

Università degli Studi di Milano
Facoltà di Medicina e Chirurgia

CORSO DI LAUREA : INFERMIERISTICA

Corso di Fisica Applicata A.A. 2022-2023

Docente: Marie Claire Cantone

TEMPERATURA

È un concetto intuitivo legato alla sensazione termica di “caldo” e “freddo”.

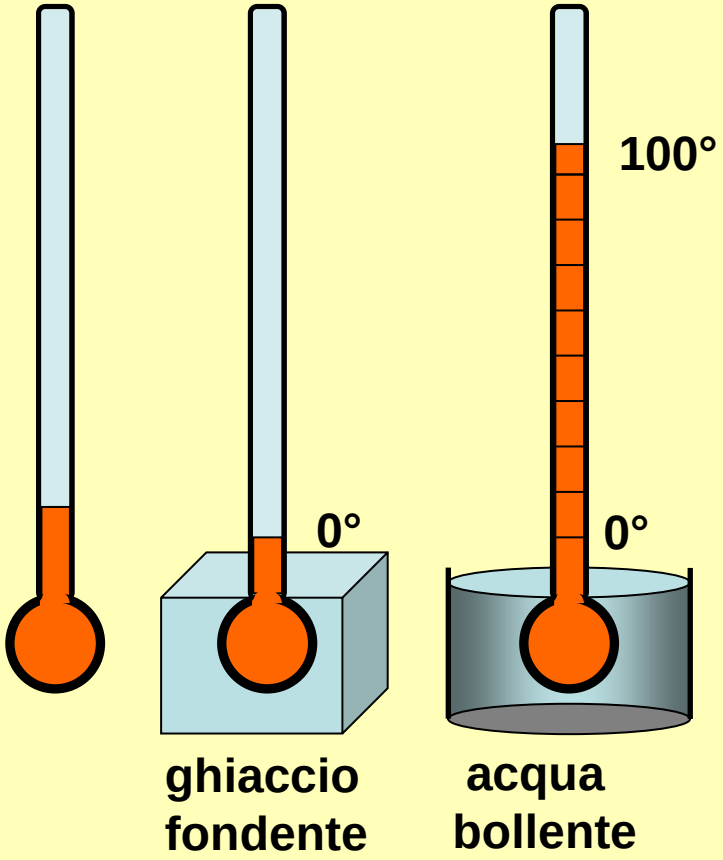
E’ una caratteristica macroscopico, risultato dello stato di agitazione delle molecole (indice di stato). – La teoria cinetica riconduce le proprietà macroscopiche a quelle microscopiche o molecolari.

La misura della grandezza fisica TEMPERATURA è effettuata attraverso la misura di altre grandezze: volume, lunghezza.

TERMOMETRO



TERMOMETRO A DILATAZIONE



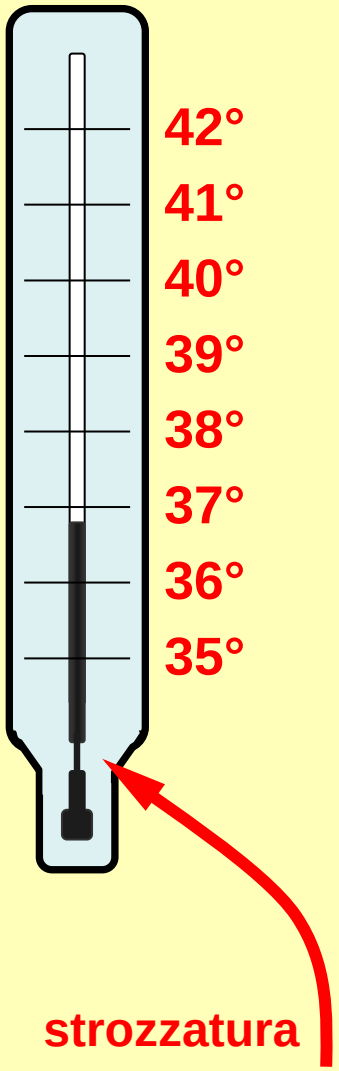
Scala Celsius
gradi centigradi

Costituito da un tubo di vetro chiuso con bulbo riempito di sostanza termometrica (Hg, alcool etilico…).

Per il principio dell'equilibrio termico, quando è messo a contatto con il corpo, di cui si vuole misurare la temperatura, assume la stessa temperatura del corpo.

La misura presuppone una taratura del termometro. Sono presi come riferimenti due stati di equilibrio termico (es. acqua bollente e ghiaccio fondente alla pressione atmosferica)

TERMOMETRO CLINICO

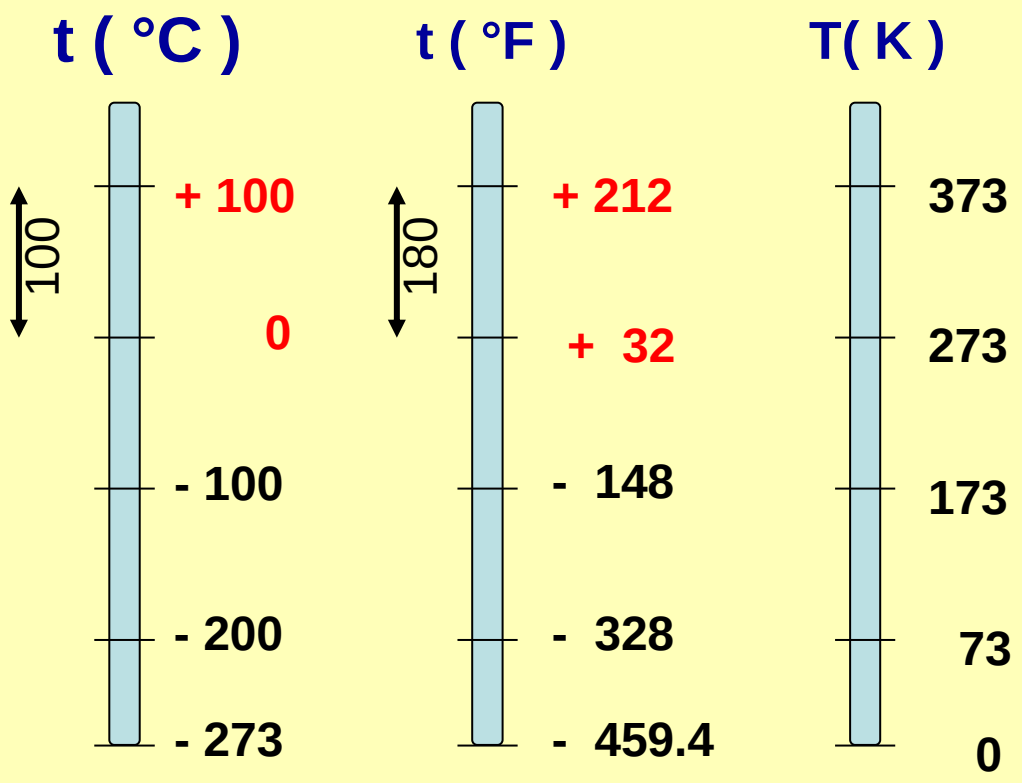


L'intervallo di misura da +35°C a +42 ° C.

Presenta una strozzatura all'uscita dal bulbo che provoca la rottura della colonna di Hg durante la fase di contrazione (elevata forza di coesione di Hg).

L'informazione sulla misura della temperatura si mantiene a meno che non si agisca meccanicamente per far scendere il mercurio di nuovo nel bulbo.

