



UC | Chile

Termodinámica (FIS1523)

Sustancias puras y sus fases

Felipe Isaule
felipe.isaule@uc.cl

Miércoles 2 de Abril de 2025

Clase 9: Sustancias puras y sus fases

- Sustancias puras.
- Fases de la materia.
- Cambios de fase.

- Bibliografía recomendada:
 - Cengel (3.1, 3.2, 3.3).

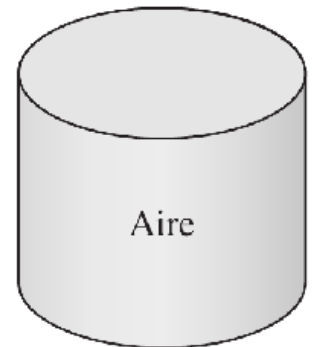
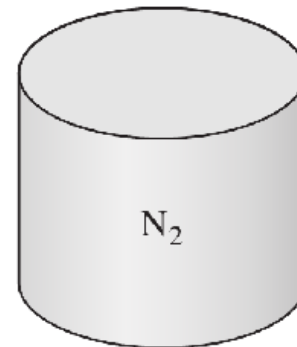
Clase 9: Sustancias puras y sus fases

- **Sustancias puras.**
- Fases de la materia.
- Cambios de fase.

Sustancias puras

- Una **sustancia pura** es una sustancia que tiene **composición química fija**.
 - Ejemplos: Agua, nitrógeno, helio.
- Una sustancia pura puede estar compuesta por **uno o más elementos o compuestos químicos**.
- Sin embargo, la sustancia debe ser **homogénea**.
- El **aire** usualmente se considera una **sustancia pura**, pero no siempre. En este curso se considera que sí lo es.

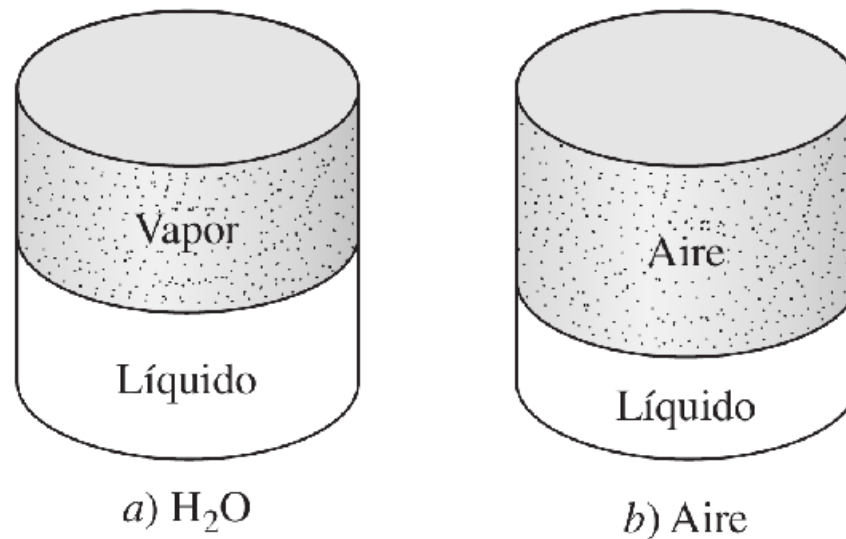
*En estricto rigor el aire exhibe algunas características de sustancia pura.



El nitrógeno y el aire gaseoso son sustancias puras.

Sustancias puras

- Una mezcla de dos o más fases de una sustancia pura sigue siendo una mientras la composición química se mantenga.



Una mezcla de agua líquida y gaseosa es una sustancia pura, pero una mezcla de aire líquido y gaseoso no lo es.

Clase 9: Sustancias puras y sus fases

- Sustancias puras.
- **Fases de la materia.**
- Cambios de fase.

Fases de una sustancia pura

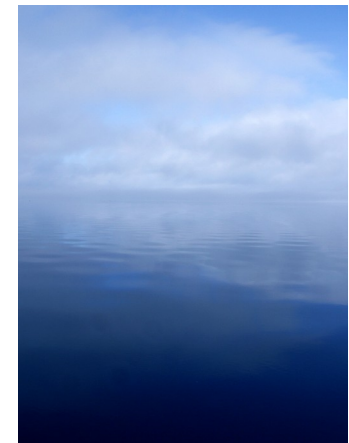
- Las **fases** o **estados de la materia** corresponden a las formas en que existe la materia.
- Son determinadas por el comportamiento microscópico de las partículas y sus interacciones.
- Por experiencia cotidiana, las sustancias puras pueden encontrarse principalmente en **tres fases**:
 - **Sólida.**
 - **Líquida.**
 - **Gaseosa.**



