INDICE

dodici capitoli, centootto pagine

1. La temperatura e il calore: il ripasso che serve . 1
1.1 La temperatura e la dilatazione termica ... 2
1.2 Il calore e la calorimetria ... 4
1.3 I passaggi di stato ... 6
1.4 La propagazione del calore ... 8

2. I gas perfetti e la teoria cinetica ... 9
2.1 Le leggi dei gas ... 10
2.2 Il gas perfetto e l'equazione di stato ... 12
2.3 La teoria cinetica dei gas ... 14
2.4 L'energia interna e le velocità delle molecole ... 17

3. Il primo principio della termodinamica ... 18
3.1 Gli stati e le trasformazioni ... 19
3.2 Il lavoro di un gas ... 20
3.3 Il primo principio ... 22
3.4 I calori molari e l'adiabatica ... 24
3.5 Le trasformazioni del gas perfetto ... 26

4. Il secondo principio e le macchine termiche ... 28
4.1 Il secondo principio ... 29
4.2 Le macchine termiche e il rendimento ... 31
4.3 Il ciclo di Carnot ... 33
4.4 I motori reali e il frigorifero ... 35

5. L'entropia ... 37
5.1 La definizione di entropia ... 38
5.2 Il principio di aumento dell'entropia ... 40
5.3 L'entropia e la probabilità ... 41
5.4 La freccia del tempo ... 42

6. Le oscillazioni ... 43
6.1 Il moto armonico ... 44
6.2 La molla e il pendolo ... 46
6.3 L'energia dell'oscillatore ... 48
6.4 Oscillazioni smorzate e forzate ... 50

7. Le onde meccaniche ... 51
7.1 Che cos'è un'onda ... 52
7.2 L'onda armonica ... 53
7.3 Riflessione, rifrazione e diffrazione ... 55
7.4 Sovrapposizione e interferenza ... 56
7.5 Le onde stazionarie ... 59

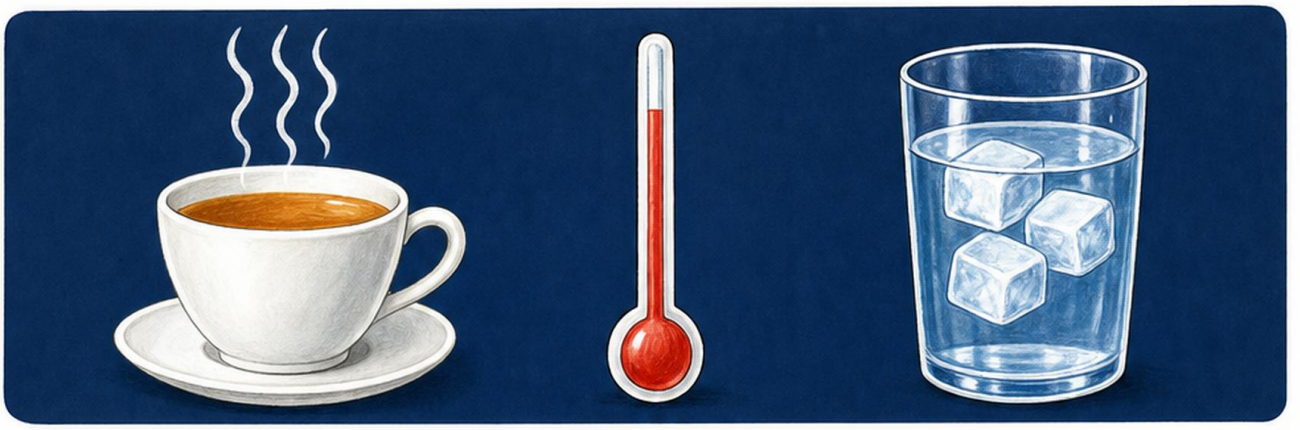
8. Il suono ... 61
8.1 Che cos'è il suono ... 62
8.2 L'intensità e il livello sonoro ... 64
8.3 L'effetto Doppler ... 67
8.4 Battimenti e strumenti musicali ... 69

