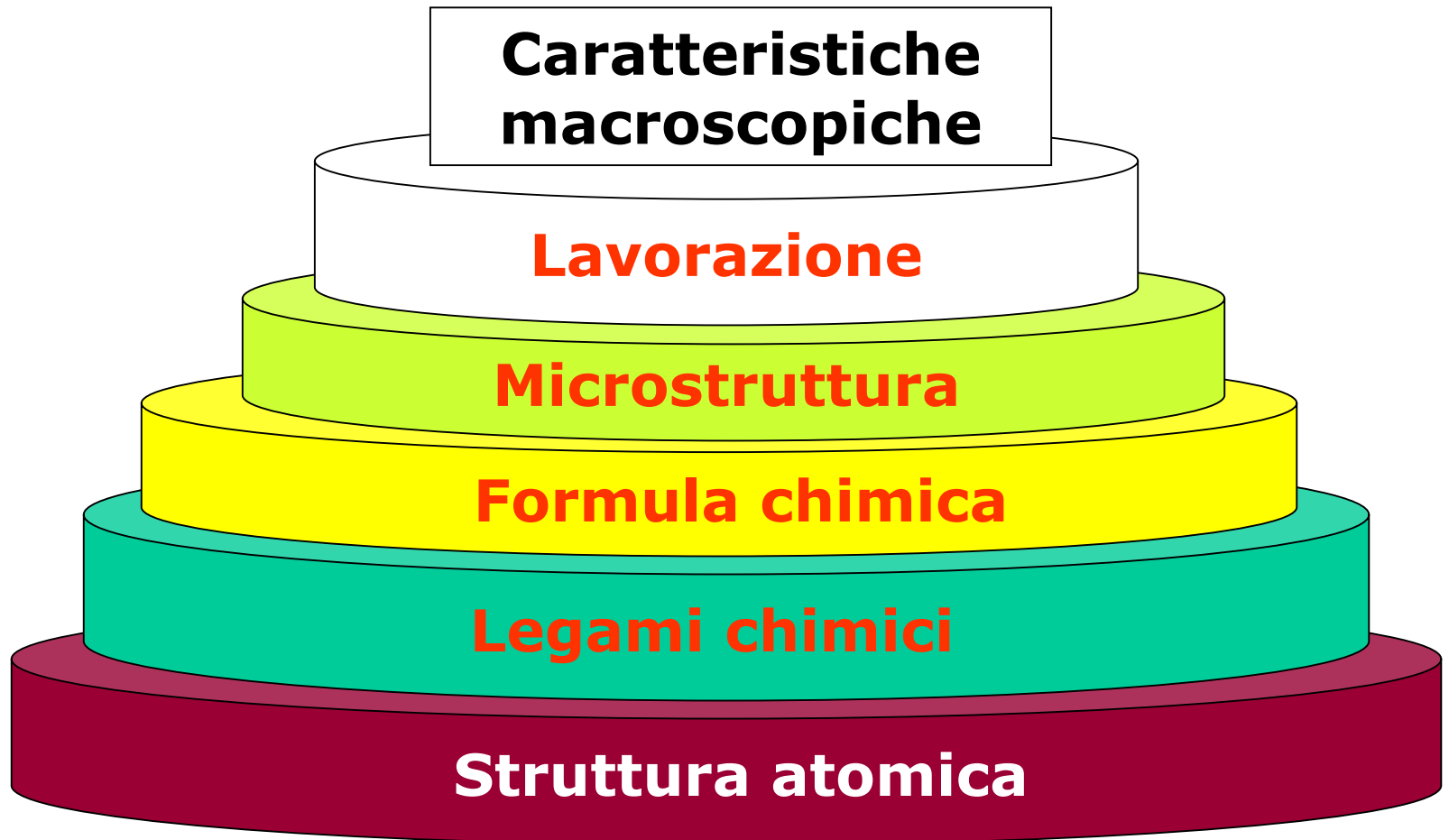
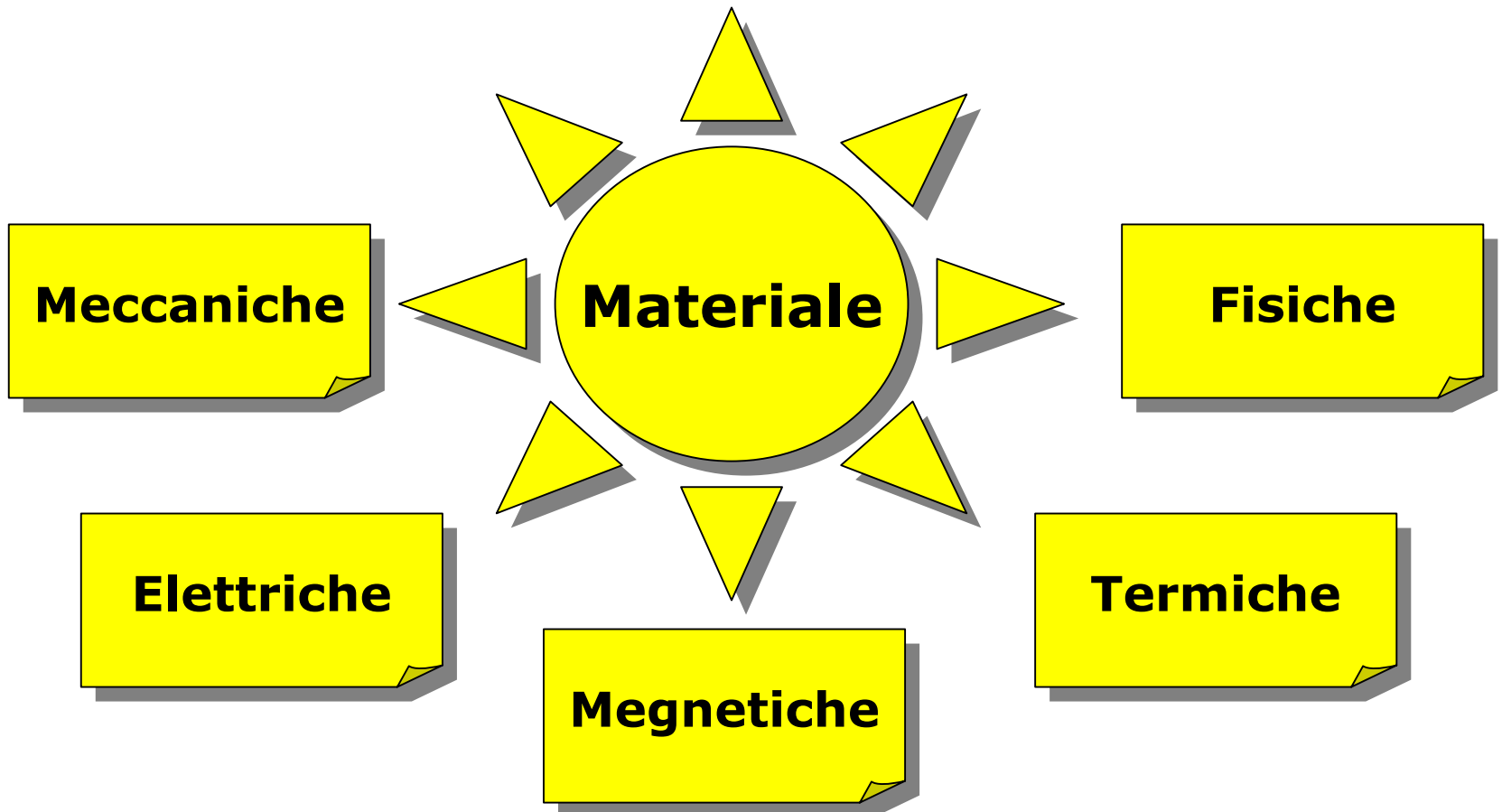


