

## Astronomía en las cuatro estaciones

(16.junio.2016)

El verano suele ser una época no lectiva, pero el solsticio con el que comienza el periodo estival nos ofrece una magnífica oportunidad para iniciar una actividad a partir de la cual se puede obtener nuestra latitud  $\theta$  sobre la Tierra y la oblicuidad  $\varepsilon$  de la eclíptica. Para completar la actividad, también hay que aprovechar el solsticio de invierno y los equinoccios de primavera y/o de otoño.

En las fechas correspondientes a los días indicados previamente, hay que determinar la altura (angular)  $h$  del Sol a la hora del mediodía local.<sup>1</sup> Esta cantidad está relacionada con  $\theta$  y  $\varepsilon$  mediante las siguientes relaciones:  $h_{\text{ver}}=90^\circ-\theta+\varepsilon$  (en el solsticio de verano),  $h_{\text{inv}}=90^\circ-\theta-\varepsilon$  (en el solsticio de invierno) y  $h_{\text{equ}}=90^\circ-\theta$  (en los equinoccios, tanto de primavera como de otoño).

La latitud  $\theta$  del lugar donde se realiza las medidas se calcula sumando  $h_{\text{ver}}$  y  $h_{\text{inv}}$ :  $\theta=(180^\circ-h_{\text{ver}}-h_{\text{inv}})/2$ . La oblicuidad  $\varepsilon$  de la eclíptica se obtiene restando  $h_{\text{ver}}$  y  $h_{\text{equ}}$ :  $\varepsilon=h_{\text{ver}}-h_{\text{equ}}$  (o restando  $h_{\text{equ}}$  y  $h_{\text{inv}}$ ).

La medida de las alturas angulares al mediodía local se puede realizar indirectamente, observando la sombra de un poste (u objeto similar) y aplicando relaciones trigonométricas, o bien directamente, colocando una varilla (o un clavo u otro objeto tubular) inclinado hasta que no proyecte su sombra.



El solsticio de este verano tendrá lugar el día 20 de junio a las 22:34 UTC,<sup>2</sup> por lo que el mediodía solar más próximo sería el del mismo 20 de junio.

---

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).

Se intentará presentar cada mes una nueva cuestión y la respuesta a la cuestión anterior.

---

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

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

<sup>1</sup> Que se puede obtener en [http://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos\\_sun.php](http://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php) o <http://www.relojesdesol.info/node/748>.

<sup>2</sup> Pueden encontrarse las fechas de los solsticios y equinoccios en <https://es.wikipedia.org/wiki/Solsticio> o <http://www.greenwichmeantime.com/longest-day/equinox-solstice-2010-2019/>.

**Resp. (parcial, a 21 de diciembre de 2016):** La respuesta completa a esta cuestión requiere el transcurso de un año desde que se realiza la primera medida (en este caso, el solsticio de verano en el hemisferio norte, o el solsticio de invierno en el hemisferio sur).

Mientras espero que transcurra el tiempo para disponer de más datos, el solsticio de verano calcularé la latitud del lugar en el que realizo la medida. Para ello necesito conocer el valor de la oblicuidad  $\epsilon$  de la eclíptica, que vale  $23.5^\circ$  (aunque en el cálculo propuesto originalmente en el enunciado de esta cuestión no emplearemos el valor de  $\epsilon$ , sino que lo obtendremos... dentro de un año).

Medí la altura angular del Sol al mediodía del 21 de junio. Para ello, coloqué una varilla sobre una base de plastilina y empleé un hilo con una tuerca, a modo de plomada, para comprobar su verticalidad.

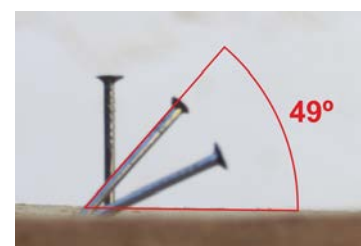
La altura de la varilla es  $A=186.8$  cm y la longitud de su sombra vale  $D=49.5$  cm. Por lo tanto, resulta el siguiente valor para la altura angular del Sol:  $h_{\text{ver}}=\text{atan}(A/D)=75.16^\circ$ .