9. La luce: riflessione e rifrazione ... 70
9.1 La riflessione della luce ... 71
9.2 La rifrazione e la legge di Snell ... 72
9.3 La riflessione totale e le fibre ottiche ... 74
9.4 La dispersione della luce ... 75

10. La luce come onda ... 76
10.1 La luce è un'onda ... 77
10.2 L'esperimento di Young ... 78
10.3 La diffrazione da una fenditura ... 81
10.4 Il reticolo di diffrazione ... 83

11. La carica e il campo elettrico ... 86
11.1 La carica elettrica ... 87
11.2 La legge di Coulomb ... 88
11.3 Il campo elettrico ... 91
11.4 Il flusso e il teorema di Gauss ... 94
11.5 I conduttori in equilibrio ... 97

12. Il potenziale elettrico e i condensatori ... 98
12.1 L'energia potenziale elettrica ... 99
12.2 Il potenziale e la differenza di potenziale ... 101
12.3 Il campo uniforme e le superfici equipotenziali .. 104
12.4 I condensatori ... 105
12.5 L'energia di un condensatore ... 108



tè caldo, acqua con ghiaccio e un termometro: la temperatura dice quanto è caldo un corpo

CAPITOLO 1

LA TEMPERATURA E IL CALORE

QUANDO IL CALDO INCONTRA IL FREDDO

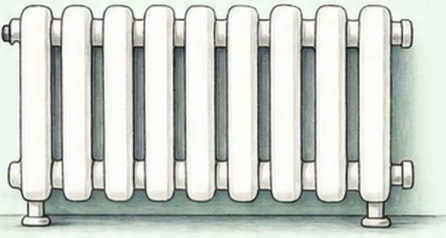
Fisica - quarta

"la temperatura dice quanto è caldo un corpo; il calore è l'energia che passa spontaneamente da un corpo più caldo a uno più freddo"

DOVE LA TROVI



il termos: il vuoto fra le due pareti frena il passaggio del calore



il termosifone: l'aria scaldata sale e scalda la stanza

IN QUESTO CAPITOLO

1.1 la temperatura e la dilatazione termica
1.2 il calore e la calorimetria
1.3 i passaggi di stato
1.4 la propagazione del calore

ALL'ESAME

Indicazioni, liceo scientifico: temperatura, calore e passaggi di stato sono del primo biennio, il secondo li «completerà».

quadro della seconda prova di fisica, scientifico: non nomina temperatura né calorimetria.

LA TEMPERATURA IL TERMOMETRO E LE SCALE

Fisica – quarta – la temperatura e il calore: il ripasso che serve

"la temperatura dice quanto è caldo un corpo, si misura con un termometro in equilibrio termico con il corpo e si esprime in gradi Celsius o in kelvin; non è il calore"

1. COS'È LA TEMPERATURA

dice quanto è caldo o freddo un corpo e si misura con il termometro.

non è il calore: il calore è l'energia che passa spontaneamente da un corpo più caldo a uno più freddo.

OCCHIO!

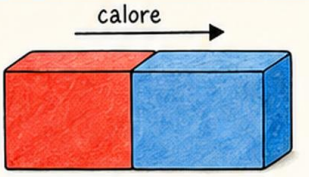
ΔT è lo stesso in °C e in K: non si aggiunge 273,15 a una differenza di temperature.

il termometro segna la temperatura del corpo solo a equilibrio raggiunto: va aspettato.

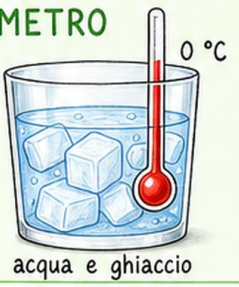
2. EQUILIBRIO TERMICO E PRINCIPIO ZERO

i due blocchi a contatto, isolati dall'esterno, si scambiano calore, dal rosso più caldo al blu più freddo, finché hanno la stessa temperatura: sono in equilibrio termico.

principio zero: se A e B sono in equilibrio termico con C, lo sono anche fra loro.



