



LECCIONES Y EXPERIENCIAS PARA INICIARSE EN ASTRONOMÍA

1. INTRODUCCIÓN

El contenido de los archivos PDF que hay en este apartado va destinado a padres con hijos pequeños, a abuelos, a tutores... a quien tenga cerca algún chaval dispuesto a mirar al cielo y a dejarse guiar en sus primeros pasos de introducción a la astronomía. El contenido ha sido pensado fundamentalmente para que hagan uso de él los adultos que tienen ya una afición astronómica, como es el caso de los socios de la Agrupación Astronómica de Sabadell. No son, por tanto, textos dirigidos a los niños si no a los adultos para que los comenten y los utilicen con los niños.

La mayoría de las veces los mayores no encuentran argumentos atractivos para explicar astronomía a los pequeños. Suelen mostrarles la Luna, sus fases, o suelen ofrecerles alguna sesión de observación con telescopio. Y se quedan atónitos cuando un chaval de 8 años pide a su progenitor, al que sabe entendido en cuestiones astronómicas, que le explique qué es un agujero negro.

Pues bien, en los PDFs que siguen hay sugerencias para explicar astronomía a los pequeños, hay respuestas prácticas a las preguntas complejas, hay propuestas para observaciones y hay «experimentos» con los que hacer más comprensibles los conceptos astronómicos. Estas ideas pueden también servir de acicate al adulto para profundizar más en cada tema, ya que el enseñante siempre debe conocer ampliamente aquello que enseña.

Hemos procurado que el contenido sea intemporal para no limitar su utilidad a una franja de edades muy corta. Los padres o tutores hallarán apartados idóneos para niños pequeños y otros más apropiados para adolescentes. Deliberadamente no se ha parcelado por edades pensando en que cada lector escogerá aquello que más se corresponda con la edad de su niño o niña y con sus conocimientos o mentalidad. El propio adulto sabrá adaptar nuestras propuestas al nivel adecuado y sabrá cómo responder a las preguntas del niño.

Estos textos (que constituyeron el contenido de la monografía 183 editada por la Agrupación Astronómica de Sabadell) son fruto de muchos años de experiencia enseñando astronomía a los pequeños que acuden a la sede de la Agrupación formando parte de grupos de educación infantil, primaria o secundaria, o que asisten a los cursos especiales para ellos o a las sesiones de observación acompañados de familiares. La fuente principal de inspiración han sido las numerosas preguntas que formulan los propios alumnos, preguntas que obligan muchas veces a aguzar el ingenio para conseguir respuestas adecuadas a su nivel de comprensión.

No pretendemos imponer ningún método de enseñanza. Suele decirse que en cuestiones de educación infantil hay tantas opiniones sobre los métodos como profesores, y que el método que puede ser bueno para unos es malo para otros. Los libros o manuales de astronomía para niños constituyen un ejemplo, precisamente, de esta discrepancia, puesto que hay autores que se inclinan por enseñar astronomía utilizando sólo ejercicios prácticos y otros que no utilizan ninguno. Entre ambos extremos hay quien, empleando un lenguaje infantil, describe absolutamente todo el Universo y quien piensa que a los niños sólo hay que explicarles la Luna, los movimientos de la Tierra y poco más. Por eso somos conscientes de que los PDFs que siguen tie-



nen aspectos que unos tutores pueden valorar positivamente y otros negativamente. También su contenido puede ser de distinta aplicación si se vive inmerso en una gran urbe contaminada, o si hay ocasión de ver el cielo desde el campo. Así, pues, lo que publicamos no pretende ser más que una recopilación de ideas y sugerencias que el adulto debe saber administrar convenientemente.

En el texto se utilizan expresiones o explicaciones que deberían considerarse erróneas si se analizaran con rigor. Por ejemplo: «el espacio está vacío» (cuando es evidente que el vacío absoluto no existe) o, por ejemplo, describir la formación de las manchas solares sin mencionar el efecto del magnetismo. Son expresiones que aquí se usan para enseñar astronomía a los niños, los cuales se supone que no tienen la base física y matemática para entender conceptos avanzados; ya les llegará la ocasión de estudiar el magnetismo o las partículas y las radiaciones que llenan el espacio.

El tutor hará más comprensibles las explicaciones si se apoya en un buen número de imágenes, del mismo modo que en la sede de la Agrupación se enseña siempre astronomía ante la pantalla del videoproyector. Un modo muy fácil de disponer de fotografías de toda clase de astros, clasificadas por temas, es acceder a la página de Astrofotografía de la web de la Agrupación (www.astrosabadell.org) o a otras webs con imágenes. Se le puede enseñar al propio niño a escoger las imágenes idóneas para cada tema. También pueden ser un buen complemento los episodios del programa de televisión «Nostra Nau», en cuya realización tomó parte la Agrupación, y que puede adquirirse en formato DVD (únicamente existe en versión catalana). Si no los tiene su proveedor habitual, pueden solicitarse a la Agrupación.

Una recomendación: La enseñanza de la astronomía debe ofrecerse como un divertimento, no como una asignatura añadida a las de los estudios. Los ejercicios que proponemos deben ser presentados como lo que es la propia astronomía amateur: una serie de experiencias para pasarlo bien. Desaconsejamos mencionar la palabra «deberes» porque el niño va a asociarlos a una obligación como las escolares.

Por último, una cuestión semántica: donde escribimos «niño» nos referimos a «niña o niño».

Han realizado estas páginas:

Texto: Josep M. Oliver y Ester Vigil con la colaboración de Ricard Casas, Domènec Guimerà, Montserrat Parellada, Raimon Reginaldo y Carles Schnabel.

Fotografías astronómicas: Dídac Cánovas, Ferran Casarramona, Àlex Roca, Jesús R. Sánchez, Pedro Sanz, Antoni Vidal y Telescopi Espacial Hubble.

Fotografías de ambiente: Emili Capella, Ricard Casas y Antoni Olivan.

Niños y niñas fotografiados: Elena Armengol, Carla y Miriam Abellán, Jordi Bros, Martí Schnabel, Arnau y Oriol Vigil, y alumnos de los cursos infantiles de astronomía realizados en la Agrupación (marzo y abril de 2005).

1ª edición: «Sugerencias para enseñar astronomía a los niños» Monografía núm. 183. Julio 2005. © Agrupación Astronómica de Sabadell.



LECCIONES Y EXPERIENCIAS PARA INICIARSE EN ASTRONOMÍA

2. COMO FUNCIONA LA CIENCIA

Cuando el alumno es adolescente habrá recibido ya enseñanza sobre los aspectos fundamentales del Universo. En la escuela o en el instituto habrá sido tratado el tema con mayor o menor profundidad y, seguramente, los profesores no se habrán limitado a enunciar los principales astros, sino que también habrán descrito muchos fenómenos y sus causas. Es probable que el alumno detecte alguna diferencia o incompatibilidad entre lo que le han enseñado o que ha leído y lo que explicaremos aquí. Por ejemplo: el que Plutón sean un planeta o no.

Lo que procede es explicarle que no debe ver ningún error por parte de nadie, puesto que, posiblemente, la diferencia se deba a la incertidumbre que siempre ha ido pareja a la evolución de la ciencia.

Explicar:

La ciencia avanza gracias a los descubrimientos que se van realizando a medida que las mejoras tecnológicas lo permiten (hace sólo cuatrocientos años que se inventó el telescopio; antes no se conocía nada más allá de lo que es visible a simple vista). Pero también avanza porque hay científicos que continuamente «se exprimen el cerebro» y formulan nuevas «**teorías**» o «**hipótesis**» para explicar hechos o fenómenos que la observación delata, o para predecir fenómenos todavía no observados o no comprobados.

Las teorías, por tanto, van cambiando a medida que se conoce nueva información, a medida que los telescopios son más potentes o a medida que se van puliendo las propias suposiciones. Los conocimientos científicos, al estar basados en teorías, a su vez también van evolucionando.

Cuando Galileo observó Saturno y vio una imagen borrosa y alargada del planeta, formuló la suposición (teoría) de que se trataba de un planeta grande con dos más pequeños pegados a ambos lados. Cuando los telescopios se perfeccionaron, Huygens formuló la teoría de que se trataba de un planeta rodeado por un anillo. A la teoría de Huygens la podríamos considerar correcta si no fuera porque posteriores avances tecnológicos permitieron ver que no se trata de un solo anillo, sino de multitud de finos anillos concéntricos. ¿Se equivocó Galileo? No: él ofreció la mejor explicación que pudo sobre aquello que veía de manera imprecisa porque su telescopio no daba para más. Huygens tampoco emitió una teoría errónea al decir que Saturno tiene «un anillo» si nos atenemos a lo que permitía su instrumento.

Estos cambios y actualizaciones «a trompicones» de las teorías son, generalmente, la causa de que el alumno, o cualquier otra persona estudiosa, detecte contradicciones cuando se explican hechos o fenómenos mediante teorías que con el tiempo pueden haber quedado desfasadas. Lo que decíamos de Plutón: hoy día aún se puede leer en muchos sitios que Plutón es un satélite arrancado del sistema de Neptuno y, sin embargo, desde no hace muchos años se sabe (o así lo permiten suponer la teorías actuales) que Plutón es un componente más del grupo de asteroides que conforman el cinturón de Kuiper. Tanto es así que ahora ya no está considerado como un planeta más sino como un planeta enano escapado del cinturón de Kuiper. No es nada extraño que en la actualidad algún profesor de instituto aún explique la teoría de Plutón/Neptuno.



LECCIONES Y EXPERIENCIAS PARA INICIARSE EN ASTRONOMÍA

3. UBICACIÓN EN EL UNIVERSO Y QUÉ ES EL UNIVERSO

Vamos a explicar al niño/niña el lugar donde estamos.

Recomendable:

Salir al aire libre a pleno sol en un día que no esté cubierto de nubes. Mostrar al niño el paisaje (si es urbano debería disponerse de un campo de visión amplio; por ejemplo, en una terraza o en un parque)

Explicar:

Cuando hacemos un viaje en automóvil, en autobús o en tren, estamos encerrados en un vehículo que corre. Por la ventanilla vemos como el paisaje se mueve y va cambiando. El paisaje lejano se mueve mucho más lento que el inmediato. Si el trayecto es corto, el paisaje lejano apenas cambia.

El **Universo** es algo similar, pero muchísimo más grande.

Todos los seres humanos estamos «encerrados» en un vehículo que es grande y redondo (tan grande que no advertimos que sea redondo). Es lo que llamamos «**planeta Tierra**» (como si dijera «coche Seat»). Este **planeta** se mueve por el espacio.

El planeta en el que vivimos es muy pequeño si lo comparamos con otros **astros** del firmamento, como las estrellas (llamamos **astros** a todos los «vehículos» celestes). Es una bola de 12.756 km de diámetro (comparar con una distancia que el niño conozca: p.e., de Barcelona a Port Aventura hay algo más de 100 km). Aunque nos parezca un planeta muy grande, en realidad no lo es. Los hay mayores.

Cuando desde nuestro planeta miramos hacia el exterior (como si mirásemos el paisaje desde la ventanilla) vemos que lo que nos rodea, que no se trata de montañas ni de nubes, son los **astros**: estrellas, el Sol, la Luna, etc. y un fondo oscuro porque llega muuuuuuyyyyyy lejos. Con el telescopio se pueden ver muchas más cosas de las que nos permite apreciar la vista. (Esta es una ocasión para introducir el concepto de **telescopio**).

Todos los astros cercanos, como el Sol, la Luna y los planetas, los satélites, los cometas etc., son como una gran familia. A esta familia la llamamos **Sistema Solar**. Las estrellas están mucho más lejos y, por lo tanto, no son miembros de esta familia que forma el Sistema Solar.

Al Sol lo vemos moverse cada día ante nosotros. En realidad es al revés: es nuestro planeta el que gira, como cuando un niño montado en un tiovivo ve a sus padres, que están quietos, girando a su alrededor. Esto hace que veamos como el Sol aparece por el horizonte este por la mañana y como se va desplazando en el transcurso del día hasta que se esconde tras el horizonte oeste por la tarde.

Como sea que es el Sol lo que nos ilumina, cuando se esconde penetramos en un mundo de oscuridad: la noche.

Complemento:

Esta explicación podría complementarse por la noche repitiendo los argumentos mientras se ven las estrellas y la Luna.

Resumen de conceptos:

El **Universo** es todo. El «paisaje» que vemos es el **firmamento**, sinónimo de **cielo**. Todos los astros cercanos integran el **Sistema Solar**.



LECCIONES Y EXPERIENCIAS PARA INICIARSE EN ASTRONOMÍA

4. EL SOL, NUESTRA ESTRELLA

Descripción física del Sol y modo de observarlo sin riesgo.

Recomendable:

Mostrar al niño el Sol a simple vista utilizando una lámina de filtro de abertura total de telescopio, si se dispone de ella, o bien a través de un filtro oscuro de soldador. Explicarle que debe tener la precaución de mirar únicamente a través del filtro. Jamás debe mirar el Sol directamente, ni siquiera a simple vista. Mostrarle que el Sol se ve como una bola luminosa (fig. 1)

Conceptos básicos:

El Sol es una estrella igual a las que vemos por la noche. La razón por la que lo vemos más grande y brillante es, simplemente, porque lo tenemos mucho más cerca; o que las estrellas están muchísimo más lejos. Cuando un camión está cerca lo vemos grande, y si es de noche, sus faros nos deslumbran; cuando está lejos se ve muy pequeño y apenas se percibe su luz.

Las estrellas (y con ellas el Sol) **son los únicos astros** de todo el Universo que «fabrican» luz («energía» = luz y calor). Si a la Luna se la ve luminosa es porque está iluminada por la luz del Sol.

Un poco de física:

Aquí sería apropiado enseñar al niño los elementos: sólido, líquido y gaseoso (sólido: madera, piedra, etc; líquido: agua, aceite, etc.; gas: aire, helio, etc.) Un ejemplo de elemento gaseoso se tiene haciendo soplar al niño sobre su propia mano; lo que va a notar es un gas (aire, aunque no sea visible) que él mismo emite y que choca con la mano.

Los niños tienden a creer que cuando una cosa es muy densa, es sólida (como la madera), pero hay que explicarles que un gas también puede apretarse de manera que sea tan «duro» y tan denso como la madera, sin dejar de ser gas. Lo que ocurre entonces es que el gas se calienta a medida que se «aprieta»; un gas a alta densidad tiene una temperatura elevadísima.

Todas las cosas (ya sean gases, líquidos, sólidos...) están formadas por unas pequeñísimas «bolitas», que denominamos átomos, y que no se ven a causa de ser tan pequeñas.

Funcionamiento del Sol

El Sol, como cualquier estrella, es una gran bola de gas en cuyo interior se genera la luz y el calor.

¿Cómo se suele fabricar luz y calor en la vida cotidiana? Con leña o carbón en la barbacoa se crea un fuego que quema y es luminoso. También ocurre con los fogones de una cocina, la llama de una vela o con una



Fig. 1.- Observación del Sol a simple vista con el más idóneo de los filtros: el que se utiliza en la boca del telescopio y que es especial para la observación directa. Se asemeja a un «papel» de aluminio de cocina, pero no lo es en absoluto. Puede adquirirse en comercios especializados en instrumental astronómico o en la Agrupación, y pegarlo a un soporte realizado con una cartulina.

bombilla eléctrica (es posible que el niño no haya reparado que una bombilla eléctrica está caliente; hacerle ver que luz y calor van asociados)

En la barbacoa se «fabrica» calor mediante carbón; en la cocina, con gas; en la bombilla, con electricidad. Se puede «fabricar» energía mediante diversos procedimientos.

El Sol está constituido básicamente por dos tipos de gases: hidrógeno y helio. El hidrógeno actúa de combustible y se va consumiendo paulatinamente. En el centro de la esfera (en el núcleo), el hidrógeno está tan comprimido (altamente denso) que, como ya hemos dicho, tiene una temperatura muy alta. Gracias a esta temperatura, el hidrógeno se transforma en helio y en **energía** (luz y calor). (Fig. 2).

En el interior del Sol, al estar el gas tan comprimido y caliente, muchas de las «bolitas» de hidrógeno se juntan y forman otras «bolitas» diferentes, que son las de helio. En este proceso de unión es cuando desprenden el calor y la luz (energía)

(Aunque se trata de cantidades inimaginables, incluso para el adulto, para entender que el Sol es muy caliente, se puede indicar que la temperatura del horno de la cocina llega a los 250°C (y quema mucho) y que la que hay en el núcleo del Sol es de 15.000.000°C)

Si la luz y el calor solares se quedaran exclusivamente en el núcleo, no los advertiríamos. El Sol podría tener un núcleo muy caliente, pero sin la presencia de energía en su superficie, sería un astro oscuro. Si lo vemos luminoso y percibimos su calor es porque la energía que se ha generado en el centro viaja hacia la superficie. El gas que hay rodeando el núcleo se encarga de transportarla.

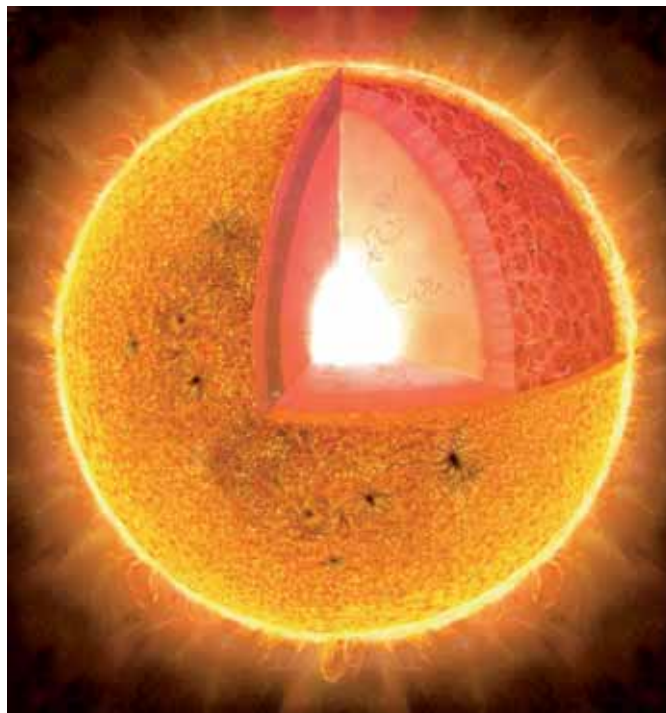


Fig. 2.- Esquema del globo solar. La transmisión de la energía por radiación es similar al ejemplo de la estufa que se describe en el texto; la transmisión por convección es similar al ejemplo del agua hirviendo.

