

146

Simple +
física



Horizontes lejanos (24 - 28 mayo 2010)

En un día despejado y si no se interponen obstáculos, se ve el horizonte con suficiente nitidez. Pero, ¿a qué distancia se encuentra el horizonte y cómo depende esta distancia con la altura desde la cual se realiza la observación?



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).

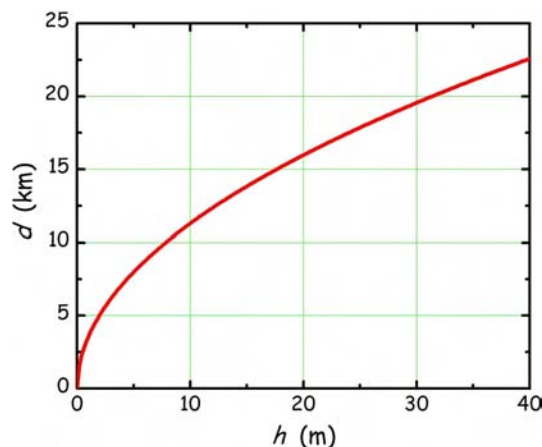
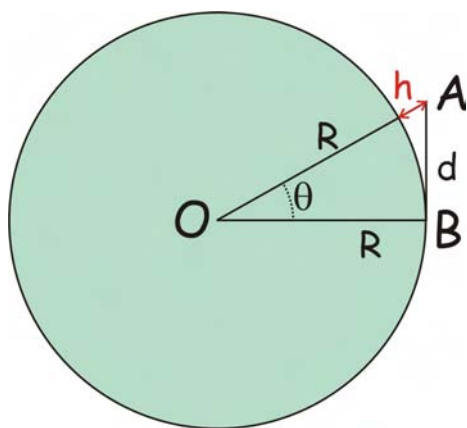
El primer día hábil de cada semana se presentará (al menos, se intentará) una nueva cuestión y la respuesta a la cuestión de la semana anterior.

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

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

Resp.: El horizonte queda determinado por el punto más lejano sobre la superficie terrestre que puede verse a simple vista desde la posición que ocupamos. Si prescindimos de la refracción en la atmósfera, el rayo óptico procedente de dicho punto viajará en línea recta hasta nuestros ojos. La figura de la izquierda muestra la construcción geométrica del camino que sigue el rayo óptico desde dicho punto hasta llegar a nuestros ojos, que se hallan a una altura h sobre el suelo; R representa el radio de la Tierra, que vale 6370 km. Por claridad en la figura, la representación no se ha realizado a escala.

Como la línea recta (de longitud d) que va desde nuestros ojos (A) hasta el punto del horizonte (B) es tangente a la superficie de la esfera, entonces dicha línea será perpendicular al radio terrestre, por lo que el triángulo OAB es un triángulo rectángulo. De acuerdo con el teorema de Pitágoras, se verifica que $R^2 + d^2 = (R + h)^2$. De esta relación se despeja el valor de la distancia, que resulta ser $d = \sqrt{2hR + h^2}$. Como $h \ll R$, podemos simplificar la expresión anterior y escribir $d \approx \sqrt{2hR}$ con muy buena aproximación. Tras sustituir el valor del radio de la Tierra, obtenemos que la distancia al horizonte vale $d \approx 3600\sqrt{h}$, con d y h expresados en metros.



Si tomamos $h=1.6$ m para la altura a la que se hallan los ojos de una persona, entonces su horizonte se halla a una distancia $d \approx 4.5$ km. Esta distancia en línea recta desde el punto de observación hasta el horizonte coincide con el arco de circunferencia entre ambos lugares, pues el ángulo que subtienden es muy pequeño ($\theta = \text{atan}(d/R)$), por lo que $\theta R \approx d$.

En la figura de la derecha se ha representado cómo aumenta el valor de la distancia d en función de la altura a que se hallan los ojos respecto del nivel del mar. Un vigía en el extremo del mástil de un barco ($h \sim 20$ m) podría llegar a ver hasta más de 15 km de distancia.

Si se considera la refracción a través de la atmósfera, hay que tener presente que la luz se desvía hacia la tierra cuando pasa de una capa de aire más densa a otra menos densa.¹ Debido a la curvatura de la superficie terrestre, es posible llegar a ver hasta aproximadamente un 10% más lejos de lo que correspondería al resultado obtenido mediante el trazado de una línea recta discutido previamente.

Miscelánea (frases, anécdotas, curiosidades...): Un estudiante interrumpió a Pauli durante una de sus lecciones, diciéndole: "Nos ha dicho que esa conclusión es trivial, pero soy incapaz de comprenderla". Entonces Pauli hizo lo que solía hacer cuando tenía que pensar alguna cosa durante una lección: abandonó la clase. Después de unos minutos regresó y dijo: "¡Es trivial!". [V. F. Weisskopf, *Personal memories of Pauli*, *Physics Today* (Dic. 1985) 36]

¹ De manera análoga, aunque en sentido opuesto, se desvía la luz que produce un espejismo (véase 26s+mf).