

Modulo n.3 - I materiali nelle lavorazioni metalliche

PROPRIETÀ FISICHE, MECCANICHE, TECNOLOGICHE

(Distillazione verticale)

OBIETTIVI: **A)** Conoscenza delle proprietà dei materiali finalizzata al loro utilizzo;
B) Capacità di eseguire calcoli sulle principali proprietà fisiche.

- Proprietà fisiche (def.)
 - massa volumica (def. + formula)
 - unità di misura
 - capacità termica massica (def. + formula)
 - unità di misura
 - temperatura di fusione (def.)
 - unità di misura
 - calore latente di fusione (def. + formula)
 - unità di misura
 - dilatazione termica lineare (descr.)
 - corpo monodimensionale (def.)
 - coefficiente di dilatazione termica lineare (def. +formula)
 - unità di misura
- Proprietà meccaniche (def.)
 - classificazione forze esterne (descr.)
 - varie forze (def.)
 - resistenza (def.)
 - resistenza meccanica (def.)
 - resilienza (def.)
 - durezza (def.)
 - resistenza a fatica (def.)
 - resistenza all'usura (def.)
 - classificazione sollecitazioni statiche (descr.)
- Proprietà tecnologiche (def.)
 - malleabilità (def.)
 - duttilità o trafilabilità (def.)
 - imbutibilità (def.)
 - piegabilità (def.)
 - estrudibilità (def.)
 - fusibilità (def.)
 - saldabilità (def.)
 - truciolabilità (def.)
 - temprabilità (def.)

PROPRIETÀ FISICHE, MECCANICHE, TECNOLOGICHE - SCHEDA DI LEZIONE

PROPRIETÀ FISICHE: riguardano le caratteristiche dei materiali in relazione ai fenomeni fisici, tra cui calore, gravità, elettricità.

MASSA VOLUMICA: è la massa contenuta in un volume unitario.

$$\text{Massa volumica} = \frac{\text{massa del corpo}}{\text{volume del corpo}}$$

$$\rho = \frac{M}{V} \quad \left\{ \begin{array}{l} \rho \text{ massa volumica } \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \\ M \text{ massa kg} \\ V \text{ volume dm}^3 \end{array} \right.$$

Formule inverse:

$$M = \rho \cdot V \quad (\text{kg}) ; \quad V = \frac{M}{\rho} \quad (\text{dm}^3)$$

CAPACITÀ TERMICA MASSICA: è la quantità di calore necessaria per elevare di un grado la temperatura della massa unitaria di un corpo.

Ogni materiale ha un suo calore specifico.

$$Q = C_s \cdot M \cdot (t_2 - t_1) \quad \left\{ \begin{array}{l} Q \text{ quantità di calore J} \\ C_s \text{ capacità term. mass. } \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \\ M \text{ massa del corpo kg} \\ t_2 \text{ temperatura finale } ^\circ\text{C} \\ t_1 \text{ temperatura iniziale } ^\circ\text{C} \end{array} \right.$$

Formule inverse:

$$C_s = \frac{Q}{M \cdot (t_2 - t_1)} \quad \left(\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right) ; \quad M = \frac{Q}{C_s \cdot (t_2 - t_1)} \quad (\text{kg}) ; \quad (t_2 - t_1) = \frac{Q}{M \cdot C_s} \quad (^\circ\text{C})$$

TEMPERATURA DI FUSIONE: è la temperatura alla quale un materiale comincia a fondere.

E' caratteristica di ogni materiale.

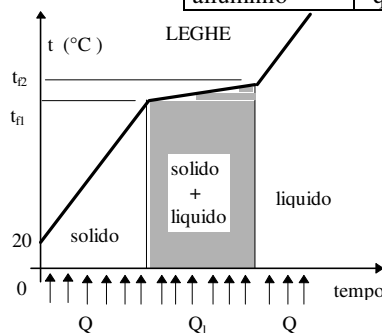
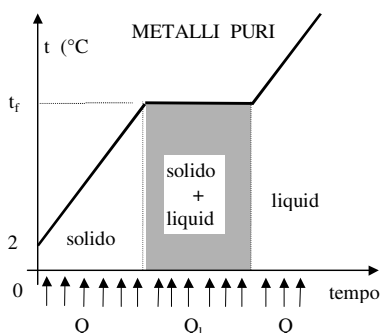
MATERIALE	CPACITÀ TERMICA MASSICA
ferro	$C_s = 465 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$
oro	$C_s = 130 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$
alluminio	$C_s = 900 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$
Acqua	$C_s = 4186 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$

