

PROBLEMI MODELLO, DOMANDE E PROBLEMI IN PIÙ

5 IL MODELLO DEL BIG BANG

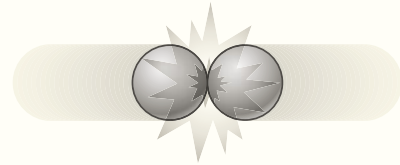
PROBLEMA MODELLO 3 UN OROLOGIO A ENERGIA TERMICA

A temperatura ambiente si trova che l'energia tipica scambiata in un urto, dovuto all'agitazione termica, è dell'ordine di 1/40 di eV. Se invece l'urto avviene nel nucleo solare, dove la temperatura raggiunge un valore di $1,0 \times 10^7$ K, l'energia scambiata è decisamente superiore.

- ▶ Calcola a quale temperatura corrisponde l'energia di 1/40 eV.
- ▶ Calcola l'energia scambiata in un urto all'interno del Sole.
- ▶ Calcola in quali istanti dopo il Big Bang erano presenti queste energie.

$$E = \frac{1}{40} \text{ eV}$$

$$T = ?$$



■ DATI

Energia scambiata in un urto: $E_{amb} = 0,025 \text{ eV}$
 Temperatura all'interno del Sole:
 $T_{sole} = 1,0 \times 10^7 \text{ K}$

■ INCOGNITE

Temperatura ambiente: $T_{amb} = ?$
 Energia scambiata in un urto all'interno del sole:
 $E_{sole} = ?$
 Istanti in cui erano presenti questi energie:
 $t_{amb} = ?$, $t_{sole} = ?$

L'IDEA

- A causa dell'agitazione termica, le particelle si muovono con una certa velocità, regolata dalla temperatura, urtandosi in continuazione. In ogni urto l'energia scambiata è dell'ordine dell'energia cinetica posseduta dalle particelle, che è direttamente proporzionale alla temperatura, cioè: $E \approx k_B T$, dove k_B è la costante di Boltzmann.
- La teoria del Big Bang, supportata dall'osservazione dell'espansione dell'Universo, ci spiega come la temperatura diminuisca man mano che l'Universo si espande. In pratica, è come aver acceso un fuoco e osservarlo mentre si spegne completamente.
- Infine calcolo gli istanti di tempo dopo il Big Bang con la relazione $t = \frac{10^{-6} \text{ s} \cdot \text{GeV}^2}{E_{\text{GeV}}^2}$.

LA SOLUZIONE

Calcolo la temperatura ambiente.

Ricorda che $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$. Di conseguenza, 1/40 di eV corrisponde, in joule, all'energia

$$E = \frac{1,60 \times 10^{-19} \text{ J}}{40} = 4,0 \times 10^{-21} \text{ J}.$$

Ora ricavo la temperatura corrispondente T da $E \approx k_B T$, cioè:

$$T \approx \frac{E}{k_B} = \frac{4,0 \times 10^{-21} \text{ J}}{1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K}} = 2,9 \times 10^2 \text{ K}.$$

Questa temperatura conferma una temperatura ambiente di poco meno di 20 °C.

Calcolo l'energia scambiata all'interno del Sole.

$$E_{\text{Sole}} \approx k_B T = \frac{\left(1,38 \times 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}\right) \times (1,0 \times 10^7 \text{ K})}{1,6 \times 10^{-19} \frac{\text{J}}{\text{eV}}} = 8,6 \times 10^2 \text{ eV}$$

Calcolo gli istanti di tempo corrispondenti.

$$t_{\text{amb}} = \frac{10^{-6} \text{ s} \cdot \text{GeV}^2}{E_{\text{amb-GeV}}^2} = \frac{10^{-6} \text{ s} \cdot \text{GeV}^2}{(0,025 \times 10^{-9} \text{ GeV})^2} = 1,6 \times 10^{15} \text{ s} = \frac{1,6 \times 10^{15} \text{ s}}{3,15 \times 10^7 \text{ s/a}} = 51 \times 10^6 \text{ anni}$$

$$t_{\text{Sole}} = \frac{10^{-6} \text{ s} \cdot \text{GeV}^2}{E_{\text{Sole-GeV}}^2} = \frac{10^{-6} \text{ s} \cdot \text{GeV}^2}{(8,6 \times 10^2 \times 10^{-9} \text{ GeV})^2} = 1,4 \times 10^6 \text{ s} = \frac{1,4 \times 10^6 \text{ s}}{8,64 \times 10^4 \text{ s/g}} = 16 \text{ giorni}$$