SCALE TERMOMETRICHE



Ghiaccio fondente
0°C, 32 °F

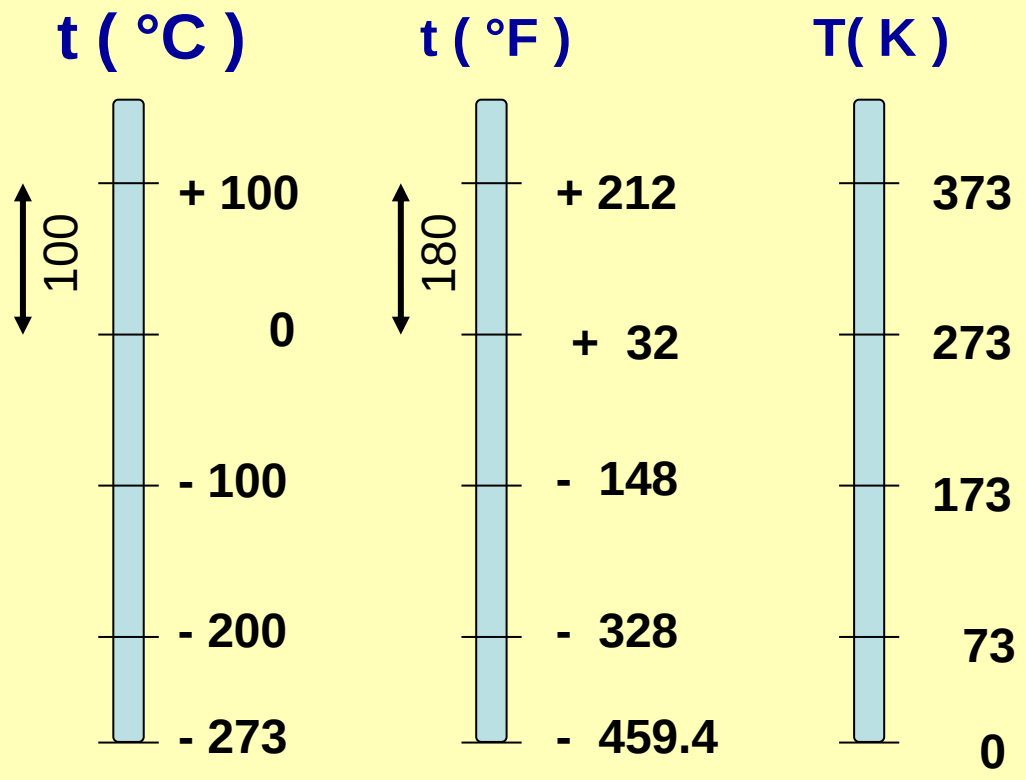
Acqua bollente
100°C, 212° F

Scala Celsius

Scala Fahreinhait

Scala assoluta o Kelvin

SCALE TERMOMETRICHE



Ghiaccio fondente
0°C, 32 °F

Acqua bollente
100°C, 212° F

$t(°F) = 32 + 180/100\ t(°C)$

$t(°F) = 32 + 9/5\ t(°C)$

$t(°C) = 100/180\ [t(°F) - 32]$

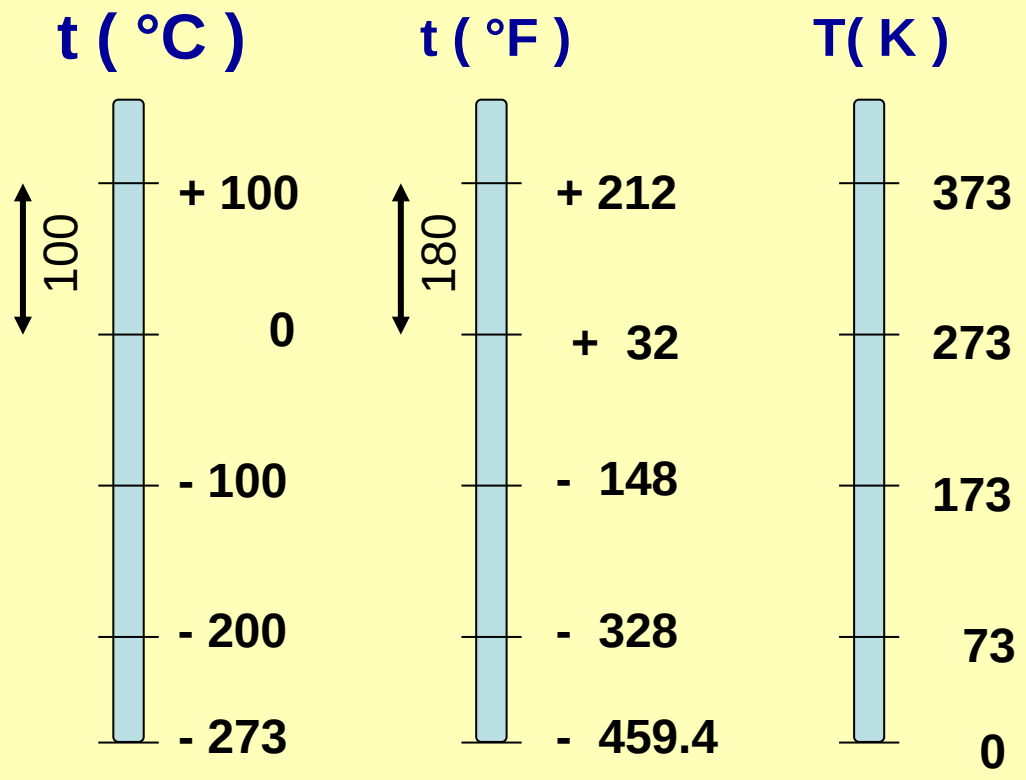
$t(°C) = 5/9\ [t(°F) - 32]$

Scala Celsius

Scala Fahreinhait

Scala assoluta o Kelvin

SCALE TERMOMETRICHE



Ghiaccio fondente
0°C, 32 °F

Acqua bollente
100°C, 212° F

$t(°F) = 32 + 180/100\ t(°C)$

$t(°F) = 32 + 9/5\ t(°C)$

$t(°C) = 100/180\ [t(°F) - 32]$

$t(°C) = 5/9\ [t(°F) - 32]$

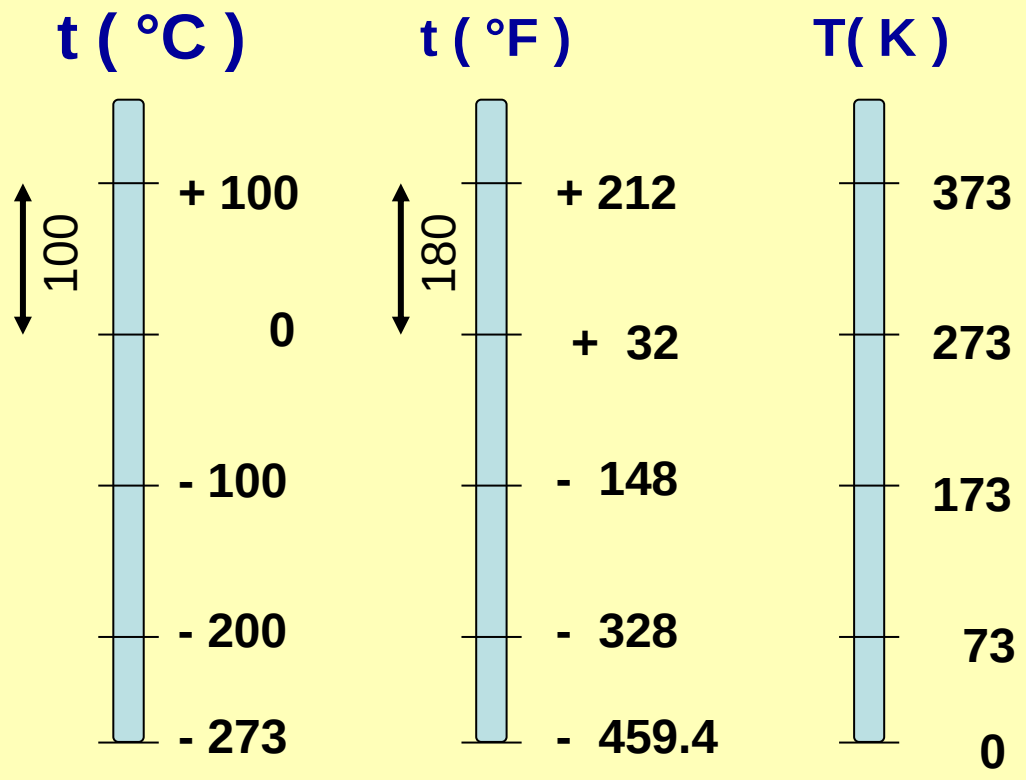
25 °C = ??

Scala Celsius

Scala Fahreinhait

Scala assoluta o Kelvin

SCALE TERMOMETRICHE



Ghiaccio fondente
0°C, 32 °F

Acqua bollente
100°C, 212° F

$t(°F) = 32 + 180/100\ t(°C)$

$t(°F) = 32 + 9/5\ t(°C)$

$t(°C) = 100/180\ [t(°F) - 32]$

$t(°C) = 5/9\ [t(°F) - 32]$

Scala Celsius

Scala Fahreinhait

Scala assoluta o Kelvin

25 °C = ??

9/5 25 + 32 = 77

25 °C = 77 °F

$$t(°F) = 32 + 180/100\ t(°C)$$
$$t(°F) = 32 + 9/5\ t(°C)$$

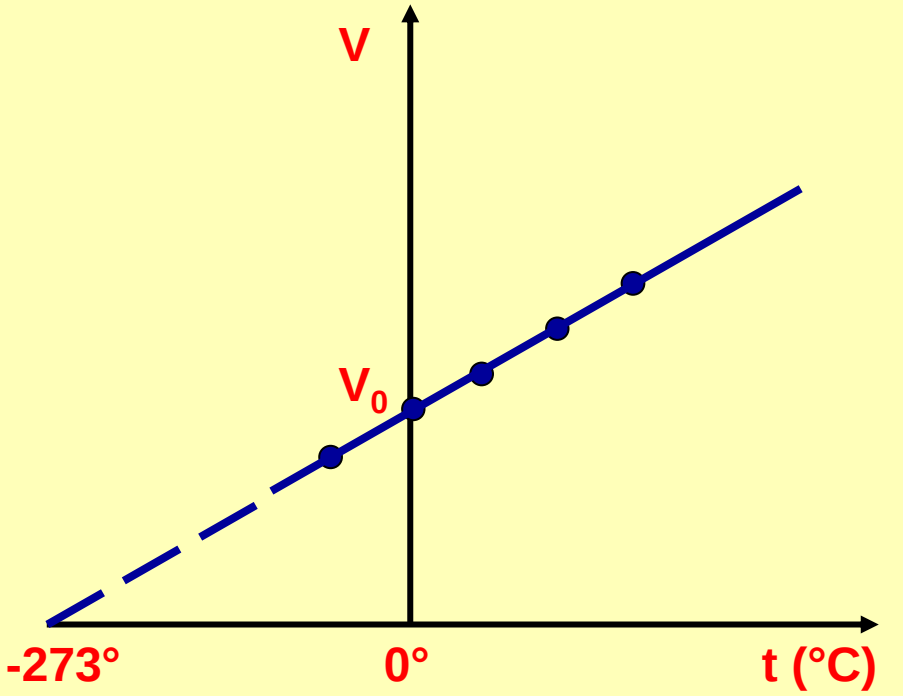
$$t(°C) = 100/180\ [t(°F) - 32]$$
$$t(°C) = 5/9\ [t(°F) - 32]$$

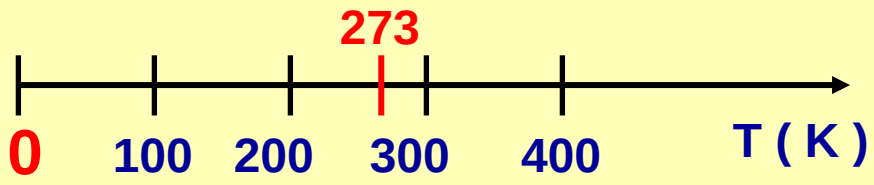
Scala Celsius	Scala Fahreinhait	Scala assoluta o Kelvin (S.I.)
0 °C	32 °F	273 K
10 °C	50 °F	283 K
20°C	68 °F	293 K
40°C	104°F	313 K

°C = K – 273 esempio 2000 K → 1726 °C

SCALA ASSOLUTA O SCALA KELVIN

Volume di un gas in funzione della temperatura, quando la pressione è costante





SCALA ASSOLUTA

Questa scala è basata sul comportamento di gas e lo zero della scala assoluta ha un significato fisico.

Se si riscalda un gas a pressione costante, il volume aumenta in modo lineare. Estrapolando per le basse temperature, per tutti i gas, la retta incontra l'asse a - 273.15 °C.

Questa temperatura è detta zero assoluto, 0 kelvin (0 K)

$$T\,(K) = t\,(°C) + 273$$

SCALA ASSOLUTA O SCALA KELVIN

La temperatura è una grandezza fondamentale e il kelvin è la sua unità di misura nel S.I.

La scala assoluta prevede solo valori positivi; gli intervalli fra temperature sono gli stessi di quelli dati dalla Scala Celsius.

SCALA ASSOLUTA O SCALA KELVIN

La temperatura è una grandezza fondamentale e il kelvin è la sua unità di misura nel S.I.

La scala assoluta prevede solo valori positivi; gli intervalli fra temperature sono gli stessi di quelli dati dalla Scala Celsius.

Es. dire che la temperatura di un corpo passa da 10°C a 25°C equivale a dire che la temperatura passa da 283 K a 298 K e per entrambe le scale la temperatura subisce un incremento di 15 gradi. $\Delta t = 15\ °C = \Delta T = 15\ K$

DILATAZIONE TERMICA

Considerando un corpo in una dimensione lineare si mette in evidenza la dilatazione lineare in funzione della variazione di temperatura.