3. IL TERMOMETRO



acqua e ghiaccio

messo a contatto con un corpo molto più grande di lui, si porta in equilibrio termico e ne segna la temperatura.

acqua pura e ghiaccio in equilibrio, a pressione atmosferica normale: il termometro segna 0 °C.

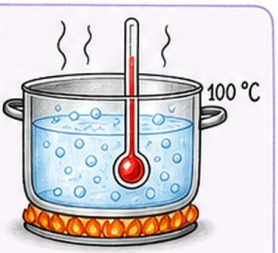
4. LE SCALE CELSIUS E KELVIN

$$T = t + 273{,}15$$

t è la temperatura in °C, T quella in kelvin (K): 0 °C = 273,15 K, e nei conti basta 273 K.

a pressione atmosferica normale, acqua pura e ghiaccio in equilibrio sono a 0 °C e l'acqua pura che bolle (pentola aperta) a 100 °C.

una differenza ΔT vale lo stesso in °C e in K.



5. LO ZERO ASSOLUTO

0 K, cioè −273,15 °C, è la temperatura più bassa possibile: non si raggiunge, ci si può solo avvicinare.

nelle leggi dei gas la temperatura si mette in kelvin.

6. UN ESEMPIO CON I NUMERI

il corpo umano, a $t = 37$ °C, ha $T = 37 + 273{,}15 = 310{,}15$ K.

un termometro passa da 20 °C a 37 °C: $\Delta T = 37 - 20 = 17$ °C, e in kelvin $310{,}15 - 293{,}15 = 17$ K, la stessa variazione.

TRUCCO

da °C a kelvin si somma 273,15 a una temperatura; una differenza di temperature resta uguale.

7. DA RICORDARE

① temperatura: quanto è caldo un corpo; calore: energia che passa spontaneamente da un corpo più caldo a uno più freddo.

② equilibrio termico: due corpi a contatto, isolati dall'esterno, raggiungono la stessa temperatura e non si scambiano più calore; principio zero: A e B in equilibrio con C lo sono fra loro.

③ $T = t + 273{,}15$, con T in kelvin e t in °C; ΔT è uguale nelle due scale; 0 K = −273,15 °C non si raggiunge.

⚠ I TRABOCCHETTI

1) aggiungere 273,15 a una variazione di temperatura: ΔT in kelvin è uguale a ΔT in gradi Celsius.
2) dire che un corpo «contiene» calore: la temperatura è del corpo, il calore è energia che passa.

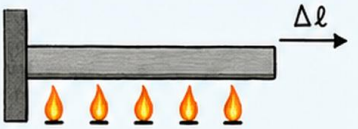
LA DILATAZIONE TERMICA DAL GIUNTO DEL PONTE AL TERMOMETRO

Fisica - quarta - la temperatura e il calore: il ripasso che serve

"per piccole variazioni di temperatura la lunghezza di un solido e il volume di un solido o di un liquido variano in proporzione a ΔT; l'acqua fra 0 e 4 °C fa eccezione"

1. LA DILATAZIONE LINEARE

$$\Delta \ell = \alpha \cdot \ell_0 \cdot \Delta T$$



per una sbarra di un solido omogeneo e piccole variazioni di temperatura: ℓ_0 è la lunghezza iniziale, $\Delta \ell$ l'allungamento (negativo se $\Delta T < 0$ e $\alpha > 0$), α il coefficiente di dilatazione lineare, in K^{-1}.

α dipende dal materiale: ferro e acciaio $1{,}2 \cdot 10^{-5}$, rame $1{,}7 \cdot 10^{-5}$, alluminio $2{,}3 \cdot 10^{-5}$ K^{-1}.

OCCHIO!

