

## 2. Il livello atomico

---

### Struttura, proprietà e legami degli atomi

2.1 Struttura degli atomi

2.2 Il sistema periodico

2.3 Elettronegatività degli elementi

2.4 Legame chimico – ionico, covalente, metallico

2.5 Energia di legame - curve Condon Morse

2.6 Proprietà tecnologiche

- Temperatura di fusione

- Modulo di Young

- Coefficiente di espansione termico

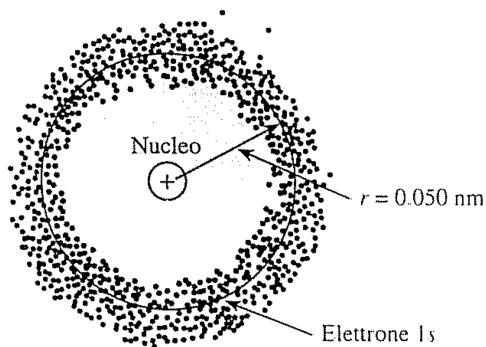
2.7 Riassunto

2.8 Domande di verifica

## 2.1 Struttura degli atomi

---

### Modello dell' atomo di idrogenoH



Raggio del atomo: 0.05 nm

Carica negativa: elettrone

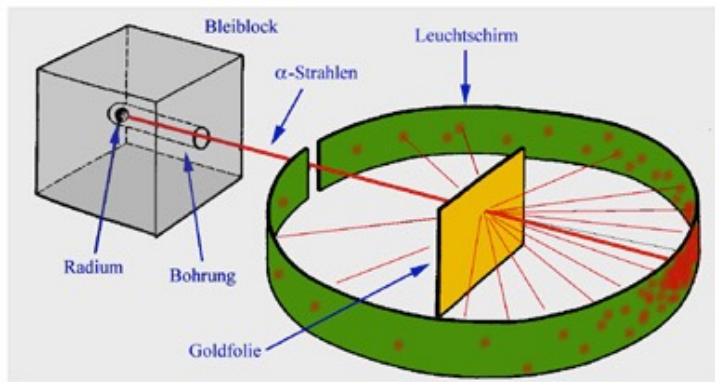
Carica positiva: protone (nel nucleo)

Nuvola di carica elettronica (schematica) che circonda il nucleo di un atomo di idrogeno nella condizione di più basso livello di energia (1s). Ogni punto nella figura corrisponde a una "fotografia istantanea" e indica la più probabile posizione dell'elettrone.

## 2.1 Struttura degli atomi

---

### Esperimento di Rutherford (1911)



Una lamina sottile di oro è stato bombardato di particelle  $\alpha$

99% delle particelle  $\alpha$  non sono stati deviati ma sono passati dritti.

L'esperimento prova che gli atomi non sono sfere omogenee (come pensava Dalton) ma sono fatto di un nucleo (molto piccolo) e una nuvola di elettroni.  
Diametro dell' atomo di rame:  $1.4 \cdot 10^{-9}$  m (1.4 nm)  
Diametro del nucleo:  $1.7 \cdot 10^{-14}$  m ( $1.7 \cdot 10^{-5}$  nm)

# 2.2 Sistema periodico

gruppi	1																2													
periodi	1																		2											
1	1																													
	idrogeno																													
	1	H																												
	1,00794																													
2	3	4																												
	litio	berillio																												
	Li	Be																												
	6,941	9,012182																												
3	11	12																												
	sodio	magnesio																												
	Na	Mg																												
	22,98976	24,3050																												
4	19	20	21	22																										
	potassio	calcio	scandio	titanio																										
	K	Ca	Sc	Ti																										
	39,0983	40,078	44,95591	47,867																										
5	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54												
	rubidio	stronzio	itrio	zirconio	niobio	molibdeno	tecnecio	rutenio	rodio	paladio	argento	cadmio	indio	stagno	antimonio	tellurio	iodio	xeno												
	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe												
	85,4678	87,62	88,90585	91,224	92,90638	95,94	(98)	101,07	102,9055	106,42	107,8682	112,411	114,818	118,710	121,760	127,60	126,904	131,29												
6	55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86												
	cesio	bario	lantanio	* La	* Ta	* W	* Re	* Os	* Ir	* Pt	* Au	mercurio	talio	piombo	bismuto	polonio	astato	radio												
	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn												
	132,9054	137,327	138,9055	178,49	180,9479	183,84	186,207	190,23	192,217	195,08	196,9665	200,59	204,3833	207,2	208,9803	(209)	(210)	(222)												
7	87	88	89	104	105	106	107	108	109	110	111																			
	francio	radio	actinio	** Rf	** Db	** Sg	** Bh	** Hs	** Mt	** Ds	** Rg																			
	Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg																			
	(223)	226,025	227,028	(261)	(262)	(266)	(264)	(265)	(268)	(271)	(272)																			