Hielo



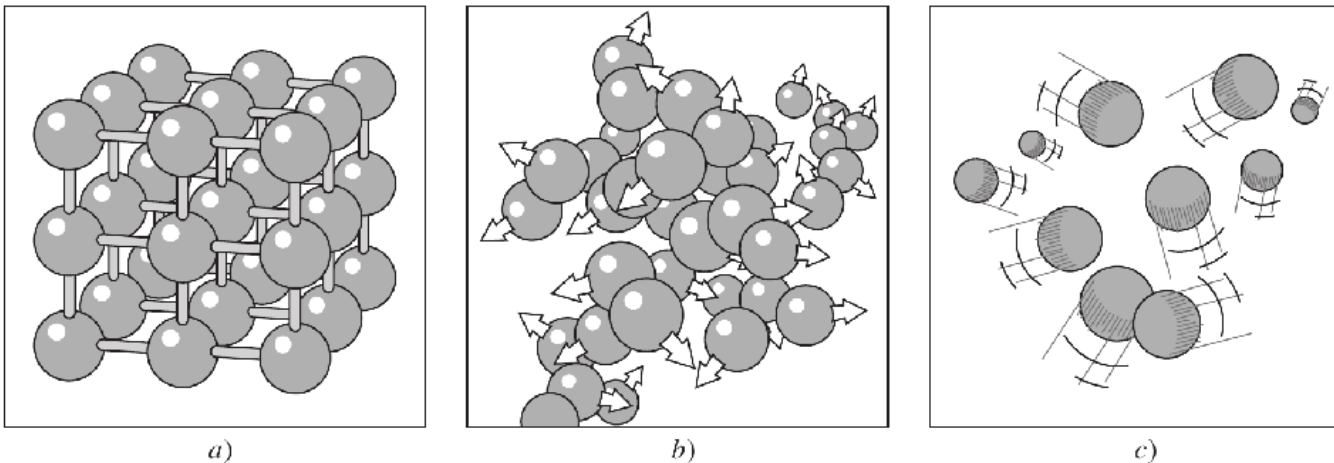
Agua
líquida



Vapor de
agua

Sólidos, líquidos, y gases

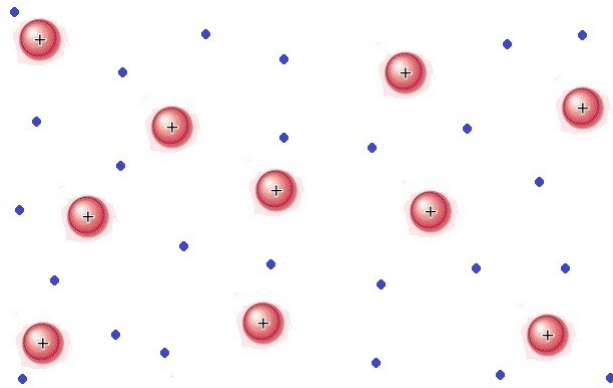
- En un **sólido** las partículas se encuentran **fijas en una red**, aunque pueden vibrar. Los enlaces no se rompen.
- En un **líquido** las partículas pueden **trasladarse y girar libremente**. Enlaces se rompen y forman constantemente.
- En un **gas** no hay orden y las partículas se **mueven al azar, colisionándo** entre sí. No hay enlaces.



Disposición de los átomos en diferentes fases: *a)* las moléculas están en posiciones relativamente fijas en un sólido, *b)* grupos de moléculas se apartan entre sí en la fase líquida y *c)* las moléculas se mueven al azar en la fase gaseosa.

Plasmas

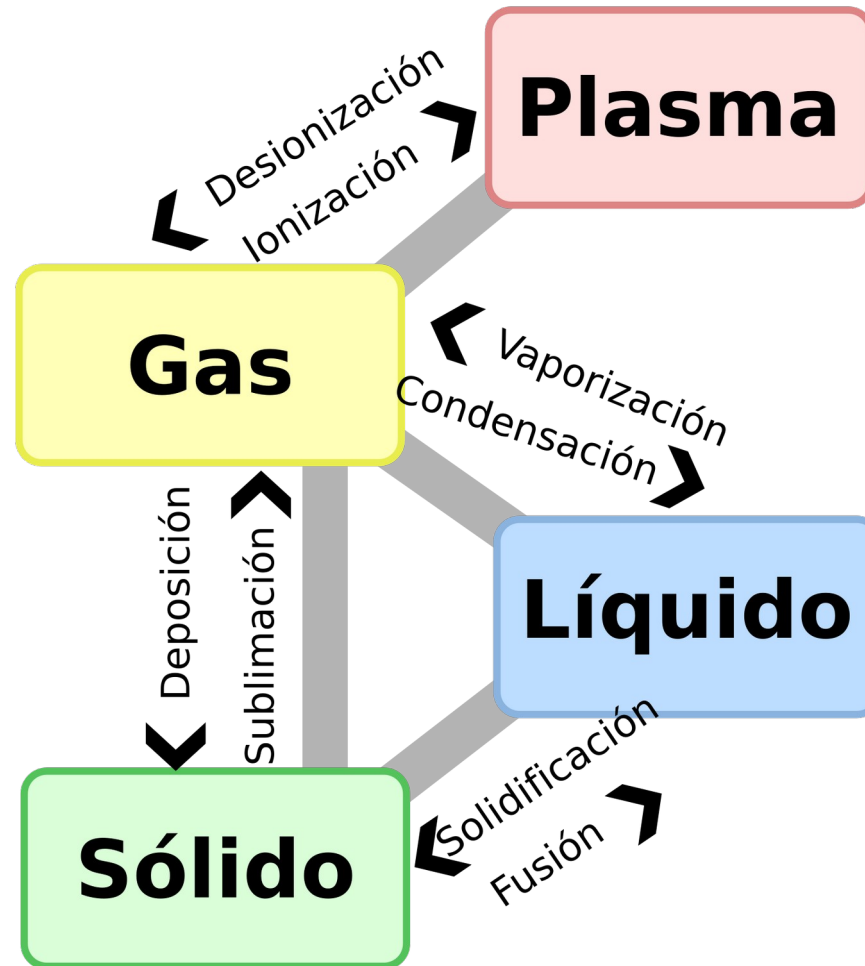
- Una **cuarta fase** observable en la vida cotidiana es la **plasmática**.
- Es un estado similar al gaseoso caracterizado por una alta presencia de **partículas cargadas** (iones o electrones).
- Se puede entender como un **gas ionizado**.



