

## **TÍTULO: UN ECLIPSE EN NUESTRAS MANOS**

**FINALIDAD DEL TALLER:** construcción de un modelo físico que muestre el fenómeno de las fases y eclipses

**EDAD DE LOS ALUMNOS:** 12-13 años

**DURACIÓN DEL TALLER:** 2 horas aproximadamente

**PRERREQUISITOS:** curiosidad y espíritu de observación

La Luna es el segundo astro más luminoso del cielo después del Sol pero la fascinación que ejerce en los hombres no es debido solo a esto. La Luna es también el astro que cambia su aspecto de la manera más espectacular pasando por días en que está casi invisible a tardes en las que se ve como una hoz muy finita; noches en que la vemos iluminada por mitad de su disco hasta el momento en que vemos el mismo completamente iluminado justo cuando el Sol se pone. En su fase de Luna llena nos alumbra toda la noche. Todo esto ocurre en un par de semanas. En el mismo tiempo ella modifica su aspecto mostrándonos una parte de sí siempre menos iluminada hasta desaparecer del todo. Este cambio de aspecto se repite con las mismas características más o menos siempre en el mismo tiempo: un mes.

El estudio de los movimientos de la Luna presenta una serie de problemas, más numerosos de lo que generalmente nos imaginamos. Por ejemplo comúnmente se piensa que visto que la Luna gira alrededor de la Tierra estudiar sus movimientos sea muy simple y no es así. Si un día cualquiera del año miramos la posición de la salida (o puesta) del Sol, pasado un año se lo encontrará en la misma posición dos veces con exclusión de los días de los solsticios. Si la misma observación se hace con la Luna, para encontrarla en la misma posición del horizonte y en la misma fase habrá que esperar más de diez y ocho años.

El estudio de los movimientos de la Luna es muy antiguo. Primeramente se estudiaron estos movimientos para medir el tiempo y redactar calendarios. Haciendo esto apareció el primer problema. El mes lunar dura 29 días y medio y visto que el año tiene una duración de 365 días es imposible tener un número entero de meses lunares en un año. ¿Que se podía hacer, entonces? No había y no hay una solución: o se adopta un calendario solar o uno lunar. En varios casos la solución fue de adoptar los dos calendarios juntos. Casi todas las civilizaciones del pasado levantaron edificios que tenían la función de observatorios para el Sol y la Luna. Uno de los más famosos es Stonehenge que se encuentra en el sur de Gran Bretaña.

### El fenómeno de las fases lunares

El fenómeno de las fases fue redactado por primera vez por el filósofo Parménides (515-450 a.C.). El Sol ilumina la mitad de la superficie de la Luna y esta mitad no siempre se encuentra en dirección de la Tierra. Esta es la razón por la que vemos distintas zonas de la superficie lunar iluminada. Además la Luna muestra siempre la misma cara a la Tierra. Esto ocurre porque la rotación (alrededor de su eje) y la revolución (alrededor de la Tierra) de la Luna tardan el mismo tiempo.

Veamos detalladamente las distintas fases lunares. Cuando la Luna está en dirección del Sol no se puede ver en toda la noche. Esta fase es llamada “Luna nueva” y en general se la considera el comienzo del mes lunar. Empieza la fase creciente de la Luna. A medida que pasan los días después de esta fase la Luna se puede ver como una delgada hoz

hacia el poniente inmediatamente después de la puesta del Sol. Esta hoz va aumentando de tamaño hasta que, una semana después de la Luna nueva llegamos a la fase del primer cuarto de Luna: la mitad izquierda del disco lunar está iluminada. En esta fase la Luna se ve hacia el norte cuando el Sol se pone.

Sucesivamente la fase lunar pasa del primer cuarto hacia la Luna llena dos semanas después de la Luna nueva. El disco lunar está totalmente iluminado por el Sol. La Luna sale por el levante cuando el Sol se pone por el poniente. La Luna llena está presente toda la noche. Una vez que pasó la fase de Luna llena empieza la fase menguante de la Luna: noche tras noche la porción de Luna iluminada va disminuyendo. Para la tercera semana estamos en la fase de último cuarto: la mitad derecha de la Luna está iluminada y sale por el levante alrededor de la medianoche. En la última semana la hoz de la Luna se va haciendo cada vez más finita hasta su completa desaparición cuando se cumple el mes lunar.