Despejando el valor de la latitud  $\theta$  de la siguiente fórmula  $h_{\text{ver}}=90^\circ-\theta+\epsilon$ , se obtiene que  $\theta=90^\circ-h_{\text{ver}}+\epsilon$ . Tras sustituir los valores de  $h_{\text{ver}}$  y  $\epsilon$ , que conocemos, resulta que  $\theta=90^\circ-75.16^\circ+23.5^\circ=38.34^\circ$ .

La latitud de Sant Vicent del Raspeig (que es mi pueblo) vale  $38.40^\circ$ <sup>3</sup>, por lo que el resultado obtenido puede considerarse muy bueno, dadas las condiciones en las que se ha realizado la medida.

Los mediodías del 20 y del 21 de junio prácticamente equidistaban de la hora en que tuvo lugar el solsticio de verano (a las 22:34 UTC del día 20 de junio). Por ello, también realicé la medida de la altura angular del Sol el día 20 al mediodía, pero esta vez en el Campus de Espinardo de la Universidad de Murcia. Para ello, usé un bolígrafo (que era lo que tenía más a mano) de altura  $A=13.9$  cm. La sombra que proyectó el bolígrafo cuando estaba dispuesto verticalmente (de acuerdo a mi criterio subjetivo) medía  $D=3.5$  cm. Por lo tanto, en este caso, obtuve el valor  $h_{\text{ver}}=75.87^\circ$ , lo que implica que la latitud en la que realicé la medida es  $37.63^\circ$ , la cual está también en muy buen acuerdo con la latitud del Campus de Espinardo, que vale  $38.01^\circ$ .

El equinoccio de otoño en 2016 tuvo lugar a las 14:21 UTC del 22 de septiembre. Por un problema de agenda, ese día no pude medir la altura angular del Sol al medio día en Sant Vicent del Raspeig, por ello he recurrido a la medida que realicé el año anterior mediante un clavo inclinado que no proyectase su sombra; la imagen muestra dos clavos inclinados, uno en el equinoccio de otoño y el otro en el solsticio de invierno. El resultado que obtuve fue  $h_{\text{equ}}=49^\circ$ . Por lo tanto, el ángulo de la eclíptica obtenido con los datos del solsticio de verano de 2016 y del equinoccio de otoño de 2015 será  $\epsilon=h_{\text{ver}}-h_{\text{equ}}=75.16^\circ-49^\circ=26.16^\circ$ . Este resultado difiere en casi  $3^\circ$  respecto del valor aceptado de  $23.5^\circ$ , pero hay que tener en cuenta que el error cometido al clavar un pequeño clavo es bastante mayor que el procedente de medir la sombra de una larga varilla.



<sup>3</sup>Las latitudes de los lugares indicados en esta cuestión se han obtenido de internet.

El solsticio de invierno en 2016 ocurrió el 21 de diciembre a las 10:44 UTC. Al mediodía no daba el sol en el patio de mi casa (que es donde realicé las medidas anteriores), por lo que me desplazé al exterior de la Facultat de Ciències de la Universitat d'Alacant (que dista menos de 1 km de mi casa). La fotografía adjunta muestra la varilla vertical (de altura  $A=186.8$  cm) y su sombra (de longitud  $D=349$  cm). Con los datos anteriores, la altura angular del Sol es  $h_{inv}=\text{atan}(A/D)=28.16^\circ$ .



Aplicando la relación  $\theta=(180^\circ-h_{ver}-h_{inv})/2$ , se obtiene  $\theta=(180^\circ-75.16^\circ-28.16^\circ)/2=38.34^\circ$ . Este valor coincide con el obtenido a partir de las medidas de las sombras realizadas en verano y primavera, pero esta vez no se ha necesitado conocer la oblicuidad de la eclíptica. Puede apreciarse el buen acuerdo con la latitud correspondiente a Sant Vicent del Raspeig, que es  $38.40^\circ$ .

Miscelánea (frases, anécdotas, curiosidades...):

No es ciencia conocer cómo convertir grados centígrados en grados Fahrenheit. Es necesario, pero eso no es exactamente ciencia.

[Richard P. Feynman, What is science, *The Physics Teacher* (Sept. 1969) 313]