



## Canvis d'estat

---

Som al CosmoCaixa i parlarem dels estats de la matèria i dels seus canvis d'estat. Quin millor lloc que la sala permanent del museu i que la bola de plasma per parlar dels estats de la matèria.

De fet, aquí tenim un clar exemple del quart estat de la matèria: el plasma. Aquesta bola genera una diferència de potencial de més de 300.000 volts, cosa que fa que el gas que hi ha a l'interior es converteixi en estat de plasma. El plasma també el podem veure a les estrelles. El nostre Sol està en aquest estat.

D'aquí, de la bola de plasma, passarem a veure una sèrie d'experiències que ens demostraran que els canvis d'estat els podem veure i experimentar amb elements molt senzills. Com dèiem a la presentació, parlarem dels estats de la matèria. Hem començat veient l'estat de plasma, que és l'estat menys conegut, i aquí tenim els tres estats que són més habituals i que podem observar en la nostra vida quotidiana. Tenim el líquid, que veiem dins d'aquesta proveta, tenim l'estat sòlid, que és gel, la fase sòlida de l'aigua, i després hem omplert un globus amb aire, que és l'estat gasós. Però no solament parlarem dels estats de la matèria, sinó que parlarem també dels canvis d'un a l'altre.

Començarem parlant del canvi de sòlid a líquid. Aquest canvi s'anomena fusió. I és bastant fàcil, experimentalment, dur-lo a terme perquè, simplement, el que podem fer és fondre gel. Però aquí el que farem és posar aquests dos glaçons si esperarem que es fonguin. I per accelerar o intentar accelerar el procés, n'abrigarem un. Jo tinc aquí una gorra i una bufanda. Les posarem a aquest glaçó i el deixarem abrigat, que és un concepte que normalment relacionem amb calor, el deixarem aquí durant el desenvolupament d'aquestes experiències i després veurem què és el que ha passat amb els glaçons que hem deixat perquè es fonguin. Ara passem al canvi d'estat següent. La fusió era de sòlid a líquid. Ara veurem el canvi de líquid a gas. Això, habitualment, ho veiem a les nostres cases a la cuina, quan bullim aigua. Aquí ho farem d'una manera una mica més complexa per saber que, sempre, bullir, el concepte bullir el tenim molt relacionat amb els 100 °C als quals bull l'aigua, però no tot bull a la mateixa temperatura. Farem servir un element, que és el nitrogen, que en el seu estat líquid està a -196 °C. Farem que bulli i no bullirà a 100 °C, sinó que, de fet, bullirà a això, a -196 °C. Per utilitzar aquests elements, que no són quotidians i que poden ser perillosos a causa de la seva baixa temperatura, ens adequarem pel que fa a normes de seguretat, per poder manipular-los. Emposaré un davantal. Aquest davantal està dissenyat específicament per poder treballar amb elements a molt baixa temperatura. A més del mandil, farem servir aquests guants que, com veieu, tenen un altre aspecte i una altra resistència també per treballar amb elements molt freds. I també em posaré ulleres per evitar esquitxades. En aquest recipient d'aquí, el que hi tinc és nitrogen líquid. I per fer-lo bullir, farem servir aquest indicador que una cosa bull. Sabem que en una tetera l'aigua bull perquè comença a xiular. Doncs farem això mateix, però en comptes d'aigua tindrem nitrogen líquid. Posaré a poc a poc el nitrogen.



Podem observar el vapor d'aigua. Com que està molt fred, el nitrogen es condensa molt ràpidament, treu vapor d'aigua, i fixeu-vos que està líquid.

Realment sembla aigua.

Bé, jo crec que ja n'hi ha prou.

I ara, la nostra tetera, la taparem. Veiem que de seguida està bullint.

Això és el mateix que passa quan bullim aigua per fer un te.

L'únic és que aquí, realment, el nitrogen estava passant a estat gasós molt ràpid, perquè aquí fa molta més calor que la seva temperatura.

El nitrogen està a  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$  i per sobre d'aquesta temperatura ja comença a passar de líquid a gas.