Experiencia:

Concepto de transmisión del calor

Hay diversas maneras de transmitir el calor:

Por radiación: Acercar la mano a una estufa encendida. Se advertirá que, sin tocarla, la mano se calienta. Entre la estufa y la mano hay aire (gas), y éste está compuesto de «bolitas». El calor de la estufa se transmite a las «bolitas» que están en contacto con ella, y éstas, después, lo transmiten a sus «bolitas» más próximas, y así sucesivamente. Por eso la transmisión es lenta; una habitación no se calienta de inmediato al encender la estufa.

Así se transmite el calor en las capas más internas del Sol.

Por convección: Una olla con agua hirviendo. El agua se calienta mediante la energía que le transmite el fondo de la olla, en contacto con la llama. El agua del fondo «se carga de energía» y sube hacia la superficie donde parte de la energía que transporta se escapa hacia el aire. El agua se comporta como un «ascensor» que sube el calor, lo suelta y baja a buscar más.

De este modo se transmite el calor desde las capas intermedias hasta las capas externas del Sol.

Continuemos:

Así, pues, el calor y la luz que se forman en el núcleo del Sol se van transmitiendo hacia la superficie, primero como en el caso de la estufa (por radiación) y después por convección (fig. 2). Pero mientras la habitación donde está la estufa y la olla de agua pueden calentarse en unos pocos minutos, porque son pequeñas, en el Sol, que es tan grande, el calor tarda entre cien mil y un millón de años en desplazarse desde el núcleo hasta la superficie. La luz con que nos ilumina hoy el Sol fue «fabricada» hace entre cien mil y un millón de años.

La leña y el carbón de una barbacoa se consume y se apaga transcurrido cierto tiempo. Algo parecido le ocurre al Sol, pero es tan enorme que su duración también es enorme. El Sol se «encendió» hace unos cinco

mil millones de años y hasta ahora ha consumido la mitad de su combustible; aún durará otros cinco mil millones de años más.

Las manchas solares

Aunque a simple vista el globo solar pudiera parecer liso, no lo es. Visto con telescopio se le advierten manchas y, si es un instrumento algo potente, también se le ve una granulación.

Experiencia:

Observar el Sol con el telescopio, preferiblemente por proyección.

Los poseedores de telescopio ya suelen conocer los métodos de observación del Sol y las advertencias que deben formularse a los niños para que no corran riesgos. En síntesis, el modo más práctico (porque pueden observar a la vez el tutor y el alumno) es utilizar una cartulina blanca como pantalla en la que se proyecta la imagen del Sol (fig. 3).

Debe procurarse que la pantalla quede protegida por la sombra y debe mantenerse el buscador con la tapa colocada a fin de evitar el riesgo de situar el ojo en su ocular. Para localizar el Sol, como no es posible mirar por el ocular, basta con fijarse en la sombra que proyecta el tubo en el suelo; cuando la sombra deja de ser alargada, el Sol ya está en el campo del telescopio. Utilizar oculares de potencia baja (unos 50 aumentos suelen ser suficientes para ver el disco completo). Mostrar las manchas, si las hay, la granulación y las fáculas (zonas brillantes observables en las proximidades del borde solar).

Hay más información sobre los métodos para observar el Sol en esta misma web, página «Observar / Instrucciones para observar / El Sol».

Para convencer al niño de la peligrosidad que representaría colocar el ojo en el telescopio, se acerca la cartulina de la pantalla hasta el foco del ocular, donde la concentración de luz y calor es máxima. Si en vez de una cartulina blanca se sitúa en el foco un papel oscuro o un papel que tenga impresas letras negras, el calor solar lo encenderá fácilmente, haciendo más espectacular la demostración y haciendo que no sea fácil de olvidar.

Explicación:

El calor que parte del núcleo del Sol no llega a la superficie de manera absolutamente uniforme. Es como si el Sol estuviera plagado de ascensores, uno al lado de otro, encargados de subir a la superficie el calor del interior. Cuando hay ascensores que «se estropean», la luz deja de llegar a determinadas zonas de la superficie, y éstas se ven oscuras. A estas zonas las llamamos **manchas**. Hay épocas en las que pueden verse muchas manchas, unas grandes y otras pequeñas, y épocas en las que pueden pasar muchos días sin que aparezca ninguna. Por tanto, las manchas tienen duraciones variadas: algunas, las más pequeñas, pueden durar sólo unas horas (han arreglado los ascensores enseguida) mientras otras, muy grandes, pueden durar varios meses.

Aunque las manchas sean zonas más frías que el resto de la superficie solar, no por eso debe pensarse que hace frío en ellas. La temperatura de la parte oscura de una mancha es de unos 4.000°C, mientras la superficie general del Sol (denominada fotosfera) es de alrededor de 6.000°C. Al niño se le puede recordar lo elevada que parece la temperatura de un horno (250°C), o se le puede decir que en invierno, cuando tenemos mucho frío, estamos a 0°C, y que en verano, cuando vamos a la playa y hace mucho calor, solemos estar en torno a 30°C. Debe entender, por tanto, que el Sol es muchísimo más caliente.

Si en la observación del Sol se aprecian **fáculas** (zonas más brillantes) se le puede explicar que son gases con mayor temperatura aún (unos 10.000°C).

Por encima de la superficie del Sol suelen formarse erupciones (**protuberancias**) que un telescopio normal no está preparado para ver. Se necesita un instrumento especial.

Las protuberancias son gases muy calientes que emergen «salpicando» el espacio. Puede hacerse un símil con la olla de agua hirviendo: si el fuego es muy intenso, la energía no sólo alcanza a calentar el agua, sino



Fig. 3.- Método de proyección solar sobre una pantalla.

que llega a producir en la superficie gotas que salpican saltando fuera de la olla.

Hemos dicho que la energía solar emplea entre cien mil y un millón de años para desplazarse desde el núcleo hasta la superficie. Pero luego tarda tan sólo 8 minutos en viajar desde el Sol hasta donde estamos nosotros, la Tierra (véase el concepto de velocidad de la luz que se da más adelante).

Experiencia:

Si se observan las manchas solares mediante el telescopio, puede mostrarse al niño que el Sol gira sobre si mismo. Sobre la pantalla colóquese un papel con un círculo que coincida con el perímetro solar para dibujar sobre él, aunque sea de modo aproximado, las manchas.

Al día siguiente, repítase la observación, colocando el mismo papel. Se advertirá que las manchas se han desplazado en virtud de la rotación solar. Si la observación se reitera en días sucesivos, procurando orientar el papel de modo siempre igual, quedará perfectamente registrado el movimiento de rotación, que tiene un periodo de aproximadamente 26 días. O sea que una mancha que aparezca hoy por el borde, tardará unos 13 días en desaparecer por el opuesto si antes no se ha disuelto (fig. 4).

En época de baja actividad solar puede pasar un ciento tiempo sin ninguna mancha o solamente con manchas muy pequeñas; no debe sorprender la ausencia de manchas al efectuar la observación; inténtese de nuevo una vez a la semana.

Experiencia:

También se puede experimentar la rotación solar viendo en Internet las imágenes del Sol obtenidas en días sucesivos desde observatorios especializados o desde el satélite SOHO. P.e., en: <http://sohowww.nascom.nasa.gov/> Es una solución para quien no disponga de telescopio, para quien el horario no le permita observar el Sol... y para niños que prefieren el ordenador al telescopio.

Resumen de conceptos

El Sol es una estrella como las que vemos por la noche. Es una bola de hidrógeno y helio que fabrica energía (luz y calor) en su núcleo y que la transmite hasta la superficie. Por eso el Sol se ve luminoso.

La superficie solar (el disco que vemos en el cielo) se denomina **fotosfera**. En la fotosfera aparecen **manchas** (regiones más frías) y **fáculas** (más calientes). Por encima de la fotosfera se forman las **protuberancias**.

El Sol puede observarse fácilmente con telescopio **siempre y cuando se adopten las debidas precauciones**, tal como se ha dicho. Si un niño o un adulto mirara el Sol a través del ocular del telescopio sufriría una quemadura instantánea del ojo que le ocasionaría la ceguera.

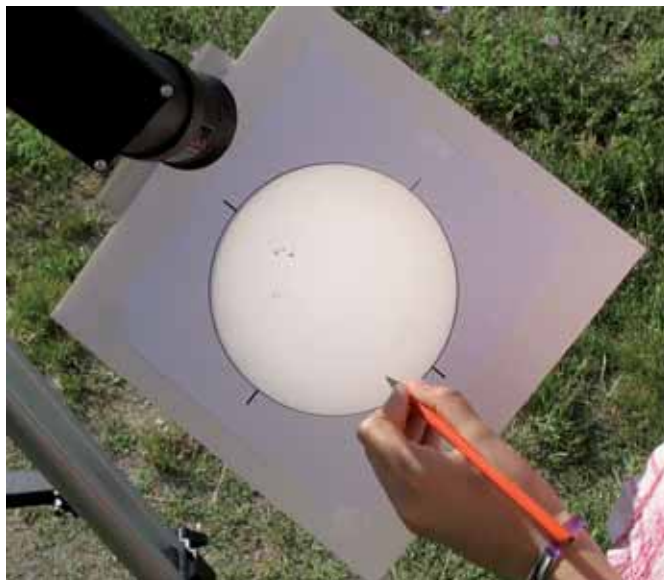


Fig. 4.- Dibujando las manchas solares en la pantalla. En este caso la pantalla debe tener un soporte que la una al tubo del telescopio o bien debe ser sujeta con sumo cuidado por el tutor.



LECCIONES Y EXPERIENCIAS PARA INICIARSE EN ASTRONOMÍA

5. EL SISTEMA SOLAR

Dimensiones del Sistema Solar

Ya se ha dicho en un capítulo anterior que el Sistema Solar es muy grande en comparación con lo que estamos acostumbrados a ver en nuestro entorno. La Tierra, por si sola, nos parece enorme: un avión que tarda tres cuartos de hora en ir de Barcelona a Madrid tardaría 40 horas en dar la vuelta entera a la Tierra (casi dos días volando sin parar).

Sin embargo, la Tierra es muy pequeña en comparación con el Sol. El diámetro del Sol es 109 veces mayor que el de nuestro planeta, y el diámetro del Sistema Solar hasta el planeta enano Plutón es 4.300 veces el diámetro del Sol.

Para intentar comprender estas proporciones aplicaremos un método, que se ha convertido en clásico, consistente en reducir a una escala «manejable» las dimensiones del Sistema Solar:

Experiencia:

Hay que proveerse de un globo hinchable grande (se venden en comercios de artículos para fiestas), preferiblemente amarillo o, en su defecto, blanco. Deberá poderse hinchar hasta un metro de diámetro, para lo cual se hace imprescindible el uso de una bomba de aire (que puede ser de bicicleta o de colchones de playa). Naturalmente, representará al Sol (fig. 5).

Luego hay que proveerse de bolas de diferentes tamaños que representarán, a la misma escala, los planetas y la Luna. Suele ser práctico un recorrido por la cocina y, con la colaboración del niño, buscar «planetas» entre frutas, legumbres, etc. Lo importante es hallar elementos con diámetros lo más parecidos posible a los que seguidamente indicamos:

- Mercurio:** 3,5 mm (puede ser un grano de pimienta, una lenteja...)
- Venus:** 9 mm (un garbanzo, una avellana, una aceituna arbequina...)
- La Tierra:** 10 mm (otro garbanzo, una avellana, un grano de uva...)
- La Luna:** 3 mm (un grano de pimienta, o de arroz que habría que redondear...)
- Marte:** 5 mm (un guisante, un grano de granada...)
- Júpiter:** 100 mm (una naranja grande, un pomelo...)



Fig. 5. El Sol, globo de gas. Los planetas se sacan de la caja.



Fig. 6.- Los planetas y la Luna miniaturizados, pero a sus debidas proporciones.

Saturno: 80 mm (una naranja, una manzana...)
Urano: 35 mm (una ciruela, un tomate pequeño...)
Neptuno: ligeramente más pequeño que Urano.

A los niños les encanta que Saturno tenga anillos. Hay que explicarles que son los cuatro planetas grandes los que tienen anillos, y para ello lo adecuado es recortar con cartulinas unos aros que se circunscribirán a las frutas correspondientes. Los diámetros máximos son:

Júpiter: 20 cm
Saturno: 21 cm
Urano: 8 cm
Neptuno: 10 cm

Salvo los de Saturno, los demás anillos son muy finos y tenues, con lo cual no quedan bien representados sobre cartulina. Pueden utilizarse láminas transparentes de acetato, pintando en ellas las líneas.

Material duradero: Si no se quiere tener unos astros tan perecederos, sugerimos utilizar bolas de acero (de rodamientos) o canicas para los planetas pequeños, y bolas de «porexpan» o de corcho para los cuatro planetas gigantes (en comercios de suministros industriales o de «bricolage»). Las bolas pueden decorarse imitando los planetas. Para pintar las bolas de acero debe dárseles primero una capa de laca (fig. 5 y 6).

Explicación:

Las bolas dan una idea real de la relación de tamaños entre los astros. En particular permiten ver cuán pequeño es nuestro planeta al lado del Sol e, incluso, al lado de Júpiter. Si las bolas son de acero y «porexpan» o corcho permiten explicar, además, que los planetas pequeños y la Luna son todos ellos de alta densidad, con una corteza similar a la de nuestro suelo. Son pesados y «duros». En cambio, los planetas gigantes tienen una densidad muy baja y pesan poco. Puede explicarse también que Saturno es menos denso que el agua (es un caso único) y que si se colocara sobre un inmenso océano, flotaría (la bola de «porexpan» o de corcho permite hacer la demostración en el lavabo). Estos planetas están compuestos de gas y de líquido (hidrógeno y helio, mayoritariamente), con un núcleo sólido muy reducido.

Se enseña al niño a colocar las bolas por orden de distancias al Sol (Mercurio, Venus, la Tierra con la Luna, Marte, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno). No está por demás que los identifique con fotografías.

Es hora de explicar que cada planeta gira alrededor del Sol, situados todos casi en el mismo plano, y que la Luna gira en torno a la Tierra. Se indicará, también, que la Luna es «nuestro» satélite, pero que hay más planetas que también tienen sus «lunas»:

Mercurio y Venus no tienen ningún satélite. Marte tiene dos tan pequeños que no podríamos reproducirlos a esta escala. Júpiter tiene cuatro de tamaños muy similares a nuestra Luna (por lo tanto pueden destinarse cuatro granos de pimienta al sistema joviano): Io, Europa, Ganímedes y Calisto; tiene, además, otros muchos muy pequeños. Saturno tiene a Titán como satélite principal (un grano de pimienta) y a Mimas, Enceladus, Tethys, Dione, Rhea y Iapetus como satélites secundarios que serán granos de «maravilla» o huevas de caviar. Saturno tiene, asimismo, otros muchos satélites insignificantes. A Urano hay que acompañarlo con cinco granos de pimienta (Miranda, Ariel, Umbriel, Titania y Oberón) y a Neptuno con uno (Tritón), además de otros menores. A Plutón se le adjunta otra hueva de caviar para su satélite Caronte, que debería ser más pequeño que el propio Plutón.

Posiciones reales

Si se desea profundizar más sobre el tema de la posición de los planetas en sus respectivas órbitas, se puede hacer uso de la longitud heliocéntrica a fin de representar sus posiciones reales para un día determinado. Esto permite reproducir los movimientos de los planetas conociendo numerosas peculiaridades, tanto de sus configuraciones orbitales como de sus movimientos aparentes en el firmamento:

Experiencia:

Apelamos al ingenio del tutor para que prepare el escenario según los elementos de que disponga y según su habilidad, puesto que lo que proponemos puede realizarse con un simple rotulador o un bolígrafo sobre un folio, o puede efectuarse de forma corpórea utilizando la colección de planetas en miniatura que tenemos. Naturalmente, sugerimos lo segundo.

Elementos: papel o cartulina de más de un metro cuadrado, un transportador de ángulos, una regla larga

(o un palo largo), un cordel, un pivote para sujetar el cordel (un clavo, una tachuela, o el dedo del niño...), un rotulador y la colección de bolas de los planetas. Pero también es preciso tener una tabla con las longitudes heliocéntricas de los planetas. La mayoría de programas informáticos de simulación del firmamento proporcionan las coordenadas heliocéntricas; en todo caso sugerimos «Ephemeris Generator»: <http://ssd.jpl.nasa.gov/horizons.cgi>

El escenario debería ser el papel o la cartulina sobre una mesa o, mejor, en el suelo; debe ser grande para que quepan holgadamente todos los planetas. En el centro se traza un círculo que representará al Sol (no hace falta que sea grande ni hace falta respetar ninguna escala; sugerimos un círculo de unos 3 cm de diámetro). Concéntricas a él se trazan las órbitas de los nueve planetas, es decir, nueve círculos separados lo suficiente como para que las bolas de los planetas gigantes puedan colocarse encima sin interferirse entre ellas. Por último debe dibujarse un décimo círculo que representará la bóveda celeste y en el cual se trazará una escala en grados (fig. 7).

Para dibujar círculos grandes no sirven ni los compases comunes ni la impresora del ordenador. Pero, ¿verdad que todos sabemos trazar círculos mediante un cordel sujeto a un pivote en el centro y con un rotulador atado en el otro extremo?

Entonces entra en acción el transportador de ángulos. Situando su centro en el Sol, debe utilizarse la regla para prolongar su escala y trazar los grados en el círculo que representa el cielo. Es decir, éste círculo debe dividirse en 360° , aunque no hace falta tanta precisión y puede hacerse con divisiones de 10° en 10° .

