

148



Pisadas secas sobre arena húmeda (21 - 25 junio 2010)

Cuando caminamos por la orilla de la playa es fácil observar que alrededor de nuestra pisadas aparece un halo de arena más seca que la arena húmeda que se halla a su alrededor.

¿A qué se debe este fenómeno?



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).

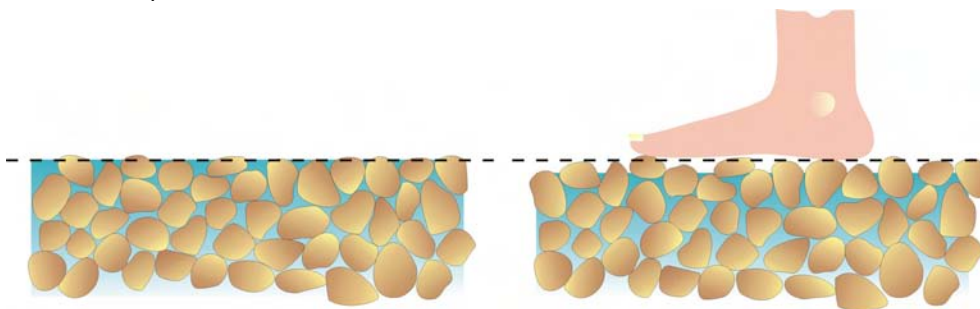
El primer día hábil de cada semana se presentará (al menos, se intentará) una nueva cuestión y la respuesta a la cuestión de la semana anterior.

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

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

Resp.: Cuando las olas llegan a la orilla de la playa, el agua asciende suavemente por la arena y luego se retira. Durante los continuos movimientos de ascenso y descenso, el agua agita los granos de arena de la orilla de tal manera que éstos se reordenan hasta optimizar su empaquetamiento y se colocan lo más próximos unos de otros. Pero debido al empaquetamiento óptimo de los granos, éstos se hallan densamente apiñados unos junto a otros, por lo que es mínimo el espacio que queda libre entre ellos, el cual lo ocupa el agua.

Cuando se pisa la arena densamente empaquetada, la posición relativa de los granos cambia ligeramente, de tal manera que su empaquetamiento ya no es el óptimo. Por lo tanto, el espacio libre entre los granos aumenta y la misma cantidad de agua que antes ocupaba un espacio determinado, ahora ha de ocupar un espacio (ligeramente) mayor.



La parte izquierda de la figura muestra esquemáticamente la disposición de los granos de arena en su empaquetamiento óptimo. La parte derecha de la figura muestra cómo, al pisar la arena, aumenta el espacio libre entre los granos, por lo que el nivel de agua original disminuye.

La arena pisada aparenta estar más seca porque deja de brillar cuando el agua de la superficie que se ha pisado fluye hasta llenar los nuevos y/o mayores intersticios que se crean entre los granos de arena, los cuales están peor empaquetados que antes de ejercer una presión sobre la arena.

Al cabo de poco tiempo tras pisar la arena, su superficie vuelve a estar húmeda (recupera el brillo) porque los granos de arena vuelven a empaquetarse densamente y/o porque fluye agua de las regiones próximas y se rellenan los intersticios que quedaron entre los granos.

Este fenómeno se conoce como "dilatancia", pues la arena aumenta su volumen respecto de la situación previa de máximo empaquetamiento. La explicación la dio en 1885 Osborne Reynolds, ingeniero y profesor en la Universidad de Manchester.

Miscelánea (frases, anécdotas, curiosidades...): Ante la pregunta de cuál es el empaquetamiento más denso posible de un conjunto de esferas de igual radio, Johannes Kepler conjeturó en 1611 que la densidad del empaquetamiento nunca podrá exceder de un valor máximo, que es el correspondiente a apilar las esferas en una pirámide, como hacen los fruteros para colocar sus naranjas y hacían los marinos con las balas de cañón en las cubiertas de los barcos. En física esto se corresponde con la disposición de esferas en los puntos de las redes de Bravais hcp y fcc, cuya fracción de empaquetamiento vale $\pi/\sqrt{18}$. Para demostrar matemáticamente la conjetura de Kepler hubo que esperar hasta 1998 (icasi cuatro siglos!), y se recurrió a potentes ordenadores para realizar una compleja serie de cálculos informáticos.