**Gruppi:** hanno lo stesso numero di elettroni di valenza = proprietà chimiche simili

## 2.2 Sistema periodico

---

Quali informazioni si ottengono dal sistema periodico ?

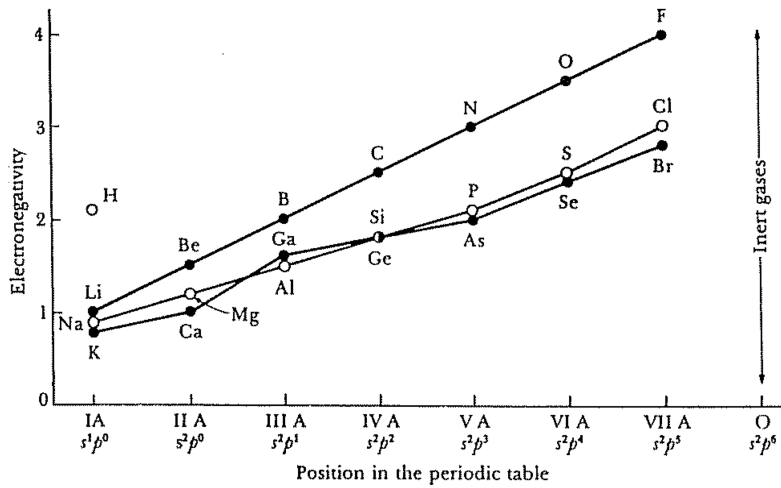
- Numero dell' elemento, uguale a numero di elettroni e protoni
- Gruppo dell' elemento, numero di elettroni di valenza (proprietà chimiche simili)
- Massa dell' elemento (C 12 -> 12g/mole)

Sistemi periodici più "raffinati"

- Temperatura di fusione  $T_{fus}$
- Struttura cristallina (per i metalli)

## 2.3 Elettronegatività degli elementi

Elettronegatività (EN) -> numero relativo per indicare quanto un elemento attrae elettroni:



EN alta:  
tipici non-metalli  
Attraggono altri e-

EN piccola:  
tipici metalli  
cedono altri e-

Dalla differenza di elettronegatività ( $\Delta EN$ ) si conclude sul tipo di legame chimico.

## 2.4 Legame chimico

---

Tendenza fondamentale: ogni atomo cerca di ottenere il suo guscio di elettroni di valenza piena (8 elettroni).

Gas nobili (nel sistema periodico nel gruppo 8)

- hanno già 8 elettroni di valenza -> sono non-reattivi (inerti)

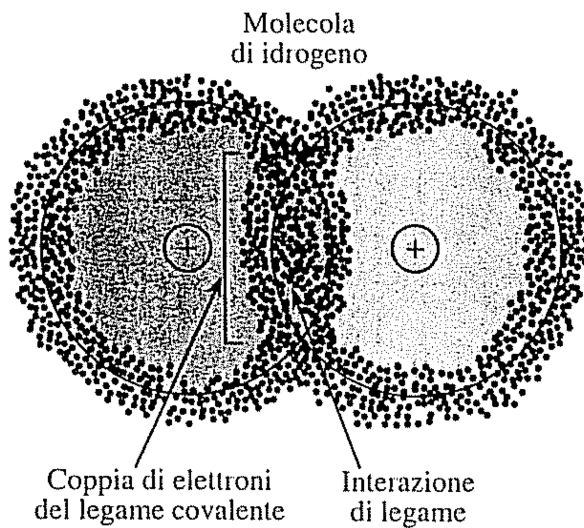
Tipi di legame chimico:

