

Aristarco de Samos: guía para la XVI Olimpiada de Ciencias de la Tierra para estudiantes de preparatoria de Baja California. Viernes 20 de mayo de 2011. Auditorio de Ciencias de la Tierra. CICESE. Ensenada, Baja California.

Este año el tema principal de las 25 preguntas nuevas del examen versará sobre Aristarco de Samos, quien para muchos fue el geómetra más audaz de la antigua Grecia. Se le recuerda no tanto por haber demostrado teoremas complicados, sino por haber propuesto el modelo heliocéntrico casi dos mil años antes que Copérnico. Su propuesta no era una simple ocurrencia para contrariar a los seguidores de Aristóteles que consideraban a la Tierra como el centro del Universo. De hecho, Aristarco mismo hizo sus mediciones pensando en el modelo geocéntrico, el único que existía en su tiempo. Tal vez muy a su pesar tuvo que oponerse al modelo de Aristóteles, pero no le quedaba otra alternativa dadas sus mediciones del tamaño de la Luna y del Sol y de sus distancias a la Tierra. En forma implícita el modelo geocéntrico supone que la Tierra es más grande que la Luna y el Sol. De hecho, si nos atenemos solamente al tamaño aparente que tienen en el cielo no podemos conocer sus dimensiones reales. Y es que el tamaño aparente de cualquier objeto cambia con la distancia a la que se encuentre. Una Luna y un Sol mucho más pequeños de los reales pero a menor distancia los veríamos en el cielo igual que a los reales. La creatividad de Aristarco tenía que concentrarse en cómo calcular las dimensiones reales de la Luna y el Sol tomando en cuenta la distancia a la que se encuentran. El problema era que tampoco se sabía la distancia a la que se encuentran. De ahí la audacia de Aristarco: intentar medir lo que nadie había medido porque no se podía medir. ¿Cómo lo hizo?

Esto es lo que queremos transmitir en esta olimpiada, que muchos problemas que parecen imposibles terminan por resolverse con ingeniosas combinaciones de razonamientos y observaciones. Lo más impresionante de este caso es que Aristarco resolvió sus problemas con no más matemáticas que las que se enseñan actualmente en secundaria y a lo más en preparatoria. Veamos lo que hizo.

- 1) En un eclipse de Luna midió el tiempo que tarda la Luna desde que se inicia el eclipse hasta el momento en que la Luna termina por entrar en la sombra de la Tierra. O lo que es lo mismo, al terminar el eclipse, el tiempo que tarda desde que empieza a salir hasta que sale

completamente de la sombra. En ese lapso de tiempo, razonó Aristarco, la Luna avanzó en el cielo su propio diámetro. Enseguida imaginó la circunferencia completa de la órbita de la Luna alrededor de la Tierra como compuesta de muchas lunas colocadas una al lado de la otra, como cubrir un círculo con monedas colocadas una al lado de la otra. ¿Cuántas lunas caben en la circunferencia que describe Luna? Astutamente Aristarco traslada el problema a una comparación de tiempos. ¿Cuántos lapsos de tiempo de un diámetro caben en los 30 días que le toma a la Luna darle una vuelta completa a la Tierra? Conociendo la circunferencia de la órbita se puede calcular su radio, el cual no es otra cosa que la distancia de la Tierra a la Luna. Al parecer el problema de calcular la distancia a la Luna está resuelto pero no es así. Podemos calcular esta distancia pero sólo como un número multiplicado por el diámetro de la Luna.

- 2) ¿Y cuánto mide el diámetro de la Luna? Aristarco nos dice que volvamos al eclipse y midamos el tiempo que permanece la Luna completamente dentro de la sombra de la Tierra. Resulta que este tiempo es el doble del que le toma a la Luna desplazarse una distancia igual a su propio diámetro. Esto quiere decir que la Luna cabe dos veces en la sombra de la Tierra. Si se considera que la sombra de la Tierra tiene forma de cilindro con diámetro igual al de la Tierra, entonces el diámetro de la Luna es igual a la mitad del de la Tierra.
- 3) ¿Y cuánto mide el diámetro de la Tierra? Esta medición la realizó Eratóstenes más o menos en la misma época. Busquen cómo hizo Eratóstenes para medirlo. Su resultado está muy cercano al que se conoce actualmente, y lo calculó midiendo solamente el ángulo de una sombra y la distancia entre dos ciudades separadas por varios cientos de kilómetros. Entiendan bien la fórmula que utilizó Eratóstenes porque se les podría pedir que la apliquen a dos ciudades de la Península de Baja California.
- 4) Con el resultado de Eratóstenes ya se puede calcular el diámetro de la Luna y, con el diámetro de la Luna, la distancia de la Luna a la Tierra. Falta el diámetro del Sol y su distancia. Para esto Aristarco encontró un triángulo rectángulo en el cielo, el cual se forma dos veces al mes. El vértice del ángulo recto lo puso en la Luna, con un cateto hacia la Tierra y el otro hacia el Sol. Esto es, un cateto es la

distancia Tierra-Luna la cual ya conocemos, y el otro es la distancia Tierra-Sol la cual necesitamos. Faltaba un ángulo para calcular esta distancia y Aristarco lo midió. La distancia al Sol resultó ser muchas veces la distancia a la Luna.