CALORE LATENTE DI FUSIONE: è la quantità di calore necessaria per far fondere la massa unitaria di materiale che già si trova alla temperatura di fusione.

$$q_l = \frac{Q_l}{M} \quad \left(\frac{\text{J}}{\text{kg}} \right) ; \quad Q_l = q_l \cdot M \quad (\text{J})$$

MATERIALE	TEMP. FUSIONE
ferro	$t = 1535 \text{ } ^\circ\text{C}$
oro	$t = 1063 \text{ } ^\circ\text{C}$
acciaio	$t = 1400 \text{ } ^\circ\text{C}$

MATERIALE	CALORE LATENTE
ferro	$q_l = 230000 \text{ J / kg}$
oro	$q_l = 67000 \text{ J / kg}$
alluminio	$q_l = 375000 \text{ J / kg}$



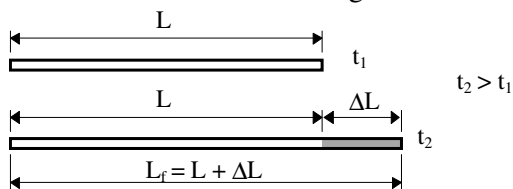
DURANTE LA SOMMINISTRAZIONE DEL CALORE LATENTE, LA TEMPERATURA NON AUMENTA (si mantiene costante) PER I METALLI PURI MENTRE AUMENTA DI POCO PER LE LEGHE.

DILATAZIONE TERMICA LINEARE: è il fenomeno fisico per cui un corpo monodimensionale (filo, barretta) se riscaldato si allunga e se raffreddato si accorcia.

CORPO MONODIMENSIONALE: è un corpo in cui una misura è molto più grande delle altre due.

COEFFICIENTE DI DILATAZIONE TERMICA LINEARE: è l'allungamento che subisce una barretta di lunghezza unitaria quando la sua temperatura aumenta di 1 °C.

Ogni materiale ha un suo coefficiente di dilatazione termica lineare.



MATERIALE	COEFF. DILATAZIONE TERMICA LINEARE
acciaio	$\alpha = 0,000012 \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$
oro	$\alpha = 0,000014 \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$
alluminio	$\alpha = 0,000024 \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$

$$\Delta L = \alpha \cdot L \cdot (t_2 - t_1)$$

ΔL allungamento o accorciamento mm
 α coeff.dilatazione termica lineare $\frac{\text{mm}}{\text{mm}^{\circ}\text{C}}$
 L lunghezza iniziale mm
 t_2 temperatura finale $^{\circ}\text{C}$
 t_1 temperatura iniziale $^{\circ}\text{C}$

$$L_f = L + \Delta L$$

Formule inverse:

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L \cdot (t_2 - t_1)} \left(\frac{1}{^{\circ}\text{C}} \right) ; L = \frac{\Delta L}{\alpha \cdot (t_2 - t_1)} \text{ (m)} ; (t_2 - t_1) = \frac{\Delta L}{\alpha \cdot L} \text{ (} ^{\circ}\text{C)}$$

PROPRIETÀ MECCANICHE: riguardano la resistenza dei materiali all'azione di forze.

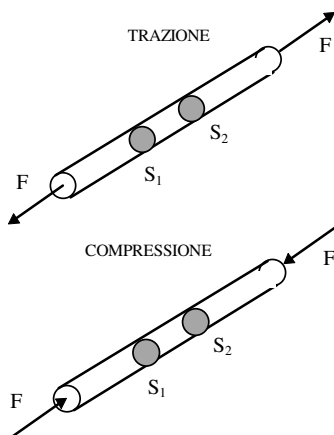
RESISTENZA: capacità che hanno i materiali di resistere alle forze.