# Caratteristiche di materiali



# Proprietà dei materiali



# Proprietà dei materiali

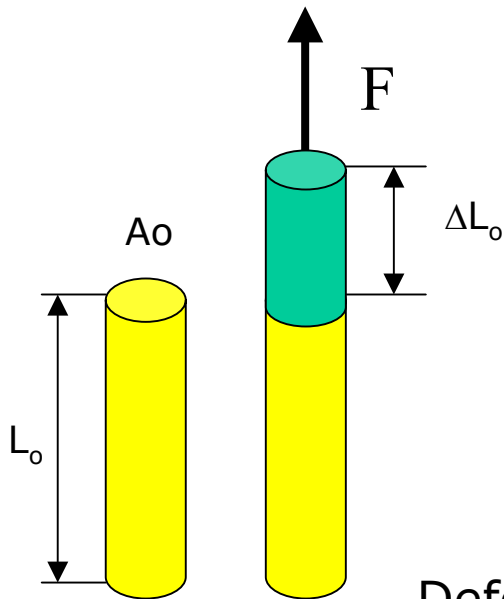
## Meccaniche

- Comportamento elastico
- Comportamento plastico
- Comportamento a fatica
- Comportamento a frattura
- Tenacità e Resilienza
- Durezza
- Comportamento a compressione
- Comportamento a taglio

# Proprietà dei materiali

- Comportamento elastico

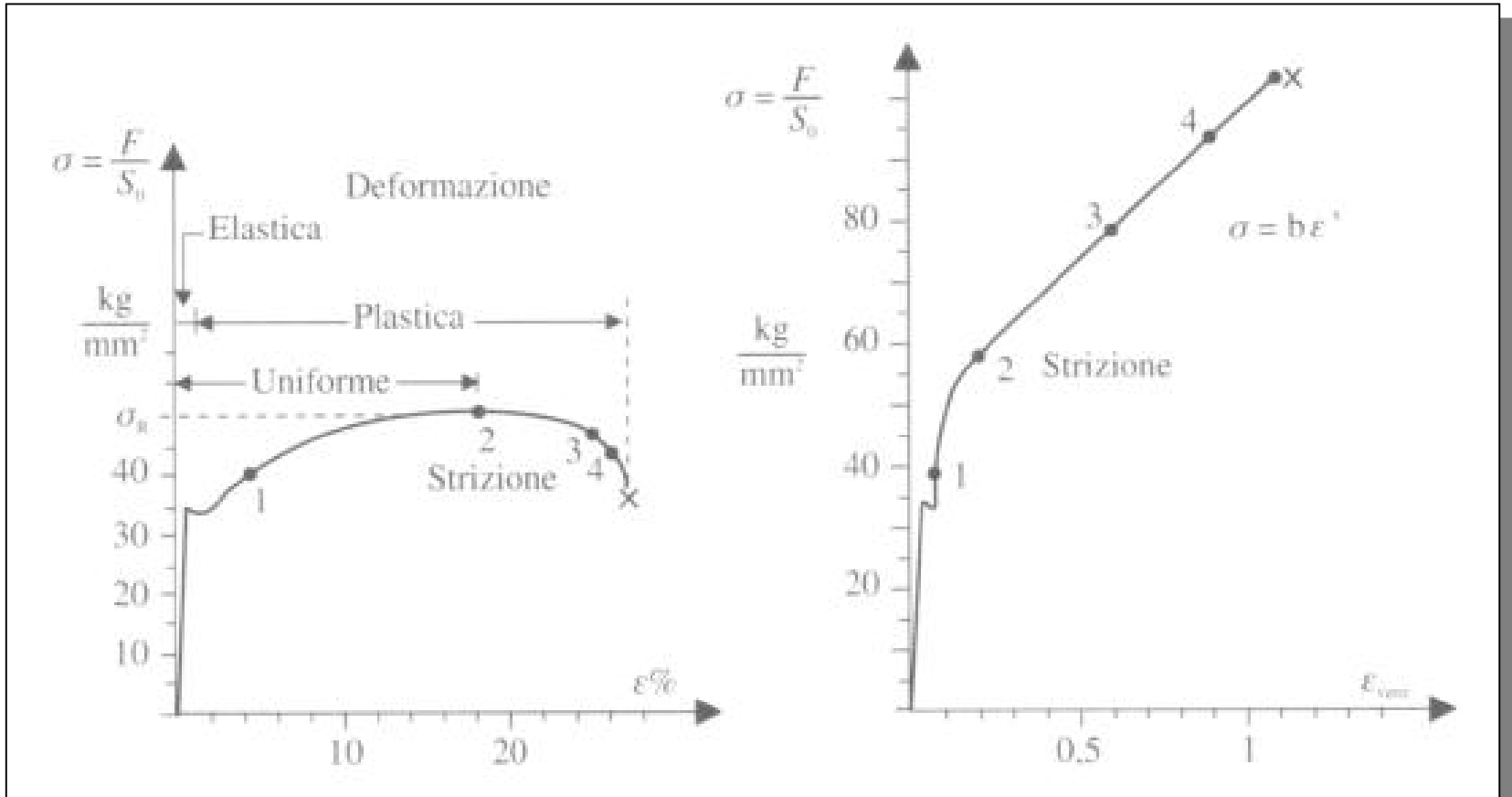
Un materiale sottoposto a trazione subisce una deformazione