- Es el estado más abundante de materia ordinaria en el Universo.

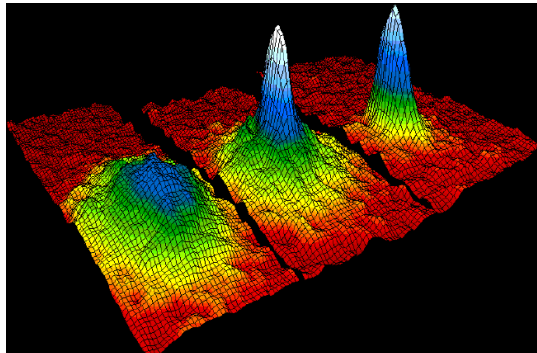
Plasmas

- Los **plasmas** son usualmente considerados el **cuarto estado** de la materia.



Otros estados extremos

- Existen otros estados de la materia que son alcanzados en **condiciones extremas**:
 - **Condensados de Bose-Einstein** (“5^{to} estado de la materia”)
 - Materia neutrónica.
 - Plasmas de quark-gluones.



Condensado de Bose-Einstein de átomos ultrafríos



Estrellas de neutrones

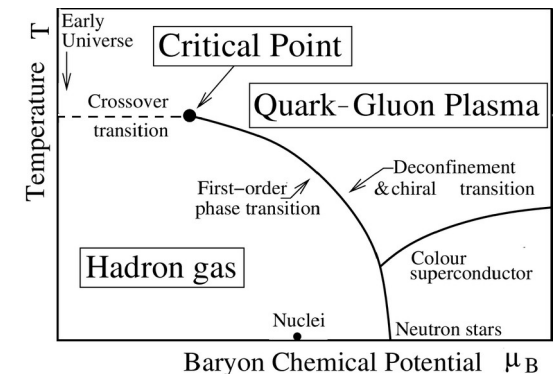


Diagrama de fase de QCD

Otros estados extremos

EL MUNDO

ESPAÑA

OPINIÓN

ECONOMÍA

INTERNACIONAL

DEPORTES

CULTURA

Ciencia y Salud

Ciencia

Salud

Sostenibles

CIENCIA • Publicado en 'Nature'