SOLLECITAZIONI: forze che nascono nel materiale in seguito all'applicazione delle forze.

FORZE		RESISTENZE
statiche	applicate con gradualità e continuità	meccanica
dinamiche	applicate in tempi brevi	resilienza
concentrate	applicate in zone ristrette	durezza
periodiche	applicate in modo ripetitivo	a fatica
d'attrito	applicate su contatti mobili	all'usura

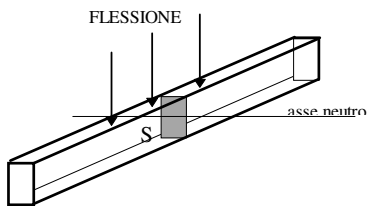
SOLLECITAZIONI	DEFORMAZIONI
trazione	le forze applicate tendono ad allungare il corpo.
compressione	le forze applicate tendono ad accorciare il corpo.
flessione	le forze applicate tendono a flettere il corpo.
taglio	le forze applicate tendono a far scorrere una sezione del corpo rispetto all'altra.
torsione	le forze applicate tendono a far ruotare una sezione rispetto all'altra del corpo.

SOLLECITAZIONI:

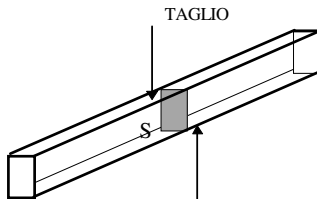


Le forze applicate lungo l'asse del corpo tendono ad allungare il corpo e due sue sezioni S_1 ed S_2 si allontanano.

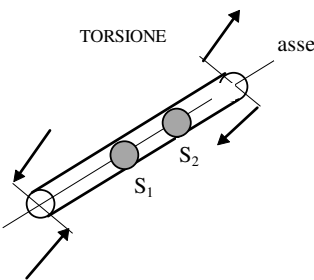
Le forze applicate lungo l'asse del corpo tendono ad accorciare il corpo e due sue sezioni S_1 ed S_2 si avvicinano.



Le forze applicate perpendicolarmente all'asse del corpo tendono a piegare il corpo e ogni sua sezione S ruota attorno all'asse neutro mantenendosi piana.



Le forze applicate perpendicolarmente all'asse del corpo tendono a tagliare il corpo e due sue sezioni S_1 ed S_2 traslano l'una rispetto all'altra.



Le forze applicate parallelamente alle sezioni del corpo tendono a fare ruotare tutte le sezioni del corpo S_1 , S_2 , ecc. attorno al suo asse.

PROPRIETÀ TECNOLOGICHE: riguardano l'attitudine dei materiali a subire diversi tipi di lavorazioni meccaniche:

MALLEABILITÀ: attitudine di un materiale ad essere trasformato, a caldo o a freddo, in lamine;

DUTTILITÀ o **TRAFILABILITÀ:** attitudine di un materiale ad essere trasformato in fili;

IMBUTIBILITÀ: attitudine delle lamiere ad essere formate a freddo per ottenere corpi cavi;

PIEGABILITÀ: attitudine di un materiale a subire piegature senza rompersi o screpolarsi;

ESTRUDIBILITÀ: attitudine di un materiale ad assumere una certa forma quando viene spinto attraverso un foro sagomato

FUSIBILITÀ: attitudine di un materiale ad assumere una certa forma mediante fusione;

SALDABILITÀ: attitudine di un materiale ad unirsi con un altro pezzo di uguale o diverso materiale mediante fusione;

TRUCIOLABILITÀ: attitudine di un materiale a subire lavorazioni mediante asportazione di trucioli;

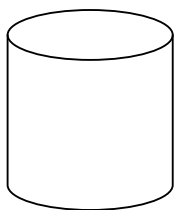
TEMPRABILITÀ: attitudine delle leghe metalliche a subire trasformazioni della struttura cristallina mediante trattamenti termici di riscaldamento e repentino raffreddamento.