$$\text{Sforzo nominale } \sigma = \frac{F}{A_0} \quad \text{Pa}$$

$$\text{Deformazione nominale } \varepsilon = \frac{\Delta L_0}{L_0}$$

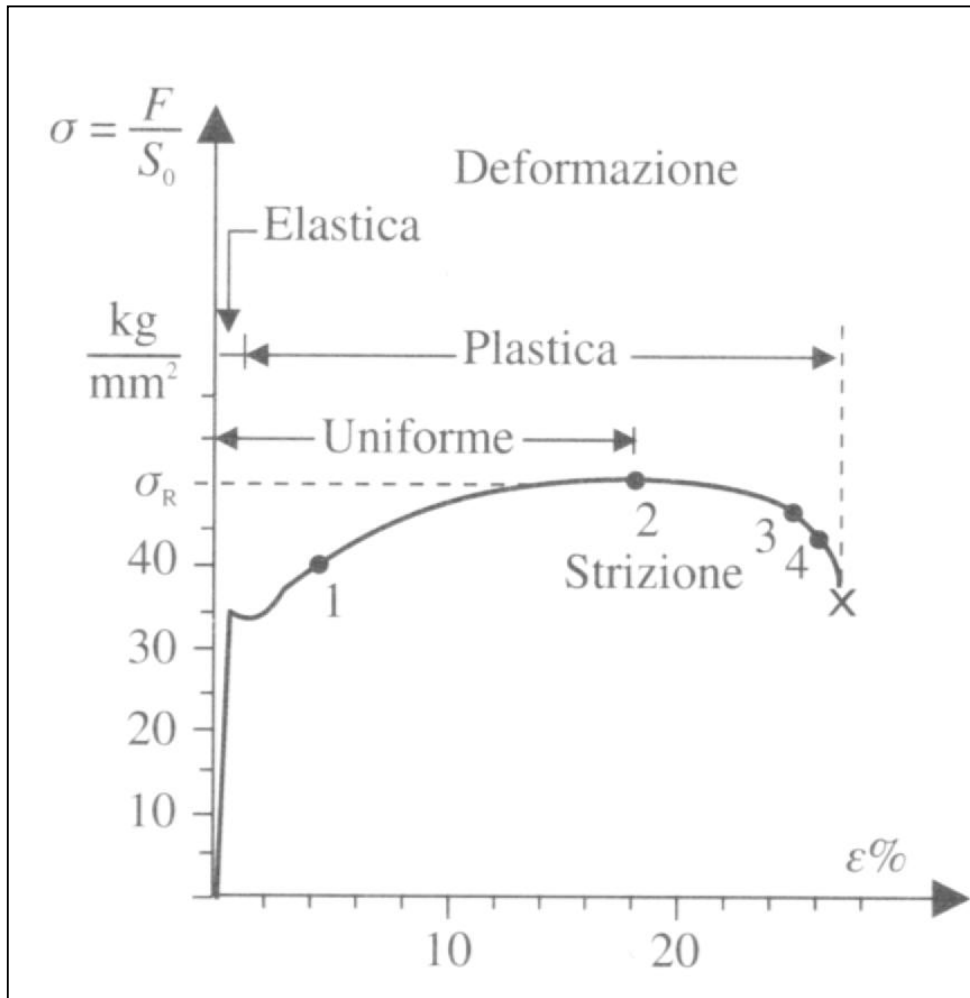
# Tipologie di materiali



Curva nominale

Curva reale

# Tipologie di materiali



Da una prova di trazione si ricavano le seguenti informazioni

- Modulo di elasticità
- Modulo di Poisson
- Carico di snervamento
- Carico di rottura
- L'allungamento perc. a rottura
- La strizione perc. a rottura

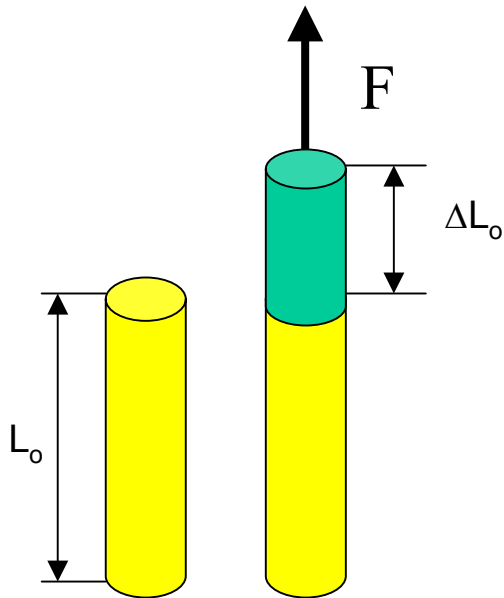
# Proprietà dei materiali

- Comportamento elastico

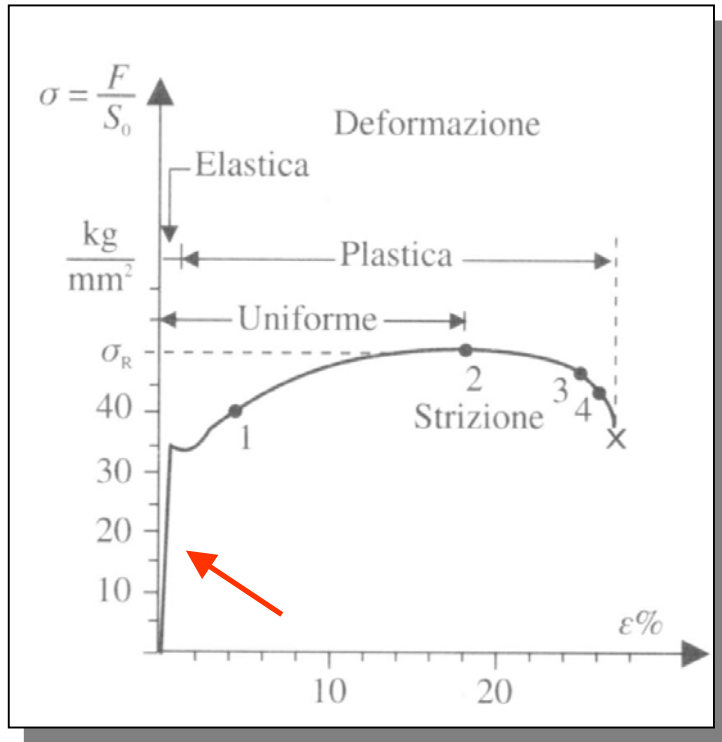
Un materiale sottoposto a trazione subisce una deformazione

Cessata la forza applicata il materiale ritorna alle dimensioni originali

Comportamento Elastico



# Modulo di elasticità



Legge di Hooke

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad \text{Pa}$$

$E$  = modulo di Young

$E$  è un parametro che caratterizza la resistenza del solido alla deformazione uniaassiale ed è detto *modulo di Young* o *modulo di elasticità*



# Modulo di elasticità

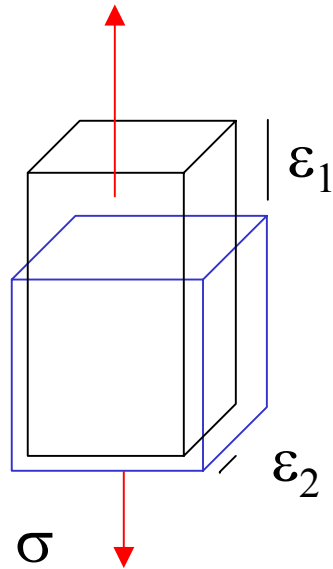
Valori del modulo di Young per materiali diversi.

Materiale	$E$ (Gpa)	Materiale	$E$ (GPa)
Diamante	$10^3$	Ti e sue leghe	85-130
WC	500-600	Zn e sue leghe	45-95
SiC	450	Al e sue leghe	70-80
$Al_2O_3$	300-400	Mg e sue leghe	40-45
TiC	320	GFRP*	10-40
Ni	215	Legno    alle fibre	10-15
Acciai	195-215	Legno $\perp$ alle fibre	0,5-1
CFRP**	100-200	Materie plastiche	$10^{-1}$ -5
Rame e sue leghe	120-150	Polimeri espansi	$10^{-3}$ - $10^{-2}$

\* Polimeri rinforzati con fibra di vetro.