$\Delta \ell = \alpha \cdot \ell_0 \cdot \Delta T$ vale per una sbarra omogenea, per piccole variazioni di temperatura, con α costante.

un foro in una piastra scaldata in modo uniforme si allarga come la piastra intorno.

2. LA DILATAZIONE VOLUMICA

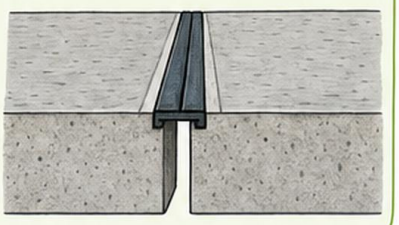
$$\Delta V = \beta \cdot V_0 \cdot \Delta T$$

per un solido omogeneo o un liquido e piccole variazioni di temperatura: V_0 è il volume iniziale, ΔV la sua variazione, β il coefficiente di dilatazione volumica, in K^{-1}.

se il solido si dilata allo stesso modo in tutte le direzioni (isotropo), $\beta \approx 3 \cdot \alpha$.

3. IL GIUNTO DI DILATAZIONE

un ponte d'acciaio si allunga d'estate e si accorcia d'inverno: il giunto lascia spazio al movimento, se no la struttura si deforma.



4. IL TERMOMETRO A LIQUIDO

il liquido si dilata più del vetro e sale in un capillare uniforme: per piccole ΔT il volume cresce in proporzione a ΔT, e la scala ha tratti uguali.



5. L'ACQUA FRA 0 E 4 °C

a pressione atmosferica, fra 0 e 4 °C il volume dell'acqua cala se la si scalda: densità massima a circa 4 °C.

6. UN ESEMPIO CON I NUMERI

un ponte d'acciaio lungo $\ell_0 = 100$ m passa da -10 °C a 40 °C: $\Delta T = 50$ K e $\Delta \ell = 1{,}2 \cdot 10^{-5} \cdot 100 \cdot 50 = 6{,}0 \cdot 10^{-2}$ m $= 6{,}0$ cm.

un blocco d'alluminio, $V_0 = 1{,}0 \cdot 10^3$ cm^3, si scalda di $\Delta T = 100$ K: $\beta = 3 \cdot 2{,}3 \cdot 10^{-5} = 6{,}9 \cdot 10^{-5}$ K^{-1} e $\Delta V = 6{,}9 \cdot 10^{-5} \cdot 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 100 = 6{,}9$ cm^3.

TRUCCO

$\frac{\Delta \ell}{\ell_0} = \alpha \cdot \Delta T$: α è l'allungamento relativo per ogni kelvin, per una sbarra omogenea e piccole variazioni di temperatura.

7. DA RICORDARE

① $\Delta \ell = \alpha \cdot \ell_0 \cdot \Delta T$ (sbarra) e $\Delta V = \beta \cdot V_0 \cdot \Delta T$ (solido o liquido), omogenei, per piccole variazioni di temperatura; $\beta \approx 3 \cdot \alpha$ se il solido è isotropo.

② se $\Delta T < 0$, un solido con α e β positivi si accorcia e il suo volume cala; i giunti dei ponti lasciano spazio al movimento.

③ termometro a liquido: il liquido si dilata più del vetro; acqua, a pressione atmosferica: fra 0 e 4 °C si contrae se si scalda.

⚠ I TRABOCCHETTI

1) pensare che il foro di una piastra scaldata in modo uniforme si restringa: si allarga.
2) supporre β positivo per l'acqua fra 0 e 4 °C: lì scaldando il volume cala, e β si annulla a circa 4 °C.

IL CALORE ENERGIA IN TRANSITO E CALORE SPECIFICO

Fisica - quarta - la temperatura e il calore: il ripasso che serve

"il calore è l'energia che passa spontaneamente da un corpo più caldo a uno più freddo; quanto ne serve per scaldare un corpo dipende da massa, sostanza e ΔT"

OCCHIO!

durante un passaggio di stato (sostanza pura, pressione costante) il calore passa ma la temperatura non cambia: $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ non si usa.

ceduto = assorbito vale se il sistema è isolato e il calorimetro trascurabile: altrimenti non torna.