RIEPILOGO FORMULE

Massa volumica	SERVE PER CALCOLARE:
$\rho = \frac{M}{V} \quad \left(\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \right)$	la massa volumica (ρ) del materiale di cui è fatto un corpo, quando sono noti la sua massa (M) e il suo volume (V) Di ogni materiale è noto il valore della massa volumica
$M = \rho \cdot V \quad (\text{kg})$	la massa (M) di un corpo quando sono noti il materiale del corpo (ρ) e il suo volume (V)
$V = \frac{M}{\rho} \quad (\text{dm}^3)$	il volume (V) di un corpo quando sono noti la sua massa (M) e il materiale del corpo (ρ)
Capacità termica massica	SERVE PER CALCOLARE:
$C_s = \frac{Q}{M \cdot (t_2 - t_1)} \quad \left(\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right)$	la capacità termica massica (C_s) del materiale di cui è fatto il corpo quando sono noti il calore (Q) che è stato necessario per innalzare la temperatura da t_2 a t_1 di un corpo di massa (M) Di ogni materiale è noto il valore del calore specifico
$Q = C_s \cdot M \cdot (t_2 - t_1) \quad (\text{J})$	la quantità di calore (Q) da fornire ad un corpo fatto con un materiale avente capacità termica massica (C_s) e di massa (M) per fare aumentare la sua temperatura da t_2 a t_1
$M = \frac{Q}{C_s \cdot (t_2 - t_1)} \quad (\text{kg})$	la massa (M) di un corpo quando sono noti il materiale di cui è fatto (C_s) e la quantità di calore (Q) che è stata fornita per fare aumentare la sua temperatura da t_2 a t_1
$(t_2 - t_1) = \frac{Q}{M \cdot C_s} \quad (^\circ\text{C})$	l'aumento di temperatura ($t_2 - t_1$) di un corpo di massa (M) e di materiale avente calore specifico (C_s) quando gli viene fornita la quantità di calore (Q)
Dilatazione termica	SERVE PER CALCOLARE:
$\alpha = \frac{\Delta L}{L \cdot (t_2 - t_1)} \quad \left(\frac{1}{^\circ\text{C}} \right)$	il coefficiente di dilatazione termica lineare (α) quando sono noti la lunghezza iniziale del corpo (L) e l'allungamento che subisce (ΔL) per un aumento di temperatura pari a ($t_2 - t_1$) Di ogni metallo è noto il valore di α
$\Delta L = \alpha \cdot L \cdot (t_2 - t_1) \quad (\text{mm})$	l'allungamento (ΔL) di una barra di materiale noto (α) di lunghezza iniziale (L) quando la sua temperatura aumenta di ($t_2 - t_1$)
$L = \frac{\Delta L}{\alpha \cdot (t_2 - t_1)} \quad (\text{m})$	la lunghezza (L) di una barra quando sono noti il materiale (α) e l'allungamento (ΔL) che ha subito quando la sua temperatura è aumentata di ($t_2 - t_1$)
$(t_2 - t_1) = \frac{\Delta L}{\alpha \cdot L} \quad (^\circ\text{C})$	l'aumento di temperatura ($t_2 - t_1$) che ha subito un corpo di lunghezza (L) e di materiale noto (α) che si è allungato di (ΔL)
Calore latente di fusione	SERVE PER CALCOLARE:
$q_l = \frac{Q_l}{M} \quad \left(\frac{\text{J}}{\text{kg}} \right)$	il calore latente di fusione (q_l) quando sono noti il calore fornito (Q_l) ad un corpo di massa (M) per farlo fondere quando già si trova alla temperatura di fusione Di ogni metallo è noto il valore del calore latente di fusione
$Q_l = q_l \cdot M \quad (\text{J})$	il calore da fornire (Q_l) ad un corpo di massa (M) di materiale noto (q_l) per farlo fondere quando già si trova alla temperatura di fusione

ESERCIZI SVOLTI SULLE PROPRIETÀ FISICHE

- (1) Calcolare la massa volumica di un cilindro di diametro 30 cm, altezza 250 mm e massa 10 kg.



