

Física 901 - Proyecto de Síntesis

En un octavo de cartulina, usando las dos caras si es necesario, condensar la información que se presenta en las siguientes páginas, hacerlo a modo de infografía, es decir condensando las ideas en imágenes y utilizando el texto justo y necesario. Por favor consulte sobre los aportes de los personajes que se citan en el texto. Se valora la creatividad y lo completo de la infografía respecto al texto.

Acerca de la ciencia

En primer lugar, la ciencia es el cuerpo de conocimientos que describe el orden dentro de la naturaleza y las causas de ese orden. En segundo lugar, la ciencia es una actividad humana continua que representa los esfuerzos, los hallazgos y la sabiduría colectivos de la raza humana, es decir, se trata de una actividad dedicada a reunir conocimientos acerca del mundo, y a organizarlos y condensarlos en leyes y teorías demostrables. La ciencia se inició antes que la historia escrita, cuando los seres humanos descubrieron regularidades y relaciones en la naturaleza, como la disposición de las estrellas en el cielo nocturno, y las pautas climáticas, cuando se iniciaba la estación de lluvias, o cuando los días eran más largos. A partir de tales regularidades la gente aprendió a hacer predicciones que les permitían tener algo de control sobre su entorno.

La ciencia tuvo grandes progresos en Grecia, en los siglos III y IV A. C. Se difundió por el mundo mediterráneo. El avance científico casi se detuvo en Europa, cuando el Imperio Romano cayó en el siglo V D. C. Las hordas bárbaras destruyeron casi todo en su ruta por Europa, y así comenzó la llamada Edad del Oscurantismo. En esa época, los chinos y los polinesios cartografiaban las estrellas y los planetas, en tanto que las naciones arábigas desarrollaban las matemáticas y aprendían a producir vidrio, papel, metales y diversas sustancias químicas. Gracias a la influencia islámica la ciencia griega regresó a Europa, la cual penetró en España durante los siglos X al XII. De esta manera, en el siglo XIII, surgieron universidades en Europa y la introducción de la pólvora cambió la estructura sociopolítica del viejo continente en el siglo XIV. El siglo XV vivió la bella combinación de arte y ciencia lograda por Leonardo da Vinci. El pensamiento científico fue impulsado en el siglo XVI con la invención de la imprenta.

Nicolás Copérnico, astrónomo polaco del siglo XVI causó gran controversia al publicar un libro donde proponía que el Sol era estacionario y que la Tierra giraba a su alrededor. Tales ideas eran opuestas a la creencia popular de que la Tierra era el centro del Universo, y como eran contrarias a las enseñanzas de la Iglesia, estuvieron prohibidas durante 200 años. Galileo Galilei, físico italiano, fue arrestado por divulgar la teoría de Copérnico y sus propias contribuciones al pensamiento científico. No obstante, un siglo después fueron aceptados quienes defendieron las ideas de Copérnico.

Esta clase de ciclos suceden una era tras otra. A principios del siglo XIX, los geólogos enfrentaron una violenta condena porque sus posturas diferían de la explicación de la creación dada por el Génesis. Después, en el mismo siglo, la geología fue aceptada, aunque las teorías de la evolución siguieron condenadas, y se prohibió su enseñanza. Cada era ha tenido grupos de rebeldes intelectuales, quienes fueron condenados y a veces perseguidos en su tiempo; pero después se les consideraría inofensivos y a menudo esenciales para el mejoramiento de las condiciones humanas. “En cada en-

crucijada del camino que lleva hacia el futuro, a cada espíritu progresista se le oponen mil individuos asignados para defender el pasado.”¹

Mediciones científicas

El distintivo de una buena ciencia es la medición. Lo que conozcas acerca de algo suele relacionarse con lo bien que puedas medirlo. Así lo enunció acertadamente Lord Kelvin, famoso físico del siglo XIX: “Con frecuencia digo que cuando puedes medir algo y expresarlo en números, quiere decir que conoces algo acerca de ello. Cuando no lo puedes medir, cuando no lo puedes expresar en números, tu conocimiento es insuficiente y poco satisfactorio. Puede ser el comienzo de un conocimiento, pero en cuanto tu pensamiento, apenas has avanzado para llegar a la etapa de la ciencia, cualquiera que ésta sea.” Las mediciones científicas no son algo nuevo, sino que se remontan a la Antigüedad. Por ejemplo, en el siglo III A. C., se realizaron mediciones bastante exactas de los tamaños de la Tierra, la Luna y el Sol, así como de las distancias entre ellos.