Por último se toma la regla que se coloca de forma radial entre el centro (el Sol) y la escala graduada del círculo externo. La regla se hace coincidir con la longitud heliocéntrica para cada uno de los planetas y se coloca la bola del planeta en el ángulo correspondiente sobre el círculo de su órbita.

Naturalmente, **el punto de vista es la Tierra**. El tutor debe explicar entonces que, según hayan quedado situados los planetas con respecto al Sol, éstos se verán al atardecer, a medianoche o por la madrugada, o no se verán porque la proximidad al Sol hará que queden inmersos en la luz del día. También podrá explicar lo que son **conjunciones, oposiciones y cuadraturas**. Podrá demostrar que Mercurio y Venus se ven mejor cuanto más separados estén angularmente del Sol y que, en ocasiones, pueden pasar por delante del Sol, como ocurrió en 2003 y en 2004, respectivamente. Podrá explicar que cuando los planetas exteriores están más cerca de la Tierra es en su oposición, y podrá mostrar las diferentes velocidades orbitales cambiando las longitudes heliocéntricas de la fecha por las de un mes después, o un año después. En fin, el artificio ofrece un montón de posibilidades sumamente didácticas.

Será bueno complementar el ejercicio por la noche con la identificación de los planetas que sean visibles aquel día. Se podrá comprobar si las posiciones relativas entre ellos y el Sol se corresponden con lo previsto y se podrá demostrar en la práctica aquello que se ha visto en teoría sobre la cartulina. No debe olvidarse señalar que la proyección del plano de la cartulina en el cielo es la **eclíptica**.

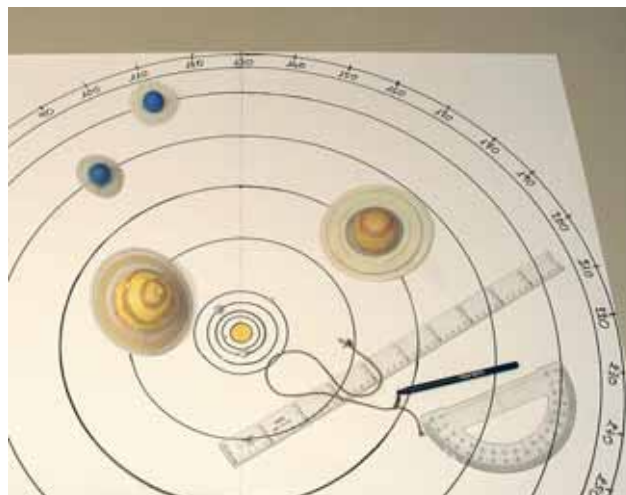


Fig. 7.- Hemos colocado la colección de planetas en miniatura sobre una cartulina con las órbitas. La graduación del perímetro permite situar cada astro en su posición correcta para una fecha determinada según su respectiva longitud heliocéntrica, tomando como referencia al punto central (el Sol). Para trazar las órbitas se ha utilizado un cordel, una tachuela y un rotulador. Luego, además, un transportador de ángulos y una regla.

Las distancias

La idea de tamaños que proporcionan las bolas es conveniente complementarla con la de las distancias, aunque esto resulte más difícil.

Experiencia:

Teniendo como Sol a un globo de 1 metro de diámetro, hay que colocar el grano de pimienta de Mercurio a 45 metros de distancia, con lo cual es preciso instalar el centro de operaciones en la calle o en el campo... A esta misma escala, el garbanzo de Venus quedará a 80 metros del globo solar y nuestra Tierra, a 120 metros.

Pero es evidente que así no es posible seguir. A esta escala, la ciruela de Neptuno deberíamos situarla a... ¡3.500 metros! (¡tres kilómetros y medio!). Es preciso reducir la escala.

En vez de tener el Sol formado por un globo de 1 metro de diámetro, se adoptará ahora una canica o un garbanzo de 1 centímetro de diámetro. Con ello, la escala quedará reducida a una centésima parte y, aunque los planetas se habrán vuelto minúsculos (haciendo inservibles las legumbres y la fruta), como mínimo se podrán intuir las proporciones de las distancias.

Ahora, desde la canica del Sol hasta cada planeta mediarán:

Mercurio:	45 centímetros
Venus:	80 centímetros
La Tierra:	120 centímetros
Marte:	180 centímetros
Júpiter:	6 metros
Saturno:	11 metros
Urano:	22 metros
Neptuno:	35 metros

Lo importante es comprender que el tamaño de los astros del Sistema Solar es absolutamente irrisorio comparado con las proporciones del propio Sistema.



Fig. 8.- Nebulosa del mismo tipo de la que formó el Sistema Solar. En su interior se están creando estrellas.

La estrella más próxima

A la misma escala (el Sol de 1 cm de diámetro), la estrella más cercana (Alfa Centauri) estaría situada... ¡a 300 km! Es decir, si el Sistema Solar se ha planteado en Barcelona, Alfa Centauri estaría en Zaragoza.

Resumen de conceptos:

Los espacios entre planetas son muy grandes en comparación con sus dimensiones; puede afirmarse que dentro de estos espacios tan grandes no hay nada, salvo unas motas de polvo (que representarían los asteroides y los cometas). Y que en el espacio entre el Sistema Solar y Alfa Centauri ni siquiera hay polvo.

Desde Alfa Centauri hasta otras estrellas puede haber distancias similares. En consecuencia, el Universo, además de ser enorme, está sumamente vacío.

¿Por qué los planetas son esféricos?

Vamos a tratar sobre la formación del Sistema Solar.

Explicación:

Hace cinco mil millones de años (¡muchos!) el Sistema Solar no existía como tal. En su lugar había una nube de gas y polvo (una «**nebulosa**») (fig. 8). De forma parecida a como las nubes que vemos en el cielo a veces son muy tenues y a veces se vuelven muy densas, muy apretadas, la nebulosa que había en el espacio empezó a comprimirse.

Poco a poco el gas que conformaba la nebulosa fue creando diversas zonas de mayor densidad que se convirtieron en cuerpos muy pequeños (a los que denominamos «**planetesimales**»). En el centro de la nebulosa se acumuló una masa mucho mayor, llamada «**protoestrella**», que formaría el Sol. La nebulosa se movía muy lentamente, pero al comprimirse, todo el sistema comenzó a girar con mayor velocidad al igual a como lo hace una patinadora cuando cierra los brazos mientras gira.

Los planetesimales fueron uniéndose entre sí para formar masas de mayor tamaño y de forma esférica. Como una bola que pueda fabricarse uniendo muchos pequeños trozos de «plastilina».

Experiencia:

Cualquier niño tiene plastilina en casa; si no, es fácil adquirirla. Vale la pena.

El niño debe preparar grumos pequeños de plastilina (de pocos milímetros) más o menos irregulares que representarán los planetesimales y que, naturalmente, estarán sueltos. Después debe agruparlos y moldearlos para formar una bola que acabará siendo una masa esférica más o menos homogénea.

Explicación:

Cuando se calienta mucho un material sólido se funde. Puede demostrarse con la cera de una vela, o con la misma plastilina, que es más dura cuanto más fría está.

En cada una de las bolas integradas por grumos planetesimales, al aglomerarse, ocurrió un proceso por el que aumentó su temperatura. El aumento de temperatura fue tan elevado que las bolas de planetesimales acabaron por fundirse, convirtiéndose en una masa pastosa como la lava de un volcán en actividad.

La masa pastosa estaba formada por muchos materiales, y unos pesaban más que otros. Por ejemplo, el hierro pesa más que la arena o que la tierra de una maceta. A causa de la fuerza de gravedad (luego hablaremos de ella), dentro de una masa pastosa lo más pesado se va hacia el centro y lo que es menos pesado se queda en la superficie. Este proceso hace que el planeta o el satélite acabe siendo una bola de una esfericidad más perfecta que la de la masa de plastilina moldeada a mano.

Si diera el caso de que una masa planetaria fuera muy pequeña (como podría ser una masa formada por sólo 3 ó 4 grumos de plastilina, con los que no tendríamos bastante para hacer una bola relativamente grande), su temperatura no llegaría a ser suficientemente elevada como para convertirse en pasta, y, en consecuencia, se quedaría con una forma irregular. Digamos que como un cacahuete. Entonces es un pequeño cuerpo que gira en torno al Sol al que denominamos «**asteroide**».

Por su parte, el mayor porcentaje de la nebulosa inicial se ha quedado en el centro del sistema, formando el Sol.

La gravedad

A ningún niño le pasa desapercibido que las cosas caen hacia el suelo. Pero, ¿por qué?

Explicación:

Cualquier cosa tiene gravedad. Todo: el bolígrafo, la mesa, la persona... ¡Todo! Aquellas cosas que pesan más, tienen más gravedad que las que pesan menos. (Debe permitírseles la licencia de decir «peso» cuando lo que deberíamos decir es «masa», pues el peso viene definido por la gravedad). Una mesa tiene más gravedad que un lápiz, aunque ambos sean de madera.

La gravedad se asemeja un poco (no mucho) a lo que ocurre con los imanes.

Experiencia:

Es probable que en la nevera haya un par de imanes para sujetar papeles de notas. Si en casa hay algún otro imán, es cuestión de hacerse también con él.

Se sitúan dos imanes sobre la mesa y se van acercando muy lentamente con pequeños empujones. Llegará un momento en que, si son idénticos, ambos se pondrán a correr por un igual y se unirán.

Repetiendo la experiencia con un imán de tamaño o potencia diferente (uno grande y otro pequeño) se advertirá que, al aproximarse, «el grande se come al pequeño». El mayor tiene más potencia de atracción que el menor. También puede experimentarse con un solo imán y un pequeño objeto metálico que pese menos que el imán (un clip de papel, p.e.).

Aunque la causa es distinta, con la gravedad que atrae a los astros sucede un efecto parecido. Vamos a simularlo:

Se coge un objeto que pueda tirarse sin que se rompa (por ejemplo, una goma de borrar). Estando de pie se suelta la goma. Caerá vertical hacia el suelo. ¿Qué ha sucedido? Puesto que TODOS los objetos tienen gravedad, la Tierra también la tiene. Y la Tierra es muchísimo mayor que una goma de borrar. En consecuencia, al soltar la goma ésta ha caído «atraída por la Tierra» del mismo modo que el imán grande atrajo al pequeño (fig. 9, A). Según esto, ya que la Tierra es mucho más pequeña que el Sol, nuestro planeta debería caer hacia él. Y sin embargo, no lo hace.

Veamos qué ocurre si en vez de dejar caer la goma, le damos un ligero impulso lateral. Recorre una trayectoria curva para acabar en el suelo, pero no ha caído verticalmente (fig. 9, B). Si la fuerza al lanzar la goma es algo mayor ocurrirá lo mismo, pero irá a caer más lejos (fig. 9, C).

Ahora bien, si pudiéramos dar a la goma un impulso fortísimo, ésta no caería al suelo (a la Tierra), si no que quedaría dando vueltas alrededor de nuestro planeta («en órbita»), como en la fig. 9, D. (De hecho, la goma cae continuamente hacia la Tierra, pero al ser ésta redonda nunca llega a tocarla).

Explicación:

Este último ejemplo es el motivo por el que la Tierra no cae hacia el Sol, puesto que gira a su alrededor «con un impulso fortísimo». El impulso le fue dado progresivamente cuando la masa nebulosa que formó a todos los planetas comenzó a girar cada vez más rápido. De este modo, todos los planetas, que «pesan poco», giran en torno al Sol que «pesa más». Y así, también, la Luna gira en torno a la Tierra. El «impulso del movimiento» contrarresta la gravedad.

Hay más: si pudiéramos lanzar la goma aún con más fuerza, en vez de quedar girando en torno a la Tierra escaparía hacia el espacio y se perdería (fig. 9, E). Es lo que ocurre cuando se lanza una nave espacial hacia la Luna o hacia planetas lejanos. El cohete que la lanza debe dar a la nave un impulso fortísimo para que pueda vencer la fuerza de gravedad terrestre.

Puesto que TODOS los objetos tienen gravedad, el tutor debe preguntar al niño:

—¿Qué ocurriría si yo estuviera solo, aislado en el espacio, como un astronauta flotando muy, muy lejos de la Tierra y del Sol, y, estirando el brazo, soltara la goma?

Naturalmente, el niño debe responder que la goma caerá contra el cuerpo del tutor.

Velocidad orbital

La experiencia de la fig. 9 nos demuestra que un cuerpo en movimiento alrededor de un planeta, si tiene la velocidad adecuada ni caerá sobre él ni se escapará al espacio (caso del ejemplo D). Esta velocidad debe ser más alta cuanto más intensa sea la fuerza gravitacional que deba contrarrestar. En consecuencia, un cuerpo que esté en órbita muy cerca de otro deberá girar muy deprisa, mientras que otro que esté lejos girará más lentamente. Mercurio da una vuelta alrededor del Sol cada 88 días mientras que Neptuno tarda 164 años.

Velocidad de caída:

Cuanta mayor sea la gravedad de un astro más rápidamente caen las cosas sobre él. La Luna es más pequeña que la Tierra y, por tanto, tiene menos gravedad. Los astronautas, cuando estuvieron allí, andaban dando saltos muy grandes porque la gravedad les atraía menos que en la Tierra. En el caso de la goma dejada en el espacio, caería sobre nosotros mucho más lentamente que si cayera sobre la Tierra.

Órbitas:

Cuando dibujamos a los planetas girando en torno al Sol lo solemos hacer marcando sus trayectorias en forma de círculo (fig. 10 A), y lo mismo hacemos con los satélites que giran en torno de los planetas, como es el caso de la Luna. Pero esto no es absolutamente cierto.

Antes del siglo XVI los astrónomos siempre representaban a las órbitas en forma de círculos, pero ocurría que cuando confrontaban los movimientos que habían previsto de los planetas con

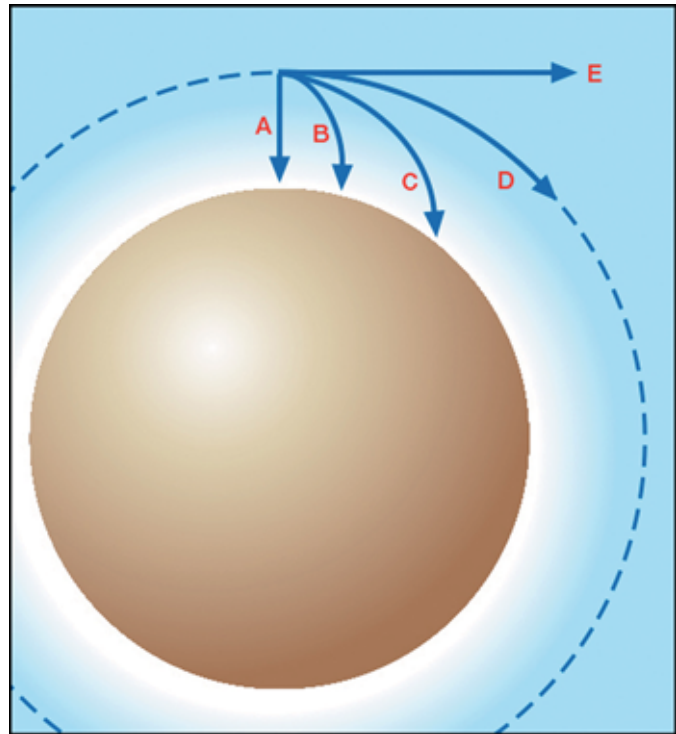


Fig. 9.- Caída de un objeto sobre la Tierra. El gráfico es muy sencillo, por lo que el tutor puede dibujarlo en un papel o en una pizarra e ir trazando las líneas a medida que procede a su explicación.

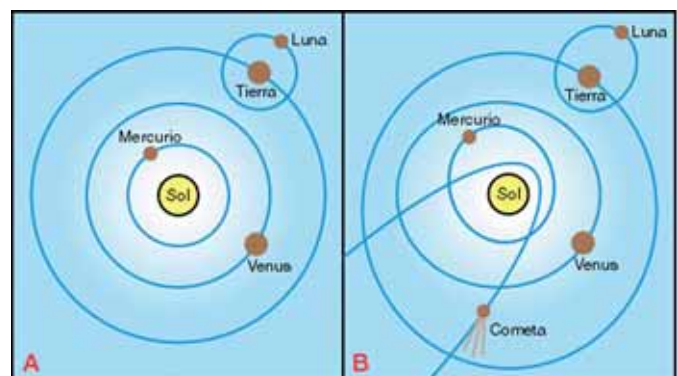


Fig. 10.- A = Órbitas circulares. B = Órbitas elípticas (aquí con excentricidades exageradas).

su comportamiento en el cielo, nunca les coincidían. Había algo que fallaba pero que durante siglos no supieron hallar.

La solución la encontró en 1609 Johannes Kepler. Se trataba, simplemente, de suponer que los planetas en vez de girar en órbitas perfectamente circulares, lo hacen en órbitas elípticas, es decir, en «círculos alargados», como un melón (fig. 10 B). Este tipo de trayectorias hace que los planetas unas veces estén más cerca y otras más lejos del Sol (aunque con muy poca diferencia, salvo un caso: Plutón), al igual a como ocurre con la Luna respecto a la Tierra.

El tutor puede ampliar el tema, si lo desea, entrando en el terreno de la geometría para explicar qué son los focos de las elipses, que los planetas van más deprisa en aquella parte de la órbita más próxima al astro central, etc.

¿Por qué hay planetas muy grandes y otros muy pequeños?

Suele llamar la atención el que haya tanta diferencia entre los planetas llamados gigantes y los demás, a lo cual podemos añadir el por qué los planetas gaseosos son los más alejados del Sol.

Explicación:

Cuando empezó a formarse el Sistema Solar, el núcleo principal, el Sol, comenzó enseguida a emitir radiación. Esta radiación dio lugar a lo que se denomina «viento solar», una corriente de partículas que parten del Sol y, a alta velocidad, se desplazan por todo el sistema.

