

Termodinámica

2º curso de la Licenciatura de Físicas

Lección 0

- Objeto de la Termodinámica
- Perspectiva histórica
- Estructura del curso

1. Objeto de la Termodinámica

Primeras preguntas:

- ¿Como se relacionan las magnitudes experimentalmente mesurables sobre un cuerpo? ¿Como se relacionan entre si? ¿Dependen del cuerpo a estudiar?
- ¿Podemos convertir sin pérdida energía en trabajo útil? ¿Cual es el rendimiento óptimo?
- ¿Que es el calor? ¿Que es la Temperatura?
- Si las leyes microscópicas que rigen el movimiento microscópico son reversibles temporalmente ¿Porqué los procesos espontáneos son irreversibles?
- ¿Cómo podemos caracterizar los procesos espontáneos? ¿Que es la entropía?

- Las sustancias pueden estar en distintas fases, sólido, líquido, gas,... ¿Porqué? Si la interacción entre las partículas de un cuerpo es dada y fija ¿porque al variar, por ejemplo, la temperatura, aparecen distintas fases?
- ¿Como se relaciona el mundo microscópico con el mesoscópico (la termodinámica)?¿Existe relación? ¿Porqué esa independencia jerarquica?

Para responder con precisión a todas esas preguntas cuando tratamos de sistemas en MACROSCÓPICOS y en EQUILIBRIO son necesarias dos teorías:

- la **TERMODINÁMICA**
- la **MECÁNICA ESTADÍSTICA**

La **Termodinámica** es AUTOCONSISTENTE: define y relaciona entre si las magnitudes macroscópicas que caracterizan a un estado de equilibrio de CUALQUIER SISTEMA, pero no predice sus valores.

La **Mecánica Estadística** relaciona las propiedades microscópicas de un sistema con su comportamiento macroscópico. Es PREDICTIVA y se construye de forma que TODAS las relaciones termodinámicas se cumplen.

Durante el curso:

- Definiremos el ámbito de aplicación de la Termodinámica
- Vamos a construir la Termodinámica a partir de sus postulados

- Vamos a desarrollar matemáticamente la Termodinámica con el objetivo de comprender el comportamiento de las magnitudes observables y sus interrelaciones
- Vamos a definir con PRECISIÓN conceptos físicos de gran relevancia: calor, trabajo, temperatura,....
- Vamos a aplicar la teoría a algunos casos particulares

**VAMOS A CONSTRUIR UNA TEORIA COMPLETA Y
VAMOS A APRENDER A APLICARLA**

2. Perspectiva histórica

Tres etapas (que se entrelazan) en el desarrollo de la Termodinámica:

- (...-1824) **Etapa experimentalista:** Observación de los fenómenos, desarrollo de aparatos de medida, experimentos controlados, búsqueda de regularidades en los comportamientos.
- (1824-1876) **Etapa teórica:** Construcción de teorías. Búsqueda de primeros principios y comprensión de todas las observaciones experimentales.
- (1877-hoy) **Etapa unificadora:** Relación de las propiedades microscópicas con la Termodinámica (macroscópica). Desarrollo de la Mecánica Estadística, introducción de la mecánica cuántica y sus efectos macroscópicos, estudio de sistemas de no-equilibrio, sistemas dinámicos, caos, sistemas complejos,...

ETAPA EXPERIMENTALISTA

- **1612.** Santorre Santorio fabrica el primer termoscopio (en disputa con Galileo Galilei).
- **1641.** Fernando II, Gran Duque de Toscana inventa el termómetro.
- **1643.** Evangelista Torricelli inventa el barómetro. Genera el primer vacío parcial.
- **1661.** Robert Boyle publica su ley $PV = cte$.
- **1663.** Blaise Pascal publica que en un fluido la presión se transmite de igual forma en todas direcciones.
- **1673.** Christiaan Huygens fabrica un motor que funciona por la explosión de pólvora.
- **1690.** Denis Papin usa por primera vez la presión de vapor para mover un pistón.
- **1712.** Thomas Newcomen construye la primera máquina de vapor.
- **1714.** Gabriel Fahrenheit construye el primer termómetro de mercurio y le pone su escala.
- **1724.** Hermann Boerhaave propone que el calor es una especie de fluido.
- **1733.** Daniel Bernoulli publica un tratado de hidrodinámica en el que se usan razonamientos estadísticos de teoría cinética.
- **1742.** Anders Celsius publica su escala termométrica.
- **1744.** Mikhail Vasilievich Lomonossov publica que el calor debe de ser una forma de movimiento de las partículas.
- **1761.** Joseph Black descubre que cuando se funde el hielo, éste absorbe calor sin aumentar su temperatura.
- **1765.** James Watt construye su máquina de vapor, seis veces más eficiente que la de Newcomen.
- **1772.** Johan Carl Wilcke calcula el calor latente del hielo.