$$30 \text{ cm} = 3 \text{ dm}$$

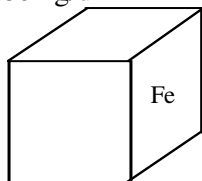
$$250 \text{ mm} = 2,5 \text{ dm}$$

$$A_b = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \times (3 \text{ dm})^2}{4} = 7,065 \text{ dm}^2$$

$$V = A_b \cdot h = 7,065 \text{ dm}^2 \times 2,5 \text{ dm} = 17,6625 \text{ dm}^3$$

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{10 \text{ kg}}{17,6625 \text{ dm}^3} = 0,566 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$$

- (2) Calcolare la massa e il peso di un cubo di lato 355 cm di un materiale avente massa volumica di 7,86 kg/dm
- ³



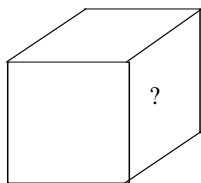
$$355 \text{ cm} = 35,5 \text{ dm}$$

$$V = l^3 = (35,5 \text{ dm})^3 = 44738,875 \text{ dm}^3$$

$$M = \rho \cdot V = 7,86 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \cdot 44738,875 \text{ dm}^3 = 351647,5575 \text{ kg}$$

$$P = M \cdot g = 351647,5575 \text{ kg} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 3449662,539 \text{ N}$$

- (3) Un cubo di un materiale di lato 15 cm, ha una massa M = 30 kg; di quale materiale è fatto il cubo?

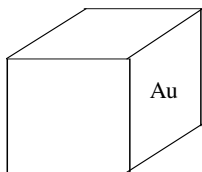


$$V = l^3 = (15 \text{ cm})^3 = 3375 \text{ cm}^3 = 3,375 \text{ dm}^3$$

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{30 \text{ kg}}{3,375 \text{ dm}^3} = 8,88 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$$

Il materiale è OTTONE.

- (4) Calcolare la quantità di calore affinché un blocco di oro (
- $C_s = 130 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$
-) di massa volumica 19,30 kg/dm
- ³
- e di volume 0,25 m
- ³
- , aumenti la sua temperatura passando da 10 °C a 20 °C.

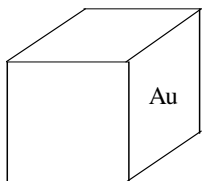


$$0,25 \text{ m}^3 = 250 \text{ dm}^3$$

$$M = \rho \cdot V = 19,30 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \times 250 \text{ dm}^3 = 4825 \text{ kg}$$

$$Q = C_s \cdot m \cdot (t_2 - t_1) = 130 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times 4825 \text{ kg} \times (20^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}) = 6272500 \text{ J} = 6272,5 \text{ kJ}$$

- (5) Ad un cubo di oro di massa 2 kg, viene fornita una quantità di calore di 150000 J. Di quanto aumenta la sua temperatura? Qual è il suo peso?



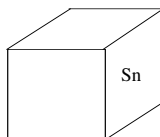
$$M = 2 \text{ kg}$$

$$Q = 150000 \text{ J}$$

$$\Delta t = (t_2 - t_1) = \frac{Q}{M \cdot C_s} = \frac{150000 \text{ J}}{2 \text{ kg} \times 130 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}} = 576,92^\circ\text{C}$$

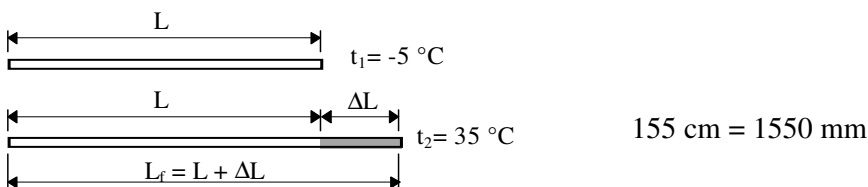
$$P = M \cdot g = 2 \text{ kg} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 19,62 \text{ N}$$

- (6) Calcolare la quantità di calore affinché un blocco di stagno (
- $C_s = 226 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$
-) di massa 18 kg aumenti la sua temperatura passando da 0 °C a 80 °C.



$$Q = C_s \cdot M \cdot (t_2 - t_1) = 226 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times 18 \text{ kg} \times (80^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}) = 325440 \text{ J}$$