Esempio sottile sbarretta metallica

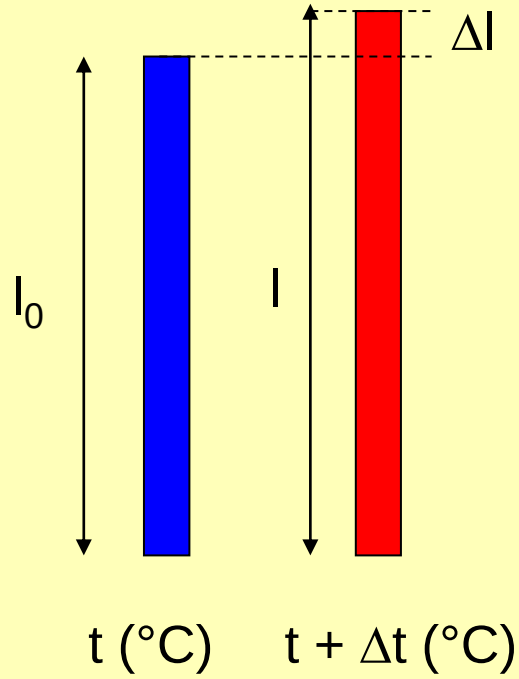
$$\Delta l = \alpha\, l_0\, \Delta t$$

$$l = l_0\,(1 + \alpha\, \Delta t)$$

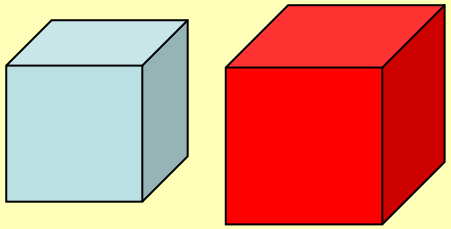
α = coefficiente di dilatazione lineare, con valori che dipendono dal materiale

α alluminio $= 24 \cdot 10^{-6}\ °C^{-1}$

$= 24 \cdot 10^{-6}\ K^{-1}$



DILATAZIONE DI VOLUME solidi, liquidi



V_0 V

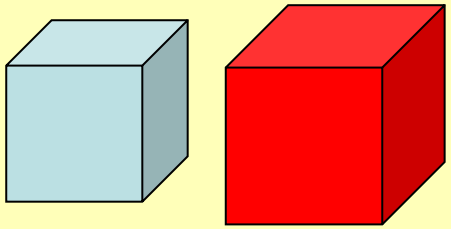
$$\Delta V = \beta V_0 \Delta t$$

$$V = V_0 (1+ \beta \Delta t)$$

β = **coefficiente di dilatazione di volume, con valori che dipendono dal materiale.**

$$\beta = 3 \alpha$$

DILATAZIONE DI VOLUME solidi, liquidi



V_0 V

$$\Delta V = \beta \, V_o \, \Delta t$$

$$V = V_0 (1 + \beta \, \Delta t)$$

β = coefficiente di dilatazione di volume, con valori che dipendono dal materiale.

$$\beta = 3 \, \alpha$$

Anche i liquidi in genere si dilatano al crescere della temperatura.
Per i liquidi è importante specificare la pressione a cui si trovano in quanto il comportamento varia al variare della pressione.

L'acqua ha un comportamento anomalo: a 1 atm raggiunge la ρ_{max} a 4 °C; β è negativo fra 0°C e 4°C. Ovvero passando da 4°C a 0°C diminuisce la densità quindi il ghiaccio galleggia.

Thermal expansion



GAS PERFETTO

Un gas è caratterizzato da una notevole distanza fra le molecole, quindi le forze di coesione sono molto ridotte.

Nella condizione di pressione non elevata e temperatura sufficientemente alta, tutti i gas tendono a comportarsi secondo le stesse leggi che si possono ricavare teoricamente sulla base del modello del GAS PERFETTO (molecole puntiformi e interazioni puramente elastiche)

GAS PERFETTO

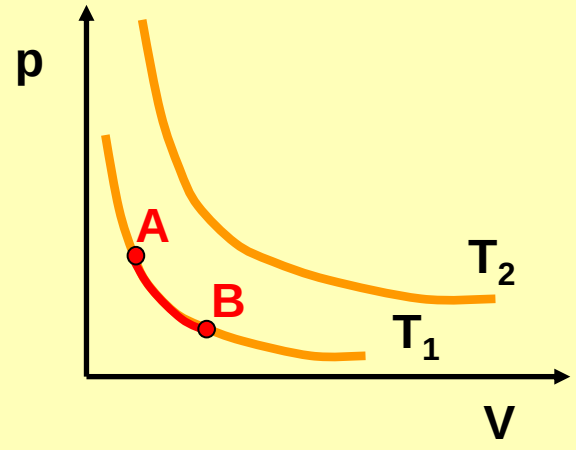
Un gas è caratterizzato da una notevole distanza fra le molecole, quindi le forze di coesione sono molto ridotte.

Nella condizione di pressione non elevata e temperatura sufficientemente alta, tutti i gas tendono a comportarsi secondo le stesse leggi che si possono ricavare teoricamente sulla base del modello del GAS PERFETTO (molecole puntiformi e interazioni puramente elastiche)

Lo studio del comportamento macroscopico dei gas ha portato alla definzione di 3 leggi, oltre alla LEGGE DEI GAS PERFETTI

- **Legge di Boyle**
- **1° Legge di Gay-Lussac**
- **2° Legge di Gay-Lussac**

LEGGI DEI GAS PERFETTI



Legge di Boyle T = costante isoterma

PV = costante

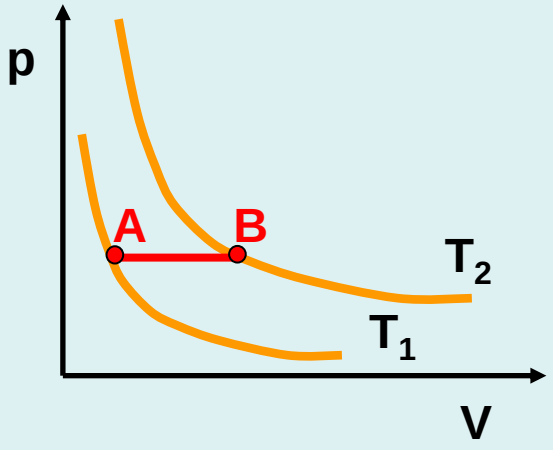
1° Legge di Gay- Lussac
(o legge di Charles)

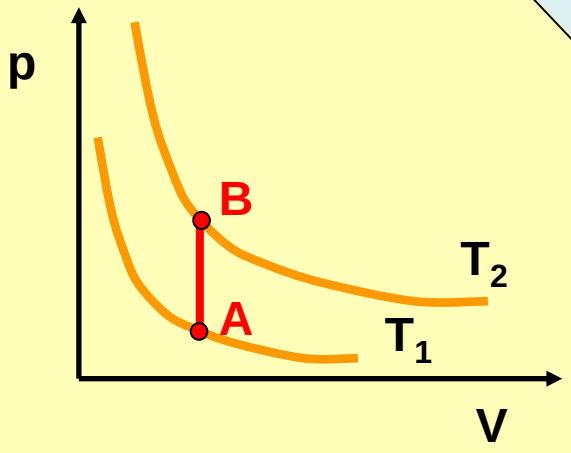
p = costante isobara

$V_T = V_0 (1 + \beta t)$

$\beta = 1 / 273\ °C^{-1}$

V_0, volume a 0°C





2° Legge di Gay- Lussac

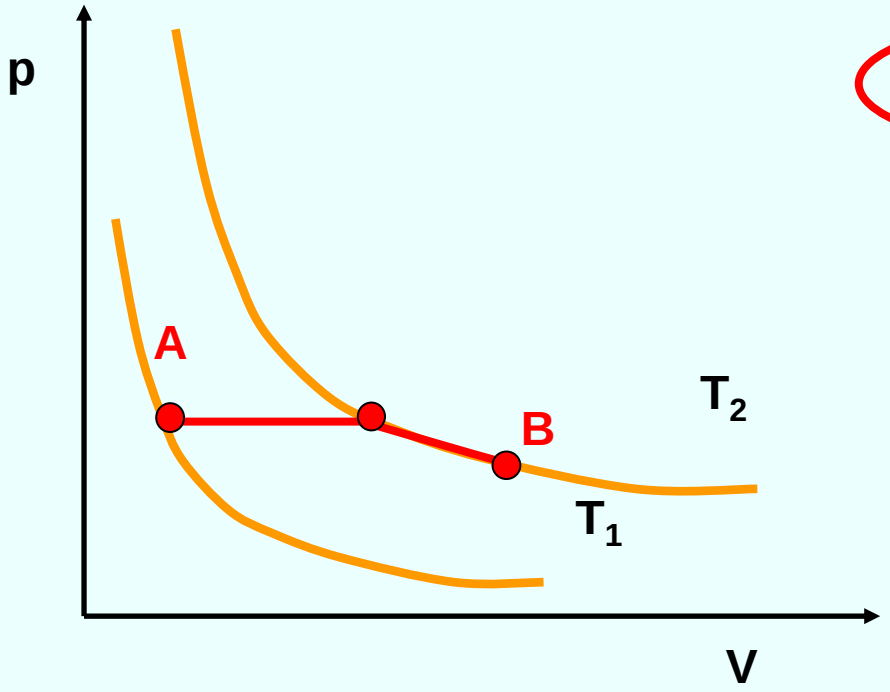
V = costante isocora

$p_T = p_0 (1 + \beta T)$

EQUAZIONE DI STATO DEI GAS PERFETTI

Combinando le leggi di Boyle e di Gay-Lussac in una sola relazione, che indica come ciascuna delle quantità p V T varia in funzione delle altre due, si ha la legge generale dei gas (o equazione di stato) che vale per i gas perfetti.

Il comportamento di un gas reale a temperature elevate e basse pressione è simile a quello di un gas perfetto.



$$PV = n\,RT$$

n = moli

R = costante universale dei gas

R = 0.082 ℓ atm / (mol K)

R = 8.31 J / (mol K)

CALORE

E’ energia di trasferimento.

Ad es. il calore che si propaga da un corpo all’altro, da un sistema all’altro, per effetto di una differenza di temperatura.

CALORE, forma di energia. Unità di misura in S.I. joule, J

CALORE

E’ energia di trasferimento.

Ad es. il calore che si propaga da un corpo all’altro, da un sistema all’altro, per effetto di una differenza di temperatura.