- **covalente**:  $\Delta EN < 1.5$ , elettroni condivisi tra due atomi  
tipico tra non-metalli (es. molecola  $O_2$ ,  $CH_4$ , etc.)
- **ionico**:  $\Delta EN > 1.5$ , un atomo (EN piccolo) lascia elettroni all' altro  
tipico tra metalli e non-metalli (es. NaCl)
- **metallico**:  $\Delta EN < 1$ , gas di elettroni

## 2.4 Legame chimico

---

### Legame covalente (elettroni condivisi)



fra atomi non-metallici  
con  $\Delta EN$  piccolo

#### Caratteristiche

- Energia di legame alta
- legame direzionale (carbonio configurazione tetraedrica, 4 legami)

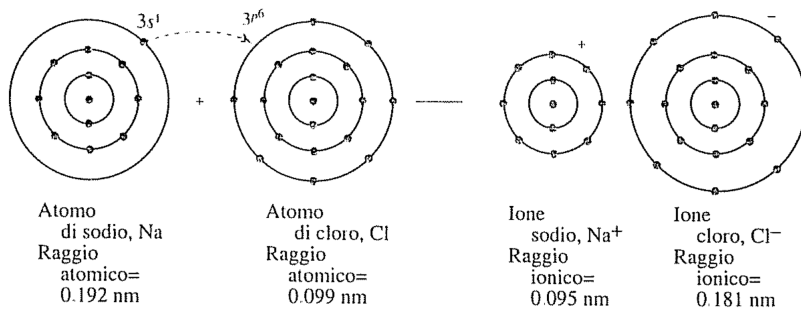
#### Materiali

- Diamante
- materiali polimerici

## 2.4 Legame chimico

---

### Legame ionico (trasferimento di elettroni)



Il trasferimento di elettroni crea ioni

ione Na<sup>+</sup>  
ione Cl<sup>-</sup>

fra atomi metallici e atomi non-metallici,  $\Delta EN$  grande, elettroneutralità

#### Caratteristiche

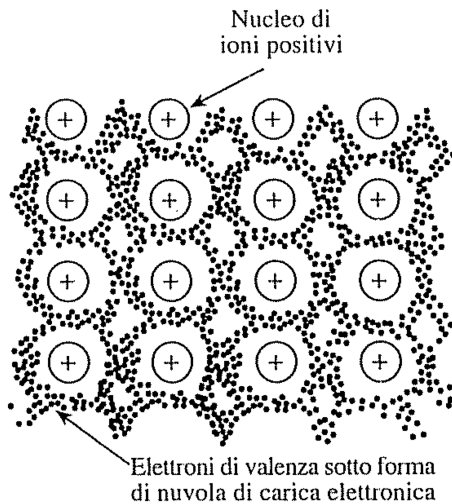
- Energia di legame alta
- legame non-direzionale (forze tipo Coulomb)

**Materiali:** Sali come NaCl

## 2.4 Legame chimico

---

### Legame metallico (gas di elettroni condiviso)



I nuclei positivi degli atomi che formano il metallo sono legati tra loro da un "gas di elettroni" costituito dagli elettroni di valenza delocalizzati.

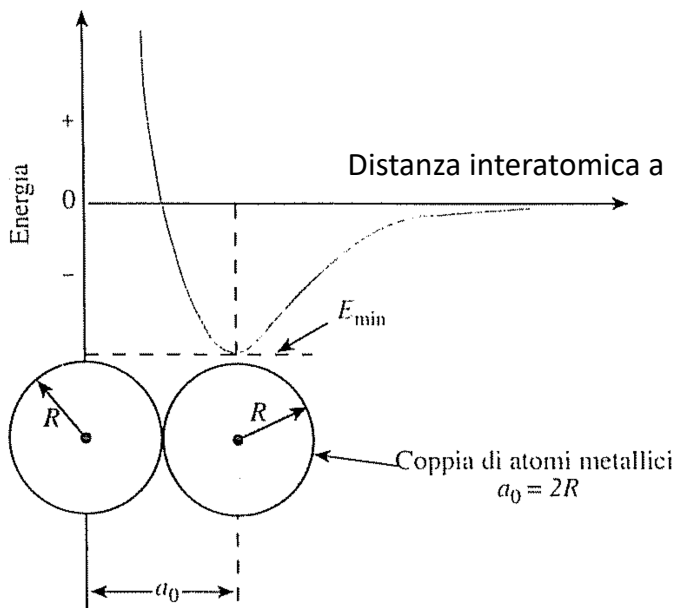
#### Caratteristiche

- Energia di legame bassa - media
- legame non-direzionale (forze tipo Coulomb)

