

69



Simple + física

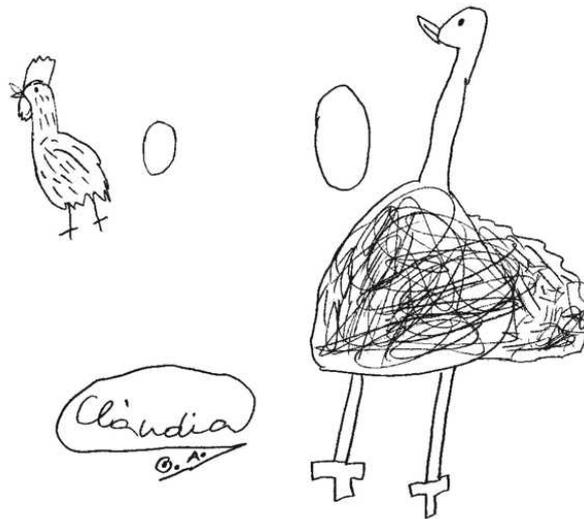


Cuestión de huevos

(4 - 8 abril 2005)

Obsequiar huevos (duros, de chocolate...) a los niños es una tradición gastronómica de Pascua. Por esta parte del Mediterráneo (Cataluña, País Valenciano y Murcia), los huevos se colocan en la "mona", que es una pieza de bollería tradicional también conocida como "hornazo", mientras que en los países de tradición anglosajona o germánica se suelen esconder en los jardines. Normalmente se emplean huevos de gallina para estos menesteres, pero ya se comercializan huevos de otras aves y, si nos apetece, podemos preparar "monas" con huevos de avestruz. Para cocinar un huevo duro de gallina hay que hervirlo durante un tiempo $t \approx 10$ min. Si la masa de un huevo de avestruz es aproximadamente 30 veces la de uno de gallina, ¿cuánto tiempo T hay que hervirlo para que salga duro?:

- (a) $T \approx t$.
- (b) $T \approx 2t$.
- (c) $T \approx 3t$.
- (d) $T \approx 4t$.
- (e) $T \approx 5t$.
- (f) $T \approx 10t$.
- (g) $T \approx 20t$.
- (h) $T \approx 30t$.



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, Universidad de Murcia (rgm@um.es)

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

<http://www.fisimur.org>

****La ilustración ha sido realizada por Clàudia Garcia Abril a la edad de 6 años****

RESPUESTA

Simplificaremos la discusión de esta cuestión suponiendo que todos los huevos tienen forma esférica y constitución homogénea e idéntica. Esto último implica que todas las propiedades que dependen de la naturaleza del cuerpo (tales como la densidad ρ , la conductividad térmica k y el calor específico c , que aparecerán en los razonamientos posteriores) son las mismas en los huevos de gallina y en los de avestruz.

Consideraremos que un huevo se ha cocido completamente hasta hacerse duro cuando todo su interior haya alcanzado una determinada temperatura de cocción. Para ello, ha de transmitirse calor desde el exterior del huevo (que está a la temperatura de ebullición del agua) hacia su interior (que está a la misma temperatura en ambos huevos).

El calor Q que fluye en un tiempo τ entre dos regiones de un material separadas una determinada distancia es proporcional a la superficie de separación S y a la diferencia de temperaturas entre ambas regiones.¹ Esta relación se expresa mediante la fórmula $Q/\tau = -kS(\Delta\Theta/\Delta x)$, donde $\Delta\Theta$ es la variación de temperatura en la distancia Δx , y el signo menos indica que el calor fluye en el sentido en que disminuye la temperatura; la constante de proporcionalidad k se denomina "conductividad térmica" del material (indicando lo bien -o mal- que conduce el calor) y sólo depende de su naturaleza. Como la diferencia de temperaturas entre el interior y el exterior de ambos huevos es la misma, el calor que absorberá cada huevo por unidad de tiempo es proporcional a su superficie S e inversamente proporcional a su radio R (que es la distancia entre el exterior y el interior). Teniendo en cuenta que la superficie de una esfera de radio R es $S = 4\pi R^2$, el calor que absorbe cada huevo por unidad de tiempo será proporcional a su radio: $Q/\tau \propto R$.

Este calor absorbido se emplea en aumentar la temperatura de cada huevo. El calor Q necesario para que una masa \mathcal{M} experimente un aumento de temperatura $\Delta\Theta$ depende de su "calor específico" c (una propiedad característica de cada material) según la relación $Q = \mathcal{M}c\Delta\Theta$. Por ello, para una cantidad de calor absorbido dada, el aumento de temperatura será inversamente proporcional a la masa de cada huevo. Como la masa de una esfera de radio R es $\mathcal{M} = \rho(4/3)\pi R^3$, el aumento de temperatura es inversamente proporcional al radio al cubo.

En definitiva, el *aumento de temperatura por unidad de tiempo* dependerá del radio del huevo como $\Delta\Theta/\tau \propto R^{-2}$. Esto implica que el tiempo necesario para que se produzca el aumento de temperatura necesario para cocer el huevo será proporcional a su radio al cuadrado: $\tau \propto R^2$. Expresando esta relación en función de la masa (que es el dato del enunciado), el tiempo de cocción será proporcional a la potencia 2/3 de la masa involucrada: $\tau \propto \mathcal{M}^{2/3}$.

El cociente entre los tiempos de cocción del huevo de avestruz y el de gallina está relacionado con el cociente entre sus masas por $T/t = (M/m)^{2/3}$, donde las letras mayúsculas y minúsculas se refieren al avestruz y a la gallina, respectivamente. Por lo tanto, a partir de los datos del enunciado se concluye que $T = 30^{2/3} t = 9.7t \approx 10t$ y la respuesta correcta es la del apartado (f).

¹ Esta dependencia es válida sólo en el régimen estacionario y para pequeñas diferencias de temperaturas, entre otras aproximaciones.