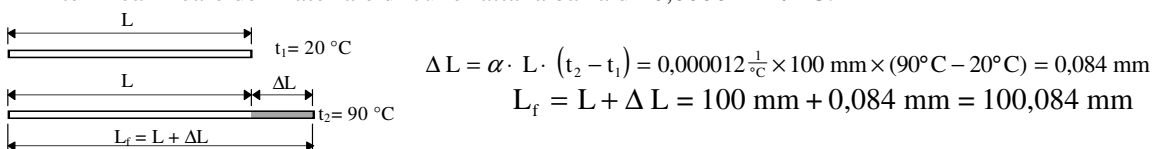
- (7) Calcolare l'allungamento e la lunghezza finale di una barra di lunghezza iniziale 155 cm, che passa da una temperatura iniziale di -5°C ad una temperatura finale di 35°C , dato il coefficiente di dilatazione termica lineare del materiale di cui è fatta la barra di $0,000017\ 1/^{\circ}\text{C}$.



$$\Delta L = \alpha \cdot L \cdot (t_2 - t_1) = 0,000017\ \frac{1}{^{\circ}\text{C}} \times 1550\text{ mm} \times [35^{\circ}\text{C} - (-5^{\circ}\text{C})] = 0,0000170 \times 1550 \times 40 = 1,054\text{ mm}$$

$$L_f = L + \Delta L = 1550\text{ mm} + 1,054\text{ mm} = 1551,054\text{ mm}$$

- (8) Calcolare l'allungamento e la lunghezza finale di una barra di lunghezza iniziale 100 mm, che passa da una temperatura iniziale di 20°C ad una temperatura finale di 90°C , dato il coefficiente di dilatazione termica lineare del materiale di cui è fatta la barra di $0,000012\ 1/^{\circ}\text{C}$.



- (9) Un filo di acciaio sottoposto ad un aumento di temperatura di 20°C si allunga di 2,71 mm. Calcolare la lunghezza iniziale del filo.

acciaio

$$L = \frac{\Delta L}{\alpha \cdot (t_2 - t_1)} = \frac{2,71\text{ mm}}{0,000012\ \frac{1}{^{\circ}\text{C}} \times 20^{\circ}\text{C}} = 11291,66\text{ mm} = 11,29166\text{ m}$$

- (10) Un corpo di ferro pesa 100 N. Quanto vale il suo volume?

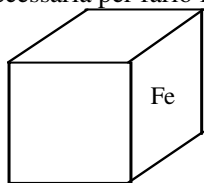
Fe

$$P = 100\text{ N}$$

$$M = \frac{P}{g} = \frac{100\text{ N}}{9,81\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 10,19\text{ kg}$$

$$V = \frac{M}{\rho} = \frac{10,19\text{ kg}}{7,86\ \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}} = 1,296\text{ dm}^3$$

- (11) Un cubo di ferro di lato 15 cm si trova alla temperatura di 800°C . Calcolare la quantità di calore necessaria per farlo fondere.



$$t_1 = 800^{\circ}\text{C} \quad t_f = 1535^{\circ}\text{C}$$

$$C_s = 565\ \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}} \quad \gamma = 7,86\ \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$$

$$V = l^3 = (15\text{ cm})^3 = 3375\text{ cm}^3 = 3,375\text{ dm}^3$$

$$M = \rho \cdot V = 7,86\ \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \times 3,375\text{ dm}^3 = 26,5275\text{ kg}$$

Quantità di calore per portarlo alla temperatura di fusione:

$$Q = C_s \cdot M \cdot (t_f - t_1) = 565\ \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}} \times 26,5275\text{ kg} \times (1535^{\circ}\text{C} - 800^{\circ}\text{C}) = 9066436,313\text{ J}$$

Quantità di calore per farlo fondere quando già si trova alla temperatura di fusione:

$$Q_1 = q_1 \cdot M = 230000\ \frac{\text{J}}{\text{kg}} \times 26,5275\text{ kg} = 6101325\text{ J}$$

Quantità di calore totale:

$$Q_t = Q + Q_1 = 9066436,313\text{ J} + 6101325\text{ J} = 15167761,313\text{ J}$$