1. IL CALORE È ENERGIA IN TRANSITO

il calore Q è l'energia che passa spontaneamente da un corpo più caldo a uno più freddo; si misura in joule (J).

un corpo ha energia interna e non «contiene» calore.

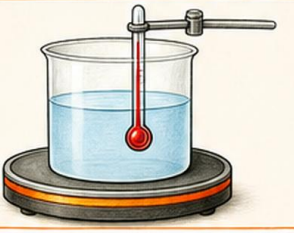
un cucchiaio nel tè caldo si scalda: il calore passa dal tè al cucchiaio.



2. IL CALORE SPECIFICO

senza passaggi di stato, è il calore che fa salire di 1 K 1 kg di una sostanza solida o liquida; si misura in $J/(kg \cdot K)$.

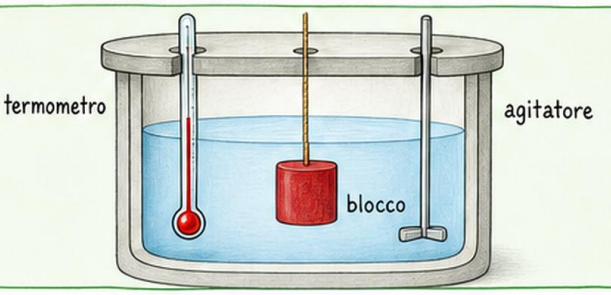
l'acqua ($c = 4186\ J/(kg \cdot K)$, alto) si scalda meno dei metalli, a parità di massa e di calore ricevuto, senza passaggi di stato e con c costante.



3. IL CALORIMETRO

è un recipiente isolato con acqua, un termometro e un agitatore, per misurare gli scambi di calore.

si immerge il blocco caldo e si agita: blocco e acqua arrivano alla stessa temperatura, quella di equilibrio.



4. IL CALORE E LA VARIAZIONE DI TEMPERATURA

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

per un solido o un liquido, con c costante nell'intervallo e senza passaggi di stato; ΔT è la temperatura finale meno quella iniziale.

$Q > 0$ se il corpo assorbe calore, $Q < 0$ se lo cede; m è la massa e $m \cdot c$ la capacità termica del corpo, in J/K.

5. L'EQUILIBRIO TERMICO NEL CALORIMETRO

sistema isolato, capacità termica del calorimetro trascurata, nessun passaggio di stato: calore ceduto = calore assorbito, e la temperatura di equilibrio sta fra le due iniziali.

TRUCCO

a parità di massa e di calore ricevuto (solido o liquido, c costante, senza passaggi di stato) si scalda più la sostanza con c minore.

6. UN ESEMPIO CON I NUMERI

0,50 kg d'acqua da 20 °C a 40 °C: $\Delta T = 20\ K$ e $Q = 0{,}50 \cdot 4186 \cdot 20 \approx 4{,}2 \cdot 10^4\ J$.

con lo stesso calore, 0,50 kg di alluminio ($c = 9{,}0 \cdot 10^2\ J/(kg \cdot K)$): $m \cdot c = 0{,}50 \cdot 9{,}0 \cdot 10^2 = 450\ J/K$ e $\Delta T = 4{,}2 \cdot 10^4 / 450 \approx 93\ K$.

7. DA RICORDARE

1. calore: energia che passa spontaneamente fra corpi a temperature diverse; un corpo ha energia interna, non «contiene» calore.
2. $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ per un solido o un liquido, con c costante e senza passaggi di stato; $Q > 0$ se assorbito, $Q < 0$ se ceduto.
3. calorimetro isolato, di capacità termica trascurabile e senza passaggi di stato: calore ceduto = calore assorbito.

⚠ I TRABOCCHETTI

1) dire che un corpo «contiene» calore: contiene energia interna.
2) confondere c, per ogni kg, con la capacità termica $m \cdot c$ del corpo intero.