CALORE, forma di energia. Unità di misura in S.I. joule, J

CALORIA (cal) quantità di calore necessaria per portare **1 g di acqua da 14.5 °C a 15.5 °C**

cal detta **piccola caloria**

Cal o **kcal** detta **grande caloria**

1 Cal = 1 kcal = 10^3 cal

EQUIVALENTE MECCANICO CALORIA

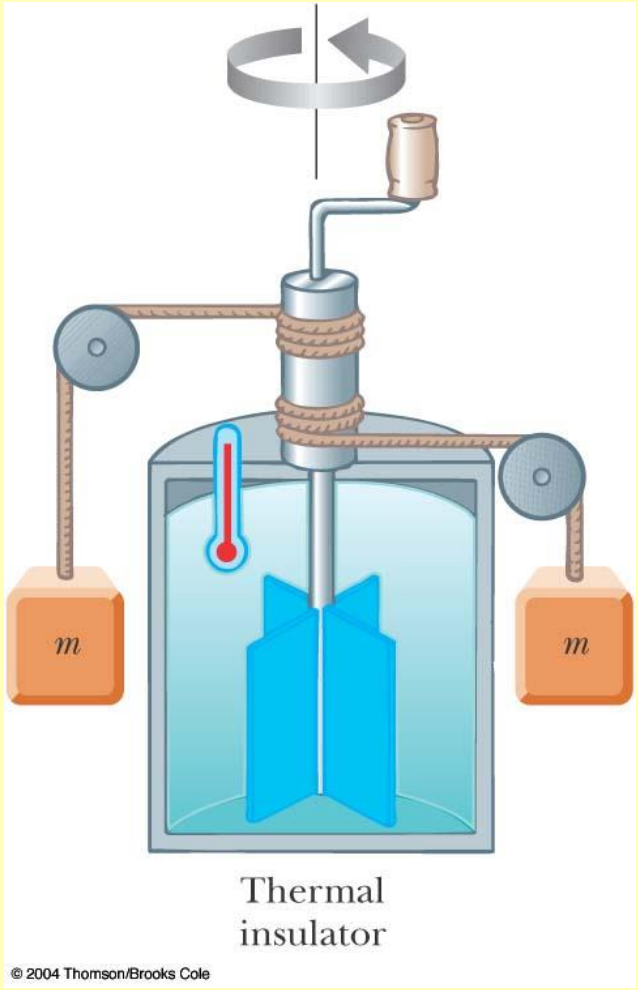
Esperienza del mulinello di Joule ha permesso di stabilire l'equivalenza fra energia meccanica ed energia termica.

Ha consentito inoltre di determinare l'equivalente meccanico della caloria:

1 kcal = 4186 J

1 cal = 4.186 J

La variazione di energia potenziale delle masse **equivale** al lavoro fatto dalle pale nell'acqua.



CALORE SPECIFICO

Il calore specifico di una sostanza è la quantità di calore necessaria per innalzare di un grado la temperatura una massa unitaria della sostanza.

$$c = Q / (m \Delta T)$$

Sostanza	c (J kg^{-1} K^{-1})	c (cal g^{-1} $°C^{-1}$)
Acqua	??	??

Ad es. per una sostanza con calore specifico minore è sufficiente una quantità di calore minore per innalzare la temperatura, a parità di altre condizioni.

CALORE SPECIFICO

Il calore specifico di una sostanza è la quantità di calore necessaria per innalzare di un grado la temperatura una massa unitaria della sostanza.

$$c = Q / (m \Delta T)$$

Sostanza	c (J kg^{-1} K^{-1})	c (cal g^{-1} $°C^{-1}$)
Acqua	??	1.0

Ad es. per una sostanza con calore specifico minore è sufficiente una quantità di calore minore per innalzare la temperatura, a parità di altre condizioni.

CALORE SPECIFICO

Il calore specifico di una sostanza è la quantità di calore necessaria per innalzare di un grado la temperatura una massa unitaria della sostanza.

$$c = Q / (m \Delta T)$$

Sostanza	c (J kg^{-1} K^{-1})	c (cal g^{-1} $°C^{-1}$)
Acqua	4186	1.0

Ad es,. per una sostanza con calore specifico minore è sufficiente una quantità di calore minore per innalzare la temperatura, a parità di altre condizioni.

1 kcal = 4186 J

1 cal = 4.186 J

CALORE SPECIFICO

Il calore specifico di una sostanza è la quantità di calore necessaria per innalzare di un grado la temperatura una massa unitaria della sostanza.

$$c = Q / (m \Delta T)$$

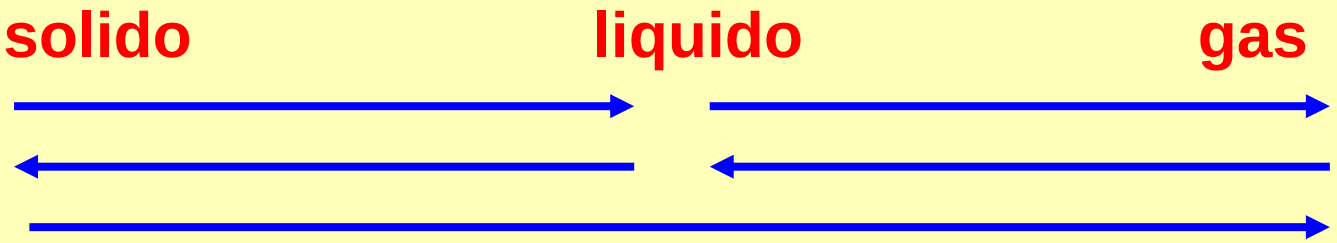
Sostanza	c (J kg^{-1} K^{-1})	c (cal g^{-1} °C^{-1})
Acqua	4186	1.0
Ghiaccio	2100	0.5
Rame	380	0.09
Corpo umano	3500	0.83
Aria STP	950	0.23

Ad es. per una sostanza con calore specifico minore è sufficiente una quantità di calore minore per innalzare la temperatura, a parità di altre condizioni.

1 kcal = 4186 J

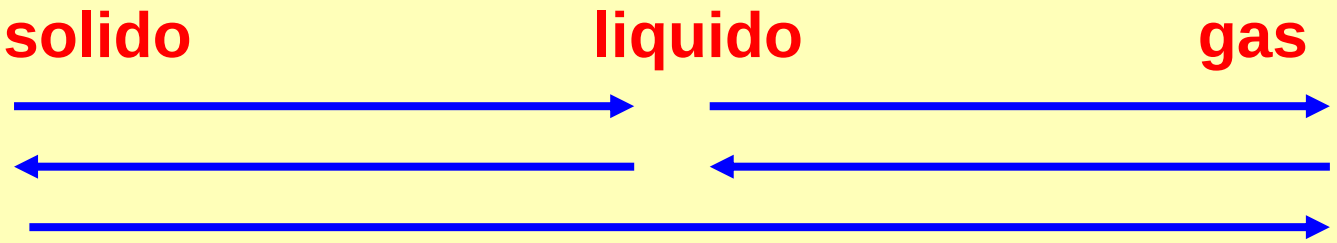
1 cal = 4.186 J

CAMBIAMENTO DI FASE



I cambiamenti di fase avvengono per ben definiti valori interdipendenti di p e T. Durante i cambiamenti di stato la temperatura resta costante e una certa quantità di calore, per unità di massa che subisce la trasformazione, detta CALORE LATENTE viene ceduta o assorbita.

CAMBIAMENTO DI FASE



I cambiamenti di fase avvengono per ben definiti valori interdipendenti di p e T. Durante i cambiamenti di stato la temperatura resta costante e una certa quantità di calore Q, per unità di massa m che subisce la trasformazione, detta CALORE LATENTE $\mathcal{L}$ viene ceduta o assorbita.

calore latente $\mathcal{L} = Q / m$

per l'acqua a 1 atm e 0 °C $\mathcal{L}_{fusione} = 79.7$ kcal /kg

per l'acqua a 1 atm e 100°C $\mathcal{L}_{evaporaz} = 539$ kcal /kg

MECCANISMI DI PROPAGAZIONE DEL CALORE

Flusso di calore Φ

Quantità di calore Q che si propaga nell'unità di tempo t

$$\Phi = Q / \Delta t$$

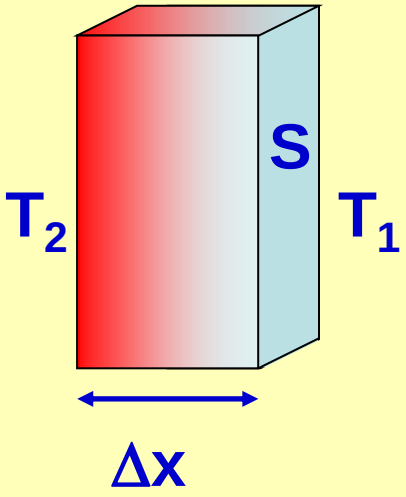
Nel S. I. si misura in J/s (joule al secondo) oppure W (watt)

Meccanismi di propagazione:

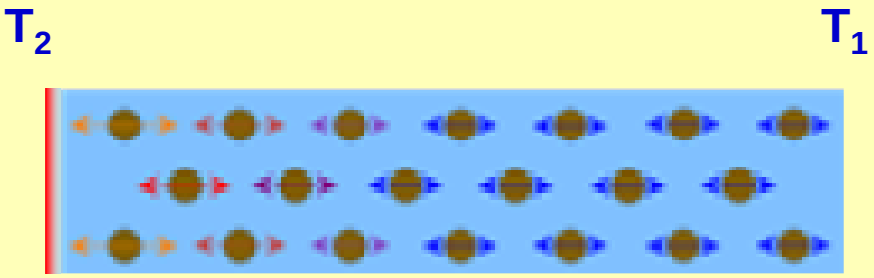
- **CONDUZIONE**
- **CONVEZIONE**
- **IRRAGGIAMENTO**

CONDUZIONE

Trasferimento di energia cinetica a seguito di un gradiente di temperatura. Meccanismo importante nei solidi.



$$\Delta T = T_2 - T_1$$



flusso di calore

$$\Phi = k \; S \; \Delta T / \Delta x$$

k = conducibilità termica

S = area superficie

$\Delta T/\Delta x$ = gradiente di temperatura

CONDUZIONE

Trasferimento di energia cinetica a seguito di un gradiente di temperatura.

Meccanismo importante nei solidi.

$$\Phi = k\ S\ \Delta T / \Delta x$$

$$k = \Phi\ \Delta x / S\ \Delta T$$

$$\frac{J\ m}{s\ m^2\ K} \Rightarrow \frac{J}{m\ s\ K}$$

Kelvin

Φ flusso di calore in J/s (joule al secondo) oppure W (watt)

$k_{ghiaccio} = 2.2\ \frac{J}{m\ s\ K}$

k = conducibilità termica

S = area superficie

$\Delta T/\Delta x$ = gradiente di temperatura

CONDUZIONE

conducibilità termica

Sostanza	k ($J\ m^{-1}\ s^{-1}\ K^{-1}$)
Aria	$2.3\ 10^{-2}$
Acqua	$5.9\ 10^{-1}$
Ghiaccio	2.2
Vetro	$9.0\ 10^{-1}$
Pelle secca	$2.5\ 10^{-1}$
Legno	$1.3\ 10^{-1}$
Lana di vetro	$3.9\ 10^{-2}$

Nota: - I buoni conduttori elettrici sono anche buoni conduttori di calore.

