

110

Simple + mente
física



Sal contra la nieve (17 - 21 diciembre 2007)

La nieve que se acumula en los caminos y cerca de las viviendas ocasiona muchas molestias. Para eliminarla se emplean máquinas quitanieves y también se esparce sal.

El primer procedimiento es puramente mecánico y consiste en apartar la nieve de los lugares donde estorba. Pero, ¿qué se consigue echando sal sobre la nieve?



AVISO: El objeto de *Simple+mente física* no va más allá del placer que proporciona plantearse y resolver sencillas cuestiones razonando (y experimentando) de acuerdo con principios básicos de la física. No hay ningún tipo de compensación, excepto la satisfacción personal y no van dirigidas a ningún grupo de personas en particular (es decir, están abiertas a todo el mundo).

El primer día hábil de cada semana se presentará una nueva cuestión y la respuesta a la cuestión de la semana anterior.

Rafael Garcia Molina, Departamento de Física - CIOyN, Universidad de Murcia (rgm@um.es)

<http://bohr.inf.um.es/miembros/rgm/s+mf/>

Resp.: Sobre la superficie del hielo coexisten moléculas de H₂O en las fases sólida (hielo) y líquida (agua), de tal manera que continuamente las moléculas migran del líquido hacia el hielo (el agua se congela) y del hielo hacia el líquido (el hielo se funde). A la temperatura de congelación (0 °C, a la presión atmosférica) este transvase de moléculas tiene el mismo ritmo en ambos sentidos, de manera que hielo y agua se hallan en equilibrio dinámico y el hielo se funde al mismo ritmo que se congela el agua.

Si se añade sal al hielo, ésta se disuelve en la capa de agua que cubre la superficie helada (sin incorporarse al hielo). De este modo decrece el ritmo al que las moléculas de agua migran hacia el hielo, ya que disminuye su concentración y también porque alrededor de los iones disociados de la sal se aglomeran moléculas de agua -debido a su polaridad-, lo cual les resta movilidad y les supone un impedimento para incorporarse a la estructura cristalina del hielo. Así pues, la sal disuelta en el agua altera el equilibrio dinámico en el intercambio de moléculas de H₂O entre las fases sólida y líquida que había a 0 °C, favoreciendo la incorporación de moléculas a la fase líquida. En términos macroscópicos esto significa que el hielo se funde, para lo cual toma energía de la fase líquida, la cual va reduciendo su temperatura y, por tanto, la movilidad de sus moléculas, hasta que el ritmo con que éstas abandonan la disolución se iguala al ritmo con que las moléculas abandonan el hielo. Cuando sucede esto, se ha alcanzado la temperatura de congelación de la disolución, que es inferior a los 0 °C del agua sin ningún producto disuelto. En la disminución de la temperatura de congelación de una mezcla de hielo y agua con sal se basa el procedimiento para fabricar helados con una heladera tradicional.

La disminución en la temperatura de congelación de la disolución (respecto de la temperatura de congelación para el disolvente puro) se denomina "descenso crioscópico", y para una disolución diluida, sólo depende de la concentración de soluto y no de su naturaleza.¹ El descenso crioscópico de una disolución puede expresarse como $\Delta T = -m k_c$, donde m es la molalidad (moles de soluto por kilogramo de disolvente) y k_c es la constante crioscópica del disolvente, la cual vale $k_c = 1.86$ °C kg/mol para el agua. Como el descenso crioscópico depende del número de partículas disueltas, hay que tener en cuenta si las moléculas del soluto se disocian (o se polimerizan) en el disolvente, por lo cual la ecuación anterior se reescribe como $\Delta T = -i m k_c$, donde aparece el denominado factor i de Van't Hoff, definido como $i = 1 + (\nu - 1)$ para la disociación o $i = 1/\beta$ para la polimerización, donde ν es el número de iones a que da lugar cada molécula, α es el grado de disociación (porcentaje de moléculas disociadas en tanto por uno) y β es el grado de polimerización (valor medio de moléculas que se aglutinan al formar una macromolécula); para la sal disuelta en agua, $i = 2$.

En las condiciones controladas de un laboratorio, añadiendo sal a la mezcla de agua y hielo la temperatura de congelación puede reducirse hasta -21 °C, temperatura a la que comienza a cristalizar la sal (en la forma hidratada NaCl·2H₂O), junto con el hielo, hasta que se congela completamente la solución, formándose una mezcla heterogénea de cristales NaCl·2H₂O y hielo (por separado), denominada "mezcla eutéctica".

En el caso de la nieve sobre la calzada, el aire y la carretera del entorno proporcionan el calor necesario para fundir el hielo sin que varíe la temperatura de la mezcla de hielo y agua, que se mantiene a la temperatura ambiente. Por supuesto, el líquido puede congelarse si la temperatura ambiente baja mucho. En la práctica cotidiana, añadiendo sal al hielo de una carretera, se puede licuar hasta aproximadamente -9 °C.

¹ Por supuesto, también depende de la naturaleza del disolvente.