**Materiali:** tutti metalli e leghe

## 2.5 Energia di legame

### Energia vs distanza – curve Condon Morse



**Forze repulsive**  
tipo elettrostatico Coulomb

$$E_{rep} = b/a^m$$

**Equilibrio delle forze**

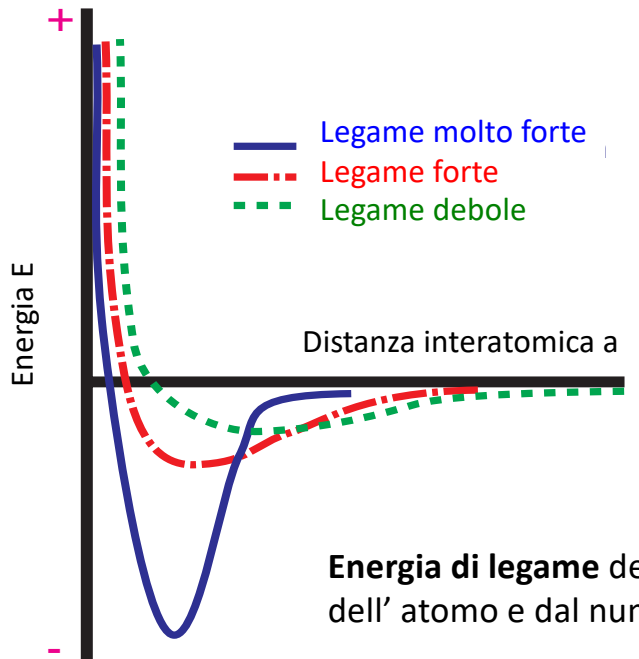
- Distanza interatomica  $a_0$
- Energia minima  $E_{min}$

**Forze attrattive**  
tipo elettrostatico Coulomb

$$E_{att} = -c/a^n$$

## 2.5 Energia di legame

### Energia di legame



Legame molto forte

$E_{\min}$  molto alta

Legame forte

$E_{\min}$  alta

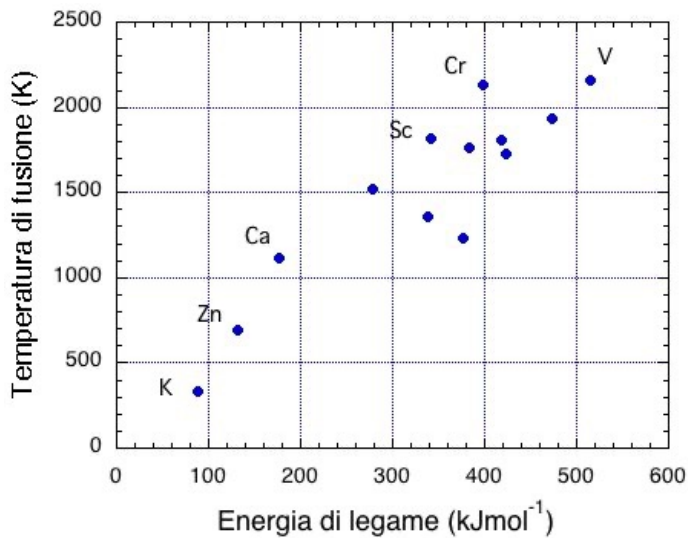
Legame debole

$E_{\min}$  bassa

**Energia di legame** dei metalli dipende dalla dimensione dell' atomo e dal numero di elettroni di valenza.

## 2.6 Proprietà tecnologiche

### Energia di legame vs temperatura di fusione



Nel processo della fusione di un solido metallico i legami tra gli atomi si sciolgono – gli atomi nel fuso sono liberi di muoversi.