- Le sostanze cristalline sono buoni conduttori, es. il ghiaccio è un conduttore migliore dell'acqua.

- La pelle del corpo umano è un buon isolante se non è bagnata.

CONVEZIONE

Trasporto di materia a seguito di un gradiente di densità causato da un gradiente di temperatura.

Meccanismo caratteristico dei fluidi.



CONVEZIONE

Trasporto di materia a seguito di un gradiente di densità causato da un gradiente di temperatura.

Meccanismo caratteristico dei fluidi.

Se viene ceduta energia termica in un punto del fluido questa fa aumentare l'energia cinetica delle molecole di quella zona e quindi diminuisce la densità locale.

Il fluido più caldo, meno denso, sale ed è sostituito da quello freddo, più denso – moti convettivi.



$$\Phi = k_{conv} \; S \; \Delta T$$

IRRAGGIAMENTO

Il calore viene trasmesso sotto forma di onde elettromagnetiche o.e.m. di diversa lunghezza d'onda. La trasmissione avviene anche in assenza di un mezzo interposto fra i corpi, quindi anche nel vuoto.

Ogni corpo emette o.e.m. con energia legata alla sua temperatura e può assorbire completamente o in parte l'energia dell'o.e.m. che lo investe.

IRRAGGIAMENTO

Il calore viene trasmesso sotto forma di onde elettromagnetiche o.e.m. di diversa lunghezza d'onda. La trasmissione avviene anche in assenza di un mezzo interposto fra i corpi, quindi anche nel vuoto.

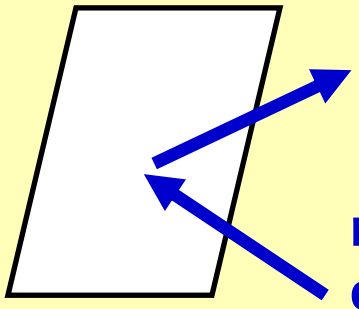
Ogni corpo emette o.e.m. con energia legata alla sua temperatura e può assorbire completamente o in parte l'energia dell'o.e.m. che lo investe.

Legge di Stefan - Boltzman

$$I_{emessa} = \Phi/S = e\ \sigma\ T^4$$

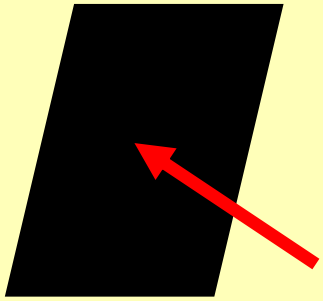
e = potere emissivo ($0 < e < 1$)

$$\sigma = 5.67\ 10^{-8}\ W\ m^{-2}\ K^{-4}$$



e = 0

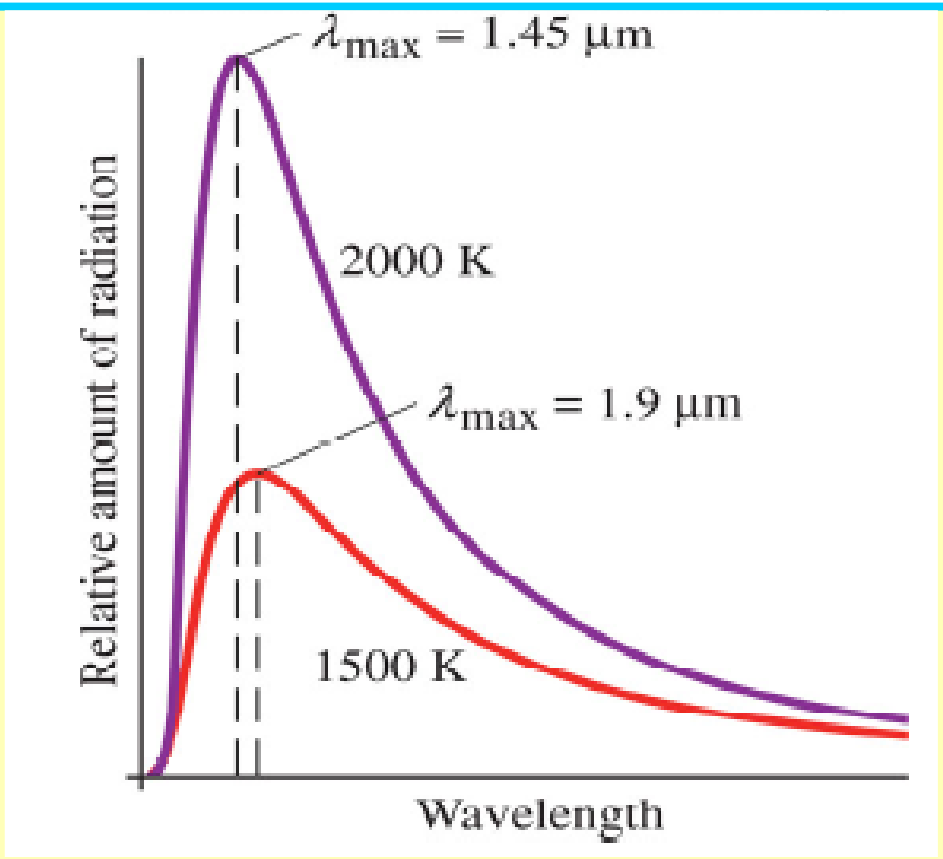
riflette perfettamente
e non assorbe energia

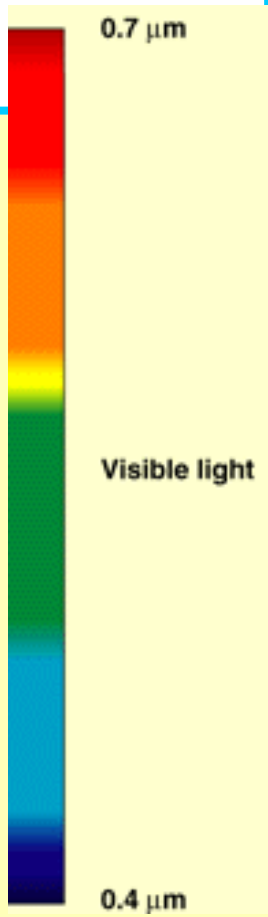


e = 1

assorbitore ideale (corpo nero), assorbe tutta l' energia – radiatore perfetto

IRRAGGIAMENTO





Legge di Wien

λ_{max} (cm) = 0.28 / T

La legge di Wien spiega il cambiamento di colore con la temperatura a 2000 K appare colore rossi a 6000 il colore bianco

C = K .273

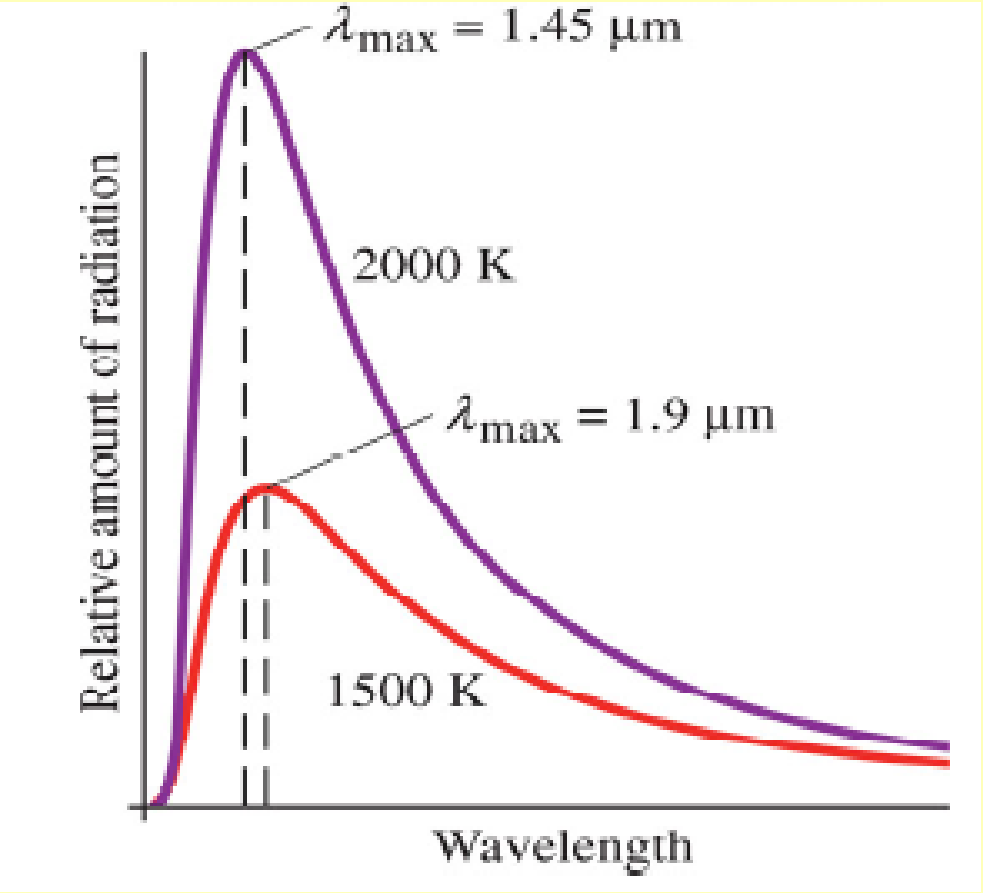
C = K – 273.15

IRRAGGIAMENTO

$I_{emessa} = e\ \sigma\ T_{emiss}^4$

$I_{assorb} = e\ \sigma\ T_{assorb}^4$

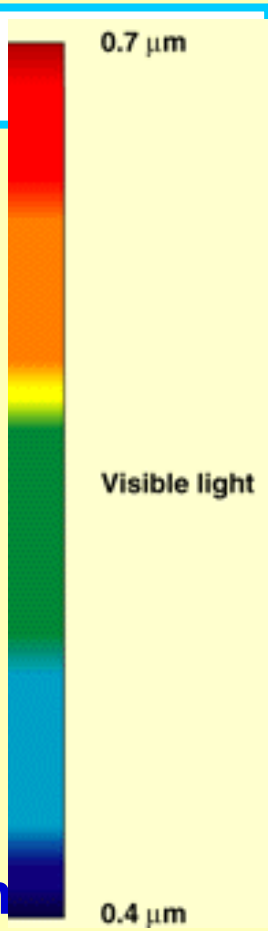
$I_{scambiata} = e\ \sigma\ (T_{emiss}^4 - T_{assorb}^4)$

