

# Incontriamo la Fisica: la Termodinamica

Stefano Spagocci, GACB

# La Termodinamica

- La termodinamica (scienza del fluire del calore) è una scienza poco nota e ritenuta poco spettacolare.
- Eppure ha una grande importanza non solo pratica, ma anche concettuale.

# Natura del Calore

- Abbastanza prevedibilmente, le vecchie teorie vedevano il calore come un fluido non meglio specificato.
- Come vedremo, il lavoro si trasforma in calore e il viceversa non è sempre vero: questo è difficile da spiegare se il calore è un fluido.

# Il Primo Principio

- Consideriamo un pistone nel quale sia immesso del calore.
- Parte del calore genera lavoro, alzando il pistone, il resto ne aumenta la temperatura (anche senza attrito).

# Il Primo Principio

- In particolare, se il calore  $dQ$  si trasforma tutto in lavoro  $dW$  (niente attrito e trasformazione molto lenta), non si ha aumento di temperatura.
- Altrimenti parte del calore incrementa la temperatura del gas del pistone (l'energia interna  $dU$ ):  $dU = dQ - dW$ .

# Il Primo Principio

- La variazione di energia interna in un processo dipende solo dagli stati iniziale e finale, secondo la formula data.
- L'energia interna dipende solo dalla temperatura del sistema.

# Il Ciclo di Carnot

- Il ciclo di Carnot descrive un pistone senza attrito, mosso lentamente.
- Il pistone si espande assorbendo calore, poi viene ricompreso (modello ideale di motore).

# Il Ciclo di Carnot

- Il pistone assorbe calore da una sorgente più calda e lo trasforma in lavoro di espansione.
- Ma il calore non può tornare indietro dal pistone, più freddo, alla sorgente, più calda.



# Il Ciclo di Carnot

- Dunque non possiamo utilizzare il calore assorbito per ricomprimere il pistone.
- Il processo ha quindi un rendimento minore di uno: in un motore ci sarà sempre del calore sprecato.

# Il Secondo Principio

- Carnot non andò oltre nelle conseguenze.
- Dal ciclo di Carnot si ricava però che in una qualsiasi trasformazione esiste una quantità (l'entropia) che non può mai diminuire.

# Il Secondo Principio

- La variazione di entropia  $dS$  in un processo è definita da:  $dS = dQ/T$ .
- Nella precedente,  $dQ$  è il calore scambiato e  $T$  è la temperatura a cui si scambia il calore.

# Il Secondo Principio

- La variazione di entropia in un processo, secondo la formula data, dipende solo dagli stati iniziale e finale.
- L'entropia di un sistema isolato (ad esempio l'Universo) non può mai diminuire e rimane costante solo se la trasformazione è reversibile.

# Reversibilità e Irreversibilità

- Dato che il calore non può tornare indietro, esso lascia una traccia irreversibile in ogni processo reale: l'aumento di entropia.
- La variazione di entropia è nulla solo per un processo in equilibrio, ma un equilibrio significa non trasformazione, o trasformazione infinitamente lenta.

# Reversibilità e Irreversibilità

- L'irreversibilità sembra contraddire i principi della meccanica dei punti, dove un film proiettato al contrario è realistico come un film nel verso giusto.
- Ad esempio il moto di un pianeta può essere diretto o retrogrado, ma non si è mai visto un vaso in pezzi che si ricomponga da solo.

# Interpretazione Meccanicistica

- Le leggi della termodinamica valgono indipendentemente dalla natura del calore, tuttavia Boltzmann e altri ricondussero la termodinamica alla meccanica (termodinamica statistica).
- Atomi e molecole si muovono con direzione e velocità a caso e la temperatura è la velocità media con cui si muovono.

# Interpretazione Meccanicistica

- Consideriamo due corpi a diversa temperatura, messi a contatto: nel corpo a temperatura più alta le molecole vanno più veloci.
- Quando due molecole si scontrano, in media si dividono la velocità a metà, dunque il corpo più caldo si raffredda e viceversa: il contrario è estremamente improbabile.



# Applicazioni Pratiche

- Mediante il primo principio si possono scrivere le equazioni che governano il moto dei fluidi o di altri sistemi complessi.
- Senza la termodinamica, dunque, non sapremmo scrivere e risolvere alcune delle principali equazioni dell'ingegneria.

# Applicazioni Pratiche

- Applicando il secondo principio alla chimica (esprimendo cioè opportunamente l'entropia), si ha la termodinamica chimica.
- La termodinamica chimica permette di calcolare le reazioni all'equilibrio senza simulare il moto delle molecole che reagiscono (cosa possibile solo nei casi più semplici).

# La Freccia del Tempo

- Secondo la meccanica classica, calcolando il moto di tutti gli atomi dell'Universo tutto è prevedibile e non c'è posto per la storia: per la termodinamica c'è invece una freccia del tempo.
- Ogni trasformazione reale lascia una traccia indelebile: l'Universo è destinato ad uno stato di equilibrio in cui ci saranno solo singole molecole vaganti.

# Conclusioni

- La termodinamica ha applicazioni molto pratiche nella chimica e nell'ingegneria.
- Ha anche interessanti implicazioni concettuali: il mondo è dominato dal mutamento ed il ciclo della natura è simile a quello dell'uomo.