El tamaño de la Tierra

En Egipto fue donde Eratóstenes, geógrafo y matemático, midió por primera vez la circunferencia de la Tierra, aproximadamente en el año 235 A. C.² La calculó de la siguiente manera: sabía que el Sol estaba en la máxima altura del cielo a mediodía del 22 de junio, el solsticio de verano. En ese momento, una estaca vertical proyecta una sombra de longitud mínima. Si el Sol está directamente arriba, una estaca vertical no dará sombra alguna, y eso sucede en el solsticio de verano en Siena, una ciudad al sur de Alejandría (donde en la actualidad se encuentra la represa de Asuán). Eratóstenes sabía que el Sol estaba directamente arriba de Siena por información que obtuvo en la biblioteca, la cual le indicaba que en este único momento la luz solar entra verticalmente a un pozo profundo en Siena y se refleja en su fondo. Eratóstenes razonó que si los rayos del Sol se prolongaran en esa dirección, llegarían al centro de la Tierra. Asimismo, una recta vertical que penetrara en la Tierra en Alejandría (o en algún otro lugar) también pasaría por el centro de la Tierra.

A mediodía del 22 de junio, Eratóstenes midió la sombra proyectada por una columna vertical en Alejandría, y vio que era la octava parte de la altura de la columna (figura 1.1). Esto corresponde a un ángulo de 7.2 grados entre los rayos del Sol y la vertical de la columna. Como 7.2° es igual a la $7.2/360$ o $1/50$ parte de un círculo, entonces Eratóstenes dedujo que la distancia entre Alejandría y Siena debía ser $1/50$ de la circunferencia de la Tierra. Así, la circunferencia de la Tierra es 50 veces mayor que la distancia entre ambas ciudades. Esta distancia, que era muy llana y se recorría con frecuencia, se midió y resultó de 5000 estadios (800 kiló-

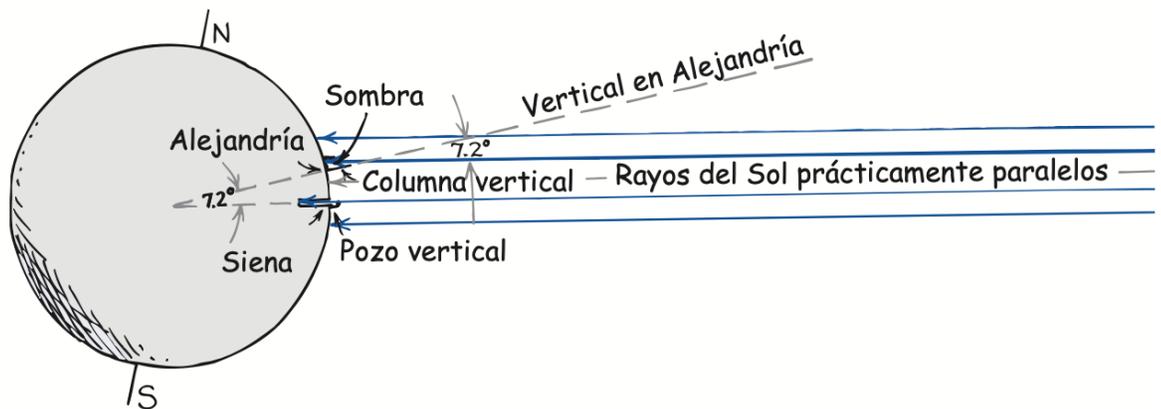


FIGURA 1.1

Cuando el Sol está directamente arriba de Siena no está directamente arriba de Alejandría, a 800 km al norte. Cuando los rayos solares caen directamente a un pozo vertical en Siena, proyectan una sombra de una columna vertical en Alejandría. Las verticales en ambos lugares se prolongan hasta el centro de la Tierra, y tienen el mismo ángulo que forman los rayos del Sol con la columna en Alejandría. Eratóstenes midió este ángulo, y vio que abarcaba $1/50$ de un círculo completo. Por consiguiente, la distancia de Alejandría a Siena es $1/50$ de la circunferencia terrestre. (También, la sombra producida por la columna tiene $1/8$ de la altura de la misma, y eso quiere decir que la distancia entre ambos lugares es $1/8$ del radio de la Tierra.)

metros). Así fue como Eratóstenes calculó que la circunferencia de la Tierra debía ser 50×5000 estadios = 250,000 estadios. Esto coincide, dentro de un 5%, con el valor aceptado en la actualidad para la circunferencia de la Tierra.