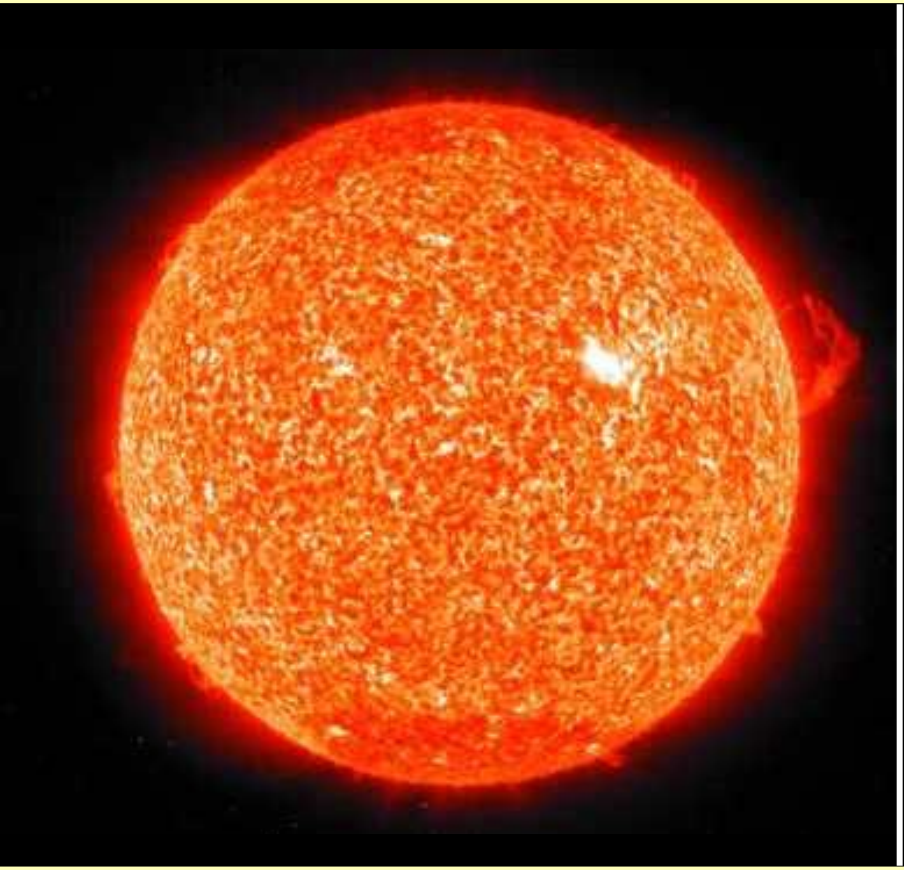


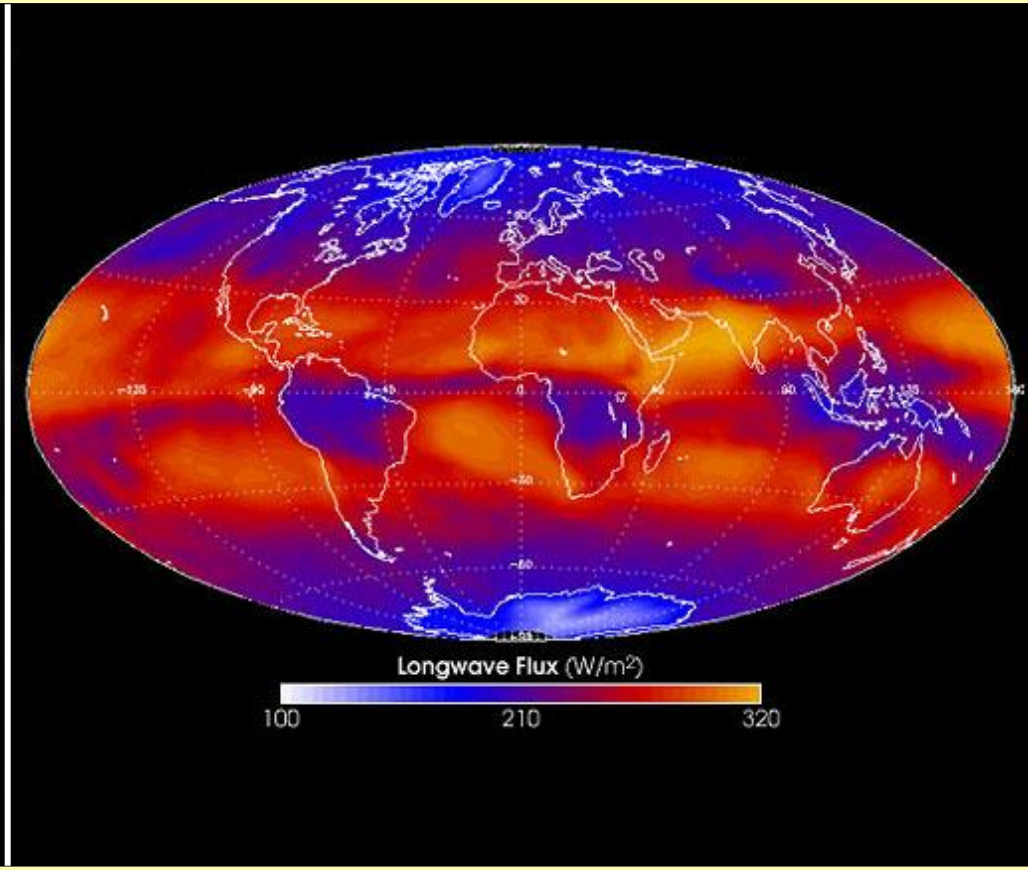
Legge di Wien

λ_{max} (cm) = 0.28 / T

La legge di Wien spiega il cambiamento di colore con la temperatura a 2000 K appare colore rossi a 6000 il colore bianco

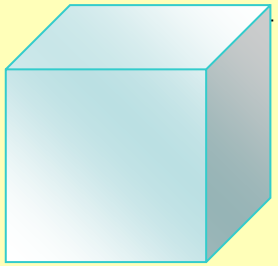






Il sole emette luce visisbile a 6000 K e la terra emette nell’infrarosso a 290 K

Quanto calore è necessario per fondere un blocco di ghiaccio di 10 kg che si trova inizialmente alla temperatura di –10 °C?
[calore specifico ghiaccio c = 0.5 cal/(g K)]
[calore latente di fusione acqua a 0°C , $\mathcal{L}$ = 79.7 kcal/kg]



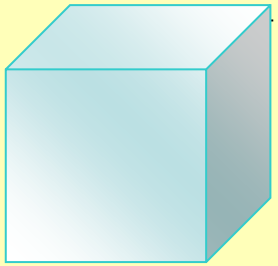
Q_1 è la quantità di calore per far passare il ghiaccio da -10 °C a 0 °C.

$$Q_1 = c\ m\ \Delta T$$

Q_2 è la quantità di calore per far fondere il ghiaccio.

$$Q_2 = \mathcal{L}\ m$$

Quanto calore è necessario per fondere un blocco di ghiaccio di 10 kg che si trova inizialmente alla temperatura di –10 °C?
[calore specifico ghiaccio c = 0.5 cal/(g K)]
[calore latente di fusione acqua a 0°C , $\mathcal{L}$ = 79.7 kcal/kg]



Q_1 è la quantità di calore per far passare il ghiaccio da -10 °C a 0 °C.

$$Q_1 = c\ m\ \Delta T$$

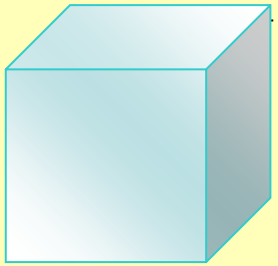
Q_2 è la quantità di calore per far fondere il ghiaccio.

$$Q_2 = \mathcal{L}\ m$$

$$Q_1 = 0.5 \text{ kcal/kg K} \cdot 10 \text{ kg} \cdot 10 \text{ K}$$

$$Q_1 = 50 \text{ kcal}$$

Quanto calore è necessario per fondere un blocco di ghiaccio di 10 kg che si trova inizialmente alla temperatura di –10 °C?
[calore specifico ghiaccio c = 0.5 cal/(g K)]
[calore latente di fusione acqua a 0°C , $\mathcal{L}$ = 79.7 kcal/kg]



Q_1 è la quantità di calore per far passare il ghiaccio da -10 °C a 0 °C.

$$Q_1 = c\ m\ \Delta T$$

Q_2 è la quantità di calore per far fondere il ghiaccio.

$$Q_2 = \mathcal{L}\ m$$

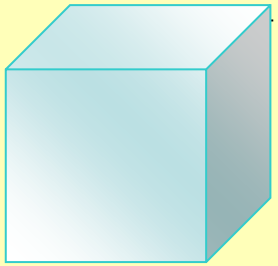
$Q_1 = 0.5$ kcal/kg K · 10 kg · 10 K

$Q_1 = 50$ kcal

$Q_2 = 79.7$ kcal/kg · 10 kg

$Q_2 = 797$ kcal

Quanto calore è necessario per fondere un blocco di ghiaccio di 10 kg che si trova inizialmente alla temperatura di –10 °C?
[calore specifico ghiaccio c = 0.5 cal/(g K)]
[calore latente di fusione acqua a 0°C , $\mathcal{L}$ = 79.7 kcal/kg]



Q_1 è la quantità di calore per far passare il ghiaccio da -10 °C a 0 °C.

$$Q_1 = c\ m\ \Delta T$$

Q_2 è la quantità di calore per far fondere il ghiaccio.

$$Q_2 = \mathcal{L}\ m$$

$Q_1 =$ 0.5 kcal/kg K · 10 kg · 10 K

$Q_1 =$ 50 kcal

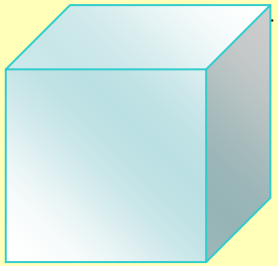
$Q_2 =$ 79.7 kcal/kg · 10 kg

$Q_2 =$ 797 kcal

$Q_{tot} =$ 50 kcal + 797 kcal

$Q_{tot} =$ 847 kcal

Quanto calore è necessario per fondere un blocco di ghiaccio di 10 kg che si trova inizialmente alla temperatura di –10 °C?
[calore specifico ghiaccio c = 0.5 cal/(g K)]
[calore latente di fusione acqua a 0°C , $\mathcal{L}$ = 79.7 kcal/kg]



Q_1 è la quantità di calore per far passare il ghiaccio da -10 °C a 0 °C.

$$Q_1 = c\ m\ \Delta T$$

Q_2 è la quantità di calore per far fondere il ghiaccio.

$$Q_2 = \mathcal{L}\ m$$

$Q_1 = 0.5$ kcal/kg K · 10 kg · 10 K

$Q_1 = 50$ kcal

$Q_2 = 79.7$ kcal/kg · 10 kg

$Q_2 = 797$ kcal

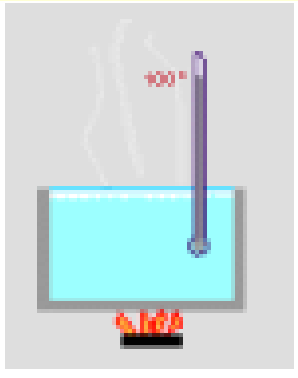
$Q_{tot} = 50$ kcal + 797 kcal

$Q_{tot} = 847$ kcal

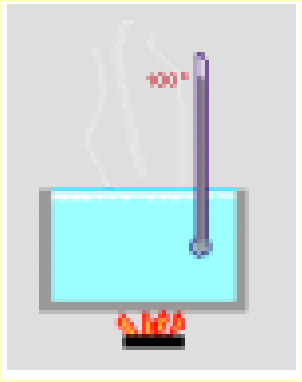
Esprimendo il risultato in joule ?