La NASA logra generar el quinto estado de la materia en el espacio

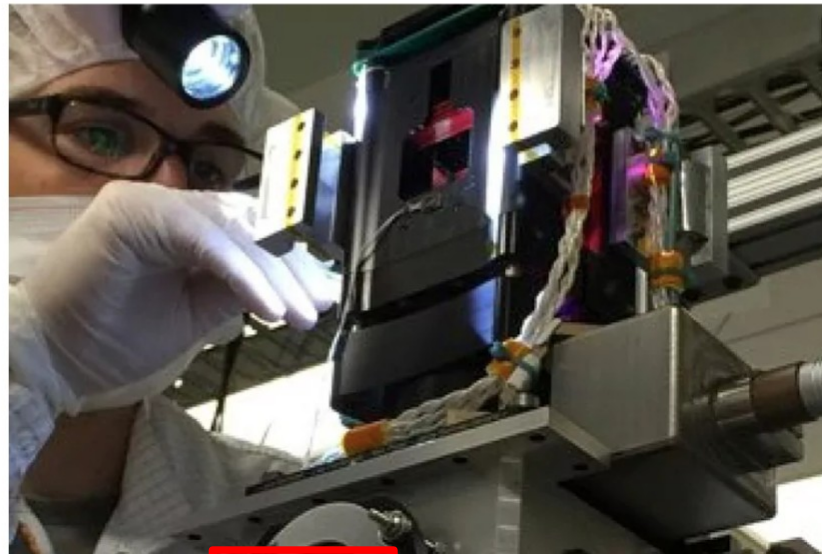
AMADO HERRERO
@AmadoHerrero
París

Actualizado Jueves, 11
junio 2020 - 11:00



Ver 10 comentarios

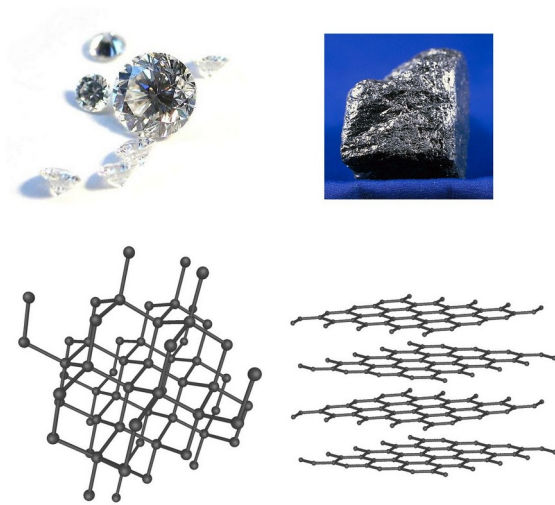
La microgravedad de la Estación Espacial Internacional permite a los científicos explorar una forma de materia exótica conocida como condensado de Bose-Einstein



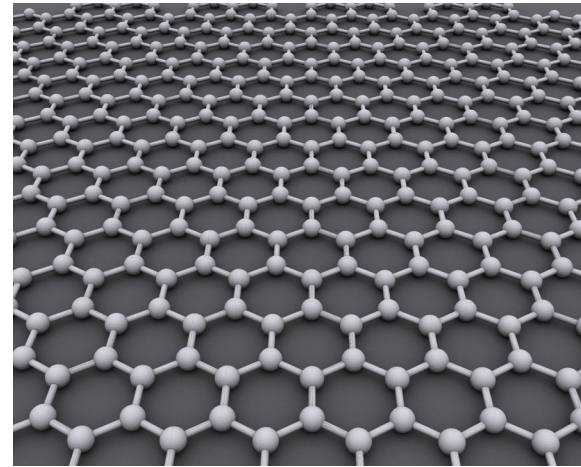
Pruebas en tierra de Cold Atom Lab, con el que se realizó el experimento en el

Sub-fases de la materia

- Las sustancias pueden tener una **sub-fase** dentro de la fase principal (alotropía).
- Ejemplo: El carbono sólido tiene distintos alótropos, como el grafito, el diamante, el grafeno, entre otros.



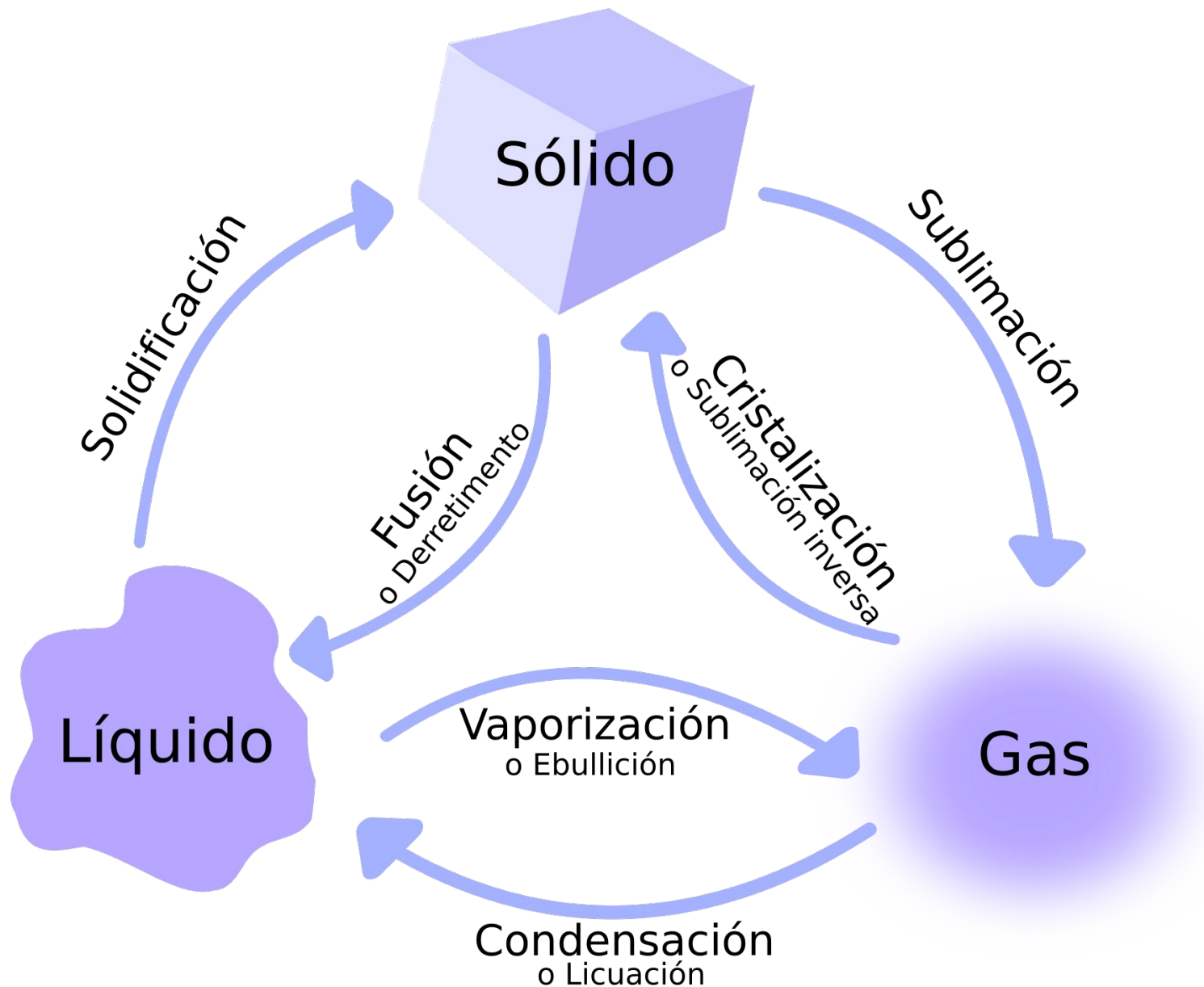
Diamante y grafito.