El viento solar actuó entonces, en cierto modo, a como lo hace el viento en la Tierra:

Cuando sopla viento, levanta polvo del suelo, y papeles, plásticos... etc. El viento no es capaz de levantar las piedras o los demás objetos porque pesan más (no nos referimos a un huracán).

Cuando aún existía la nebulosa originaria del Sistema Solar, antes de formarse los planetesimales, las partículas sólidas (pesadas, como polvo y piedras) estaban mezcladas con el gas (básicamente hidrógeno y helio). Entonces el viento solar fue capaz de llevarse lejos a las partículas de gas porque pesan poco, pero no a las sólidas. Los planetesimales que se compactaron hasta formar los planetas más cercanos al Sol lo hicieron con elementos pesados, mientras que los planetesimales más alejados lo hicieron con gas. Por eso de Mercurio a Marte son planetas pequeños y densos (rocosos, pesados). Más lejos, el viento solar ya perdía intensidad y apenas podía arrastrar elementos livianos como el hidrógeno y el helio, que fueron acumulándose hasta formar los planetas de Júpiter a Neptuno, todos ellos grandes y gaseosos.

Al principio hemos dicho que la ciencia evoluciona a base de teorías que se van renovando sucesivamente. La explicación que acabamos de ofrecer es una teoría que, posiblemente, deba revisarse. Aunque esta explicación es la más aceptada y la que suele aparecer en los libros, los recientes descubrimientos de planetas que giran alrededor de otras estrellas están generando dudas sobre su validez; sin embargo, en la actualidad aún no hay otra explicación mejor.

Planetas a simple vista

De Mercurio a Saturno todos son suficientemente brillantes como para verlos bien a simple vista. Tan sólo hace falta conocer sus épocas de visibilidad y, en este sentido, es bueno que el adulto enseñe al niño a identificar cada planeta a medida que se van viendo en el firmamento. La información se halla, resumida, en la página «Próximos fenómenos» de este portal web y más detallada en las páginas de efemérides de la revista de la Agrupación, ASTRUM.

Mercurio es difícil porque, al estar cerca del Sol, sólo puede percibirse durante los crepúsculos, cuando el Sol está por debajo del horizonte. La visibilidad se restringe a varios periodos al año de unas pocas semanas cada uno, a veces por la tarde y a veces por la madrugada.

Venus es el planeta más luminoso de todos. Se ve también alternando periodos al atardecer y al amanecer, pero éstos son muchos más largos que los de Mercurio. Cuando es visible al atardecer (llegando hasta noche cerrada) el periodo de visibilidad es de diez meses. Es tan brillante que llama poderosamente la atención. En la época que estaba de moda hablar de OVNI's, mucha gente lo confundía con un artificio de este tipo. Con un telescopio sencillo o unos binoculares ya es posible ver su fase (tiene forma de pequeña «luna»), lo cual sirve muy bien como complemento a la explicación de las fases lunares (ya se verá más adelante).

A **Marte** se le denomina «el planeta rojo». Cuando se halla en sus mejores épocas de visibilidad destaca en el cielo por ser un astro muy luminoso de color claramente anaranjado. Sin embargo, las temporadas en que Marte se ve bien son relativamente breves (unos pocos meses) y se repiten cada dos años y dos meses. Con telescopio es difícil verle detalles, salvo el casquete polar y alguna sombra oscura.

Júpiter y **Saturno** se distinguen sin dificultad durante bastantes meses. Los satélites de Júpiter dan mucho juego, incluso con binoculares, y los anillos de Saturno, por descontado que son de lo más espectacular que puede verse con cualquier instrumento.

Urano está en el límite de visión si la noche es buena. Por tanto siempre es asequible a unos binoculares, aunque con el telescopio se ve mejor. **Neptuno** requiere un telescopio, pero no hace falta que sea potente.

El reto: verlos todos.

Experiencia

Si se usa el Planisferio Celeste giratorio editado por la Agrupación para mostrar al niño las posiciones de los planetas en el firmamento, sugerimos recortar y pegar pequeños adhesivos de unos pocos milímetros para indicar sobre la eclíptica la posición del Sol y de cada planeta. Deben ser adhesivos de suave adherencia (tipo «Post-It») a fin de que al quitarlos no estropeen el planisferio.

El descubrimiento de los planetas

El acontecimiento más emocionante que puede sucederle a un astrónomo es descubrir un nuevo astro, sea por pura casualidad o sea porque ya exploraba el cielo tras suponer que debería estar allí. Por lo general, el hallazgo de un nuevo astro conlleva un gran honor y prestigio.

Nadie descubrió los planetas de Mercurio a Saturno porque son visibles a simple vista. Desde la más antigua civilización el hombre se dio cuenta de que entre las estrellas del fondo del cielo había esos cinco astros moviéndose independientemente, más el Sol y la Luna. Pero a partir de Urano todos fueron descubiertos por astrónomos provistos de telescopios.

El descubrimiento de Urano

En el siglo XVIII un músico alemán afincado en Inglaterra se aficionó a construirse telescopios y, la verdad, acabó teniendo los mayores del mundo de aquella época. Se llamaba William Herschel.

Una noche de 1781, cuando probaba un telescopio que acababa de construir, vio un astro que le pareció algo más grande que el insignificante punto de una estrella. Le llamó la atención y se aprestó a vigilarlo, de tal modo que a la noche siguiente advirtió que se había movido con respecto a las estrellas. Llegó acertadamente a la conclusión de que era un astro desconocido del Sistema Solar y supuso (en eso erró) que se trataba de un cometa lejano (más adelante comentaremos los cometas). No pasó mucho tiempo hasta que se demostró que se trataba de un planeta de la misma naturaleza que Júpiter o Saturno, aunque más pequeño y más apartado del Sol. Los amigos de Herschel creyeron que debían rendirle homenaje y denominaron «Herschel» al nuevo planeta, pero la comunidad astronómica no lo aceptó, especialmente porque todos los demás planetas tenían nombres procedentes de la Mitología. Finalmente, se denominó **Urano**.

El descubrimiento causó tal sensación que el rey de Inglaterra le concedió a Herschel un sueldo permanente para que dejara la música y se dedicara exclusivamente a la astronomía. Más adelante efectuaría otros descubrimientos importantes.

El hallazgo de Neptuno

Tras ser descubierto Urano, la mayoría de astrónomos estaban convencidos de que más allá habría otros planetas. Algunos se pusieron a buscar un planeta «transuránico» utilizando sus telescopios de manera arbitraria (buscando aquí y allá, a la «tun-tun»), lo cual casi nunca suele dar buen resultado. Pero hubo quien después de es-

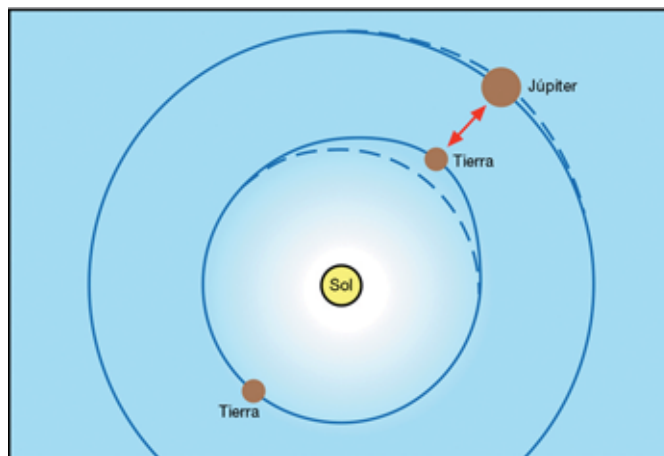


Fig. 11.- Influencia gravitacional de un astro muy masivo, como Júpiter, sobre el recorrido de la Tierra (exagerada, claro está).

tudiar muchas matemáticas (Urbain Leverrier fue uno de los más grandes matemáticos de la historia) analizó las posibilidades de que existiera el tal planeta y las posibilidades de hallarlo.

Un paréntesis: Perturbaciones

Si pudiéramos quitar todos los astros del Universo y dejáramos solamente al Sol y a un planeta (la Tierra, por ejemplo), éste giraría eternamente en torno al Sol en una órbita circular o elíptica, moviéndose con absoluta regularidad, siempre igual.

Pero en el Sistema Solar la Tierra no está sola. Hay otros planetas, algunos con una fuerza de gravedad muy grande, como Júpiter y Saturno. Y, según ya hemos dicho, todo lo que hay en el espacio es susceptible de atraer a cualquier otro cuerpo con mayor o menor fuerza según sean la masa y la distancia. A esto se llama «causar perturbaciones» a otro astro, es decir, «perturbarlo», «molestarlo», en su caminar.

Cuando la Tierra está en el lado opuesto del Sol con respecto a Júpiter, la influencia gravitacional de Júpiter apenas se nota en nuestro planeta. Pero cuando la Tierra está entre el Sol y Júpiter, éste planeta atrae ligeramente a la Tierra hacia él, de modo que nuestra órbita deja de ser una figura elíptica perfecta. Júpiter causa perturbaciones a la Tierra (fig. 11).

Las matemáticas de Leverrier

Los astrónomos vieron enseguida que la órbita de Urano no era todo lo regular que debía ser y lo atribuyeron a las perturbaciones de Júpiter y Saturno. Pero Leverrier fue más allá y llegó a calcular que en la irregularidad de su movimiento tenía que influir, forzosamente, otro planeta situado más lejos y que aún no había sido descubierto. Fue tal su sabiduría que llegó a predecir mediante gran cantidad de cálculos que en una determinada fecha el planeta desconocido estaría en un punto concreto del cielo. Y así fue como en 1845, Johann Galle encontró a **Neptuno** apuntando el telescopio al punto predicho. No lo descubrió Leverrier porque a él los telescopios no le gustaban; tan sólo le interesaban las matemáticas, de modo que dejó su búsqueda en manos de Galle, un joven estudiante alemán.

La historia se repite

El entusiasmo que generó el hallazgo de Neptuno llevó a otros matemáticos a estudiar de nuevo las perturbaciones de los planetas distantes y a predecir que habría otro «transneptuniano». En especial, el estadounidense Percival Lowell dedicó buena parte de su vida y de su fortuna a calcular y buscar el pretendido planeta, pero no tuvo éxito. Falleció en 1915 sin haberlo logrado.

No fue hasta 1930 cuando Clyde Tombaugh, un joven ayudante del propio observatorio que había fundado Lowell, descubrió en una fotografía, entre numerosas estrellas, a un minúsculo punto que identificó como el planeta buscado: **Plutón**. Hubo alegría por una parte pero decepción por otra, puesto que el planeta era mucho más pequeño y débil de lo que esperaban. (En realidad ésta había sido la causa por la que no lo halló Lowell, puesto que lo tuvo ante sus narices en una fotografía pero lo confundió con una estrella)

Ahora bien, no hace muchos años se ha demostrado que los cálculos de Lowell no eran correctos, y que si Tombaugh lo descubrió cerca del punto del cielo que preveían esos cálculos fue por pura casualidad.

En astronomía muchas veces también se producen «patinazos» y «golpes de suerte».

Finalmente, la Unión Astronómica Internacional consideró que Plutón no es un planeta como los demás, si no un asteroide como muchos otros que se han descubierto posteriormente en las lejanías del Sistema Solar. Y le rebajó la categoría calificándolo de «planeta enano».



LECCIONES Y EXPERIENCIAS PARA INICIARSE EN ASTRONOMÍA

6. LA LUNA

La Luna atrae la atención de los niños, incluso siendo muy pequeños. Por eso la Luna es un personaje de muchos cuentos, aparece dibujada en paredes de guarderías y es protagonista de canciones. La Luna es, sin duda, un buen pretexto para hacer notar a los más peques que el cielo también tiene su atractivo.

Es importante que los adultos muestren la Luna a los niños de poca edad haciéndoles notar que no siempre es igual. A veces se muestra estrecha, fina, y a veces gorda, con lo cual se les plantea la primera incógnita astronómica: ¿cómo será la próxima vez que la vea?

Cuando son mayorcitos y van a mirar por el telescopio, la Luna es el astro más fácil y más agradecido. Las experiencias con telescopio siempre deberían comenzar por la Luna, especialmente si se observa desde la ciudad.

Rotación

La Luna muestra permanentemente la misma cara a la Tierra. Si se contempla la Luna en distintas noches, siempre tiene el mismo aspecto (prescindiendo de las fases). Las manchas más o menos oscuras que se le ven son permanentes. En consecuencia, «no gira». Recuérdese que las manchas solares permiten observar como gira el Sol; en cambio, las manchas de la Luna muestran lo contrario.

Experiencia:

Al niño hay que explicarle que esto es así... pero que no es así. Veamos el porqué:

El adulto y el niño se ponen de pie, separados por unos dos metros. El adulto sostiene en una mano, estirando el brazo, un objeto que tenga dos caras; por ejemplo, el mando a distancia del televisor. Enseña al niño la cara de delante y, luego, lentamente, el adulto va girando sobre sí mismo, con el brazo extendido, de modo que el niño, sin moverse de sitio, verá el mando de perfil, después lo verá por detrás, luego otra vez de perfil y, finalmente, tras una rotación completa, lo volverá a ver de frente.

Explicación:

El mando a distancia equivale a la Luna, el adulto es la Tierra y el propio niño es el Sol. En consecuencia, vista desde el Sol (o desde algún otro sitio cualquiera), a la Luna se la ve girar perfectamente. En cambio, vista desde la Tierra, la Luna (el mando) muestra siempre la misma cara.

El hecho es que la Luna emplea el mismo tiempo en dar una vuelta sobre sí misma (rotación) que en dar una vuelta alrededor de la Tierra (traslación). Esto se debe a que la gravedad de la Tierra ha «fijado» a la Luna, obligándola a dirigir siempre la misma cara hacia la Tierra. Esto es, precisamente, lo que hace el adulto al sostener el mando con la mano.

Fases

¿Sorprenderemos si decimos que hay muchos adultos que aún no saben «cómo funciona» algo tan visto



Fig. 12.- Las fases de la Luna.

como las fases de la Luna? En el auditorio de la Agrupación ha habido maestros que nos han llegado a pedir que se las expliquemos (a ellos, no a los alumnos).

Experiencia:

Ante todo, mostrar al niño las típicas fotografías de las fases de la Luna (fig. 12).

Ahora vamos a invertir los papeles respecto al ejercicio anterior. El adulto hará de Luna y el niño, de Tierra. Hacerlo en una estancia a media luz, con una sola lámpara o una linterna encendida sobre una mesa. A unos dos o tres metros de la lámpara, el niño, de pie. Es importante que la lámpara, la cabeza del niño y la cabeza del adulto estén a un mismo nivel, para lo cual posiblemente habrá que subir al niño a una silla y colocar algún soporte debajo de la lámpara.

El adulto tiene que dar la vuelta alrededor del niño, girando de modo que siempre esté mirándole (mostrándole «la misma cara», como el mando del televisor de la experiencia anterior). Evidentemente el niño deberá girar sobre sí mismo para seguir el movimiento del adulto, aunque esto no representa a ningún movimiento real de la Tierra.

Cuando el adulto esté opuesto al niño con respecto a la lámpara, el niño verá la cara del adulto plenamente iluminada. Hacerle notar que el relieve de la cara (los ojos, la nariz...) no producen sombras; que todo está uniformemente iluminado. Es la «**Luna llena**», que se produce cuando la Luna está al lado contrario del Sol, vista desde la Tierra.

Cuando el adulto empieza a dar la vuelta el niño verá como surgen sombras (la nariz empieza a proyectar sombra sobre el pómulo...) y que parte de la cara va quedando oscura. Habiendo dado un cuarto de vuelta en sentido contrario a las agujas del reloj, estarán en «**cuarto menguante**»; la Luna se ve iluminada únicamente en su mitad que da al costado del Sol. El relieve acentúa al máximo las sombras.

Cuando haya dado media rotación, el adulto estará entre la lámpara y el niño. La cara del adulto estará totalmente a la sombra. Será la «**Luna nueva**».

A medida que siga la rotación, la cara del adulto comenzará a iluminarse por el lado de la lámpara. En el cuarto («cuarto creciente») volverá a tener media cara iluminada (la parte contraria al cuarto menguante), con las sombras acentuadas. Después, al moverse, seguirá aumentando la iluminación hasta llegar, de nuevo, a la «cara llena» («**Luna llena**»).

Resumen de conceptos:

Las fases de la Luna son un simple efecto de iluminación. Depende del lugar donde esté la Luna con respecto al Sol y a la Tierra para verla iluminada de una forma o de otra. El relieve lunar (las montañas y los cráteres) producen sombras que son muy acentuadas en los cuartos, pero nulas en la Luna llena. Por eso para mirar la Luna con telescopio lo mejor es hacerlo en las fechas de alrededor de los cuartos, nunca cuando la Luna está llena.

Cuando se repiten las fases es que la Luna ha dado una vuelta completa a la Tierra.

- La Luna nueva no se ve porque está a contraluz del Sol y éste deslumbra.
- El cuarto creciente se ve por la tarde. La fase (zona iluminada de la Luna) mira hacia el Sol, es decir, hacia poniente. Tiene forma de letra «**D**».
- La Luna llena está en el lugar del firmamento opuesto al Sol; por tanto, cuando se esconde el Sol por el oeste sale la Luna por el horizonte este.
- El cuarto menguante se ve por la madrugada y la fase mira hacia levante. Tiene forma de letra «**C**».

La Luna miente

Después de la fase nueva, la Luna crece y se nos presenta en forma de **D** (inicial de «decrecer»). En cambio, después de la fase llena, la Luna decrece y se nos presenta en forma de **C** (inicial de «crecer»).

De ahí que se diga que la Luna es mentirosa: cuando la Luna parece una **D**, de decreciente, está realmente creciendo, mientras que cuando parece una **C**, de creciente, es menguante.

Esta afirmación sólo es válida para el hemisferio norte de la Tierra; en el hemisferio sur la Luna nunca miente.