\*\* Polimeri rinforzati con fibra di carbonio.

# Modulo di Poisson



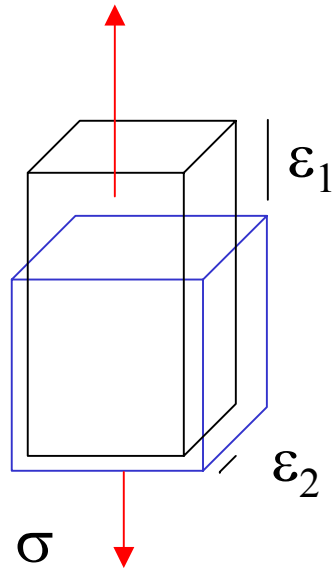
$$\nu = - \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1}$$

$\nu$  = Coefficiente di Poisson

L'allungamento del campione nel senso della trazione  $\epsilon_1$  produce un aumento del volume. Questo è solo parzialmente compensato da una contrazione laterale,  $\epsilon_2$ .

Il rapporto definisce, per un materiale isotropo, il *coefficiente di Poisson* .

# Modulo di Poisson



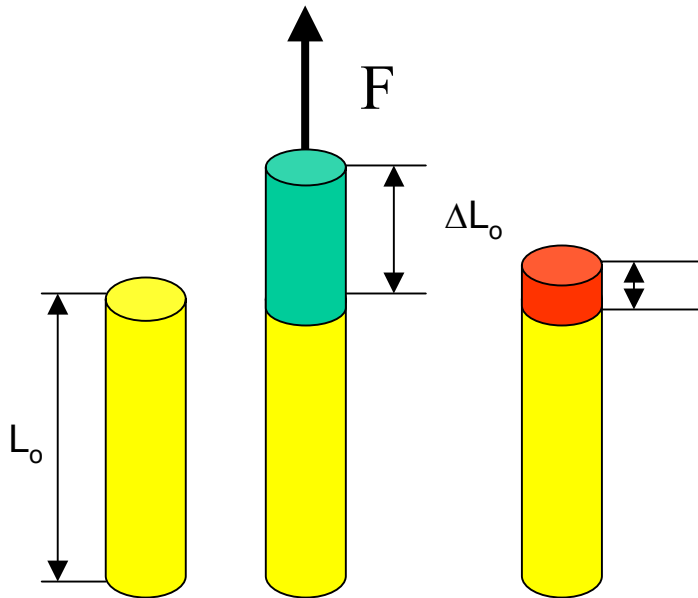
$$\nu = -\varepsilon_2 / \varepsilon_1$$

Il valore **limite superiore** è uguale a 0,5 e corrisponde ad una variazione nulla del volume nell'estensione ed è raggiunto dal **caucciù** che si deforma in trazione in modo elastico senza variazioni di volume. In tutti gli altri materiali, invece, si osserva un **aumento di volume durante la trazione**; si nota che *più il legame interatomico è forte (ad es. diamante), più tale aumento è elevato.*

Il coefficiente di Poisson è per i **metalli vicino a 0,35**, mentre per i **ceramici** è generalmente compreso tra **0,17 e 0,27**.

# Proprietà dei materiali

- Comportamento plastico

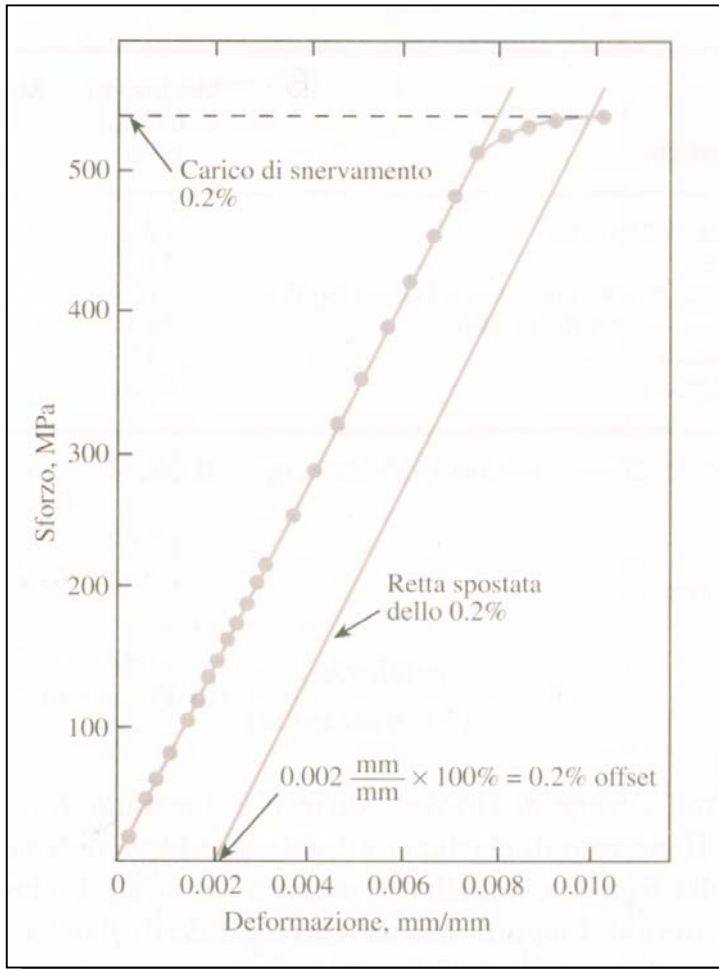


Un materiale sottoposto a trazione subisce una deformazione

Cessata la forza applicata il materiale **NON** ritorna alle dimensioni originali

