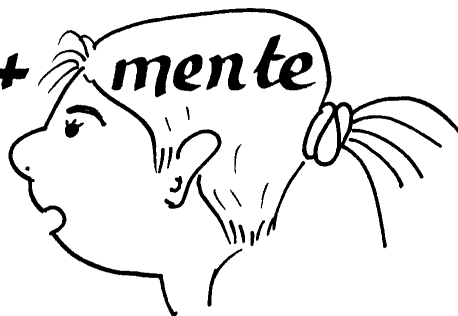


43



Simple + mente física



¡Hincha el globo!

(1 - 5 marzo 2004)

¿Por qué cuesta más hinchar al principio un globo (especialmente uno de los pequeños, conocidos como "globos de agua") que cuando ya está algo más hinchado?



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>

RESPUESTA

Núm. 43: ¡Hincha el globo!

(1 - 5 marzo 2004)

¿Por qué cuesta más hinchar al principio un globo (especialmente uno de los pequeños, conocidos como "globos de agua") que cuando ya está algo más hinchado?



Resp.: Al hinchar el globo modificamos la presión del aire que hay en su interior, mientras que la presión del aire exterior es la presión atmosférica, p_{atm} (constante). Cuanto mayor sea la presión interior p_{int} del globo, más costará a nuestros pulmones introducir aire dentro del globo.

Podemos suponer que el globo tiene forma esférica mientras lo hinchamos (lo cual no es estrictamente cierto, pero simplifica el razonamiento y no afecta cualitativamente a las conclusiones). En una primera aproximación, un sencillo sistema físico análogo al globo es una pompa de jabón, donde la diferencia de presiones del aire interior y exterior ($p_{int} - p_{ext}$) está relacionada con una propiedad geométrica y otra física de la película jabonosa de separación (su radio de curvatura R y su tensión superficial γ): $p_{int} - p_{ext} = 4\gamma/R$. Esta es la ecuación de Laplace-Young para la pompa de jabón. Como la γ de la película jabonosa es constante (para una temperatura dada), cuanto menor sea R , mayor es la diferencia entre p_{int} y p_{ext} . Puesto que $p_{ext} = p_{atm}$ es constante, al aumentar el radio de la pompa disminuye la presión en su interior. Así pues, cuesta más hinchar una pompa de jabón al principio (aunque apenas nos demos cuenta).

Analicemos ahora el caso del globo. Si considerásemos que la tensión elástica K de la membrana de caucho con la que está hecho el globo es análoga a la tensión superficial γ de una película jabonosa y, prescindiendo de factores numéricos, la diferencia entre la p_{int} del globo y la p_{atm} sería proporcional a la tensión del caucho e inversamente proporcional a su radio de curvatura R : $p_{int} - p_{atm} \propto K/R$. Siguiendo con el símil de la pompa de jabón, lo dicho hasta ahora bastaría para explicar la mayor dificultad para hinchar inicialmente el globo.

Pero el caso del globo no es exactamente idéntico al de la pompa, pues la tensión elástica K de la membrana de caucho con que se fabrica el globo crece al hinchar el globo. Por tanto, en el caso del globo ya no podemos decir que la única variable que determina la p_{int} es su radio de curvatura R (como sucedía con la pompa de jabón), sino que también interviene la tensión elástica K de la membrana de caucho, que va creciendo a medida que el radio R del globo aumenta.

En última instancia, la p_{int} del globo depende de su radio, aunque no de una forma tan simple como en el caso de la pompa de jabón, pues ahora se combina la dependencia directa (como $1/R$, al igual que en la pompa) e indirecta (pues K es función de R , cosa que no ocurriría con la pompa, en que γ , el análogo de K , era constante).

A medida que se hincha el globo, el aumento de su radio tiende a reducir la presión, mientras que el aumento de la tensión elástica tiende a incrementarla. La dependencia de la presión interior del globo con su radio de curvatura es bastante complicada. Los estudios realizados coinciden básicamente en que al aumentar el radio del globo, primero crece la presión, hasta un valor máximo y luego decrece; a partir de consideraciones que exceden el propósito de estas notas se llega a una expresión que es válida en un rango limitado de radios:

$$p_{int} - p_{atm} = a \left[(1/R) - (R_0^6/R^7) \right]$$

donde a es una constante y R_0 es el radio que tiene el globo justo cuando comienza a hincharse, pero antes de que su membrana elástica esté tensa.

El comportamiento descrito anteriormente implica que al comenzar a hinchar el globo hemos de conseguir que su presión interior vaya aumentando *cada vez más* respecto a la presión atmosférica. Ese aumento de presión lo hemos de lograr empleando nuestros pulmones para introducir aire en el globo, lo cual supone un gran esfuerzo para éstos ya que tienen que introducir aire en una región donde la presión es cada vez más elevada. Por este motivo "cuesta tanto comenzar a hinchar el globo".