

**DOS PREGUNTAS PARA INVESTIGAR CON LOS ESTUDIANTES VINCULADAS AL MOVIMIENTO TERRESTRE**

***Adriana Rabino y Oscar Bressan***

**1) ¿NO DEBERÍA TARDAR MENOS UN AVIÓN CUANDO VUELVE DE EUROPA QUE CUANDO VA?**

La Tierra rota sobre sí misma (hacia el este) de modo que su superficie se desplaza a unos 1.000 km/h en promedio. La velocidad máxima se da en el Ecuador: la longitud del Ecuador es de 40.075 km, o sea que en 24 horas (el tiempo que tarda en dar una vuelta completa), por lo tanto, se puede calcular su velocidad:  $40.075\text{km}/24\text{h} = 1.670 \text{ km/h}$ .

La pregunta es: Si un avión tarda aproximadamente 13 horas en ir de Argentina a Europa, a la vuelta, ¿no debería tardar menos, ya que va “en contra de la corriente”?

**Respuesta**

El avión se mueve con respecto a la atmósfera y esta es solidaria a la Tierra y van ambas a una misma velocidad. La velocidad relativa antes de arrancar es nula, por lo tanto, tarda lo mismo si va de oeste a este o viceversa.

**Pero ¿CUÁL SERÍA LA VELOCIDAD “REAL” DE UN PUNTO EN LA TIERRA?**

La Tierra gira una vuelta cada 24 horas. El Ecuador tiene aproximadamente 40.000 km, y un punto en el Ecuador se mueve a  $40.000 \text{ km}/24 \text{ hs} \approx 1.667 \text{ km/h}$ .

Hay que tener en cuenta que la Tierra recorre una órbita alrededor del Sol (esta tiene una longitud de 150.000.000 km) cada 365,25 días (o sea 8.766 hs). Entonces debemos agregar esta velocidad que es  $150.000.000 \text{ km}/8766 \text{ hs} \approx 17.112 \text{ km/h}$ .

También tenemos que tener en cuenta que el Sol se mueve a unos 70.000 km/h y además, gira alrededor del núcleo de la Vía Láctea a unos 792.000 km/h, tardando unos 225 millones de años en completar una órbita alrededor de la Vía Láctea.

Por si esto no fuera suficiente la Vía Láctea se acerca a Andrómeda (con lo cual va a chocar en un futuro remoto) a 300 kilómetros por segundo, esto es 1.080.000 km/h.

La suma de estas velocidades no es trivial ya que la dirección en cada trayectoria varía a cada instante (obvio en el Ecuador con el giro de la Tierra, pero no es la única velocidad que va cambiando de dirección). Si todas las velocidades estuvieran alineadas la velocidad final de un punto de la Tierra sería

$$(1.667 + 17.112 + 70.000 + 792.000 + 1.080.000) \text{ km/h} = 1.960.779 \text{ km/h}$$

A esta velocidad se podría ir de Polo a Polo (20.000 km) en  $\approx 37$  segundos

**2) ¿SE PUEDE CALCULAR EL TIEMPO DE EXPOSICIÓN DE UNA FOTO DE LA “TRAYECTORIA” DE UNA ESTRELLA?**



**FOTO DEL CIELO NOCTURNO CON LARGA EXPOSICIÓN**

Al tomar una foto del cielo nocturno con larga exposición vemos que las estrellas describen "trayectorias". Esto resulta como consecuencia de la rotación de la Tierra. Una pregunta posible es ¿Cuánto tiempo duró la exposición para que las estrellas aparezcan así? ¿Puede determinarse estudiando la foto? La respuesta es positiva, veamos cómo.

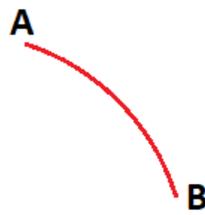


Figura 1

Las "trayectorias" de las estrellas son arcos de circunferencia. Si la exposición durara un día se observaría que la trayectoria sería una circunferencia completa.

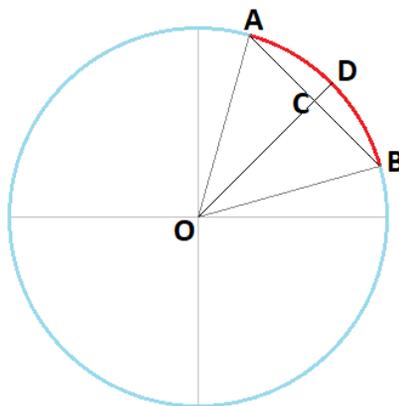


Figura 2

De la figura 2 vemos que la exposición es proporcional al ángulo AOB. La circunferencia completa corresponde a un ángulo de  $360^\circ$  e implica una trayectoria de 24 horas.

Las únicas dos medidas que podemos hacer sobre la foto son la de la cuerda AB y la de la flecha CD. En base a ellas debemos determinar el ángulo AOB. Por Pitágoras:

$$OA^2 = (OD - CD)^2 + (AB/2)^2 = OD^2 - 2xODxCD + CD^2 + (AB/2)^2$$

Como  $OA = OD$  que es el radio de la circunferencia:

$$2xOAxD = CD^2 + AB^2/4$$

$$OA = (CD^2 + AB^2/4)/(2xCD)$$

En consecuencia:

$$\text{Seno } \angle AOC = AC/OA = (AB/2) (2xCD) / (CD^2 + AB^2/4) = ABxCD / (CD^2 + AB^2/4)$$

Entonces el ángulo  $AOB = 2$  veces ángulo  $\angle AOC$  y el tiempo de exposición es:

$$\text{Tiempo exposición} = 24 \text{ horas} \times \text{ángulo } AOB/360^\circ$$

Como ejemplo supongamos que tenemos un arco  $AB = 7$  cm y una flecha  $CD = 0,5$  cm. Entonces

$$\text{Seno } \angle AOC = 7 \times 0,5 / (0,5^2 + 7^2/4) = 0,28$$

$$\text{Ángulo } AOC = 16^\circ + (2602/10000)^\circ$$

$$\text{Ángulo } AOB = 32^\circ + (5204/10000)^\circ$$

Tenemos ahora una regla de 3, ya que si  $360^\circ$  corresponde a 24 hs, ¿a cuánto tiempo corresponden  $32,5204^\circ$ ? Haciendo la conversión de decimales a unidades de tiempo obtenemos:

$$24 \times 32,5204 / 360 = 2 \text{ hs } 3680/10000 \text{ hs} = 2 \text{ horas } 22 \text{ min } 5 \text{ segundos}$$

Luego la exposición fue de 2 horas 22 minutos y 5 segundos.