Grafeno.

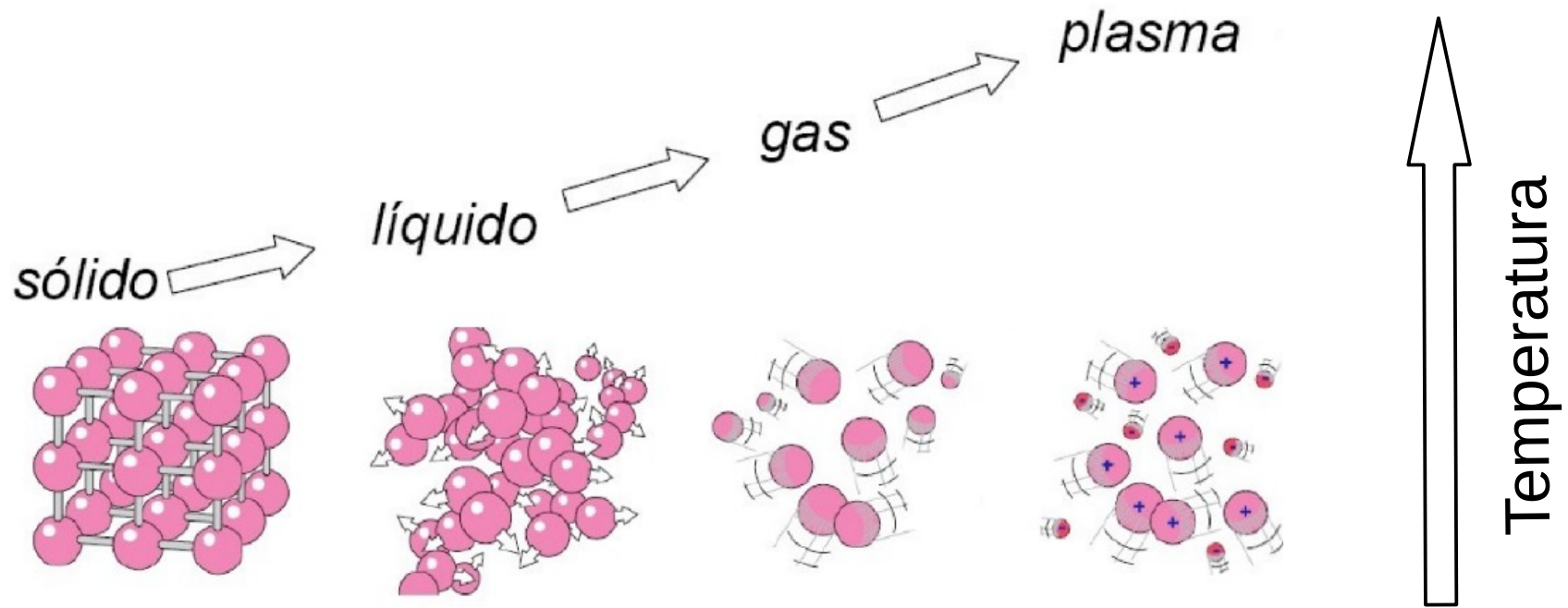
- En este curso sólo estudiaremos sólidos, líquidos, y gases (especialmente los últimos dos).