Dunque la temperatura di fusione è una misura per l'energia di legame.

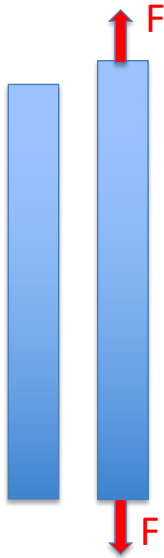
Il diagramma conferma che la temperatura di fusione è proporzionale all'energia di legame

La temperatura di fusione  $T_{fus}$  e l'energia di legame sono proporzionali.  
Più alta  $T_{fus}$  più alta l'energia di legame.

## 2.6 Proprietà tecnologiche

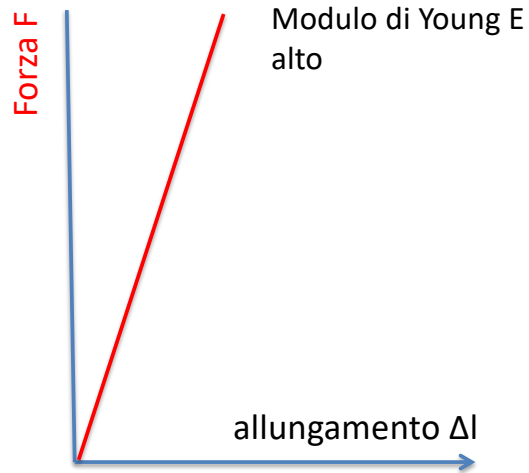
---

### Mettere un metallo sotto sforzo di trazione



**Macroscopico:**  
un metallo messo sotto sforzo si allunga

**Macroscopico:**  
Allungamento  $\Delta l$  e forza  $F$  sono proporzionali  
La pendenza è il modulo di Young

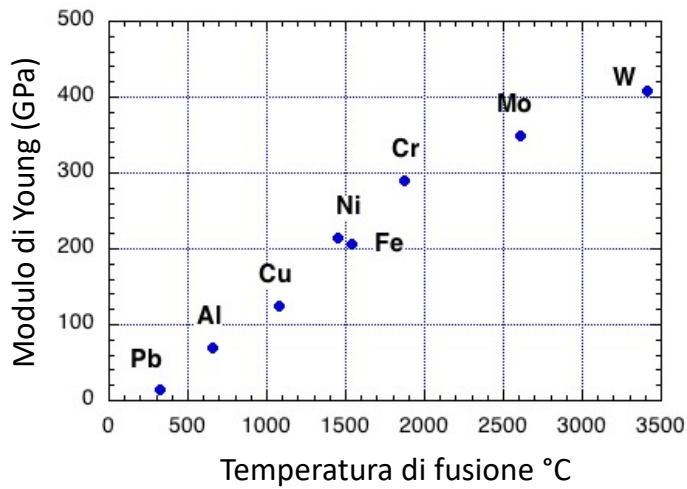


## 2.6 Proprietà tecnologiche

---

### Modulo di Young $E$ vs $T_{fus}$

Dati sperimentali per diversi metalli



#### Che cosa si osserva ?

(una descrizione di quello che si vede nel grafico)

Modulo Young  $E$  e  $T_{fus}$  sono proporzionali.

Una funzione lineare

#### Come si spiega ?

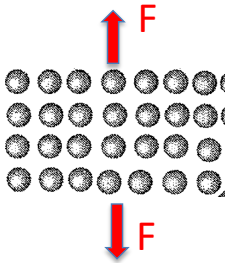
Spiegare significa di rispondere alla domanda **perché** ?

## 2.6 Proprietà tecnologiche

---

### Modulo di Young $E$ vs $T_{fus}$

E' già stato stabilito che  $T_{fus}$  è proporzionale all' energia di legame fra gli atomi.



*Spiegazione in maniere qualitativa:* la forza applicata  $F$  deve lavorare contro **l'energia di legame** del metallo che tiene gli atomi insieme.