- [1781](#). Johan Carl Wilcke introduce el concepto de calor específico.
- [1782](#). Lavoisier propone un primer principio de conservación de la materia.
- [1791](#). Pierre Prévost desarrolla una teoría de radiación térmica y establece que el frío es la ausencia de calor, los cuerpos calientes irradian continuamente hasta que llegan a tener la misma temperatura que su entorno.
- [1798](#). Benjamin Thompson demuestra que en los vaciados de los cañones trabajo se convierte en calor.
- [1802](#). Joseph-Louis Gay-Lussac muestra que a presión fija, el cociente volumen sobre temperatura permanece constante en un gas.
- [1807](#). Jean Baptiste Joseph Fourier publica sus estudios sobre el transporte de calor e introduce sus transformadas.
- [1811](#). Amedeo Avogadro muestra que todo gas en un mismo volumen a igual presión y Temperatura contiene el mismo número de moléculas.

ETAPA TEÓRICA

- [1824](#). Sadi Carnot publica *Reflections on the Motive Power of Fire* donde estudia como convertir calor en trabajo.
- [1827](#). Robert Brown investiga los movimientos irregulares de partículas suspendidas en fluidos.
- [1834](#). Benoit Paul Emile Clapeyron formula una primera versión del segundo principio de la termodinámica.
- [1834](#). Jean-Charles-Athanase Peltier muestra que se puede absorber o generar calor en la unión de dos metales al pasar corriente eléctrica.
- [1842](#). Julius Robert Mayer formula la ley de conservación de la energía y asocia calor a una forma de energía.
- [1843](#). James Joule establece la equivalencia mecánica del calor.
- [1848](#). William Thomson (Lord Kelvin) desarrolla la escala absoluta de temperaturas utilizando las ideas de Carnot.

- [1849](#). James Thomson acuña la palabra Termodinámica.
- [1850](#). Rudolf Clausius fomula el segundo principio de la Termodinámica.
- [1851](#). William Thomson formula la existencia del cero absoluto. Sugiere que a esa temperatura la energía de las partículas tenderá a cero. Reformula el segundo principio usando las ideas de Carnot.
- [1865](#). Rudolf Clausius define entropía como dQ/T y argumenta que la entropía del universo tiende a un máximo.
- [1873](#). Johannes Diderik van der Waals propone en su tesis doctoral una ecuación de estado para gases densos que explica por primera vez las propiedades observadas en los cambios de fase de esas sustancias.
- [1876](#). Josiah Willard Gibbs publica un primer tratado de termodinámica.

ETAPA UNIFICADORA

- [1877](#). Ludwig Boltzmann formula una versión estadística de la segunda ley de la termodinámica.
- [1884](#). Gibbs acuña la palabra Mecánica Estadística para el tratamiento probabilístico de los temas de la termodinámica.
- [1909](#). Constantin Carathéodory publica una primera versión axiomática de la Termodinámica.

CONCLUSIONES:

- La Termodinámica se construye después de innumerables observaciones sobre el comportamiento de los cuerpos macroscópicos bajo la acción de distintos agentes: calor, presión,
- Es una teoría basada **totalmente** en hechos experimentales. Es el paradigma de las teorías científicas.

- La Termodinámica **no** depende de los elementos que constituyen los cuerpos macroscópicos y se deduce independientemente de ello (de hecho cuando se dedujeron sus principios no se aceptaba plenamente la existencia de átomos como constituyentes de la materia).
- La **Termodinámica** se basa en unos pocos principios (deducidos de un conjunto de experimentos) que en su versión clásica son:
 - **Primer Principio:** Aunque la energía toma muchas formas, la cantidad total de energía se mantiene constante.
 - **Segundo Principio:** No existe ningún dispositivo cíclico que no haga otra cosa que absorber calor de una única fuente y convertirlo íntegramente en trabajo.
 - **Tercer Principio:** Es imposible enfriar un sistema hasta el cero absoluto mediante una serie finita de procesos.

3. Estructura del curso

Es tentador desarrollar la Termodinámica desde un punto de vista histórico: definición y argumentación de los principios, potenciales termodinámicos, relaciones termodinámicas, aplicaciones....

PROBLEMA: Muchos conceptos esenciales son difícilmente comprensibles, resultan abstractos e incluso misteriosos, por ejemplo la Entropía.

Vamos a optar por una versión más axiomática de la Termodinámica que es más accesible pedagógicamente.