Cambios de fase



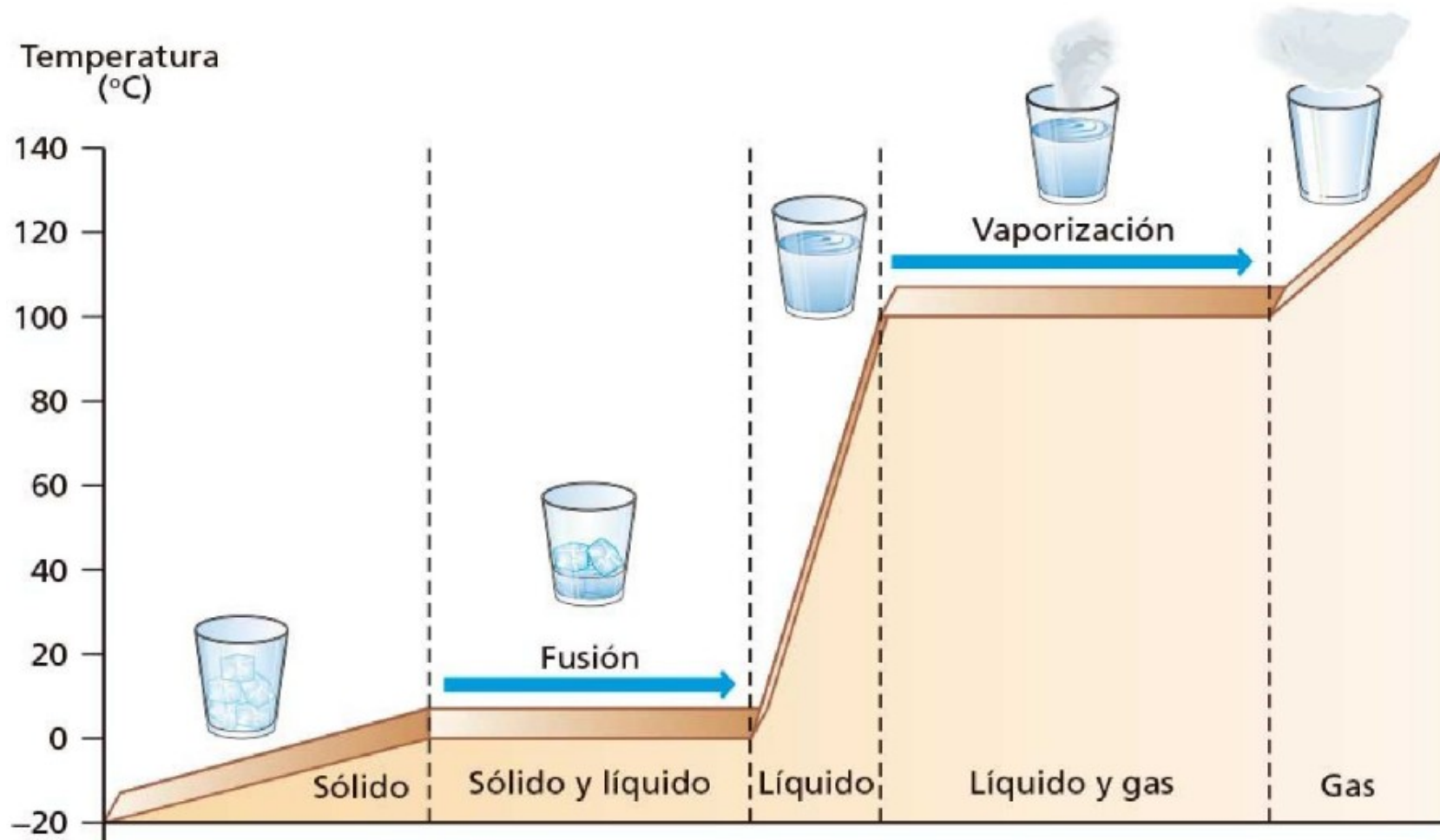
Cambios de fase

- De la experiencia cotidiana, sabemos que las sustancias pueden **cambiar de fase al cambiar la temperatura.**



- Al **aumentar la temperatura** las partículas **aumentan su energía cinética.**
- Lo anterior **rompe los enlaces** y provoca las transiciones de fase.

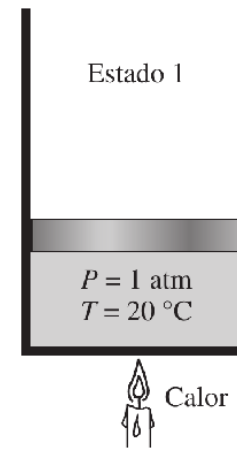
Cambios de fase



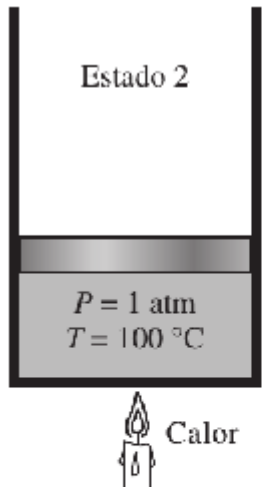
- Durante el cambio de fase la temperatura se mantiene constante y coexisten ambas fases.

Líquido comprimido y saturado

- Un **líquido comprimido** o **subsaturado** es aquel que no está a punto de evaporarse.
 - Al transferirle calor al líquido su volumen aumenta pero sigue siendo un líquido.



A 1 atm y 20 °C, el agua existe en la fase líquida (*líquido comprimido*).