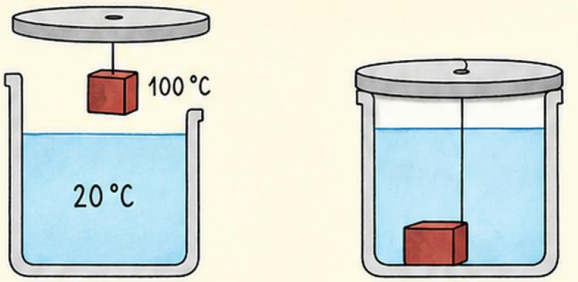
COME SI TROVA LA TEMPERATURA DI EQUILIBRIO IN SEI DOMANDE

Fisica - quarta - la temperatura e il calore: il ripasso che serve

"in un sistema isolato, senza passaggi di stato e col calorimetro trascurato, il calore ceduto dal corpo caldo è uguale a quello assorbito dal freddo"

IL PROBLEMA

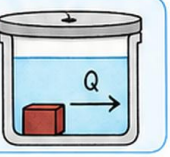
un blocco di rame ($m = 0{,}50$ kg, $c = 3{,}85 \cdot 10^2$ J/(kg · K)) a 100 °C è immerso in 0,50 kg d'acqua ($c = 4186$ J/(kg · K)) a 20 °C, in un calorimetro isolato di capacità termica trascurabile. qual è la temperatura di equilibrio t_e?



1 CHE COSA SUCCEDE?

FAI: il corpo più caldo (1) cede calore all'altro (2) finché hanno la stessa temperatura t_e (sistema isolato).

ESEMPIO: il blocco cede il calore Q all'acqua; a pressione atmosferica normale, $t_e < 100$ °C: l'acqua non bolle.



2 CHE UGUAGLIANZA SCRIVO?

FAI: sistema isolato, senza passaggi di stato, calorimetro trascurato, c_1 e c_2 costanti: calore ceduto = calore assorbito: $m_1 \cdot c_1 \cdot (t_1 - t_e) = m_2 \cdot c_2 \cdot (t_e - t_2)$.

ESEMPIO: $0{,}50 \cdot 3{,}85 \cdot 10^2 \cdot (100 - t_e) = 0{,}50 \cdot 4186 \cdot (t_e - 20)$.

3 QUANTO VALGONO M · C?

FAI: $m \cdot c$ è la capacità termica del corpo, in J/K.

ESEMPIO: blocco $0{,}50 \cdot 3{,}85 \cdot 10^2 = 192{,}5$ J/K; acqua $0{,}50 \cdot 4186 = 2093$ J/K.

4 COME ISOLO T_e?

FAI: si sviluppano i prodotti e si raccoglie t_e.

ESEMPIO: $192{,}5 \cdot 100 + 2093 \cdot 20 = (192{,}5 + 2093) \cdot t_e$, cioè $61\,110 = 2285{,}5 \cdot t_e$.

5 QUANTO VALE T_e?

FAI: si divide per la somma delle capacità termiche.

ESEMPIO: $t_e = \dfrac{61\,110}{2285{,}5} \approx 26{,}7$ °C.

6 È SENSATO?

FAI: nel sistema isolato, col calorimetro trascurato, t_e sta fra le due temperature iniziali e i due calori coincidono.

ESEMPIO: $20 < 26{,}7 < 100$ °C; $192{,}5 \cdot 73{,}3 \approx 1{,}4 \cdot 10^4$ J ceduti, $2093 \cdot 6{,}7 \approx 1{,}4 \cdot 10^4$ J assorbiti.

OCCHIO!

con capacità termiche costanti, t_e è la media delle due temperature solo se le capacità $m \cdot c$ sono uguali.

TRUCCO

scrivendo l'uguaglianza, i salti di temperatura si prendono in modulo: $(t_1 - t_e)$ per chi cede, $(t_e - t_2)$ per chi assorbe.