Un sistema Tierra-Luna en miniatura

Si para efectuar la demostración anterior no se ha necesitado de ningún artificio más que la lámpara y las personas, ahora proponemos otro método para mostrar fácilmente al niño las fases de la Luna, aunque en este caso debe prepararse previamente el material.

Experiencia:

Hay que buscar dos bolas que representen la Tierra y la Luna, como las del sistema planetario en miniatura, aunque en este caso serán más prácticos las de materiales duros que las frutas. Si la bola mayor mide 4 cm de diámetro la menor debe medir 1 cm, aunque pueden ser de otros tamaños con tal de mantener las proporciones. Las bolas deben clavarse en cada uno de los extremos de un listón de madera de 120 cm de longitud (fig. 13).

Tutor y niño salen al aire libre, a pleno Sol. Y ya tenemos los tres elementos: el Sol (que es el real), más la Tierra y la Luna en miniatura. Manejando el listón se pueden reproducir los movimientos de la Luna alrededor de la Tierra. Acercando el niño a la bola de la Tierra verá las fases en la bola de la Luna si el listón se coloca adecuadamente con respecto al Sol. Y las sombras de las bolas permitirán explicar tanto los eclipses de Luna como los de Sol, siendo una alternativa a la experiencia que proponemos en el apartado siguiente.



Fig. 13.- La pequeña bola de la Luna en el extremo izquierdo del listón, y la Tierra en el derecho. La iluminación solar puede mostrar las fases y los eclipses si se mueve adecuadamente el listón. En esta imagen el niño está viendo la bola de la Luna al mismo tamaño aparente que la Luna real en el cielo.

Eclipses

Al realizar la experiencia de las fases lunares con el primer método, es seguro que habrá habido un momento en que el niño habrá producido sombra al adulto, y otro en el que el adulto habrá producido sombra al niño. O bien las bolas se hacen sombra entre sí. Es hora de explicar qué son los eclipses.

Cuando la cabeza del niño ocasiona sombra a la cara del adulto (justo en el momento de la **Luna llena**), se produce un **eclipse de Luna**. Ralentizando el movimiento, el niño verá el eclipse parcial (sombra a una parte de la cara) y el eclipse total.

En el punto opuesto de la «órbita», el adulto tapaná la lámpara al niño. Será un **eclipse de Sol**. En este caso, hacer notar al niño dos cosas: que la Luna está a contraluz (**Luna nueva**) y que la sombra de la Luna se proyecta sobre la Tierra (o sea, que en la cara del niño hay sombra). Al niño se le muestra entonces una fotografía de un eclipse total de Sol y se le explica que el disco negro es, precisamente, la Luna iluminada «por detrás», al igual como la cabeza del adulto está iluminada por el cogote.

Cuestión de medidas:

Si el niño es avisado y ha captado bien la lección de las legumbres y las frutas, puede que plantee la cuestión: «—...Pero si el Sol es tan grande y la Luna tan pequeña, ¿cómo puede ésta tapar al Sol?».

Explicación:

Acudir al papel y al bolígrafo para trazar el típico gráfico de las proporciones entre los tamaños y las distancias Sol-Tierra-Luna (fig. 14). O bien se puede mostrar como algo tan pequeño como un dedo de la mano puede ocultar un árbol o una casa. Basta con que el niño aproxime mucho el dedo al ojo.

En el sistema Tierra-Luna se da una casualidad enorme, única en todo el Sistema Solar: que la distancia a que se halla la Luna respecto a nuestro planeta es tal que, vista en el cielo, su disco aparece con el mismo tamaño que el disco del Sol, que es mucho más grande y está mucho más lejos. A esta casualidad se debe el que se produzcan tanto eclipses de Sol **totales** como **eclipses anulares**.

Para entenderlo hay que recordar lo antes dicho sobre las órbitas: que el recorrido que hace la Luna en torno a la Tierra no es circular, sino elíptico. Como la órbita de la Luna es algo alargada, como un melón, hay días en que está más cerca de la Tierra que otros. La diferencia es pequeña, y por eso no la apreciamos a simple vista.

El gráfico de la fig. 15 permite explicar con claridad que cuando la Luna está cerca de la Tierra, su disco en el cielo es suficientemente grande como para cubrir el disco del Sol (**eclipse total de Sol**), y que cuando está más lejos, al verse algo más pequeña, no llega a taparlo totalmente, de modo que en el momento máximo del

eclipse queda visible un «anillo de Sol» (de ahí la denominación de **eclipse anular**).

¿Por qué no hay un eclipse en cada lunación?

Cada vez que la Luna da una vuelta a la Tierra deberían producirse dos eclipses: uno de Luna y otro de Sol, según se ha visto con la experiencia de la lámpara y las sombras.

Pero el recorrido de la Luna no está perfectamente alineado con la Tierra y el Sol (su órbita está algo inclinada). Es como si el adulto, al girar en torno al niño, no tuviera su cabeza a la misma altura que la del niño. Digamos que unas veces la Luna pasa «por abajo» y otras «por encima» del Sol. El resultado es que mientras el ciclo de las fases de la Luna se da con la frecuencia de una vez cada mes, tan sólo suele haber un par de eclipses de cada clase al año.

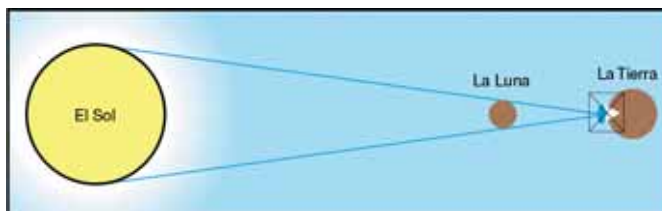


Fig. 14.- La Luna es pequeña pero está suficientemente cerca de la Tierra como para cubrir completamente el disco solar.

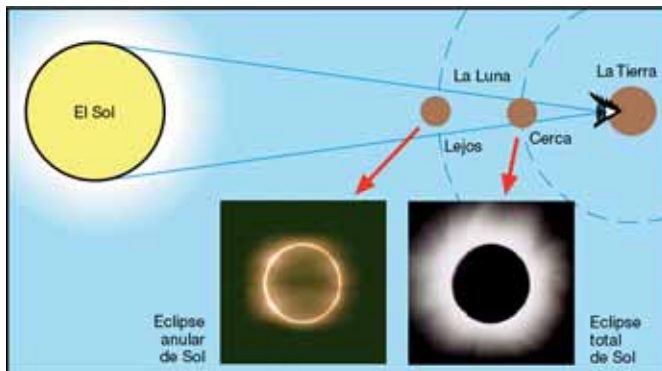


Fig. 15.- La variación de la distancia entre la Luna y la Tierra hace que, a veces, la Luna no cubra por completo el disco del Sol durante un eclipse.

El color en los eclipse de Luna

En el momento total de un eclipse nuestro satélite no queda nunca completamente oscuro. Por eso los eclipses totales o próximos a totales resultan muy espectaculares puesto que la sombra, que no es negra, adquiere una coloración rojiza, a veces con matices de otros colores.

Aventura:

Vamos a amenizar la lección contando una aventura que fue un hecho real:

El señor Cristóbal Colón (sobre quien el tutor se encargará de hacer la debida presentación) en el año 1504 realizó su cuarto viaje a América a bordo de su vetusto barco tipo carabela, llegando a la isla de Jamaica. Como buen navegante que era, llevaba consigo un libro con las posiciones de las estrellas que le servían de referencia para determinar la situación de la nave en pleno océano (los navegantes antiguos siempre conocían su posición gracias a las estrellas y al Sol; pero ese es otro tema). En el libro también figuraban efemérides astronómicas, es decir, la relación de los principales fenómenos indicando la fecha y la hora en que estaba previsto que sucedieran (en aquella época las efemérides no eran muy precisas: a veces se equivocaban).

Colón llegó a Jamaica después de muchos meses de navegación y precisaba urgente avituallamiento para él y para sus tripulantes, pero los indígenas no se tomaron a bien la presencia de tan estafalarios extranjeros montados en tan estafalarios barcos (ellos sólo conocían ligeras canoas). Las cosas fueron a peor y los indígenas, muy superiores en número, se volvieron hostiles hacia los españoles. Colón, entonces, tuvo una idea genial. Por el libro de efemérides sabía que el día 24 de febrero (una fecha próxima) se produciría un eclipse total de Luna. Ni corto ni perezoso, se aventuró: hizo saber al jefe de la tribu que si no les dejaban tranquilos y no atendía sus peticiones, la «diosa» Luna (que los indígenas adoraban) montaría en cólera, enrojecería y haría caer sobre ellos todas sus iras.

Colón se aventuró, y mucho (posiblemente no tenía otra solución) puesto que hubiera podido suceder que el día 24 estuviera nublado... o que



Fig. 16.- El «eclipse de Colón» en Jamaica; año 1504.

las efemérides erraran. El caso es que, por suerte, se vio el eclipse. La Luna enrojeció y los indígenas quedaron pasmados... y asustados. Ni que decir tiene que Colón y los suyos partieron con todas las provisiones que cupieron en las carabelas y en «honor de multitudes», honrados como grandes personajes que eran capaces de mantener tratos con los dioses (fig. 16).

Explicación:

Los eclipses de Luna son rojizos a causa de la atmósfera de la Tierra. Nuestro planeta tiene a su alrededor la capa de aire que nos sirve para respirar (causante del viento, de las nubes, de la suspensión de polvo que, a veces, hace que las salidas o las puestas del Sol sean rojizas...). Cuando se produce un eclipse de Luna es evidente que la luz del Sol pasa rasante al perímetro de la Tierra y en ese perímetro hay la atmósfera. De la misma manera que la atmósfera hace enrojecer muchas puestas de Sol, también durante un eclipse enrojece la tenue luz solar que se proyecta sobre la Luna.

Se dice que no hay nunca dos eclipses de Luna iguales. En el momento de producirse el fenómeno puede que el perímetro de la Tierra esté limpio de nubes, que corresponda a regiones oceánicas o a continentales, que haya polvo sobre algún desierto o cenizas de volcanes... etc. Cada uno de estos factores es susceptible de variar ligeramente tanto la intensidad como la coloración del suave resplandor que cubre la Luna en el momento del eclipse.

Experiencia:

Introducimos un nuevo elemento al experimento de la lámpara, con un niño en el centro haciendo de Tierra y el tutor haciendo de Luna: mientras se reproduce el movimiento de traslación del tutor-Luna en torno al niño-Tierra para generar eclipses de Luna, el niño debe sostener junto a su cabeza, de lado, una lámina de acetato de color preferiblemente rojo o naranja (de las que sirven para separar las páginas en un dossier), o bien un trozo de celofán coloreado. La cabeza del niño producirá sombra sobre la cara del adulto, pero esa sombra adquirirá tintes rojizos si la lámina es de este color.

Observación de los eclipses de Luna:

Si bien los eclipses pueden verse perfectamente a simple vista, los mejores instrumentos son unos binoculares o un telescopio a pocos aumentos. Si se usan binoculares es recomendable apoyarlos sobre un trípode o un soporte, no soportarlos a mano (en el mercado hay adaptadores para ello). Una cámara fotográfica con teleobjetivo también proporciona excelentes imágenes.

Resumen de conceptos:

Si la Tierra no tuviera atmósfera, la sombra que proyectaría en el espacio sería totalmente oscura. Entonces durante un eclipse total la Luna se oscurecería por completo, sin tintes de color.

Eclipses de Sol

Mientras los eclipses de Luna se ven con frecuencia, la observación de los de Sol es más espaciada. Aunque, en promedio, hay un par de eclipses al año de ambos tipos, en el transcurso del tiempo y sin moverse de su lugar, una persona verá muchos más eclipses de Luna que de Sol. La razón es que un eclipse de Luna se ve desde más de la mitad de la Tierra (desde todos los lugares que tengan la Luna sobre el horizonte), mientras que los de Sol únicamente pueden verse desde la zona de nuestro planeta sobre la que se proyecta la sombra de la Luna.

Como en el caso de los de Luna, no todos los eclipses de Sol son totales. En muchos de ellos nuestro satélite sólo alcanza a cubrir una parte del disco solar («eclipses parciales»). Y en otros, que

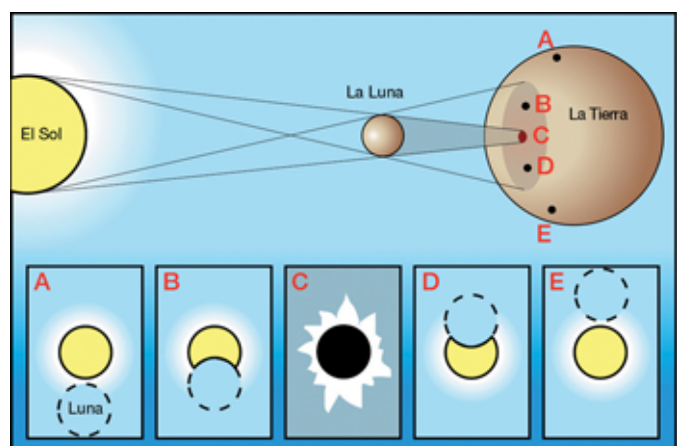


Fig. 17.- Aspectos de un eclipse de Sol según el lugar de la Tierra donde se halle el observador. En A y E no será visible el eclipse. En B y D el eclipse será sólo parcial. En C será total. Como sea que la sombra se desplaza, la zona de visibilidad no es un círculo, sino una franja.

son totales, la mayor parte de la gente los verá únicamente parciales, salvo aquellas personas que se hallen situadas dentro de una franja relativamente estrecha de la Tierra por la que pasa la sombra de la Luna. En consecuencia, ver un eclipse total de Sol sin moverse de casa es sumamente difícil. La última vez que sucedió en la península Ibérica fue en 1912, en Galicia, aunque antes, casualmente, se habían podido ver eclipses totales en 1900 y 1905, cuyas franjas de visibilidad cruzaron toda la península. En Canarias se vio uno en 1959. (Fig. 17).

Para observar un eclipse de Sol es preciso utilizar las mismas técnicas y las mismas precauciones que ya se han descrito para las manchas solares. De todos modos, como los eclipses son visibles a simple vista, suele ser frecuente que la gente se las ingenie para mirar al Sol con filtros más o menos oscuros. En este sentido, debemos recomendar encarecidamente que **no se mire el Sol si no es a través de los modernos filtros especiales de probada calidad**, evitando el uso de películas fotográficas veladas, radiografías, reflejos en cubos de agua, etc., procedimientos que se usaban años atrás pero que no ofrecen suficientes garantías. También son útiles los filtros de cristal oscuro que usan los soldadores (los más densos) y que pueden adquirirse en ferreterías o en comercios de suministros industriales.

Anécdota:

Ya hemos explicado que las protuberancias solares son erupciones de altísima temperatura que emergen del disco del Sol hacia alturas considerables. Sin instrumentos especiales únicamente son visibles en los breves momentos de la totalidad de un eclipse de Sol. Se ven como puntos rosados sobresaliendo del contorno oscuro de la Luna puesto que el disco solar está detrás. Esto era sabido desde muy antiguo. (Fig. 18).

Cuando después de la invención del telescopio se vio que en la Luna hay cráteres, se supuso que las protuberancias visibles durante los eclipses eran el fuego de volcanes activos situados en el contorno lunar. Unos astrónomos opinaban que era así y otros optaban por creer que eran de origen solar.

En 1860 aconteció un eclipse total de Sol visible precisamente desde España, viniendo aquí científicos de muchos países. Hacía muy poco que se había inventado la fotografía y, por primera vez, fue aplicada para el registro del fenómeno. El italiano Angelo Secchi estaba en Castellón y el inglés Warren de la Rue en Miranda de Ebro (Burgos). Ambos fotografiaron simultáneamente el eclipse. Al comparar sus respectivas imágenes, como habían sido obtenidas desde puntos geográficos distintos, advirtieron que las protuberancias no aparecían en los mismos lugares del contorno lunar, con lo cual quedó demostrado de una vez para siempre que no eran volcanes de la Luna sino fenómenos del Sol.



Fig. 18.- Las protuberancias se ven a simple vista durante un eclipse total de Sol como pequeños puntos de color rojizo sobre el contorno negro de la Luna.

Más sobre los movimientos de la Luna

Hemos visto experimentalmente las fases de la Luna. Ahora hay que realizar prácticas reales.

Experiencia:

Sabemos que, a veces, resulta difícil que un alumno se preste a realizar ejercicios a los que deba dedicar su atención durante un periodo de tiempo de varios días. Sin embargo, para seguir la evolución de la Luna en el cielo no hay más remedio. Todo es cuestión de establecer una hora del anochecer para que durante unos días el chico mire el cielo, aunque sólo sean cinco minutos. Será más fácil, naturalmente, si no molestan las nubes.

Un par de días después de la Luna nueva se propone la localización del fino creciente lunar que se verá mientras anochece en dirección a poniente. Si el cielo no está muy limpio, es posible que no se distinga hasta el tercer día. La Luna mostrará entonces la «**luz cenicienta**». Recomendamos el uso de binoculares, preferentemente apoyados sobre un trípode.

Es interesante anotar en una hoja la fecha, la hora y hacer un apunte de la posición de la Luna con respecto al paisaje, aunque se trate de los tejados y las chimeneas de las casas vecinas.

Explicación:

La luz cenicienta, denominada así por su color ceniza, cubre la parte del disco lunar que está en la sombra y que, en pura lógica, debería ser oscura e invisible.

Si fuéramos astronautas situados en la Luna, en los días próximos a la Luna nueva veríamos a la Tierra plenamente iluminada («Tierra llena»). Su resplandor, aún siendo de noche, nos permitiría ver el entorno lunar con mayor claridad de como la Luna llena ilumina nuestros paisajes, puesto que la Tierra es más grande y, además, refleja mejor que la Luna la luz solar. Por lo tanto, la luz cenicienta es el resplandor que ilumina el suelo lunar en las noches de «Tierra llena».

Continuamos la experiencia:

Al día siguiente o, a lo sumo, al cabo de dos días, se repite la observación de la Luna, a ser posible a la misma hora. Habrá avanzado la fase (estará entre nueva y creciente) y habrá cambiado de posición en el cielo, lo cual podrá comprobarse con facilidad si se mira el apunte realizado el día anterior. Es cuestión de rellenar una nueva hoja con el apunte actualizado. No olvidar los binoculares.