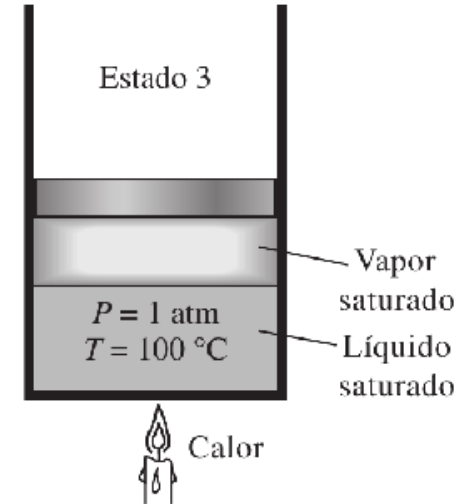
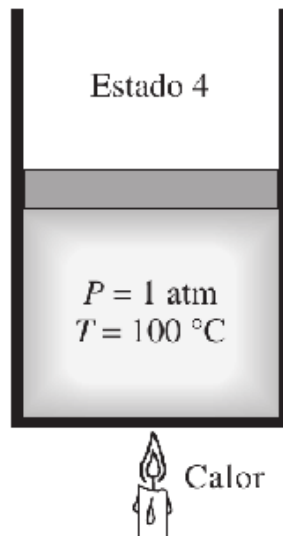


- Un **líquido saturado** es aquel que **está a punto de evaporarse**.
 - Al transferirle calor al líquido comienza a cambiar a un gas.

A 1 atm de presión y 100 °C, el agua existe como un líquido que está listo para evaporarse (*líquido saturado*).

Vapor saturado y sobrecalentado

- Durante el **proceso de evaporación** la **temperatura se mantiene constante**.
- Además, se forma una **mezcla saturada de líquido-vapor**.



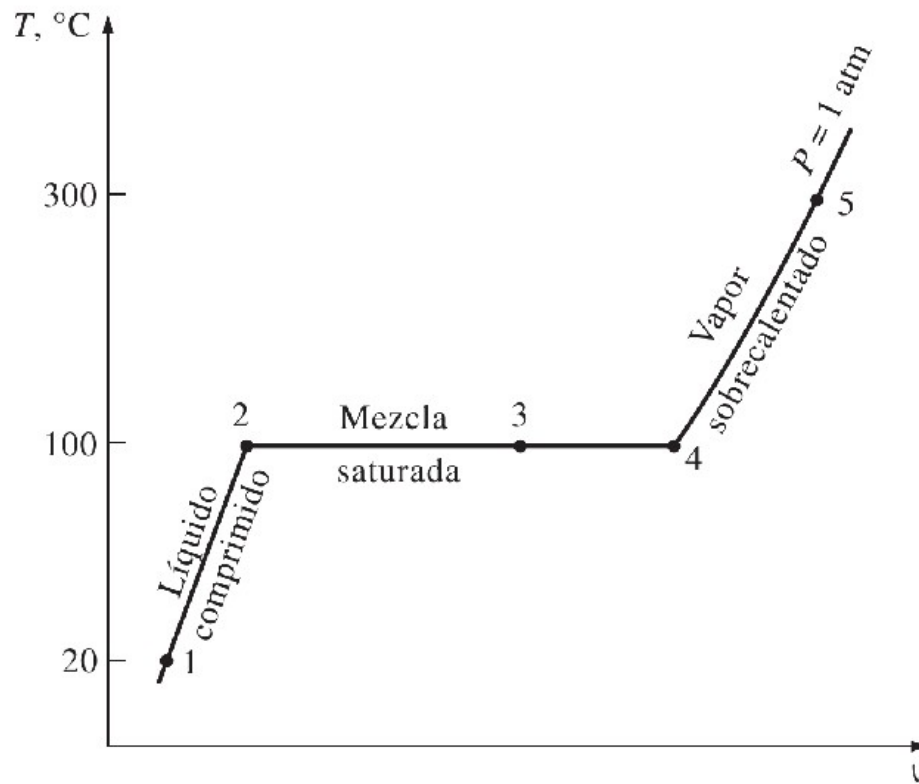
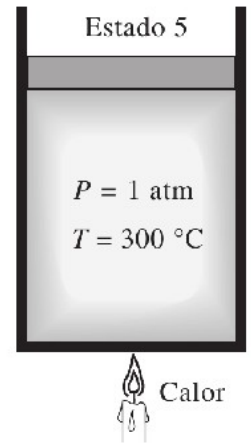
A medida que se transfiere más calor, parte del líquido saturado se evapora (*mezcla saturada de líquido-vapor*).

- Un **vapor saturado** es aquel que **está a punto de condensarse**.
 - Justo al terminar el proceso de evaporación se tiene un vapor saturado.

A 1 atm de presión, la temperatura permanece constante en 100 °C hasta que se evapora la última gota de líquido (*vapor saturado*).

Vapor saturado y sobrecalentado

- Un **vapor sobrecalentado** es aquel que **no está a punto de condensarse**.
 - Al transferirle calor al vapor su volumen aumenta aún más.



Conforme se transfiere más calor, la temperatura del vapor empieza a aumentar (*vapor sobrecalentado*).

→ Volumen específico: $\nu = 1/\rho$.

Cambios de fase

- Ya enunciamos que **aumentos de temperatura** provocan **cambios de fase** debido al **aumento de la energía cinética**.
- Sin embargo, la **temperatura** en que ocurre un **cambio de fase depende de la presión**.
- Intuitivamente, a menor presión es más fácil que las partículas escapen.