I això és el que està passant a la tetera, que és el mateix que passa quan bullim aigua, el xiulet típic que indica que el te ja està a punt.

Ara obrirem la tetera perquè deixi de sonar i continuarem experimentant.

Hem passat de líquid a gas.

Ara passarem de líquid a sòlid.

Per passar de líquid a sòlid, tots sabem el que és la congelació.

La congelació s'esdevé als congeladors i podem passar qualsevol element en estat líquid a estat sòlid.

No tots els elements, però sí la majoria.

Aquí el que farem és passar a estat sòlid un element que normalment està en estat líquid, que és l'aigua que hi ha dins de l'enciam.

L'enciam en un 80 % és aigua i té aquesta textura, i té aquesta forma, i té, més o menys, aquesta rigidesa precisament a causa del gran percentatge d'aigua que té a l'interior.

Per passar de líquid a sòlid el que farem és congelar l'enciam.

Però com que no tenim gaire temps de posar-lo al congelador accelerarem també aquest procés emprant nitrogen líquid.

Torno a fer servir el nitrogen líquid.

Aquesta vegada posarem el nitrogen líquid en aquest recipient, hi submergirem els enciams i passaran immediatament a estat sòlid.

I això ho podem comprovar per la rigidesa que adquirirà l'enciam.

Torno, un altre cop, a posar-me la indumentària de seguretat.

I tornem un altre cop a posar-hi nitrogen.

Fixeu-vos en el vapor d'aigua degut a la condensació. I una altra vegada podem apreciar que el nitrogen realment està en estat líquid, tot i que, si realment el poguéssim veure de prop, veuríem que ja està bullint.

Perquè, és clar, tan bon punt entra en contacte amb aquesta temperatura ja bull, perquè fa força calor.

I el que farem és anar posant-hi els enciams.

Fixeu-vos també que, com que l'enciam està més calent, el nitrogen bull molt més ràpid.

Aparentment, l'enciam que tenim aquí està en estat pràcticament igual, però perquè s'ha congelat.

Observeu que, si el toquem, immediatament es fractura.

Ha passat de ser un element tou, de tenir una textura com la que tenen els enciams, a ser un element rígid, sòlid, gairebé de líquid de l'aigua al sòlid del gel però d'una manera molt més vistosa, ja que qualsevol cosa que posem en nitrogen es congelarà a l'instant.

Bé, hem vist el canvi de gas a líquid.

Perdó, de líquid a sòlid.

Ens falta veure una cosa més, ens falta veure com podem convertir una cosa gasosa en una de líquida.

Aquest procés s'anomena liquació o liquèfacció i l'aconsegüirem mitjançant, també, nitrogen líquid, però aquesta vegada amb aire.

Amb un globus que hem inflat, aquests globus allargats que podem trobar a qualsevol botiga.

Aquí encara tenim una mica de nitrogen.

Aquest globus l'hem inflat amb aire dels nostres pulmons.



Més o menys el 80 % és nitrogen.

Com que aquí el que tenim és nitrogen, per passar el gas que tenim dins del globus a estat líquid ens haurem d'apropar a aquesta temperatura, a la temperatura de líquidació del nitrogen, que són els  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Ho farem submergint el globus.

I podem veure que, a poc a poc, el globus es va fent més petit.

És perquè l'estat líquid ocupa menys volum que l'estat gasós i aleshores perd la major part del seu volum.

I ara sí que cal fixar-s'hi molt ràpid perquè a dins, si ens fixem en la punta del globus, hi ha líquid.

Perquè hem líquidat el gas.

És difícil adonar-se però es pot veure per fora, ja que el globus passa de ser petit a ser gran perquè el líquid, en passar a l'estat gasós, n'augmenta el volum en més de deu vegades.

Un cop tenim el globus un altre cop com al principi és perquè tot el líquid s'ha tornat a convertir en gas.

Una vegada que hem vist el canvi d'estat de líquidació, que és passar de gas a líquid, ho hem vist amb el nitrogen, ara passarem a fer un experiment per veure altres canvis d'estat no tan comuns, que són la sublimació i la sublimació inversa.