Podemos resumir lo que hemos dicho clasificando las fases lunares y juntándolas con sus principales características observadas:

<b>Fase</b>	<b>Como se ve</b>	<b>Cuando se ve</b>
<b>Luna nueva</b>	No se ve	No se ve. Desde el día siguiente a esta fase se puede ver como una pequeña hoz después de la puesta del Sol hacia occidente.
<b>Cuarto creciente</b>	Vemos mitad de su disco iluminado (1/4 de toda su superficie): la mitad hacia occidente	La vemos hacia el norte cerca de la culminación después de la puesta del Sol
<b>Luna llena</b>	Vemos su disco totalmente iluminado	La vemos salir cuando el Sol se pone. Queda visible por toda la noche y se pone a la salida del Sol.
<b>Cuarto menguante</b>	Vemos mitad de su disco iluminado (1/4 de toda su superficie): la mitad hacia oriente	No es visible después de la puesta del Sol. Sale hacia la medianoche y a la madrugada se encuentra en su culminación hacia el norte. Se puede ver aun durante la mañana.

Se puede poner la atención sobre otro aspecto importante deducible por las observaciones. Buscando la Luna cada noche, desde que se la empieza a ver, después de la fase de Luna nueva, más o menos a la misma hora (por ejemplo al atardecer) se la puede ver en una posición cada vez más alejada del Sol como si se atrasara, en su recorrido diurno, un poco cada día respecto al Sol. Esto es exactamente lo que ocurre: la Luna atrasa alrededor de 50 minutos es decir que emplea 50 minutos para recuperar la posición en la que se encontraba la noche anterior. Tal atraso es la consecuencia de su movimiento de revolución alrededor de la Tierra. Si la Luna cumple una revolución en

29,5 días aproximadamente significa que cada día recorre un arco de  $12,5^\circ$  y este arco es recorrido en la bóveda celeste en 50 minutos (4 minutos por grado).

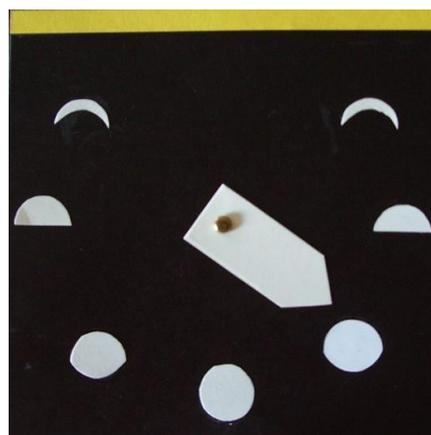
Si pasamos de la observación al modelo físico vemos que las cuatro fases principales corresponden a posiciones bien definidas de la Tierra, el Sol y la Luna.

<b>LUNA NUEVA</b>	<b>LA LUNA SE ENCUENTRA ENTRE LA TIERRA Y EL SOL</b>
<b>PRIMER CUARTO</b>	<b>LA DIRECCIÓN SOL – LUNA ES PERPENDICULAR A LA DIRECCIÓN TIERRA-LUNA</b>
<b>LUNA LLENA</b>	<b>LA TIERRA SE ENCUENTRA ENTRE EL SOL Y LA LUNA</b>
<b>ÚLTIMO CUARTO</b>	<b>LA DIRECCIÓN SOL – LUNA ES DE NUEVO PERPENDICULAR A LA DIRECCIÓN TIERRA-LUNA</b>

### El fenómeno de los eclipses

El modelo simplificado que hemos descrito, visible en la foto, no tiene en cuenta un segundo fenómeno espectacular protagonizado por la Luna: los eclipses. Cuando se muestra este modelo hay siempre alguien que encuentra la falla: hay un eclipse de Sol y de Luna cada todos los meses.

El fenómeno del eclipse de Sol se verifica cuando el disco de la Luna, que tiene el mismo diámetro aparente del Sol, pasa por delante a este y lo “eclipsa”, es decir lo esconde. La sombra de la Luna intercepta una franja de la superficie terrestre (llamada franja de totalidad) en donde es posible observar un eclipse total. Un eclipse de Sol es un



fenómeno bastante frecuente solo que la franja de totalidad termina siempre en un lugar diferente del planeta y es por esta razón que cada vez que ocurre un eclipse de Sol se la puede observar solo si nos encontramos en dicha franja. Por lo general pasan decenas de años antes que vuelva a ocurrir en el mismo lugar. Además de todo esto, un eclipse de Sol tiene una duración muy reducida: no más de 8 minutos!