Comportamento Plastico

# Carico di snervamento

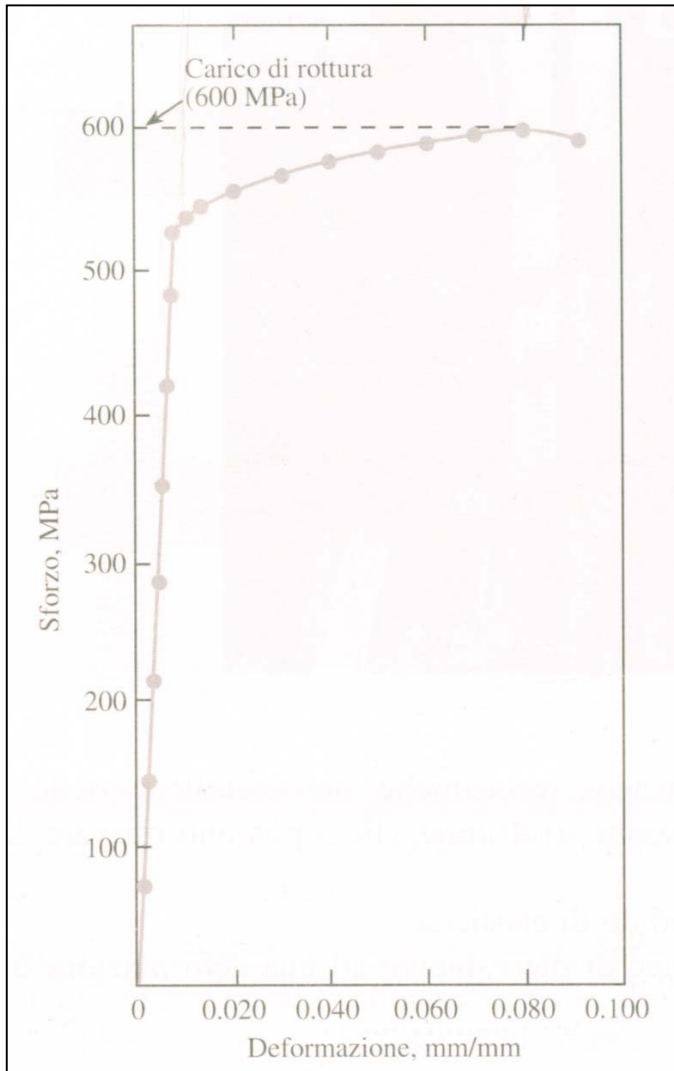


Sforzo in corrispondenza del quale si ha una fissata deformazione plastica permanente residua nella prova di trazione.

Normalmente il carico di snervamento è determinato per lo 0,2% di deformazione

Tale valore è arbitrario, in considerazione della specifica necessità si possono considerare anche altri valori

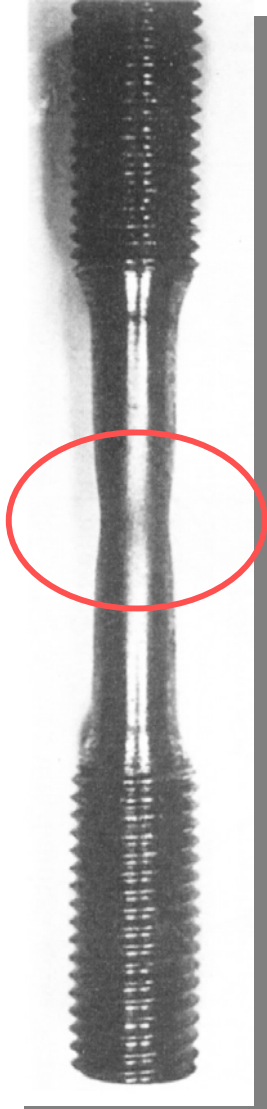
# Carico di rottura



Sforzo massimo raggiunto nel diagramma nominale sforzo-deformazione

Il carico di rottura si calcola tracciando una riga orizzontale al valore massimo della curva sforzo-deformazione

# Carico di rottura



Superato tale valore si osserva sul provino un restringimento localizzato della sezione.

Lo sforzo nominale diminuisce a causa di tale restringimento fino al raggiungimento della effettiva rottura del provino.

Lo sforzo reale aumenta

# Allungamento percentuale

$$\text{Allungamento \%} = \frac{\Delta L_o}{L_o} \times 100\%$$

Fornisce un valore della **duttilità** del materiale

Più elevata è la duttilità, maggiore è il valore dell'allungamento percentuale

Un materiale fragile è un materiale che si rompe dopo un allungamento percentuale di circa il 5%. Brittle materials are *approximately* considered to be those having a fracture strain of less than about 5%.



# Strizione percentuale

$$\text{Strizione \%} = \frac{A_0 - A}{A_0} \times 100\%$$

$A_0$  = sezione iniziale

$A$  = Sezione finale a rottura

È una misura della duttilità del materiale.

La strizione % diminuisce se sono presenti difetti, porosità, inclusioni

# Proprietà dei materiali

- Comportamento a fatica



Rottura del materiale per l'effetto di sollecitazioni ripetute di valore massimo inferiore al suo carico di rottura

Si innesca in corrispondenza di un taglio o difetto che concentra gli sforzi.

Si genera una cricca che si propaga attraverso il materiale per effetto della sollecitazione ciclica e ripetuta.