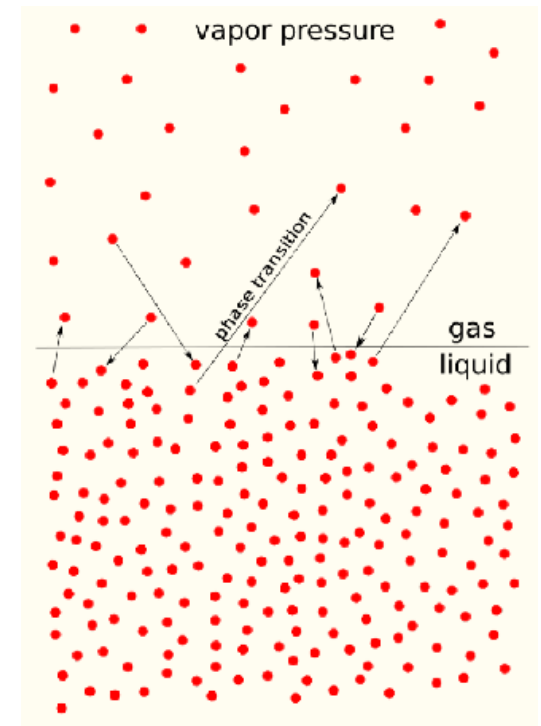
Vaporación



Ebullición



Evaporación



Temperatura y presión de saturación

- A una **presión determinada**, la **temperatura** a la que una sustancia pura **cambia de fase** se llama **temperatura de saturación**, T_{sat} .

Variación, con la altitud, de la presión atmosférica estándar y la temperatura de ebullición (saturación) del agua

| Altura, m | Presión atmosférica, kPa | Temperatura de ebullición, °C |
|-----------|--------------------------|-------------------------------|
| 0 | 101.33 | 100.0 |
| 1 000 | 89.55 | 96.5 |
| 2 000 | 79.50 | 93.3 |
| 5 000 | 54.05 | 83.3 |
| 10 000 | 26.50 | 66.3 |
| 20 000 | 5.53 | 34.7 |

Temperatura y presión de saturación

- A una **temperatura determinada**, la **presión** a la que una sustancia pura **cambia de fase** se llama **presión de saturación**, P_{sat} .

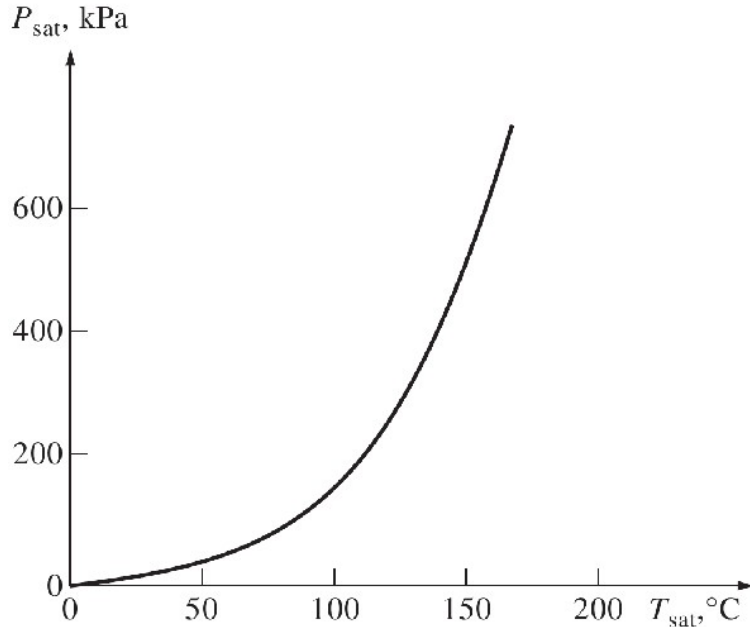
| Presión de saturación (ebullición) del agua a distintas temperaturas | |
|---|---|
| Temperatura, T , °C | Presión de saturación, P_{sat} , kPa |
| -10 | 0.26 |
| -5 | 0.40 |
| 0 | 0.61 |
| 5 | 0.87 |
| 10 | 1.23 |
| 15 | 1.71 |
| 20 | 2.34 |
| 25 | 3.17 |
| 30 | 4.25 |
| 40 | 7.39 |
| 50 | 12.35 |
| 100 | 101.4 |
| 150 | 476.2 |
| 200 | 1 555 |
| 250 | 3 976 |
| 300 | 8 588 |

Temperatura y presión de saturación

- Resulta claro que la **temperatura y presión de saturación dependen entre sí:**

$$T_{\text{sat}} = f(P_{\text{sat}}).$$

- Experimentalmente, e incluso de la vida cotidiana, sabemos que la **temperatura** T_{sat} **aumenta** con la **presión** P_{sat} .



Curva de saturación líquido-vapor del agua.



Olla a presión.

Resumen

- Hemos definido lo que es una **sustancia pura**.
- Revisamos distintos **estados de la materia**, incluyendo los **sólidos, líquidos, y gases**.
- Comenzamos a estudiar los **cambios de fase**.
- Próxima clase:
 - Diagramas de propiedades.