Mucho más fácil es observar un eclipse de Luna que ocurre cuando la Luna es “eclipsada” por la sombra de la Tierra. Visto que la sombra de la Tierra tiene un diámetro angular mucho mayor que el de la Luna, el fenómeno de un eclipse de Luna tiene una duración de horas y es observable de toda esa zona de la Tierra que se encuentra “de noche” durante el eclipse. Todo esto crea la sensación equivocada que los eclipses de Luna sean mas frecuentes que los de Sol.

Para que se verifique un eclipse (de Sol o de Luna) es necesario que estos tres astros se encuentren perfectamente alineados: Tierra-Luna-Sol para un eclipse de Sol o Luna-Tierra-Sol para un eclipse de Luna.

Si el modelo de las fases lunares fuese bidimensional ocurriría un eclipse cada quince días. Puesto que así no ocurre, el mecanismo de los eclipses tiene que generarse por algún ingrediente que hemos olvidado.

El ingrediente olvidado tiene que ver con los planos orbitales de la Tierra y de la Luna. Nuestro satélite gira alrededor de la Tierra con una órbita elíptica como todos los cuerpos del Sistema Solar. Tal órbita se encuentra sobre un plano que no coincide con el plano que contiene la órbita de la Tierra alrededor del Sol. De ser así un eclipse ocurriría cada 15 días como dijimos anteriormente. Los dos planos, están inclinados un poco más de  $5^\circ$ , para la precisión de  $5^\circ 9' 14''$ . Esta inclinación es constante en el tiempo. Con solo este ulterior ingrediente no resolvemos el problema, simplemente lo eliminamos porque ahora en vez de tener un eclipse cada 15 días ¡hemos eliminado el fenómeno!!

El plano de la órbita lunar a su vez tiene una rotación alrededor de un eje perpendicular al plano orbital de la Tierra y tal rotación se cumple cada 18,6 años. La intersección de estos dos planos forma una línea llamada “línea de nodos” que también cumple una rotación en 18,6 años. Cuando la línea de nodos está alineada con la dirección Tierra-Sol y la Luna transita por uno de los dos nodos se produce un eclipse.

### **Taller**

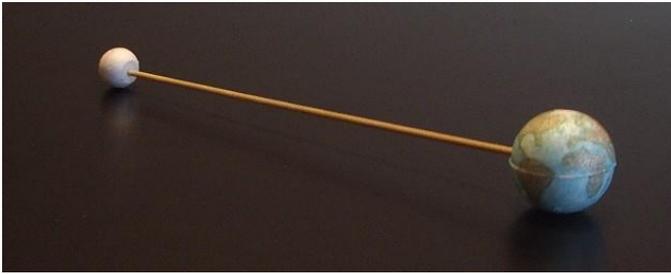
El taller de la Luna se puede desarrollar en distintos modos relacionados con el tiempo que se tiene a disposición y con la posibilidad de observar el fenómeno. Una primera manera de encarar el tema puede ser ignorar todas las informaciones y buscarlas directamente con las observaciones. ¿Que duración tiene el ciclo de las fases lunares? ¿Cómo se desarrolla? Todo esto se puede “descubrir” reconstruyendo un “calendario lunar”. Es suficiente observar cada noche (si está presente) la Luna y recortar de una cartulina blanca la “fase” observada pegando ésta sobre un disco de cartulina negra del mismo tamaño. De esta manera se distingue de inmediato la parte iluminada de la oscura. Esta operación se tiene que hacer noche tras noche prestando atención en dejar vacías las casillas de las noches en que no se observó por causas meteorológicas u otras. De esta manera es posible reconstruir todas las fases observadas. Por lo general es suficiente un mes para deducir la duración del ciclo lunar. En dos meses la cosa es absolutamente evidente.

Mientras se actúan dichas observaciones que tienen que ser realizadas necesariamente por los alumnos de manera individual y reunidas en el aula, se pueden buscar otras relaciones. Por ejemplo se puede observar como la zona iluminada está siempre dirigida hacia el Sol y como esta fase va creciendo a medida que crece el ángulo con vértice en el observador y direcciones del Sol y la Luna. A esta situación observada, se le acompaña el “retraso” con que vemos la Luna cada noche. Juntando las observaciones de fases con las posiciones de la Luna y los horarios en que se la ve es posible evidenciar lo que escribimos antes: el ciclo de fases dura aproximadamente 29 días y tal ciclo es la consecuencia de la iluminación por el Sol.