La sezione reale si riduce fino alla rottura

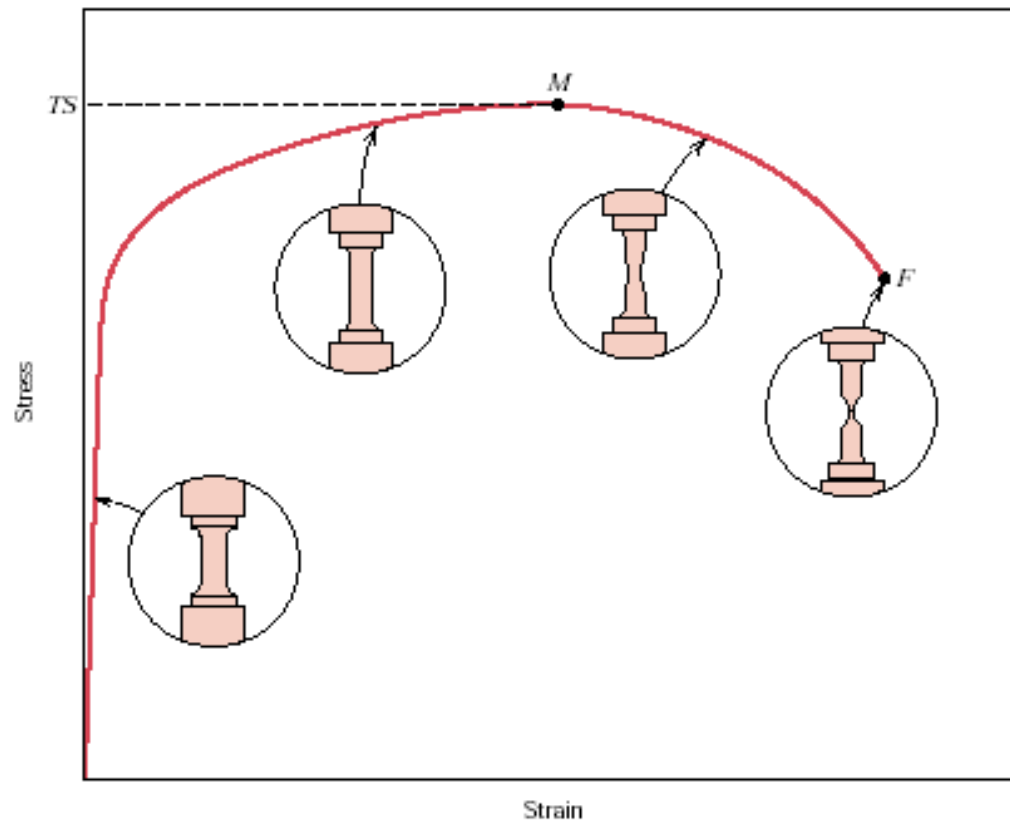


# Proprietà dei materiali

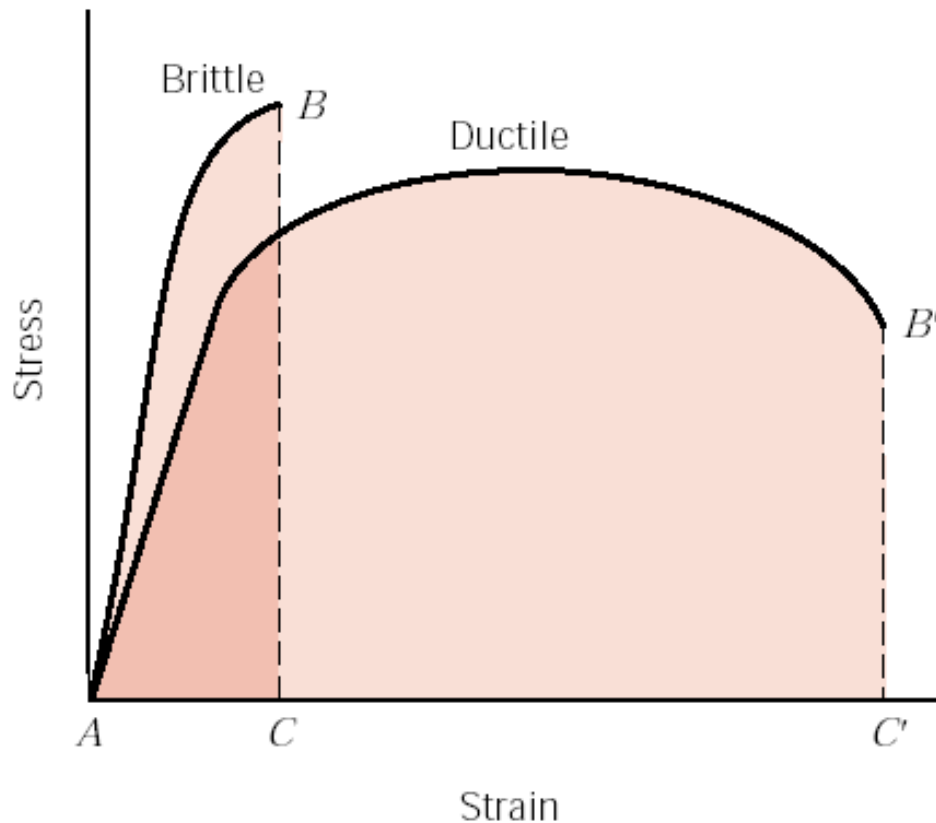
- Comportamento a rottura

**FIGURE 7.11**

Typical engineering stress-strain behavior to fracture, point  $F$ . The tensile strength  $TS$  is indicated at point  $M$ . The circular insets represent the geometry of the deformed specimen at various points along the curve.



# Proprietà dei materiali



Comportamento a trazione di un materiale fragile (Brittle) e di uno duttile (Ductile)

# Proprietà dei materiali

- Comportamento a rottura

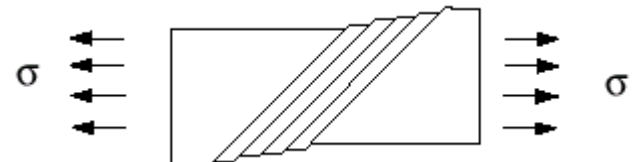
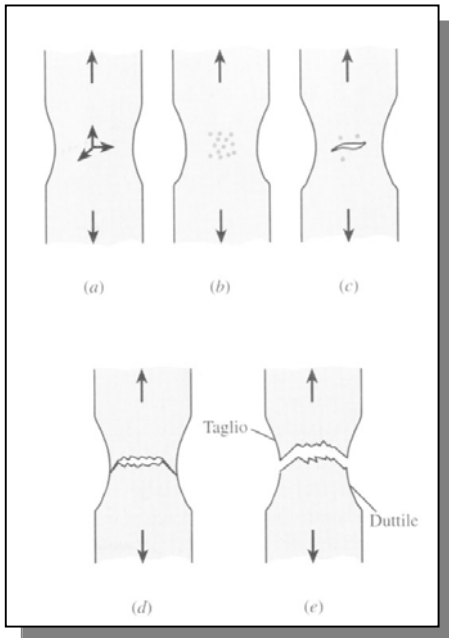
## Rottura duttile

Rottura che avviene dopo una deformazione plastica.

Il cedimento che mette fine al comportamento elastico è causato dallo

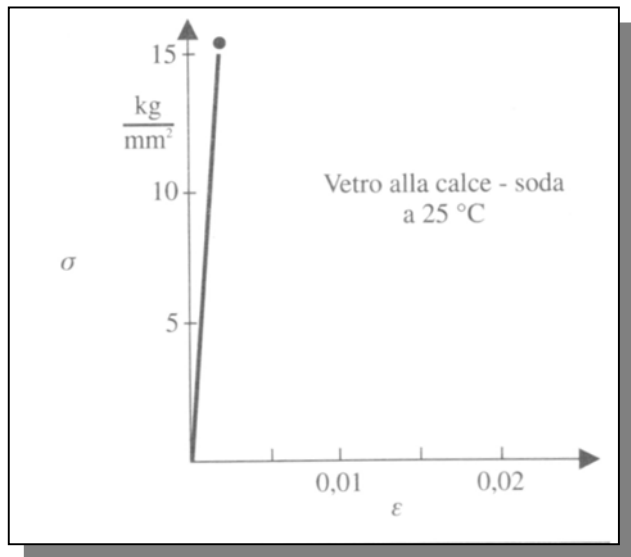
scorrimento dei piani cristallini, che si verifica su piani inclinati di circa  $45^\circ$  rispetto alla direzione di applicazione della forza dove le tensioni di tipo tangenziale ( $t$ ) sono massime.

Tipica dei metalli



# Proprietà dei materiali

- Comportamento a rottura



## Rottura fragile

Rottura che avviene dopo una piccola o in assenza di deformazione plastica.

Il cedimento consiste nella perdita di coesione fra gli atomi, fenomeno che porta al distacco frontale del materiale.

Tipica dei ceramici e di alcuni metalli



# Proprietà dei materiali

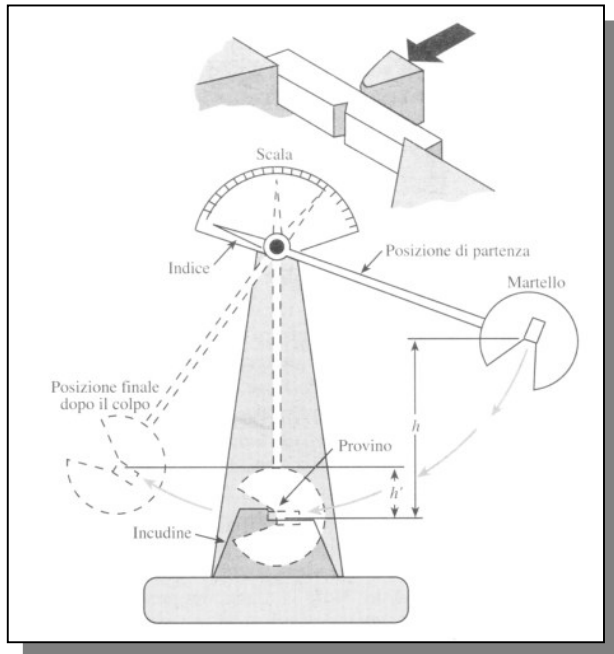
- Resilienza

È la capacità di un materiale di assorbire energia quando è deformato in modo elastico

**In pratica** è definita dal lavoro occorrente per rompere con un sol colpo un'asta del materiale in esame, riferito all'unità di superficie della sezione in cui si verifica la rottura.