$Q_{tot} = 3.545 \cdot 10^6$ J = 3545 kJ

Quanto calore bisogna fornire a 2 kg di acqua che si trovano alla pressione atmosferica a 20 °C per convertirli completamente in vapore. [calore latente di evaporazione dell'acqua a 100°C $\mathcal{L}$ = 539 kcal/kg]



Quanto calore bisogna fornire a 2 kg di acqua che si trovano alla pressione atmosferica a 20 °C per convertirli completamente in vapore. [calore latente di evaporazione dell'acqua a 100°C $\mathcal{L}$ = 539 kcal/kg]



Q_1 è la quantità di calore per far passare l'acqua da 20 °C a 100 °C.

$$Q_1 = c\ m\ \Delta T$$

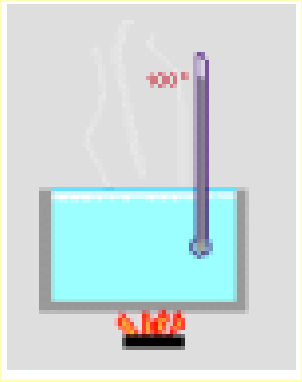
Q_2 è la quantità di calore per convertire l'acqua in vapore.

$$Q_2 = \mathcal{L}\ m$$

$$Q_1 = 1\ \text{kcal / kg K} \cdot 2\ \text{kg} \cdot 80\ \text{K}$$

$$Q_1 = 160\ \text{kcal}$$

Quanto calore bisogna fornire a 2 kg di acqua che si trovano alla pressione atmosferica a 20 °C per convertirli completamente in vapore. [calore latente di evaporazione dell'acqua a 100°C $\mathcal{L}$ = 539 kcal/kg]



Q_1 è la quantità di calore per far passare l'acqua da 20 °C a 100 °C.

$$Q_1 = c\ m\ \Delta T$$

Q_2 è la quantità di calore per convertire l'acqua in vapore.

$$Q_2 = \mathcal{L}\ m$$

$$Q_1 = 1\ \text{kcal / kg K} \cdot 2\ \text{kg} \cdot 80\ \text{K}$$

$$Q_1 = 160\ \text{kcal}$$

$$Q_2 = 539\ \text{kcal / kg} \cdot 2\ \text{kg}$$

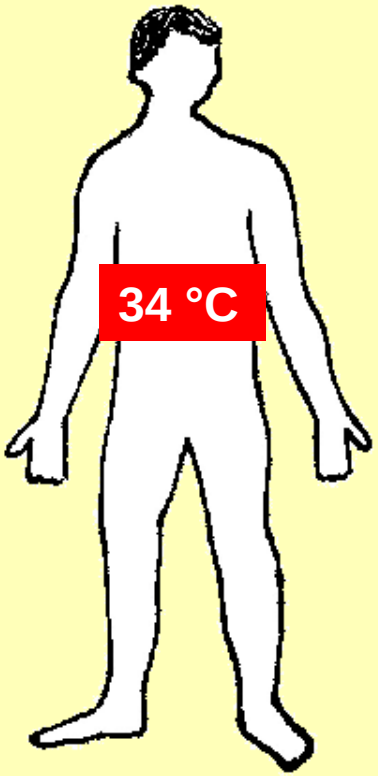
$$Q_2 = 1078\ \text{kcal}$$

$$Q_{tot} = Q_1 + Q_2 = 160\ \text{kcal} + 1078\ \text{kcal} = 1238\ \text{kcal}$$

$$Q_{tot} = 4186\ \text{J / kcal} \cdot 1238\ \text{kcal} = 5.182 \cdot 10^6\ \text{J} = 5182\ \text{kJ}$$

62

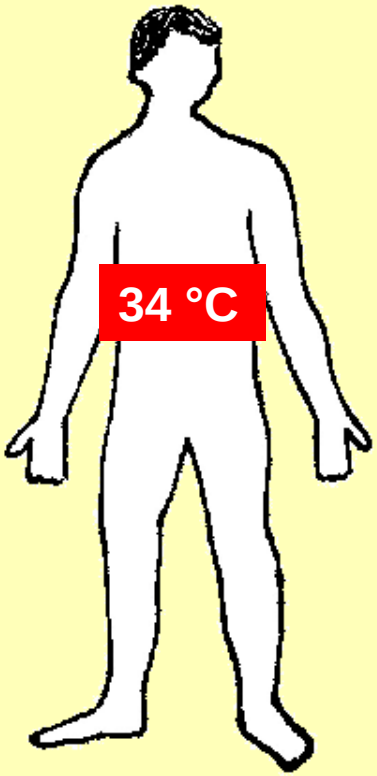
Calcolare il flusso termico che si propaga per convezione da un corpo umano la cui superficie di 1.8 m^2 si trova a 34 °C immersa in un ambiente a 20°C. ($k_{conv} = 1.7\ 10^{-3}\ kcals^{-1}\ m^{-2}\ K^{-1}$)



$$\Phi = k_{conv}\ S\ \Delta t$$

62

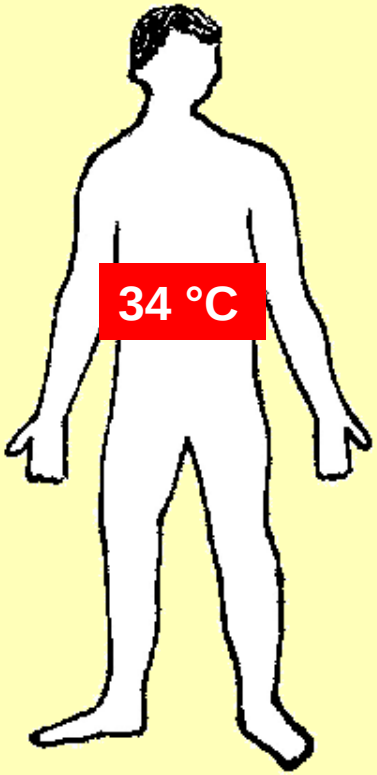
Calcolare il flusso termico che si propaga per convezione da un corpo umano la cui superficie di 1.8 m^2 si trova a 34 °C immersa in un ambiente a 20°C. ($k_{conv} = 1.7\ 10^{-3}$ kcal $s^{-1}\ m^{-2}\ K^{-1}$)



$$\Phi = k_{conv}\ S\ \Delta t$$

$$\Phi = 1.7 \cdot 10^{-3}\ \text{kcal}\ s^{-1}\ m^{-2}\ K^{-1} \cdot 1.8\ m^2\ (34 - 20)\ K$$

Calcolare il flusso termico che si propaga per convezione da un corpo umano la cui superficie di 1.8 m^2 si trova a 34 °C immersa in un ambiente a 20°C. ($k_{conv} = 1.7\ 10^{-3}$ kcal s^{-1} m^{-2} K^{-1})



$$\Phi = k_{conv}\ S\ \Delta t$$

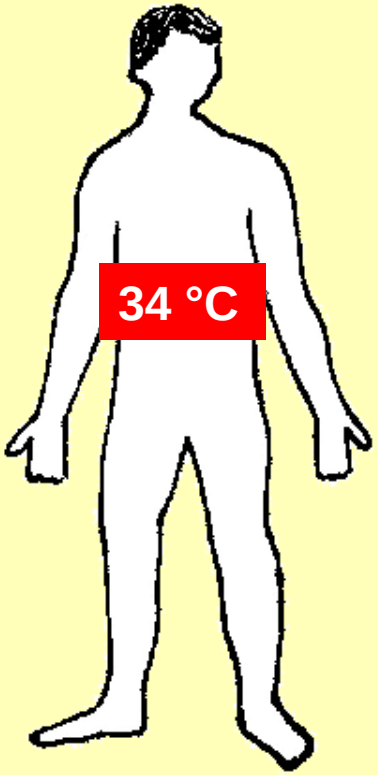
$$\Phi = 1.7 \cdot 10^{-3}\ \text{kcal}\ s^{-1}\ m^{-2}\ K^{-1} \cdot 1.8\ m^2\ (34 - 20)\ K$$

$$\Phi = 42.8 \cdot 10^{-3}\ \text{kcal/s}$$

Ad esempio in 1 ora:

$$42.8 \cdot 10^{-3}\ \text{kcal/s} \cdot 3600\ \text{s/h} = 154\ \text{kcal/h}$$

Calcolare il flusso termico che si propaga per convezione da un corpo umano la cui superficie di 1.8 m^2 si trova a 34 °C immersa in un ambiente a 20°C. ($k_{conv} = 1.7\ 10^{-3}$ kcal $s^{-1}\ m^{-2}\ K^{-1}$)



$$\Phi = k_{conv}\ S\ \Delta t$$

$$\Phi = 1.7 \cdot 10^{-3}\ \text{kcal}\ s^{-1}\ m^{-2}\ K^{-1} \cdot 1.8\ m^2\ (34 - 20)\ K$$

$$\Phi = 42.8 \cdot 10^{-3}\ \text{kcal/s}$$

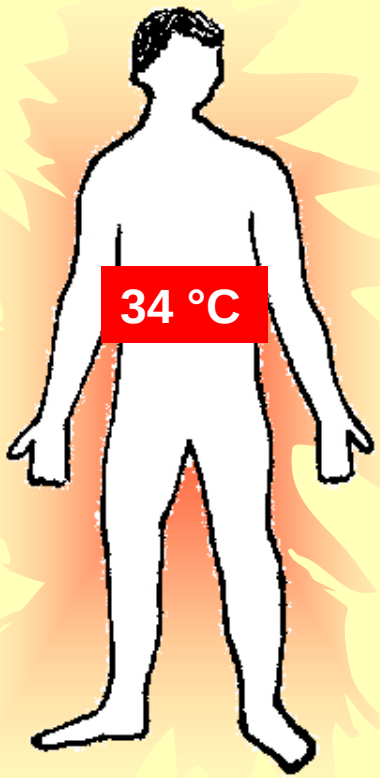
Ad esempio in 1 ora:

$$42.8 \cdot 10^{-3}\ \text{kcal/s} \cdot 3600\ \text{s/h} = 154\ \text{kcal/h}$$

Ovvero in 1 ora circa 150 kcal vengono perse per convezione.