Podemos ahora realizar un primer modelo del sistema Tierra-Sol-Luna como el de la foto anterior. Será, como ya dicho, un modelo bidimensional no en escala. Tal modelo tiene sin embargo la característica de reproducir todas nuestras observaciones. También tiene el defecto de no reproducirnos el fenómeno de los eclipses.

Para tal representación es necesario un modelo tridimensional del sistema Tierra-Sol-Luna en donde el Sol real represente si mismo. Este modelo se puede realizar en escala o no según los materiales que tengamos a disposición. Para realizar el modelo en escala son necesarias las siguientes cosas: una vara de madera, sección 3x3 cm y longitud aproximada 1,5 m, una esfera de telgopor de 4 cm de diámetro y otra de 1-1,5 cm de diámetro. Si esta segunda esfera no se encuentra se puede realizar con papel de aluminio para alimentos. En la vara se hacen dos marcas a 1,2 m una de la otra, se realizan dos agujeros en las marcas y se colocan dos escarbadiantes que sostienen las dos esferas. La

esfera más grande representa la Tierra, la más chica la Luna. De esta manera hemos realizado un modelo en escala del sistema Tierra-Luna: el diámetro de la Tierra es 4 veces mayor que el de la Luna y la distancia Tierra-Luna es aproximadamente 30 veces el diámetro de la Tierra (la vara de 1,20 m)



Es posible también realizar un modelo que no sea en escala, como el de la foto, pero que muestra muy bien el fenómeno y pone en evidencia el significado de eclipse de Sol o de Luna. La realización de la maqueta del sistema Tierra-Luna es muy

sencilla y los materiales requeridos se encuentran fácilmente. Solo necesitamos dos esferas de telgopor del diámetro de 1 cm y 4 cm respectivamente, un palito para brochet de 25-30 cm de largo y colores ya sean fibrones o temperas para decorar la esfera grande como la Tierra. Los diámetros de las esferas no son estrictamente esos; lo importante es que sean respetadas las proporciones de 1 a 4 de los tamaños. Aquí también podemos sustituir la esfera pequeña con una bolita de papel de aluminio para alimentos.

Decoramos la esfera grande con continentes y océanos y clavamos las dos esferas a las extremidades del brochet. Nuestra maqueta ya está lista.

***Todos los materiales para la realización del taller se encuentran a disposición en el Parque Astronómico. No es necesario llevar algún material o herramienta.***

Para utilizarla necesitamos un día de Sol. Poniendo nuestra maqueta bajo el Sol podemos empezar a verificar las cosas de las que hemos hablado anteriormente.

Lo primero que vemos es como las dos esferas quedan siempre iluminadas por mitad. A medida que vamos rotando la Luna alrededor de la Tierra va cambiando su fase, visible desde la Tierra de manera que podemos representar todas las fases lunares.

Según como orientamos la maqueta podemos también simular, por ejemplo, un eclipse de Luna escondiendo la misma en la sombra de la Tierra. En dicha representación se puede ver también como la sombra de la Tierra que va cubriendo la Luna; es la sombra de una esfera. Esta fue una de las pruebas que antiguamente se utilizaron para descubrir la forma de la Tierra. Otra cosa que podemos observar muy bien con la maqueta, reproduciendo un eclipse, es que la sombra de la Tierra tiene un tamaño mucho mayor que la Luna y esto nos explica porqué un eclipse de Luna, es visible en toda esa parte de la Tierra que se encuentra de noche.

Ahora reproducimos un eclipse de Sol. Es evidente que siendo el tamaño de la Luna menor que el de la Tierra su sombra solo abarcará una porción de la superficie terrestre. Si nos encontramos exactamente en ese lugar de la Tierra podemos ver un eclipse de Sol. Tal zona lleva el nombre de “franja de totalidad”. Si nos encontramos apenas afuera de esa zona el eclipse será parcial, es decir que veremos el disco solar solo parcialmente cubierto por la Luna. Si nos encontramos muy lejos de la zona de totalidad no veremos el eclipse. Esto nos explica porqué un eclipse de Sol aparentemente es menos frecuente que una de Luna: hay que encontrarse exactamente en el lugar donde va a ocurrir para observarlo.

Si nuestra observación se hace mas atenta, se puede ver que en un eclipse de Sol, a la sombra de la Luna proyectada en la Tierra, se ve la con el contorno esfumado hacia el

borde. Efectivamente el borde es una zona de penumbra, es decir la zona de donde el eclipse se ve “parcial”: un poco de la luz solar llega a esta zona.