Se obtiene el mismo resultado pasando por alto los grados, y comparando la longitud de la sombra proyectada por la columna con la altura de la misma. Se demuestra en geometría que, con mucha aproximación, la relación *longitud de la sombra/altura de 1a columna* es igual que la relación de la *distancia entre Alejandría y Siena/radio de la Tierra*. De manera que como la columna es 8 veces mayor que su sombra, el radio de la Tierra debe ser 8 veces mayor que la distancia de Alejandría a Siena.

Como la circunferencia de un círculo es 2π multiplicada por su radio ($C = 2\pi r$), el radio de la Tierra simplemente es su circunferencia dividida entre 2π . En unidades modernas, el radio de la Tierra es 6,370 kilómetros, y su circunferencia es 40,000 km.

El tamaño de la Luna

Quizá Aristarco fue quien primero sugirió que la Tierra giraba diariamente en torno a un eje y que eso explicaba el movimiento diario de las estrellas. También supuso que la Tierra giraba en torno al Sol en órbita anual, y que los demás planetas hacen lo mismo.³ Midió en forma correcta el diámetro de la Luna y su dis-

tancia a la Tierra. Esto fue más o menos en el año 240 A. C., siete siglos antes de que sus hallazgos tuvieran aceptación completa.

Aristarco comparó el tamaño de la Luna con el de la Tierra observando un eclipse de Luna. La Tierra, como cualquier otro cuerpo expuesto a la luz solar, proyecta una sombra. Un eclipse de Luna es simplemente el evento en el que la Luna pasa por esta sombra. Aristarco estudió detenidamente ese evento y determinó que el ancho de la sombra de la Tierra en la Luna era 2.5 veces el diámetro de la Luna, lo cual parecía indicar que el diámetro de la Luna era 2.5 veces menor que el de la Tierra. Sin embargo, como el tamaño del Sol es gigantesco, la sombra de la Tierra es cónica, como se observa durante un eclipse de Sol. (La figura 1.2 muestra lo anterior en una escala exagerada.) En ese momento, la Tierra intercepta apenas la sombra de la Luna, la cual disminuye su diámetro hasta ser casi un punto en la superficie terrestre, prueba de que la conicidad (disminución del diámetro) de tal sombra a esa distancia es un diámetro de la Luna. Entonces, durante un eclipse lunar, la sombra de la Tierra, después de recorrer la misma distancia, también debe disminuir un diámetro de la Luna. Si se tiene en cuenta la conicidad producida por los rayos solares, el diámetro de la Tierra debe ser $(2.5 + 1)$ diámetros de la Luna. De este modo Aristarco demostró que el diámetro de la Luna es $1/3.5$ del diámetro terrestre. El diámetro de la Luna que