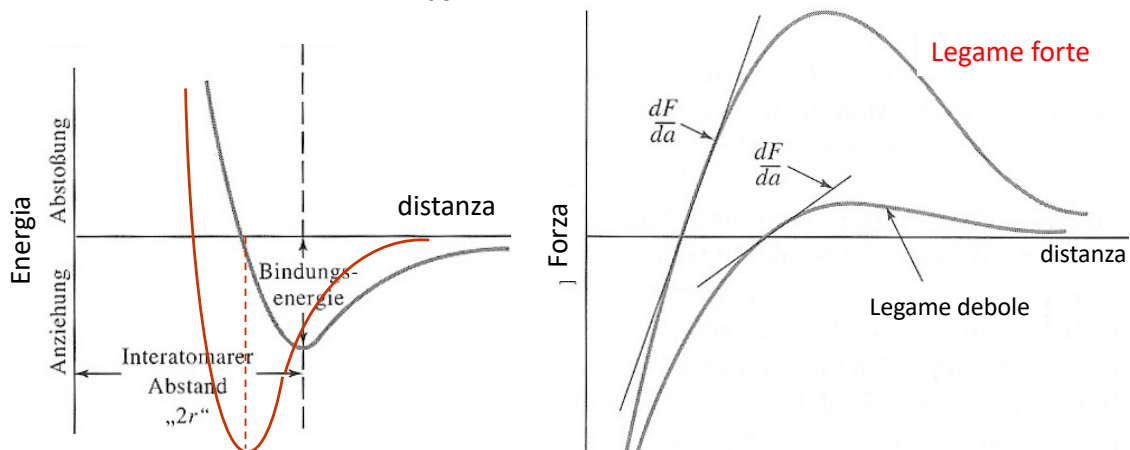
Energia di legame alta: a parità della forza  $F$  la distanza interatomica a aumenta poco,  $\Delta a$  piccolo  $\rightarrow$  il modulo di Young  $E$  calcolato come  $\Delta F/\Delta a$  è alto.

Energia di legame bassa: a parità della forza  $F$  la distanza interatomica a aumenta molto,  $\Delta a$  grande  $\rightarrow$  il modulo di Young  $E$  calcolato come  $\Delta F/\Delta a$  è basso.

Il modulo di Young  $E$  e  $T_{fus}$  sono proporzionale perché entrambi parametri dipendono dall' energia di legame del metallo.

## 2.6 Proprietà tecnologiche

### Modulo di Young $E$ vs $T_{fus}$



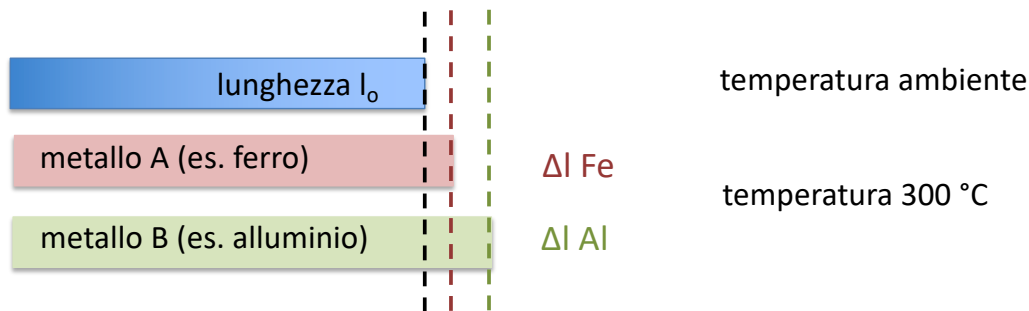
La prima derivata sulla curva Energia/distanza è la curva forza/distanza. La pendenza della tangente  $dF/da$  alla curva è il modulo di Young  $E$ .

Questo dimostra che il modulo di Young dipende ed è proporzionale all'energia di legame.