La misma operación debe repetirse en noches sucesivas o alternas hasta después de la Luna llena. El día correspondiente al cuarto creciente se hace notar al niño que la Luna se halla en ángulo recto con respecto al Sol, y el día de la Luna llena se le hace notar que se halla «en oposición» al Sol, recordando las posiciones de cuando se experimentaba con la lámpara. Es conveniente que cada día dibuje lo que ve.

En el 11° ó 12° día de la lunación (contando a partir de la Luna nueva), con los binoculares debe observarse el Golfo del Iris, una enorme formación semicircular situada hacia el norte del disco lunar. Se trata de un gran cráter semicubierto por las coladas de lava que se esparcieron en la zona. En los días señalados la luz del Sol le llega rasante, acentuado el relieve.

A medida que se acerca la Luna llena comienzan a verse bien las «**radiaciones**», aureolas brillantes que caracterizan a unos pocos cráteres. Cuando la Luna es llena, las radiaciones y los contrastes de tono de los mares son, prácticamente, los únicos detalles que pueden vislumbrarse con binoculares.

Explicación:

La radiaciones son debidas a la superposición en el suelo lunar de materiales de mayor poder reflejante eyectados por los impactos que dieron lugar a sus cráteres respectivos (se explica más adelante). La persistencia de estos materiales, distribuidos en franjas radiales en torno a los cráteres, denota que se trata de cráteres de reciente formación (decir «reciente» puede significar centenares de millones de años). Las radiaciones más evidentes son las que parten del cráter Tycho, que llegan a cubrir más de la mitad del hemisferio lunar y que son muy llamativas a través de binoculares. También se ven bien las de los cráteres Copernicus y Kepler.

Por las fechas de la Luna llena puede verse, asimismo con binoculares, un punto luminoso muy intenso no lejos de los dos últimos cráteres mencionados. Es Aristarchus, el cráter más brillante, supuestamente el más reciente de los relativamente importantes. El tutor puede localizar todos estos detalles y otros muchos con la ayuda de un mapa lunar.

Rematamos la experiencia:

No es probable que la experiencia prosiga en noches sucesivas ya que la Luna cada vez sale más tarde por el horizonte. El cuarto menguante debe verse a partir de la segunda mitad de la noche, aunque también puede verse por la mañana, sobretodo si es temprano.

Al niño hay que mostrarle que la Luna también es visible de día. Por eso la fase menguante la puede ver desde la calle cuando va a la escuela, siempre que sea en las fechas adecuadas. Asimismo, el cuarto creciente lo puede ver por la tarde a pleno sol.

Resumen de conceptos

Éstas últimas experiencias sobre el comportamiento de la Luna en el cielo deben quedar claramente relacionadas con el experimento de la lámpara que nos ha permitido simular las fases de la Luna en la habitación. Los movimientos realizados en aquella ocasión deben ser rememorados ahora ante el cielo, advirtiéndose que la vuelta completa de la Luna (antes era el tutor en torno al niño; ahora es la Luna en torno a la Tierra) se realiza en 27,5 días a la velocidad de casi «un palmo» cada día. En efecto, con respecto a las estrellas del fondo, la Luna se ve cada noche unos 12° más hacia el este que en la noche anterior. Estirando el brazo y abriendo la

mano, el ángulo que determina «un palmo» equivale aproximadamente a 15°.

El movimiento de traslación de la Luna en torno a la Tierra se realiza con una vuelta cada 27,5 días, pero esto hay que diferenciarlo del periodo de repetición de las fases («lunación») que es de 29,5 días.

¿Cómo es la Luna?

Hoy día todos los niños saben, desde pequeños, que la Luna está repleta de cráteres, de montañas en forma de círculos... o de agujeros. Pero, ¿por qué hay agujeros en la Luna? Vamos más allá en las preguntas: ¿por qué existe la propia Luna?

Recordando experiencias:

Cuando hacíamos bolas de «plastilina» (véase el apartado del Sistema Solar) dijimos que los planetas se formaron al conglomerarse planetesimales, como los grumos de trozos muy pequeños de plastilina. Por aquél entonces, en el Sistema Solar reinaba una anarquía casi total. Se habían formado muchos planetesimales, muchos más de los que acabarían integrando los planetas que ahora conocemos. Muchos de ellos erraban en recorridos frecuentemente distorsionados por la fuerza de gravedad de los cuerpos mayores y chocaban entre ellos, desmenuzándose aún más. Otros caían al Sol.

Entre los cuerpos errantes había algunos que tenían ya un cierto tamaño y aspecto de planeta. Uno de ellos acabó chocando con la Tierra, no de frente sino un poco de refilón. El cuerpo se rompió en millones de pedazos, junto a una parte de la corteza terrestre. Los pedazos formaron un anillo alrededor de la Tierra y con el tiempo acabaron formando la Luna.

El cuerpo, muy caliente y pastoso, adquirió forma redondeada tal como hemos explicado. Luego comenzó a formársele una corteza en toda la superficie, porque la superficie, al estar en contacto con el frío del espacio, fue lo primero en enfriarse. Podríamos decir que «aquello» ya era la Luna. De eso hace... ¡3.800 millones de años!

Un infierno

Un infierno debía ser la superficie de la Luna entonces. Por una parte, el interior tenía una temperatura muy alta, con los materiales fundidos como la lava de los volcanes. Pero así como los volcanes de la Tierra son pocos y aislados, la Luna tenía grandes hervideros de lava por toda su superficie. (Sería conveniente enseñar al niño un documental o fotografías con la lava emergiendo de un volcán en forma de río). Pero, además, no cesaban de caerle encima «piedras» más o menos grandes procedentes del espacio, restos de la anarquía de planetesimales que hemos comentado.

Cada vez que una «piedra» (a la que en lo sucesivo llamaremos «meteorito») chocaba contra la corteza lunar, producía una enorme explosión y levantaba grandes cantidades de materia que caía en forma de círculo en torno al punto del impacto.

Si el impacto se producía en una zona donde la corteza estaba suficientemente solidificada, el resultado era una montaña circular a la que hoy denominamos «cráter», generalmente con un pico en el centro (fig. 19). En el momento del impacto, tanto el meteorito como el material de la superficie se rompían, saliendo trozos disparados en todas direcciones; los que se iban hacia arriba, al caer formaron



Fig. 19. - Cráteres lunares típicos, formados por impactos sobre la corteza sólida.



Fig. 20. - Cráter lunar cuyo interior se inundó de lava.

una pequeña montaña en el centro del cráter.

Pero si el impacto se producía en una zona donde la corteza era débil o delgada, el «agujero» provocado por la explosión resultaba inmediatamente inundado por la lava procedente del subsuelo, dando lugar a lo que hoy calificamos de «circo» (fig. 20). Así se formaron también las grandes extensiones aparentemente lisas que vemos en la Luna a las que denominamos «mares», aunque nunca hayan contenido agua. Después la lava se enfrió y solidificó, como cuando dejamos reposar un pastel en la nevera después de haberlo confeccionado siendo líquido dentro de un molde.

La formación de cráteres por impactos meteoríticos fue un fenómeno muy común en todo el Sistema Solar, especialmente en sus orígenes, afectando a todos los astros a los que ya se había formado la corteza. (Los astros gaseosos, como los planetas gigantes o el Sol, absorbían los meteoritos que, al introducirse a su interior, se fundían). Los impactos, al ser abundantes, crearon cráteres dentro de cráteres más viejos.

Anécdota:

Cuando Galileo miró por primera vez la Luna con su rudimentario telescopio le pareció ver montañas y, entre ellas, unas grandes extensiones lisas, más oscuras. Pensó que la Luna sería un astro semejante a la Tierra y, puesto que había montañas, las zonas lisas serían los mares (no se le ocurrió que podían ser desiertos). A las zonas lisas las denominó «mare» (**mar**, en latín). Desde entonces se las califica así, aunque pronto se vio que en la Luna no había ni pizca de agua. (Recientemente ha sido hallado hielo de agua, pero esto no puede verse con telescopio). Luego, los «mares» fueron bautizados con nombres sorprendentes: mar de las Lluvias, mar de las Nubes, mar de los Vapores, océano de las Tempestades... cuando ninguno de esos fenómenos puede producirse jamás allí.

Experiencia:

Póngase en un plato una capa de harina de un centímetro de grosor, aproximadamente. Bombardéese con granos de arroz. Cuanto mayor sea la fuerza del impacto, mayor será el cráter, muy superior al tamaño del grano, el cual quedará enterrado (fig. 21).

Cráteres, montañas...

Hay cráteres en la Luna muy grandes. Dejando aparte los mares (que, en realidad, también son cráteres), el cráter más grande que puede verse con telescopio se llama Clavius y mide 240 kilómetros de diámetro. Más o menos la distancia que hay de Tarragona a la frontera francesa, de modo que si situásemos la ciudad de Tarragona sobre la muralla del cráter, Barcelona y Girona quedarían dentro. En el interior de Clavius hay otros cuatro cráteres de considerable tamaño, de formación posterior, naturalmente, y otros muchos más pequeños. Las montañas que lo contornean son la mitad de altas que el monte más alto de la Tierra, el Everest (éste mide 8.880 metros y las de Clavius llegan a los 4.600 metros)

Pero con ser altas, las murallas de Clavius lo son poco comparadas con las montañas más altas de la Luna: los Montes Leibnitz llegan a casi 10.000 metros y, por lo tanto, son más altos que el Everest.

Experiencia:

Podemos suponer que el tutor dispone de telescopio, con lo cual le será fácil mostrar la Luna a su alumno.

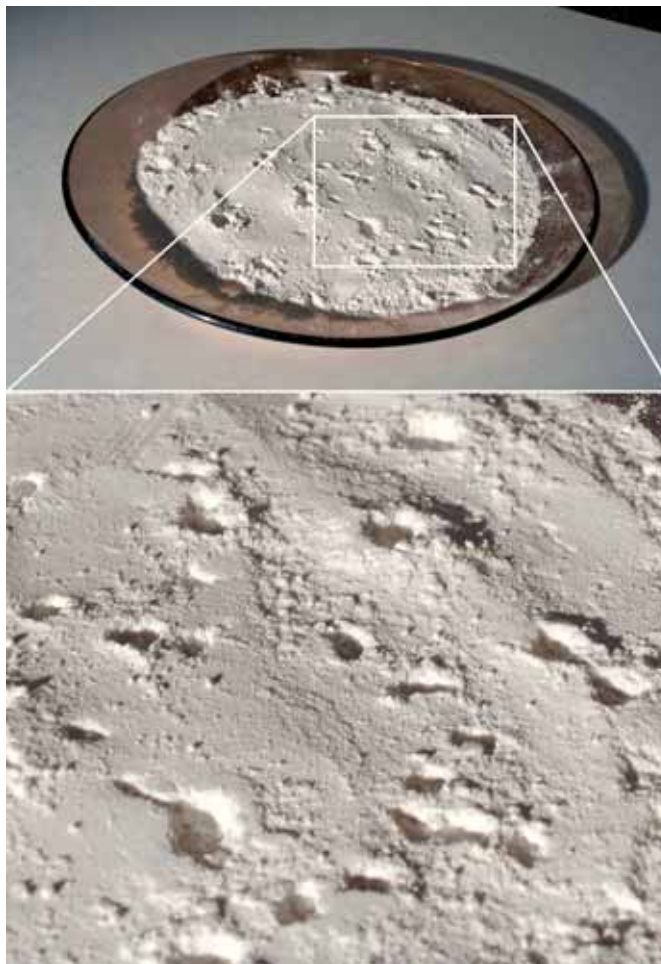


Fig. 21.- Cráteres de impacto... en un plato de harina.

En caso contrario, y en el supuesto de que no resida muy lejos, siempre puede llevarlo a una de las sesiones de observación de la Luna de las que organiza la Agrupación Astronómica de Sabadell.

Debe hacerse el día del cuarto creciente o en los días próximos anteriores o posteriores, a fin de que el relieve lunar esté contrastado al máximo por el juego de luces y sombras; no hacerlo en Luna llena.

Es recomendable que la primera observación se realice con el telescopio a poca potencia para que el niño vea la Luna en su conjunto, advirtiéndole las zonas claras y oscuras. A continuación, cuando ya ha vencido las posibles dificultades con el ocular (las primeras veces suele ser habitual no acertar con la posición del ojo), se observarán con atención los detalles utilizando oculares de mayor potencia.

Enseñar al niño a no echar una simple ojeada, sino a fijar su atención en un detalle concreto (por ejemplo, en un solo cráter, en una cordillera, etc.) y durante un buen rato que intente ver cuantos más detalles mejor. Si se trata de un niño o niña mayor, proponerle que dibuje lo que vea, siempre refiriéndonos a un detalle no muy grande. Para ello debe utilizar un papel sobre un soporte rígido y un lápiz (no son tan apropiados los bolígrafos ni los rotuladores). Y debe enseñársele a identificar los detalles con la ayuda de un mapa lunar.

Advertencia:

Cuando se observa la Luna a través de telescopio, su orientación raras veces coincide con la del mapa que se tiene en la mano. Según sea la configuración del telescopio, la Luna aparecerá invertida de arriba abajo, e incluso, de derecha a izquierda. La razón está en el tipo de sistema óptico de cada telescopio.

Bajo el punto de vista astronómico el que la imagen esté invertida no tiene ninguna importancia. La Luna, como cualquier otro astro, cuando sale por el horizonte está «cara arriba» y cuando se pone está «cara abajo». La única incomodidad se presenta al manejar el mapa, pero esto se salva con algo de práctica.

Si se quiere abundar en el tema, puede mostrarse al chaval a través del telescopio un elemento urbano distante, como una antena o una grúa. Verá como se invierte su orientación. Si, además, se utiliza un prisma cenital, al girarlo la imagen también rota.

El ambiente lunar

Sabemos perfectamente como es nuestro planeta porque estamos en él. Pero, ¿cómo es la Luna desde el punto de vista de un astronauta que paseara por su superficie?

Desde luego que el ambiente es muy distinto al nuestro. Para empezar, nosotros estamos acostumbrados a los días luminosos, con el cielo azul a pleno sol y con nubes. En la Luna no sucede nada de eso. El cielo siempre es completamente negro, tachonado de estrellas, visibles perfectamente a pleno sol. Jamás puede haber nubes porque no hay atmósfera. Por eso su cielo no es azul y por eso es imprescindible que los astronautas lleven trajes presurizados con sistema autónomo de respiración, como los submarinistas.

Al no existir atmósfera, no hay un medio que suavice las temperaturas. En la Luna de día se dan temperaturas bastante superiores a los 100°C (aquí tenemos calor a los 30°) y de noche se pueden alcanzar los 200° bajo cero. Poner la mano al sol significaría tenerla a más de 100° sobre cero y ponerla a la sombra significaría tenerla a 200° bajo cero.

El paisaje es gris claro. No hay colores ocres, ni marrones, porque no existe la variedad de rocas y de tierras que tenemos aquí, y no hay colores verdes porque no hay vegetación, ya que las plantas necesitan atmósfera para respirar. Tampoco hay ríos ni mares con agua, porque el agua líquida es imposible que exista.

Se ha descubierto la presencia de agua en determinados puntos de la Luna que se hallan permanentemente a la sombra (cerca de los casquetes polares). Estos descubrimientos se refieren siempre a hielo, nunca a agua líquida.

El suelo de la Luna está totalmente cubierto de polvo; un polvo muy fino que nunca se mueve porque, al no haber atmósfera, no hay viento que lo levante. Las huellas de los astronautas quedarán perdurables durante millones y millones de años...

En la Luna los días no tienen una duración de 24 horas como en la Tierra, sino 713 horas (29 días y medio), que es el tiempo que tardan las fases en repetirse. Y no se ve a la Tierra salir por el horizonte este y ponerse por el oeste como aquí vemos a la Luna, sino que la Tierra se ve siempre fija en un mismo punto del cielo (la causa está en que la Luna no tiene movimiento de rotación con respecto a nuestro planeta, según ya hemos comentado). Visto en el cielo lunar, nuestro planeta es magnífico. Se muestra de color azul, destacando las nubes por su intenso brillo blanco; los continentes son más difíciles de apreciar ya que ofrecen menor contraste. Y tiene fases, como las de la Luna. En un instante determinado, la fase lunar y la terrestre son complementarias.



LECCIONES Y EXPERIENCIAS PARA INICIARSE EN ASTRONOMÍA

7. ASTEROIDES, HIJOS MENORES DEL SISTEMA SOLAR

En el Sistema Solar no sólo está el Sol, los nueve planetas y los satélites que los rodean. Hay otros muchos cuerpos, pero son muy pequeños.

Asteroides

Cuando se formó el Sistema Solar no todos los planetesimales se unieron entre sí para formar planetas. Quedaron innumerables corpúsculos que formaron los cuerpos pequeños y erráticos, muchos de los cuales fueron causantes de los cráteres que hay en la Luna y en otros astros, pero otros estabilizaron sus movimientos dando vueltas en torno al Sol como si de verdaderos planetas se tratara.

Entre Marte y Júpiter había suficiente materia planetesimal como para formar un planeta mediano, pero la intensa gravedad de Júpiter (recordemos su gran tamaño) lo impidió. Entonces quedaron esparcidos por esta zona innumerables fragmentos, todos ellos pequeños y de formas irregulares salvo unos pocos que adquirieron esfericidad. A estos cuerpos se los denomina «**asteroides**» o «**pequeños planetas**».

Algunos de los asteroides están situados más allá de Júpiter y otros entre Marte y la Tierra. No es extraño, por tanto, que de vez en cuando alguno de ellos se acerque a nuestro planeta. Partiendo de esa idea se han realizado películas de terror en las que un asteroide choca contra la Tierra. Esto no debe inquietarnos en absoluto, puesto que se trata de exageraciones. Se calcula que un choque de este tipo puede producirse cada muchos millones de años y, en consecuencia, es extraordinariamente difícil que la humanidad vea uno solo de ellos.