Il reciproco dell'indice di resilienza viene assunto come indice di fragilità.

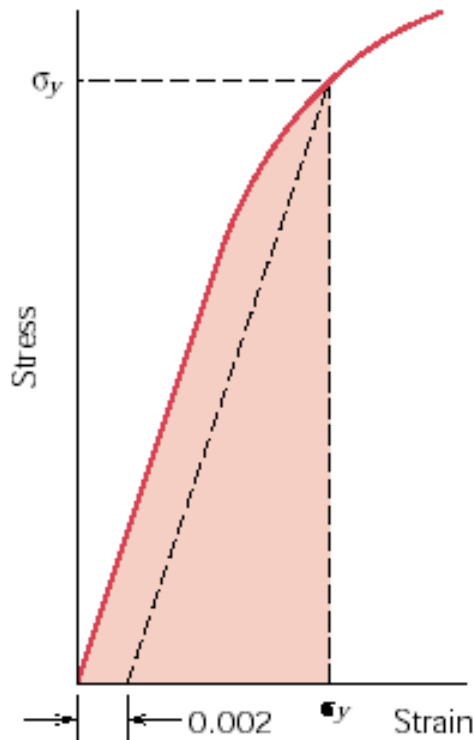
Materiali di elevata resilienza sono detti tenaci, a differenza di quelli fragili, aventi piccolo valore di resilienza e quindi poco resistenti agli urti.



*Pendolo di Charpy*

# Proprietà dei materiali

- Resilienza



Modulo di Resilienza

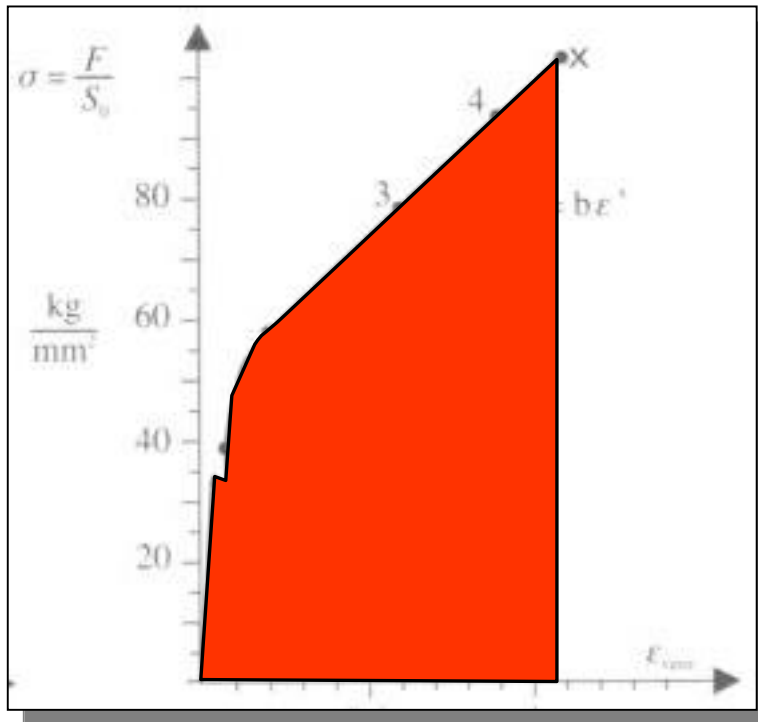
$$U_r = \int_0^{\epsilon_y} \sigma d\epsilon$$

**J/m<sup>3</sup>**



# Proprietà dei materiali

- Tenacità

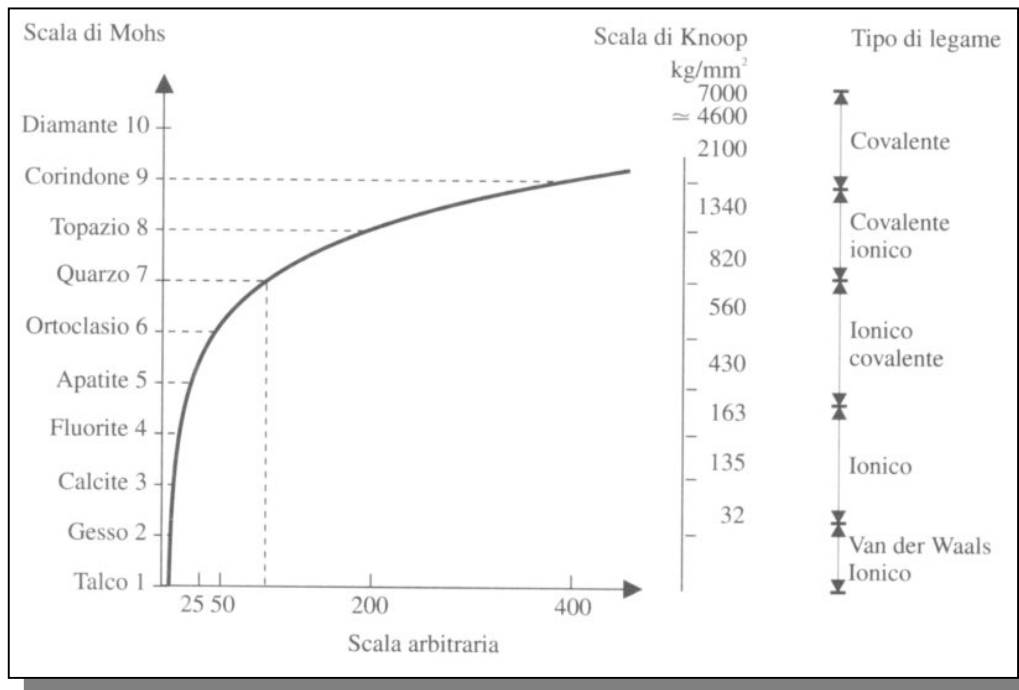


È l'energia necessaria per la frattura di un materiale sotto un carico statico.

È rappresentata dall'area sottesa alla curva reale  $\sigma$ - $\epsilon$  della prova di trazione.

# Proprietà dei materiali

## • Durezza



Resistenza che una superficie oppone alla scalfittura, abrasione e alla deformazione elastica e plastica per compressione

Scala mohs

Metodo Knoop

Metodo Brinell

Metodo Rockwell

Metodo Vickers

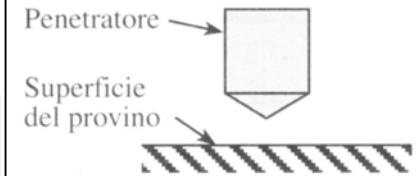
# Proprietà dei materiali

**Table 7.4** Hardness Testing Techniques

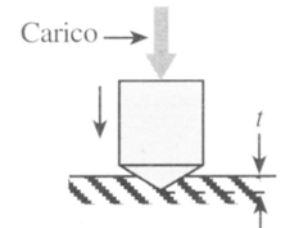
Test	Indenter	Shape of Indentation		Load	Formula for Hardness Number <sup>a</sup>
		Side View	Top View		
Brinell	10-mm sphere of steel or tungsten carbide			$P$	$HB = \frac{2P}{\pi D [D - \sqrt{D^2 - d^2}]}$
Vickers microhardness	Diamond pyramid			$P$	$HV = 1.854P/d_1^2$
Knoop microhardness	Diamond pyramid			$P$	$HK = 14.2P/l^2$
Rockwell and Superficial Rockwell	{ Diamond cone { 1/16, 1/8, 1/4, 1/2 in. diameter { steel spheres			$60 \text{ kg}$ $100 \text{ kg}$ $150 \text{ kg}$	Rockwell Superficial Rockwell

<sup>a</sup> For the hardness formulas given,  $P$  (the applied load) is in kg, while  $D$ ,  $d$ ,  $d_1$ , and  $l$  are all in mm.