63

Calcolare il flusso netto di calore emesso per irraggiamento da un corpo umano di superficie 1.8 m^2 che si trova alla temperatura di 34 °C rispetto alla temperatura dell'ambiente di 20 °C. (Utilizzare l'ipotesi di perfetto radiatore)

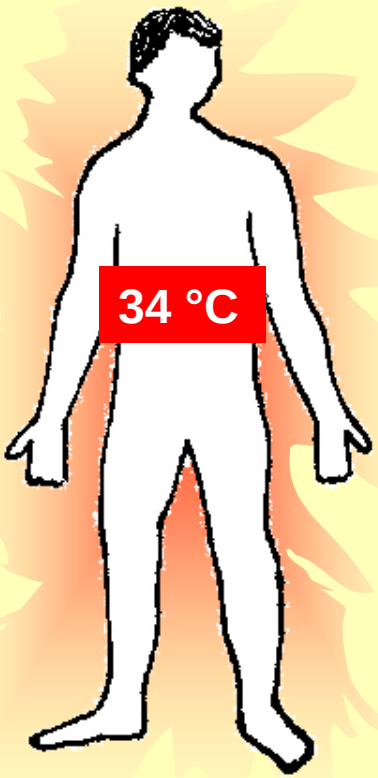


$$I_{scambiata} = e\ \sigma\ (T_{emiss}^4 - T_{assorb}^4)$$

radiatore perfetto $e = 1$ $\sigma = 5.67\ 10^{-8}\ W\ m^{-2}\ K^{-4}$

63

Calcolare il flusso netto di calore emesso per irraggiamento da un corpo umano di superficie 1.8 m^2 che si trova alla temperatura di 34 °C rispetto alla temperatura dell'ambiente di 20 °C. (Utilizzare l'ipotesi di perfetto radiatore)



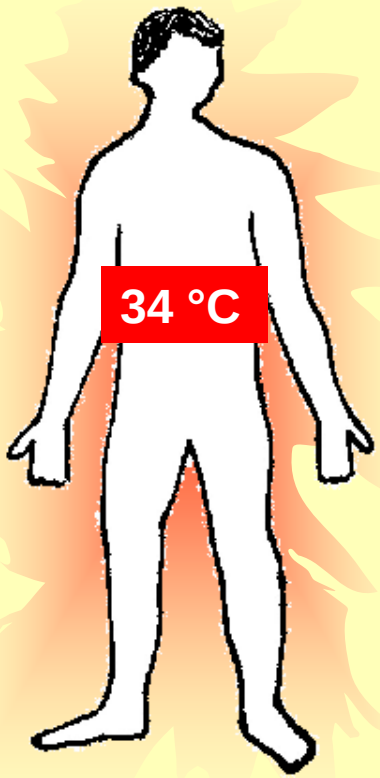
$$I_{scambiata} = e\ \sigma\ (T_{emiss}^4 - T_{assorb}^4)$$

radiatore perfetto $e = 1$ $\sigma = 5.67\ 10^{-8}\ W\ m^{-2}\ K^{-4}$

$$T_{emiss} = 34 + 273 = 307\ K = 3.07 \cdot 10^2\ K$$

63

Calcolare il flusso netto di calore emesso per irraggiamento da un corpo umano di superficie 1.8 m^2 che si trova alla temperatura di 34 °C rispetto alla temperatura dell'ambiente di 20 °C. (Utilizzare l'ipotesi di perfetto radiatore)



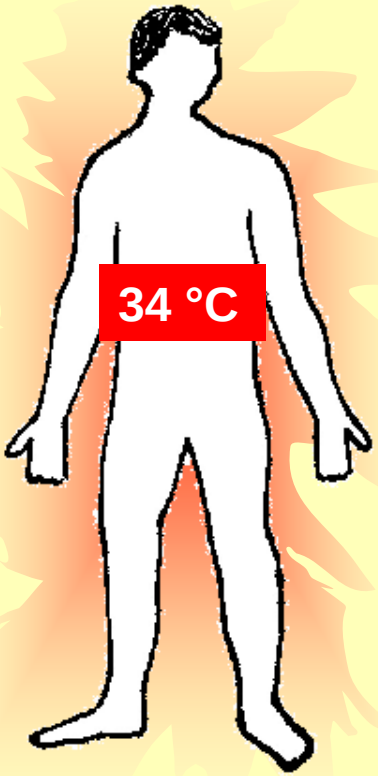
$$I_{scambiata} = e\ \sigma\ (T_{emiss}^4 - T_{assorb}^4)$$

radiatore perfetto $e = 1$ $\quad \sigma = 5.67\ 10^{-8}\ W\ m^{-2}\ K^{-4}$

$$T_{emiss} = 34 + 273 = 307\ K = 3.07 \cdot 10^2\ K$$

$$T_{assorb} = 20 + 273 = 293\ K = 2.93 \cdot 10^2\ K$$

Calcolare il flusso netto di calore emesso per irraggiamento da un corpo umano di superficie 1.8 m^2 che si trova alla temperatura di 34 °C rispetto alla temperatura dell'ambiente di 20 °C. (Utilizzare l'ipotesi di perfetto radiatore)



$$I_{scambiata} = e\ \sigma\ (T_{emiss}^4 - T_{assorb}^4)$$

radiatore perfetto $e = 1$ $\quad \sigma = 5.67\ 10^{-8}\ W\ m^{-2}\ K^{-4}$

$$T_{emiss} = 34 + 273 = 307\ K = 3.07 \cdot 10^2\ K$$

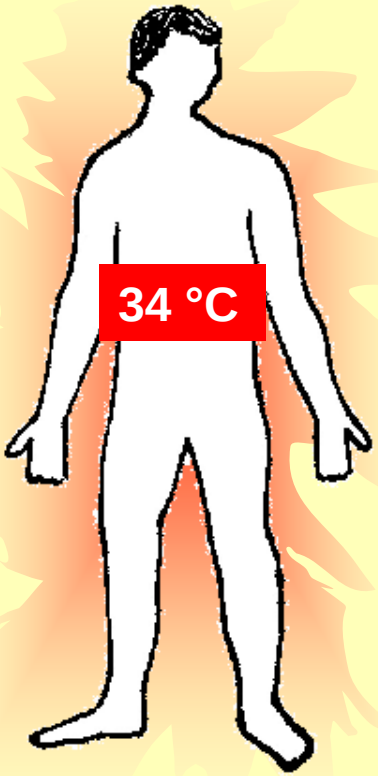
$$T_{assorb} = 20 + 273 = 293\ K = 2.93 \cdot 10^2\ K$$

$$\Phi_{scamb} = I_{scamb}\ S$$

$$\Phi_{scamb} = 5.67 \cdot 10^{-8}\ 1.8\ (\ 3.07^4 \cdot 10^{\ 8} - 2.93^4 \cdot 10^8\ )$$

$$\Phi_{scamb} = 5.67 \cdot\ 1.8\ (\ 88.83 - 73.70\ )$$

Calcolare il flusso netto di calore emesso per irraggiamento da un corpo umano di superficie 1.8 m^2 che si trova alla temperatura di 34 °C rispetto alla temperatura dell'ambiente di 20 °C. (Utilizzare l'ipotesi di perfetto radiatore)



$$I_{scambiata} = e\ \sigma\ (T_{emiss}^4 - T_{assorb}^4)$$

radiatore perfetto $e = 1$ $\quad \sigma = 5.67\ 10^{-8}\ W\ m^{-2}\ K^{-4}$

$$T_{emiss} = 34 + 273 = 307\ K = 3.07 \cdot 10^2\ K$$

$$T_{assorb} = 20 + 273 = 293\ K = 2.93 \cdot 10^2\ K$$

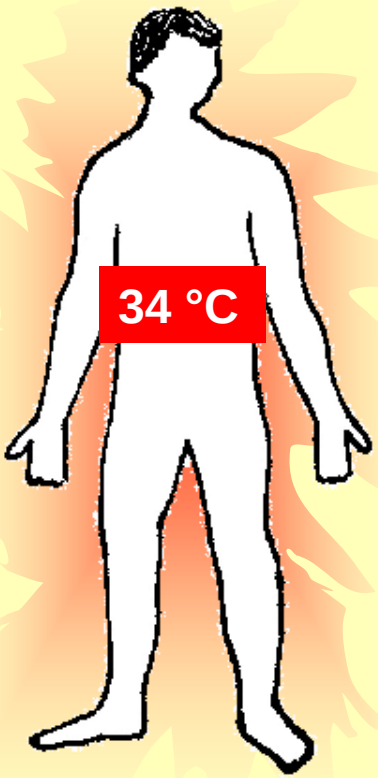
$$\Phi_{scamb} = I_{scamb}\ S$$

$$\Phi_{scamb} = 5.67 \cdot 10^{-8}\ 1.8\ (3.07^4 \cdot 10^{8} - 2.93^4 \cdot 10^8)$$

$$\Phi_{scamb} = 5.67 \cdot\ 1.8\ (88.83 - 73.70)$$

$$\Phi_{scamb} = 154.4\ W$$

Calcolare il flusso netto di calore emesso per irraggiamento da un corpo umano di superficie 1.8 m^2 che si trova alla temperatura di 34 °C rispetto alla temperatura dell'ambiente di 20 °C. (Utilizzare l'ipotesi di perfetto radiatore)



$$I_{scambiata} = e\ \sigma\ (T_{emiss}^4 - T_{assorb}^4)$$

radiatore perfetto $e = 1$ $\quad \sigma = 5.67\ 10^{-8}\ W\ m^{-2}\ K^{-4}$

$$T_{emiss} = 34 + 273 = 307\ K = 3.07 \cdot 10^2\ K$$

$$T_{assorb} = 20 + 273 = 293\ K = 2.93 \cdot 10^2\ K$$

$$\Phi_{scamb} = I_{scamb}\ S$$

$$\Phi_{scamb} = 5.67 \cdot 10^{-8}\ 1.8\ (\ 3.07^4 \cdot 10^{\ 8} - 2.93^4 \cdot 10^8\ )$$

$$\Phi_{scamb} = 5.67 \cdot\ 1.8\ (\ 88.83 - 73.70\ )$$

$$\Phi_{scamb} = 154.4\ W$$

$$\Phi_{scamb} = 154.4 \cdot 3600 / 4186 = 132.8\ kcal/h$$

Esprimendo il risultato in kcal/h ?