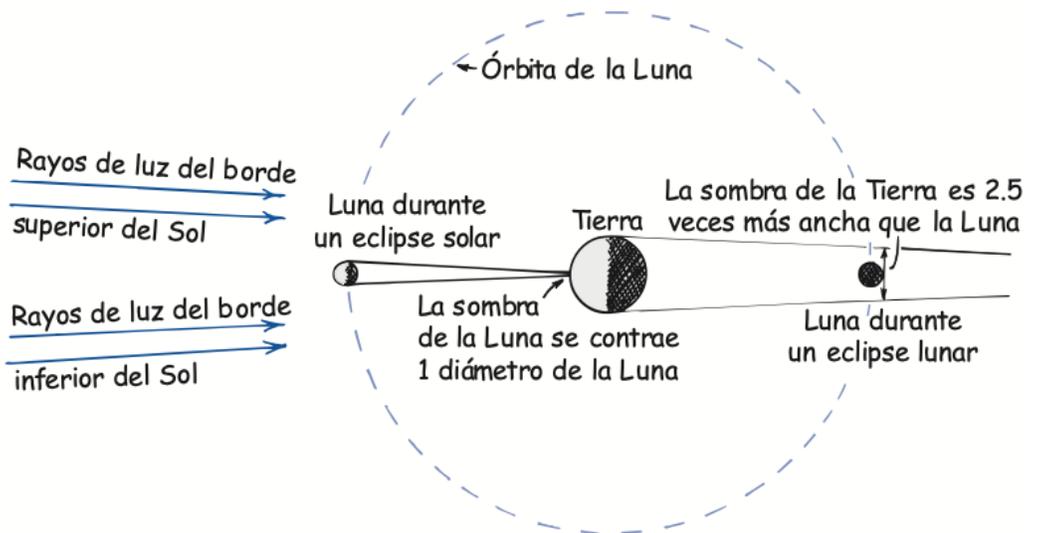


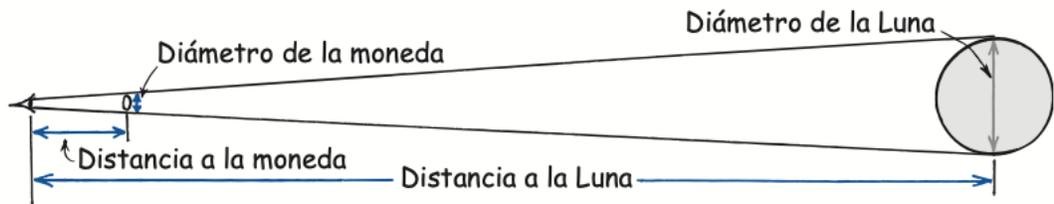
FIGURA 1.2

Durante un eclipse lunar, se observa que la sombra de la Tierra es 2.5 veces más ancha que el diámetro de la Luna. Como el tamaño del Sol es enorme, la sombra de la Tierra debe ser cónica. La magnitud de la conicidad es evidente durante un eclipse solar, cuando la sombra de la Luna se contrae todo el diámetro entre la Luna y la Tierra. Entonces, la sombra de la Tierra disminuye la misma cantidad en la misma distancia. Por lo tanto, el diámetro de la Tierra debe ser 3.5 veces el diámetro de la Luna.



FIGURA 1.3

Los eclipses de Sol y de Luna en escala correcta, donde se observa por qué los eclipses son poco frecuentes. (Son más raros todavía porque la órbita de la Luna en torno a la Tierra está inclinada unos 5° respecto a la órbita de la Tierra en torno al Sol.)



$$\frac{\text{Diámetro de la moneda}}{\text{Distancia a la moneda}} = \frac{\text{Diámetro de la Luna}}{\text{Distancia a la Luna}} = \frac{1}{110}$$

FIGURA 1.4

Ejercicio con relaciones: Cuando la moneda apenas “eclipsa” la Luna, el diámetro de la moneda entre la distancia de tu ojo y la moneda es igual al diámetro de la Luna entre la distancia de ti y la Luna (no está a escala aquí). Estas mediciones dan como resultado una razón de 1/110 en ambos casos.

se acepta actualmente es 3640 km, que coincide dentro de un 5% con el calculado por Aristarco.

Distancia a la Luna

Con una cinta adhesiva, pega una moneda pequeña en el vidrio de una ventana, y observa con un ojo de manera que apenas cubra a la Luna llena. Esto sucede cuando tu ojo, se encuentra aproximadamente a 110 diámetros de la moneda, del vidrio. Entonces, la relación *diámetro de moneda/distancia a la moneda* es aproximadamente 1/110. Con deducciones geométricas que emplean triángulos semejantes se demuestra que esa relación también es la de *diámetro de la Luna/distancia a la Luna* (figura 1.4). Entonces, la distancia a la Luna es 110 veces el diámetro de ésta. Los antiguos griegos lo sabían. La medición de Aristarco del diámetro de la Luna era todo lo que se necesitaba para calcular la distancia de la Tierra a la Luna. Por consiguiente, los antiguos griegos conocían tanto el tamaño de la Luna como su distancia a la Tierra.

Con esta información Aristarco hizo la medición de la distancia de la Tierra al Sol.