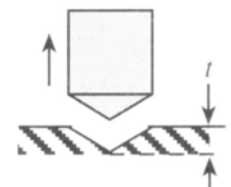
Source: Adapted from H. W. Hayden, W. G. Moffatt, and J. Wulff, *The Structure and Properties of Materials*, Vol. III, *Mechanical Behavior*. Copyright © 1965 by John Wiley & Sons, New York. Reprinted by permission of John Wiley & Sons, Inc.



- (1) Il penetratore è sopra la superficie del provino



- (2) Il penetratore sotto il carico prescelto penetra la superficie del provino

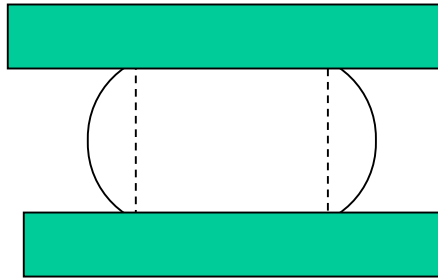


- (2) Il penetratore viene rimosso dalla superficie del provino lasciando l'impronta

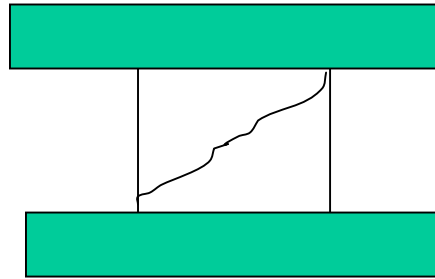
# Proprietà dei materiali

- Comportamento a compressione

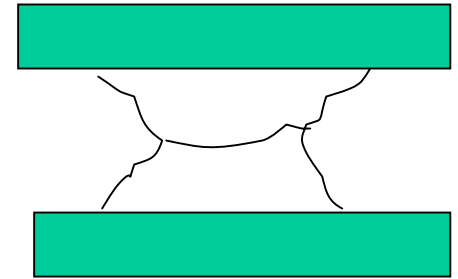
Una forza viene applicata normalmente alla superficie del provino, generalmente di forma cilindrica o cubica.



Materiale duttile



Materiale a frattura fragile (ghisa)

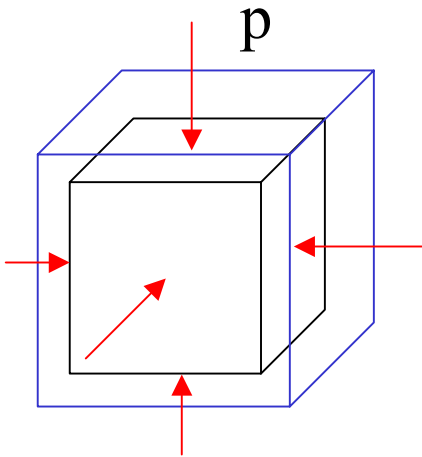


Materiale a frattura fragile (calcestruzzo)

# Proprietà dei materiali

- Comportamento a compressione

Generalmente si parla di **compressione idrostatica** dal momento che lo stato tensionale è assimilabile a quello sperimentato da un corpo immerso in un fluido omogeneo;



$$\varepsilon_v = \Delta V / V$$

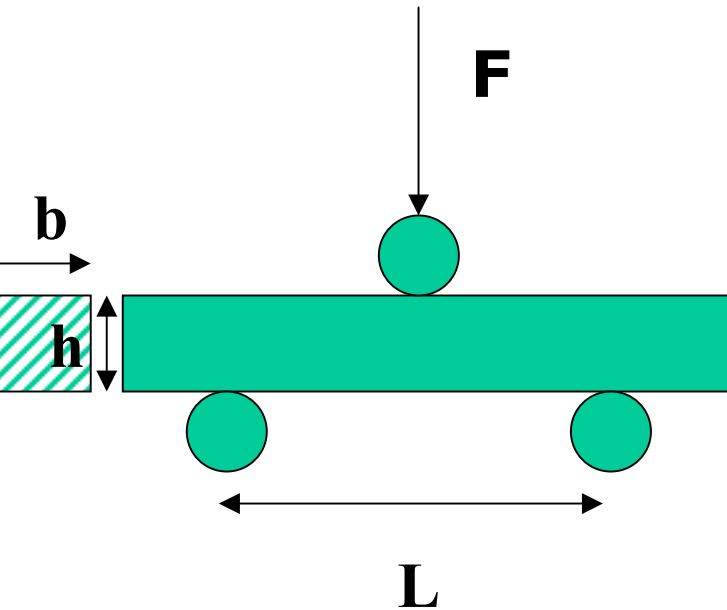
$$K = -p / \varepsilon_v$$

Il segno “-” nella definizione di K, **Modulo di compressibilità**, è dovuto dal fatto che la variazione di volume è negativa, mentre la pressione è definita positiva

# Proprietà dei materiali

- Comportamento a compressione

$$\sigma = \frac{3FL}{2bh^2}$$



Modulo di rottura a flessione dove:

F = carico richiesto per rompere il provino (N)

L = distanza interassiale dei rulli di supporto (mm)

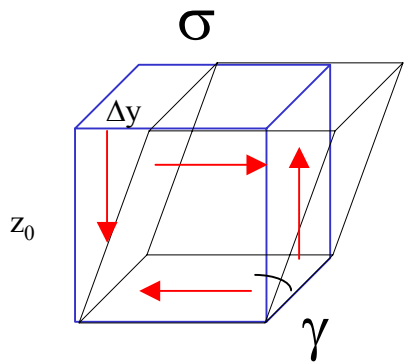
b = larghezza del provino in corrispondenza della sezione di rottura (mm)

h = spessore minimo della sezione di rottura (mm)

# Proprietà dei materiali

- Comportamento a taglio

$$\operatorname{tg}\gamma \sim \gamma = \Delta y / z_0$$



La sollecitazione  $s$  è definita dal rapporto tra la forza agente sulla superficie  $S_0$  e l'area della stessa.

Nell'ipotesi di piccole deformazioni, si ha che

$$\operatorname{tg}\gamma = \gamma$$

$$G = \sigma / \gamma$$

Il modulo di taglio (o di scorrimento)  $G$ , è definito come il rapporto  $\sigma / \gamma$ , ed è misurato in Pa.