La sublimació és un estat en el qual passarem directament de sòlid a gas.

Per a això utilitzarem  $\text{CO}_2$  en estat sòlid, el que es coneix com a gel sec.

El gel sec té aparença de gel, però té la peculiaritat que no passarà a estat líquid, sinó que directament sublimarà a estat gasós.

Com podem veure això des d'un punt de vista experimental?

Doncs utilitzarem aquest matràs i aquest globus.

Com ho farem?

Doncs posarem el  $\text{CO}_2$  en estat sòlid dins del matràs mitjançant aquestes pinces per no cremar-nos, perquè està bastant fred, està aproximadament a  $-48\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

I per veure que realment passa a estat gasós sense passar per estat líquid ho taparem amb aquest globus i, com que el tenim a la mà, ens podem fixar que el globus es comença a inflar.

I això que, aparentment, no s'ha fos tot el  $\text{CO}_2$  que tenim.

Després, la temperatura ambient fa que a poc a poc es comenci a sublimar i, a poc a poc, aquest gas que es va produint comença a inflar el globus.

Ho deixarem aquí durant l'estona que duri l'experiència i veurem que el globus a poc a poc es comença a inflar.

Podria arribar a explotar, ja que en passar de sòlid a gas el volum pot arribar a més de cent vegades la seva mida, de manera que, si tot surt com ha de sortir, el globus podria fins i tot explotar.

I hi ha un altre estat de la matèria, un altre canvi d'estat que té a veure amb la sublimació, però és el procés invers.

Hem passat de sòlid a gas.

Ara passarem d'estat gasós a sòlid.

Això passa més habitualment del que ens pensem.

Aquí ho farem utilitzant una altra vegada nitrogen líquid per generar un ambient molt fred i molt ràpid.

Simplement posarem nitrogen líquid en un vas de precipitats.

El que farà és començar a bullir, com hem vist abans, de manera que podrem veure, més gràficament, com és el nitrogen, com bull...

Però, és clar, per veure realment la sublimació inversa hem de veure que de gas passa directament a estat sòlid.

Això ho podem veure per la part exterior del vas, ja que es formarà gel.

El gel que es veu a la rosada al matí és aquesta sublimació inversa.

El vapor d'aigua que hi ha a l'ambient passa directament a estat sòlid, es congela sense passar per estat líquid.



És el que podem veure a la part de fora del vas o el que podem veure a l'alba a les plantes si passem pel bosc.

Hem passat d'una cosa gasosa, com és el vapor d'aigua que hi ha a l'ambient, a una de sòlida, que és el gel.

Com deia, això ho podem veure als matins, però també mitjançant aquest experiment, amb el gel que es queda enganxat al vas.

Bé, doncs amb tot aquest munt de canvis d'estat, aquí tenim tot el que hem fet en aquesta sèrie d'experiències.

Hem passat de sòlid a líquid, de líquid a gas, de gas a sòlid...

No ens hem d'oblidar del primer estat, un dels més fàcils i senzills que hem fet al principi, que era el de fusió, el de passar de sòlid a líquid.

Aquí tenim encara el glaçó o, com a mínim, el que en queda.

Els dos glaçons amb què havíem començat.

Un, havíem dit que el volíem abrigar per accelerar el procés.

Això, bé, realment era un truc per poder explicar una altra cosa.

Com veiem, sí que s'han anat fonent, però podem observar que el glaçó que hem abrigat realment s'ha fos menys que el glaçó que hem deixat sense abrigar.

El concepte d'abrigar, normalment, el relacionem amb augment de temperatura però és erroni.

Realment quan ens abriguem el que fem és aïllar-nos, mantenir la temperatura que tenim.

Per això, el glaçó que hem aïllat s'ha mantingut fred durant més temps.

Bé, doncs, això és tot des del CosmoCaixa.

Hem acabat parlant de canvis d'estat, fent experiències que mostren els canvis d'estat d'una manera molt atractiva i experimental.

Espero que us hauran agradat i ens veiem la setmana que ve.