- 5) Una vez conocida la distancia al Sol es muy fácil conocer su diámetro. Para esto Aristarco utilizó el concepto de paralaje. En un triángulo isósceles de base más pequeña que sus otros dos lados, la base puede calcularse conociendo el ángulo opuesto y la altura. La base es aproximadamente la altura multiplicada por el ángulo expresado en radianes. Aristarco conocía el ángulo que subtiende la Luna y utilizó ese ángulo para el Sol (¿Por qué?). El diámetro del Sol resultó mucho mayor que los de la Luna Y el Sol.
- 6) Aristarco tal vez se sorprendió de sus propios resultados. Como seguidor del modelo geocéntrico seguramente esperaba que la Tierra fuera la de mayor tamaño, pues no en vano todo el cosmos supuestamente giraba alrededor de ella. Sin embargo, las cosas no le salieron de esta manera. La Tierra resultó ser mucho más pequeña que el Sol. Entonces, razonó Aristarco, si la Luna que es más pequeña que la Tierra gira alrededor de ésta: ¿Por qué la Tierra, que es más pequeña que el Sol, hace que éste gire alrededor de ella? Lo más razonable era que la Tierra girara alrededor del objeto mayor, o sea el Sol.

Lo único que hay que agregar a lo anterior es que Aristarco se dio cuenta que la sombra que proyecta la Tierra no tiene la forma de cilindro sino de cono, porque el Sol no está a una distancia infinita. Corrigió sus observaciones por este efecto y resultó que el diámetro de la Luna era menor de lo que había estimado suponiendo un cilindro.

Como se habrán dado cuenta, en toda la narración anterior se han omitido varios números que obtuvo Aristarco. La idea es que ustedes revisen en Internet estas cantidades con la guía que se les está dando. Encontrarán innumerables figuras al respecto así como narraciones sobre lo que hizo Aristarco de Samos. Sus métodos fueron imitados muchos siglos después y sus números perfeccionados cuando se inventó el telescopio.

Como en años anteriores, habrá unas cuantas preguntas sobre lo que pasó el año anterior en relación con fenómenos como sismos grandes a nivel mundial y huracanes que afectaron a nuestro país. En total serán 100

preguntas. De las olimpiadas XIV y XV se tomarán las 25 nuevas de los exámenes correspondientes (“Los colores del cielo” y “Rayos y centellas” y de la XIII se tomarán 20 preguntas. Estas 70 preguntas las pueden consultar en los informes correspondientes a las olimpiadas mencionadas, los cuales están disponibles en esta misma página (www.ugm.org.mx). Para los que nunca han asistido a una de nuestras olimpiadas se les recomienda ver en YouTube: <http://www.youtube.com/watch?v=Q5d-4HvP32U>.

Por favor recuerden que es muy conveniente para nosotros que se inscriban con anterioridad, ya sea en forma individual o en grupo, al fax 646-175-05-67, o mejor electrónicamente según se indica en esta página, porque nos permite planear mejor la cantidad de exámenes que debemos imprimir, preparar un día antes los gafetes con sus nombres, imprimir los diplomas de participación, así como el número de mesa-bancos que necesitaremos y la cantidad de comida que debemos ordenar. Sin embargo, aún si no se inscriben con anticipación, pueden llegar ese mismo día e inscribirse. A la fecha hemos podido manejar perfectamente a los pocos que a última hora se deciden en participar.

Pan, café, chocolate y frutas para quienes no hayan desayunado. De 8:00 a 10: AM se entregarán los gafetes con sus nombres. A las 10:00 AM inicia el examen y se termina a las 12:01 PM. Antes de la comida tendremos, como siempre, la visita a varios laboratorios incluyendo la red sísmológica donde se reciben las señales de los sismos que ocurren en Baja California. Entre las 2:00 y 3:00 PM se harán las premiaciones.

Saludos cordiales y buena suerte. Los esperamos en Ensenada.

Atentamente,

Dr. Enrique Gómez Treviño.

Coordinador de las Olimpiadas