Movimientos diferenciales

La causa por la que Júpiter no dejó que se formara otro planeta en sus cercanías radica en el efecto de la gravedad y en los «**movimientos diferenciales**». Dicho así parece complejo de describir, pero puede intentarse:

Explicación:

Ya es sabido que los planetas recorren sus órbitas a velocidad más elevada cuanto más cerca están del Sol. Y se ha dicho, al tratar sobre la gravedad, que Mercurio da una vuelta cada 88 días, mientras que Neptuno tarda 164 años (59.900 días). Por tanto, dado el caso de dos corpúsculos que giraran alrededor del Sol, el que estuviera más cerca lo haría a mayor velocidad que el más lejano. Si había entre Marte y Júpiter una masa de corpúsculos dispuesta a convertirse en un planeta, ocurrió que:

La intensa fuerza de gravedad de Júpiter afectaba al grupo de corpúsculos cada vez que pa-

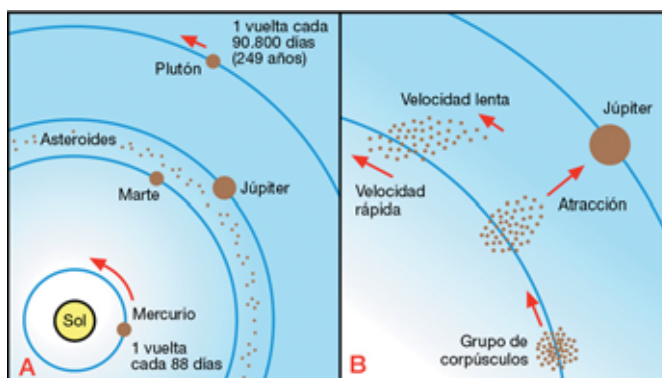


Fig. 22.- Fue imposible que un grupo de corpúsculos llegara a formar un planetesimal entre Marte y Júpiter. En A, la diferencia de velocidad entre planetas cercanos y planetas lejanos del Sol. En B, el comportamiento de un grupo de corpúsculos cerca de Júpiter.

saban cerca de él, atrayéndolos. A consecuencia de ello, los corpúsculos se disgregaban, dejando de ser un grupo compacto. Como consecuencia de la disgregación había corpúsculos que orbitaban más cerca del Sol que otros y, por lo tanto, sus velocidades también eran distintas; de aquí que la compactación fuera imposible (fig. 22). Los corpúsculos acabaron por esparcirse formando un gran anillo entre Marte y Júpiter.

¿Descubrimiento de nuevos planetas?

Con frecuencia surge la noticia de que en nuestro Sistema Solar se ha descubierto «un nuevo planeta». En todos los casos no se trata de un nuevo astro que deba añadirse a la lista de los nueve planetas tradicionalmente conocidos, sino

de un asteroide más que se añade a los cerca de doscientos mil que ya hay controlados. Como sea que los más grandes hace muchos años (dos siglos) que se conocen, los que se descubren hoy día son todos muy pequeños y poco luminosos, por lo que se necesita un telescopio relativamente grandes para hallar alguno.

Cuando se descubre un asteroide, el autor del hallazgo tiene el privilegio de nominarlo después de efectuar las observaciones necesarias para conocer su órbita. Hay un asteroide que se llama «**Sabadell**» porque fue descubierto por dos miembros de la Agrupación Astronómica de Sabadell (Ferran Casarramona y Antoni Vidal). Al niño se le puede decir que cuando sea mayor también podrá intentar descubrir asteroides (fig. 23).

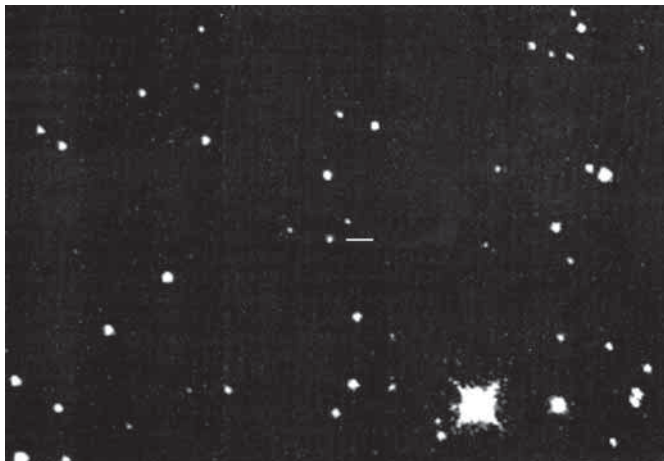


Fig. 23.- El asteroide **(13260) Sabadell** aparece como un punto entre las estrellas. Hace falta un buen mapa y tener efemérides muy precisas para saber distinguir un asteroide de las estrellas que aparecen en el fondo del cielo. O bien es preciso esperar un tiempo para ver como se desplaza entre las estrellas.

El cinturón de Kuiper

El Sistema Solar no acaba ni con Neptuno ni con Plutón. Más allá hay un amplio espacio donde pulula otro numeroso grupo de asteroides. En este caso se trata de corpúsculos que no fueron capaces de unirse para formar planetas grandes puesto que la densidad era muy baja en regiones tan distantes del Sol. Tan sólo unos pocos pudieron llegar a tamaños del orden de la mitad de la Luna. A esta zona de asteroides se la denomina «**cinturón de Kuiper**» porque fue el astrónomo Gerard Kuiper quien formuló una teoría sobre su presencia.

Dos de estos asteroides lejanos son el planeta Plutón y su satélite Caronte (un satélite proporcionalmente grande y próximo al planeta)

Ya hemos indicado que Plutón no obedece a la norma de constitución de los planetas convencionales, tanto porque es pequeño y rocoso pero situado más allá de los planetas gaseosos, como por otro hecho que aún no habíamos comentado: su recorrido alrededor del Sol es considerablemente diferente al de los planetas: tiene una órbita muy excéntrica (a veces está más cerca del Sol que Neptuno) e inclinada.

Estas características extrañaron durante muchos años a los astrónomos, los cuales se las ingeniaban para acertar con posibles explicaciones. La que más prevaleció fue la suposición de que Plutón sería un satélite de Neptuno que había sido apartado de su órbita y que se quedó girando alrededor del Sol. Pero en un intervalo de pocos años sucedieron dos acontecimientos: por una parte se descubrió el satélite de Plutón, Caronte, y por otra se descubrieron los primeros asteroides del cinturón de Kuiper, algunos con características muy similares a las de Plutón y Caronte.

La explicación entonces quedó clara: Plutón y su satélite son dos de los asteroides del cinturón de Kuiper, aunque con órbitas más cercanas al Sol que los demás.

Los astrónomos discuten

A veces los astrónomos se enzarzan en discusiones más o menos peregrinas. Cuando se vio que Plutón era un componente del cinturón de asteroides, surgieron astrónomos que opinaron que habría que quitarlo de la lista de los planetas «oficiales» y que debía relegarse al triste puesto de ser uno más de los numerosos y pequeños asteroides. Otros, por el contrario, defendieron la idea de que las cosas ya están bien como estaban y que no debía modificarse algo tan tradicional como la lista «de los nueve». La discusión finalizó con una solución salomónica: Plutón, su satélite y otros asteroides grandes serían «planetas enanos».

Si Plutón fuera descubierto ahora no hay ninguna duda que se clasificaría como asteroide.

Resumen de conceptos:

Decimos que el Sistema Solar está compuesto por la estrella Sol y por ocho planetas que giran a su alrededor y que, a su vez, muchos de ellos tienen satélites. A este conjunto de astros deben añadirse los planetas enanos y los asteroides que hay entre Marte y Júpiter (con algunos esparcidos fuera de esos límites) mas los asteroides que se hallan en las zonas externas, en el denominado cinturón de Kuiper.

Si todos los asteroides que hay entre Marte y Júpiter hubiesen podido condensarse, habrían formado un planeta de tamaño medio que cabría perfectamente en esta zona. Es más, antes de descubrirse el primer asteroide, en 1801, los astrónomos estaban convencidos de que existiría. De igual modo, todos los asteroides del cinturón de Kuiper, amontonados, formarían asimismo un astro de tamaño planetario.

En consecuencia, puede decirse que el Sistema Solar está formado por 8 planetas (de Mercurio a Neptuno), unos cuantos planetas enanos, muchos satélites, y dos cinturones de asteroides (más los cometas, de los que trataremos en el próximo apartado).



LECCIONES Y EXPERIENCIAS PARA INICIARSE EN ASTRONOMÍA

8. COMETAS Y METEORITOS

Los niños, desde bien pequeños, saben que hay astros con cola. Cuando menos alguna vez habrán recordado estrellas de Belén de cinco puntas y una cola curvada. Curiosamente si algo hubo en Belén no debió ser, precisamente, un astro con cola.

Restos de la formación del Sistema Solar

Los asteroides son corpúsculos que no llegaron a conglomerarse como las bolas de plastilina para formar planetas, pero no son las únicas partículas que quedan de la materia primitiva. Ya hemos dicho en apartados anteriores que en todo el espacio del Sistema Solar había partículas que fueron cayendo progresivamente a los astros ya formados al ser atraídas por la fuerza de gravedad y que las restantes (los asteroides) son las que se salvaron de esta «limpieza». Sin embargo, hacia las zonas periféricas de todo el espacio planetario, mucho más allá del cinturón de Kuiper, permanecen gran cantidad de residuos primitivos en forma de pequeños bloques compuestos principalmente por hielo de agua y polvo o minúsculas piedras. Alguien dijo, muy acertadamente, que son como «bolas de nieve sucia». Los denominamos «**cometas**», y no son muy grandes: miden unos pocos kilómetros de tamaño y suelen tener formas irregulares.

Experiencia:

Receta: se coge en el patio o en una maceta una cucharada de tierra bien fina. Se pone en un recipiente pequeño de plástico no rígido (como, por ejemplo, un vaso de picnic) y se añaden dos o tres cucharadas de agua. Se mezcla todo (haciendo una especie de barro) y se coloca en el congelador, con el permiso de quien sea el responsable del congelador. Al cabo de unas horas, se saca del congelador y se tira el vaso. En las manos tendréis el núcleo de un cometa (fig. 24).

Un trozo de hielo sucio en el espacio

El trozo de hielo sucio sacado del congelador «quema» los dedos porque está a unos cuantos grados bajo cero, y pronto empieza a soltar agua con la temperatura ambiente. Suelta agua, pero también va dejando libres las partículas de tierra que se le habían introducido. Si se deja sobre un colador y sobre un vaso, no pasará mucho tiempo hasta que haya otra vez agua en el vaso y tierra en el colador. Al aumentar la temperatura se han diferenciado ambos elementos.

Pero en el espacio no ocurre exactamente así porque el agua en estado líquido no puede existir allí. Si calentáramos ese bloque en el espacio, el hielo se sublimaría, es decir, se convertiría directamente en gas. Y a la vez, como ocurre en el colador, también soltaría las partículas de tierra.

Esto es un cometa

Los bloques de hielo sucio situados más allá



Fig. 24.- Esto es, en miniatura, el núcleo de un cometa.

del cinturón de Kuiper estarían permanentemente allí y nunca nos hubiésemos enterado de su existencia si no fuera porque algún astro que se acercó a ellos (quizá una estrella vecina; esto es una hipótesis) con su fuerza de gravedad los perturbó, esparciendo algunos de ellos.

De vez en cuando alguno de esos bloques escapados del grupo es atraído por la fuerza de gravedad del Sol y se sumerge en la zona «planetaria» del Sistema Solar. Es decir, abandona su confinamiento en las regiones periféricas para adentrarse hacia las regiones centrales.

Dependiendo de la dirección que tenga su trayectoria, puede ir directamente hacia el Sol y caer sobre él, puede pasar por las cercanías del Sol y perderse luego de nuevo en el espacio, o puede pasar también cerca, pero luego adoptar una trayectoria elíptica y repetir en lo sucesivo las aproximaciones (fig. 25). En este proceso, normalmente tiene un papel muy importante la gravedad de Júpiter.

En todos esos casos, es evidente que el bloque de hielo permanece muchísimo tiempo alejado del Sol y sólo durante unos pocos meses puede decirse que está relativamente cerca.

Mientras el cometa está lejos no es más que un trozo de hielo sucio como cuando teníamos el nuestro confinado dentro del congelador. Pero cuando se acerca al centro del sistema, al llegar aproximadamente a la altura de las órbitas de Júpiter o de Marte, se halla ya en una zona en la que se nota el calor del Sol. Entonces se inicia lo que nos ha sucedido en nuestras manos: el hielo empieza a fundirse por sus capas más externas. Pero, recuérdese, en el espacio no se convierte en agua, sino en gas.

El bloque de hielo desprende gas y también polvo. Ambos elementos quedan sujetos por la fuerza de gravedad del propio núcleo y forman a su alrededor una aureola que se denomina «coma» (fig. 26). Entonces es cuando el cometa se hace visible para los telescopios puesto que antes era demasiado pequeño.

El cometa se sigue acercando al centro del Sistema Solar y su temperatura aumenta. Cada vez suelta más gas y más polvo. Es cuando interviene un nuevo factor: el «viento solar».

Recuérdese que al tratar sobre la formación de los planetas hemos hecho referencia a que la radiación solar actúa como un viento que «barre» las zonas más próximas haciendo que las partículas que pueda haber en ellas sean alejadas en dirección contraria al Sol. Sería algo así como si en el bloque de hielo que hemos tenido entre los dedos hubiera una aureola de humo a su alrededor y que, de pronto, empezáramos a soplar. El humo formaría una cola detrás del hielo, en dirección contraria a nuestra boca.

Pero hay más: el núcleo de cometa suelta gas y pequeñas piedras o polvo. Estas últimas pesan más que el gas y al viento solar le cuesta arrastrarlas. El gas se aparta rápidamente, formando una cola estrecha y larga, mien-

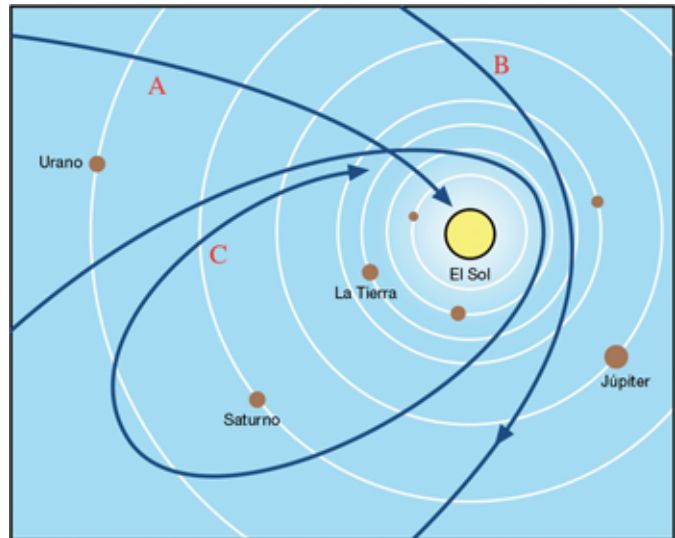


Fig. 25.- Un cometa cuando se acerca al Sol puede adoptar diferentes trayectorias. Con la trayectoria A caerá directamente al Sol. Con B no regresará más o lo hará al cabo de centenares o de miles de años. Con C se convierte en periódico.



Fig. 26.- El núcleo de un cometa cuando está muy lejos del Sol no tiene nada a su alrededor (A), pero a medida que se acerca comienza a soltar gas y polvo (B) que quedan formando la coma a su alrededor. Al continuar acercándose aparecerá la cola. A y B son imágenes de cerca; C es el aspecto que presenta la coma vista desde la Tierra.

tras que el polvo se aparta lentamente, con lo cual forma una cola más ancha, más difusa y, generalmente, más corta. El gas se ve de color azulado y el polvo de una tonalidad anaranjada (fig. 27).

Las colas, ¿detrás o delante?

Cuando en la Tierra hay un fuego, el humo es impelido por la acción del viento; por lo tanto el humo marcha siempre en sentido contrario al lado de donde sopla el viento. Si no hace viento y es el fuego el que se desplaza (caso de las antiguas máquinas de tren), el humo se queda atrás con respecto al sentido de marcha del tren. Si hace un viento más fuerte que la velocidad del tren, el humo irá según le lleve el viento, aunque sea por delante de la máquina.

Hemos dicho que el gas y el polvo que forman la cola de los cometas son impelidos por la acción del viento solar. En el espacio no hay ningún otro elemento que afecte al movimiento del gas y del polvo. En consecuencia las colas de los cometas siempre van en sentido contrario a la posición del Sol, independientemente del movimiento del cometa.

Esto da lugar a un fenómeno curioso: cuando un cometa se acerca al Sol, la cola queda detrás suyo. Cuando un cometa se aleja, la cola va por delante (fig. 28). De paso véase que cuando el cometa está lejos no tiene cola.

A los cometas no se les ve correr

A veces se representa a los cometas moviéndose a gran velocidad por el cielo porque, ya que tienen un desplazamiento orbital rápido, suele ser creencia generalizada que a simple vista se ve como corren. Esto no es cierto en absoluto.

Cuando se ve un cometa hay que fijarse muy bien en puntos de referencia del cielo (en las estrellas del fondo) para advertir, en el transcurso de las horas, que se ha movido. De una noche a la siguiente se advierte algo su desplazamiento si se compara con la posición de las estrellas.

Anécdota:

El argumento de la película «La noche más hermosa», protagonizada por José Sacristán, Victoria Abril y Fernando Fernán Gómez, gira en torno al paso del cometa Halley. Hacia el final del film hay la escena del paso del cometa, el cual atraviesa raudo el cielo durante sólo unos segundos, momentos en que el protagonista está distraído (por culpa de la chica) y se pierde la visión del fenómeno. Esto es una solemne tontería, como también es una tontería que utilicen telescopios... ¡puestos al revés!

Moraleja para el alumno: no hay que hacer mucho caso de lo que se ve en el cine o en la televisión.