## 2.6 Proprietà tecnologiche

---

### Riscaldare un metallo



**Che cosa si osserva ?** (una descrizione di quello che si osserva)

- Aumentando la temperatura i metalli si allungano
- L'allungamento dipende dal tipo di metallo
- L'allungamento per l'alluminio è maggiore del ferro

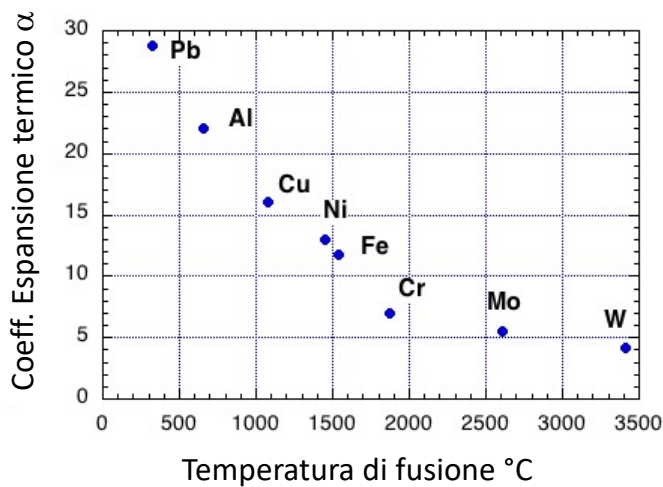
Esprimendo  $\Delta l_{met}/l_0$  si calcola l'allungamento percentuale.

Il **coefficiente di espansione termico**  $\alpha$  si ottiene dividendo per  $\Delta T$

## 2.6 Proprietà tecnologiche

---

### Coefficiente espansione termico vs $T_{fus}$



**Che cosa si osserva ?**

(una descrizione di quello che si vede nel grafico)

il coefficiente di espansione termico dei metalli  $\alpha$  è inversamente proporzionale a  $T_{fus}$

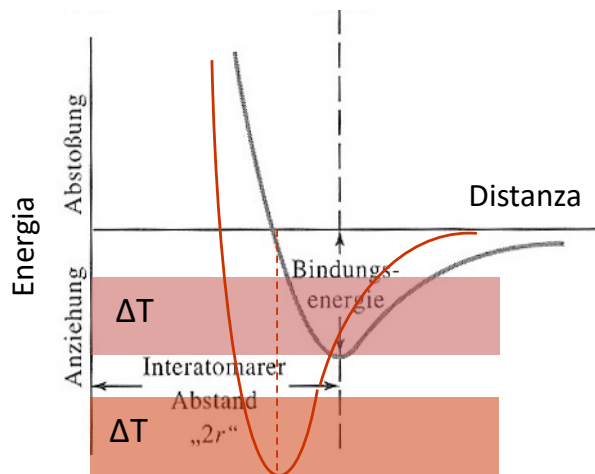
una funzione iperbolica

**Come si spiega ?**

Spiegare significa di rispondere alla domanda **perché ?**

## 2.6 Proprietà tecnologiche

### Coefficiente espansione termico vs $T_{fus}$



#### Energia di legame debole

Un aumento della temperatura  $\Delta T$  permette un forte movimento browniano – la distanza media **aumenta molto** ->  $\alpha$  **grande**

#### Energia di legame alta

Un aumento della temperatura  $\Delta T$  permette un leggero movimento browniano – la distanza media **aumenta poco** ->  $\alpha$  **piccolo**

Le curve Condon Morse dimostrano che il coefficiente di espansione termico  $\alpha$  dipende dall'energia di legame – ma in maniera inversa

## 2.7 Riassunto

---

Il **livello atomico** determina le proprietà fisiche e qualche proprietà meccanica dei materiali metallici.

Nei materiali metallici gli elettroni di valenza (come nuvola di elettroni, negativo) tengono insieme i nuclei (positivi) degli atomi.

Il **legame metallico** è determinato dall' interazione elettrostatica (Coulomb). Il legame è non-direzionale e (in confronto con legami covalenti) debole.

**Temperatura di fusione, modulo di Young e il coefficiente di espansione termico** sono controllati dal **livello atomico (energia di legame)**.

## 2.8 Domande di verifica

---

- Come si spiega la conducibilità elettrica alta dei metalli ?
- Perché metalli con un coefficiente di espansione termico  $\alpha$  grande hanno un modulo di Young basso ?
- Come si spiegano le differenze tra Al (metallo) e  $Al_2O_3$  (ossido) ?
- Come ingegnere Lei ha bisogno di un materiale metallico leggero con un elevato modulo di Young . Come si procede con la ricerca ?
- E' possibile concludere sulle proprietà meccaniche dei metalli sulla base dei legami non-direzionali e deboli ?