Los cometas son efímeros

El hielo, una vez sacado del congelador, comienza a derretirse. Si lo metemos de nuevo, habrá perdido algo de agua y polvo, pero lo que resta seguirá congelado. Podemos volver a sacarlo, con lo cual perderá, de nuevo, algo de agua y polvo, y así repetidamente.

Tales operaciones podremos hacerlas unas cuantas veces, pero llegará el momento en que nuestro «cometa en miniatura» se agotará.

A los cometas de verdad les sucede lo mismo. Si son de los que se acercan una sola vez al Sol, cuando regresen al espacio profundo habrán perdido algo de masa, pero no les ocurrirá nada más.



Fig. 27.- Las colas diferenciadas de un cometa: la de gas es azulada y la de polvo, rojiza. (Cometa Hale-Bopp).

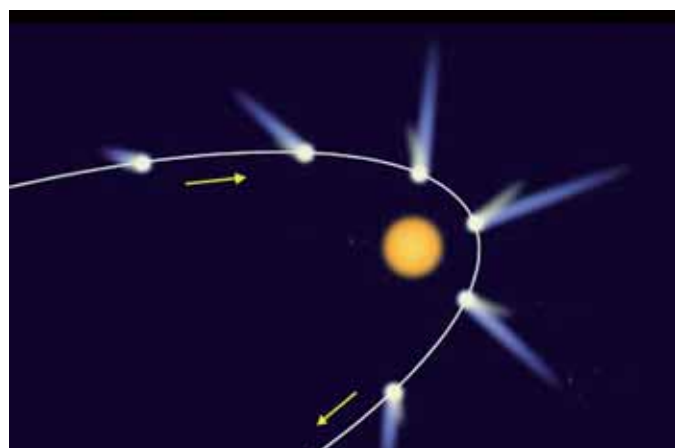


Fig. 28.- Las colas de los cometas están por detrás o por delante respecto a la dirección de su movimiento, según sea la posición del Sol.

Ahora bien, si son de los que cada cierto periodo de años se acercan a las proximidades del Sol, en cada paso van perdiendo materia, de modo que llegará un momento en el que desaparecerán. En realidad, cuando ya son muy pequeños acaban rompiéndose a trozos. Los astrónomos han podido ver varias veces cometas desgastados que se rompen.

Los residuos de los cometas

Queda claro que los cometas, al acercarse al Sol, van dejando por el espacio gas y partículas de polvo más o menos pequeñas (las mayores pueden llegar a ser como pequeñas piedras). El espacio que hay desde el Sol hasta Júpiter, aproximadamente, está bastante «sucio» de partículas abandonadas por los cometas. Dentro de esta zona de «suciedad» es por donde se mueve la Tierra.

Las partículas de polvo dejadas por las colas de los cometas, pues, caen a la Tierra si ésta, en su movimiento, se encuentra con ellas.

—¿Has visto caer alguna vez una piedrecita procedente de un cometa?



Fig. 29.- Rastro de una estrella fugaz. Las estrellas del fondo son trazos porque se han movido durante el tiempo de realizar la fotografía.

Estrellas fugaces

Hoy día, con la polución luminosa de las ciudades, es probable que muchas chicas y chicos ya mayores no hayan visto jamás una estrella fugaz. Hay que explicarles el fenómeno partiendo de cero.

Estrellas que caen

A veces, estando por la noche en el campo, se ve aparecer súbitamente una estrella que corre y que desaparece tras unos breves segundos. Suelen tener trayectorias rectas. La mayoría son débiles, pero en ocasiones hay alguna de muy brillante. Se las denomina «**estrellas fugaces**» o «**meteoros**». Si son brillantes reciben el nombre de «**bóolidos**». (A los coches de carreras se les llama «bóolidos» porque van muy deprisa, como las estrellas fugaces) (Fig. 29).

Antiguamente nadie sabía de que se trataba. Muchos creían que eran estrellas que caían porque, realmente, esta es la impresión que dan (hay que tener en cuenta que tampoco se sabía qué eran las estrellas).

Hay épocas del año en que se ven muy pocas, pero hay otras, como a mediados de agosto, en octubre y en noviembre, que pueden aparecer muchas en pocas horas. Cuando se ven muchas se dice que hay una «**lluvia de estrellas**», lo cual se produce cada vez que la Tierra atraviesa la órbita de un cometa. Aunque el cometa esté lejos, su órbita está «sucia» de las partículas que soltó en los últimos pasos. El hecho de que suceda cada año por las mismas fechas es debido a que nuestro planeta pasa por la misma zona una vez al año.

Pues bien, cada estrella fugaz no es más que una piedra desprendida de un cometa.

Experiencia:

En tiempos modernos es difícil que los niños tengan cerillas a su alcance, y puede que ni siquiera sepan de que se trata.

Coger una cerilla y mostrar al niño como al frotarla en el rascador se calienta hasta el punto de encenderse. Después se verá que al cabo de poco se consume y ella misma se apaga. Lo mismo les sucede a las piedras que caen a la Tierra.

A falta de cerillas, hacer que el niño se frote fuerte las manos; notará como se le calientan.

Explicación:

En el espacio no hay nada que impida que las partículas puedan moverse sin que les suceda nada.

Sin embargo, cuando una piedra se encuentra con la Tierra lo hace a gran velocidad (entre 30 y 75 kilómetros... ¡por segundo!). Como sea que la Tierra se halla rodeada por la atmósfera (el gas que respiramos), cuando la piedra se aproxima llega un momento en que se encuentra con ese gas.

El aire actúa como el rascador de la caja de cerillas. Cuando la piedra frota con el gas aumenta inmediatamente su temperatura de modo que se enciende y emite la luz que vemos por la noche y que nos la hace confundir con una estrella que corre. Al igual que la cerilla, se consume rápidamente y se apaga. De las cerillas nos queda la ceniza; de las estrellas fugaces queda también una ligera ceniza en forma de polvo prácticamente invisible.

Meteoritos

Las piedras que caen de los cometas suelen ser muy pequeñas. La mayoría de las que se ven por la noche tienen tamaños que no sobrepasan unos pocos milímetros, como una lenteja o un garbanzo. Sin embargo, en ocasiones excepcionales cae alguna piedra de tamaño mayor. Puede haberse desprendido de un cometa o puede ser un pequeño asteroide.

En este caso es posible que la piedra llegue a atravesar la atmósfera de la Tierra sin haber tenido tiempo de quemarse en su totalidad. Entonces en vez de desintegrarse en el cielo puede llegar a chocar contra el suelo. Exactamente lo mismo que ocurre cuando en la Luna se forman cráteres.

Es habitual que cuando cae una piedra grande de este tipo la gente la vea atravesando el cielo, aunque sea de día, porque suele ser muy espectacular. Una vez en el suelo, si se localiza (la mayoría de las veces caen al mar o en lugares inaccesibles), se recoge y, después de estudiarla, se guarda en un museo. A esa piedra, caída del espacio, se la denomina «**meteorito**». En muchos museos de Historia Natural o de Geología pueden verse meteoritos expuestos.

Cráteres en la Tierra

Planteamiento lógico: Si a veces los meteoritos o asteroides pequeños caen a la Tierra, atravesando la atmósfera y chocando contra el suelo, significará que en nuestro planeta puede haber cráteres como en la Luna...

Efectivamente, los hay (fig. 30). En la actualidad se conocen unos 140 distribuidos por todos los continentes, pero si tenemos en cuenta que el agua cubre tres cuartas partes de la superficie, podrían ser más de quinientos, e incluso el doble, puesto que los que se conocen se hallan en países muy habitados y, por tanto, bien estudiados, mientras que son escasos los descubiertos en grandes extensiones de Asia, África y Sudamérica por haber sido poco exploradas.

Puede verse la simulación de la formación de un cráter meteórico en la Tierra en: http://www.steinheim.com/video/krater_3.mpg



Fig. 30.- Cráter meteórico en la Tierra de casi un kilómetro de diámetro, situado en Australia. El impacto se produjo hace trescientos mil años.

Experiencia:

Retomemos la craterización que hemos efectuado al tratar sobre la Luna con un plato de harina e impactos de arroz. Si dejamos en paz la harina una vez está repleta de cráteres (es decir, si guardamos el plato en un armario, por ejemplo), al día siguiente se mantendrá igual. Tendrá los mismos cráteres.

Si colocamos el plato craterizado de harina sobre una mesa y soplamos sobre él con cuidado, se verá como los cráteres, poco a poco, van desmoronándose hasta desaparecer. Finalmente, la harina volverá a estar lisa y sólo algún grano de arroz emergente delatará que allí hubo cráteres de impacto.

Explicación:

El primer caso es lo que sucede en la Luna, en Mercurio y en muchos satélites. En estos astros no hay atmósfera y, por tanto, no hay ni viento ni lluvia que borre con el tiempo los cráteres. Por eso hoy día vemos en la Luna prácticamente los mismos cráteres que había cuando terminó la etapa de caída de meteoritos sobre los planetas primitivos, hace unos tres mil millones de años.

El segundo caso es lo que sucede en la Tierra. Nuestro planeta tiene atmósfera dentro de la cual actúan muchos agentes erosionadores: el viento, la lluvia, los terremotos, la vegetación, el hombre...). Poco a poco,

en el devenir de los años, los cráteres debidos a impactos meteóricos se van borrando y tan sólo nos es posible identificar los más recientes (aunque haga millones de años que se formaron, a escala cósmica esto puede ser poco tiempo).

¿Hay cráteres meteóricos en España?

Se han efectuado diversos estudios y hay algunas cuencas montañosas que podrían ser de origen meteórico, pero la fuerte erosión que las afecta hace prácticamente imposible estar seguros de ello. Tan sólo se da un caso bastante evidente: a unos 30 km de Zaragoza (en Azuara, Belchite) hay un círculo montañoso de 30 km de diámetro que se supone es un cráter meteórico; incluso se le ha calculado una antigüedad de 130 millones de años. Al ser tan grande, cuando se está dentro apenas se aprecia la forma de cráter. En todos esos casos el mejor modo de verlos es desde aviones volando muy alto o desde satélites.

¿Puede caer un meteorito encima?

Es la pregunta típica cada vez que se trata el tema. La respuesta es que sí, claro, pero que sería una casualidad tan enorme que, en la práctica, resulta casi imposible. De todos modos hay relatos de meteoritos caídos en zonas urbanas, como uno que atravesó una casa de tres pisos en Estados Unidos, otro que abolló un automóvil...

Los dinosaurios

Otro tema recurrente es el de la extinción de los dinosaurios. Hoy todos los niños saben que hubo unos enormes bichos llamados dinosaurios, y muchos tienen también nociones de su extinción a causa del impacto de un gran meteorito hace unos 65 millones de años, al final del cretácico.

El tutor puede confirmar que, efectivamente, en la actualidad esta es la teoría más plausible para explicar las causas de la extinción, aunque debe barajarse un margen de inseguridad puesto que no todos los científicos están de acuerdo con ella. Es lo que decíamos en la segunda lección: la ciencia avanza a base de la formulación de teorías que luego se confirman o se rechazan, pero entretanto hay que admitirlas con reservas.

En todo caso, los dinosaurios no se habrían extinguido por el impacto directo del meteorito. Debíó ocurrir que el efecto de la explosión fue tan grande que alteró la atmósfera, ocasionando grandes nubes de polvo y humo que, a la larga, acabaron con muchos de los vegetales que servían de sustento a los animales.



LECCIONES Y EXPERIENCIAS PARA INICIARSE EN ASTRONOMÍA

9. LAS ESTRELLAS

Dejemos ya el Sistema Solar. El Universo es algo infinitamente más grande que nuestro sistema y, en consecuencia, ofrece aspectos tanto o más interesantes que nuestros astros vecinos.

Estructura universal

Podríamos afirmar que el Universo está estructurado como los países: El niño suele vivir en una casa o en un piso de una ciudad o un pueblo. La casa o el piso es «su» Sistema Solar. Él sería el Sol y alrededor suyo tiene a sus familiares o a sus cosas, que serían como los planetas o los satélites. Más allá hay otras casas u otros pisos, con otras tantas familias que configuran otros sistemas planetarios, también con sus soles y sus planetas.

Pero el gran conjunto de casas y bloques de pisos constituye el pueblo o la ciudad. En el Universo a estos conjuntos los denominamos «galaxias», que, como en el símil, pueden ser pequeñas o grandes. Luego, un montón de ciudades y pueblos que para nosotros constituyen un país, en el Universo son un «cúmulo» o un «supercúmulo de galaxias». Y mientras todos los países constituyen el mundo, todos los supercúmulos de galaxias constituyen el Universo... conocido.

Las dimensiones de todo esto son enormes, imposibles de comprender para el ser humano.

Al principio hemos dicho que si nuestro Sol fuera una canica de 1 centímetro de diámetro, la estrella más próxima estaría en Zaragoza, a 300 kilómetros de distancia. Esto sería en el caso de la más próxima, la que «está aquí mismo». Hay estrellas muchísimo más lejanas que forman parte de nuestra propia galaxia (o sea, que están dentro de «nuestra ciudad»), pero luego las demás galaxias, a su vez, están muy lejos, como lo están de nosotros las otras ciudades del mundo.

La velocidad de la luz

Cuando se lanza a lo lejos una piedra, tarda un cierto tiempo en llegar al suelo o en chocar con un obstáculo, aunque ese tiempo sea muy breve. La piedra ha necesitado un tiempo para hacer el viaje desde la mano que la lanzó hasta su destino.

Las estrellas, como el Sol, emiten luz. Son las «lámparas» que iluminan el espacio. La luz está hecha de partículas, como «bolitas», llamadas «fotones». Cada fotón es, pues, como la piedra, que necesita un cierto tiempo para viajar desde la estrella que lo ha fabricado hasta donde vaya a parar. La velocidad a que viajan los fotones es enorme; es la velocidad más alta conocida: recorren 300.000 kilómetros en un segundo.

No hay nada en el Universo que pueda viajar igual o más deprisa que la luz.

Experiencia:

Ahora un poco de matemáticas elementales, con o sin calculadora:

1 • Mientras la piedra que hemos lanzado ha recorrido 10 metros en 1 segundo, los fotones de luz recorren, en el mismo tiempo, 300.000 kilómetros. ¿Cuántas veces va más deprisa la luz que la piedra?

2 • Desde el Sol hasta la Tierra median 150.000.000 kilómetros. ¿Cuántos segundos tarda la luz en recorrerlos? ¿Cuántos minutos?

3 • ¿Cuántos kilómetros recorre la luz en un año?

4 • ¿Cuántos kilómetros hay desde el Sol hasta la estrella más próxima, sabiendo que la luz tarda 4,3 años en recorrer esta distancia?

(Las respuestas están al final de este apartado).

Unidad de medida

En nuestra vida cotidiana utilizamos el metro o el kilómetro como unidades de medida de longitudes, pero en el Universo ambas unidades son demasiado pequeñas, como se ha podido comprobar con los ejercicios precedentes. Por eso los astrónomos utilizan el «año luz» como unidad básica de medida para las distancias estelares. El tamaño en kilómetros del año luz ya lo habéis calculado en el ejercicio 3).

¿Qué son las estrellas?

Respuesta: soles.



Fig. 31.- Las estrellas más luminosas aparecen en las fotografías con puntas o sin ellas dependiendo del tipo de telescopio utilizado.

Recordatorio de conceptos básicos:

Todas las estrellas son astros del mismo tipo que nuestro Sol o, lo que es lo mismo, el Sol es una estrella. Su proximidad a nosotros hace que la veamos grande y que nos transmita calor.

Todas las estrellas siguieron un proceso de formación como el del Sol: nacieron de nebulosas compuestas por gas y polvo, formando primero una condensación, llamada «**protoestrella**», que al aumentar de densidad comenzó a calentarse y a emitir energía (luz y calor)

Pero no todas las estrellas son del mismo tamaño que el Sol.

¿Tienen puntas las estrellas?

A fuerza de dibujar las estrellas con cinco o seis puntas, los pequeños acaban desconcertados cuando se les explica que son como el Sol y que tienen forma de globo. Pero es que, además, ven a las estrellas con puntas en muchas fotografías (fig. 31).

Las puntas de las estrellas que aparecen en las fotografías son debidas a la difracción de la luz producida por la araña (soporte del espejo secundario) en los telescopios reflectores. Las arañas de cuatro brazos dan lugar a cuatro puntas, pero las de tres brazos dan lugar a seis puntas. Cuando uno llora y mira una luz, también la ve con puntas porque las lágrimas en los ojos producen un efecto similar.

¿Y el centelleo?

La luz que emiten las estrellas es constante. Las posibles oscilaciones intrínsecas (caso de las estrellas variables) no pueden advertirse más que con observaciones metódicas y continuadas durante largo tiempo. Por tanto, el centelleo (o chispeo) que vemos muchas noches no es un fenómeno propio de las estrellas sino un fenómeno óptico producido por nuestra atmósfera. Los astronautas, estando en la Luna, jamás veían centellear a las estrellas.

El centelleo, además de producir la sensación de que la luz de las estrellas vibra, también da la apariencia de que las estrellas tengan puntas, especialmente las más brillantes, tanto si se miran a simple vista como con el telescopio.

Suele decirse que las estrellas centellean y los planetas no. El fenómeno, en realidad, afecta por igual a unas y otros; lo que ocurre es que las estrellas, por estar tan lejos, siempre son puntos muy pequeños (independientemente de su luminosidad), mientras que los planetas, por estar cerca, se ven más grandes. Al tener imágenes más grandes, el efecto atmosférico se hace menos evidente a simple vista; sin embargo con el telescopio se ven con una continua agitación y borrosidad (turbulencia)

Tamaño de las estrellas

El Sol es una estrella de tamaño mediano, tirando a pequeña. Las hay mucho más grandes y también mucho más pequeñas. Las hay más calientes y las hay más frías (en realidad habría que decir «menos calientes»).

Hay estrellas que «viven» durante poco tiempo y las hay que son muy longevas (el Sol es de éstas últimas) porque transcurren miles de millones de años antes de que se les termine su combustible (el hidrógeno, principalmente). La duración de la vida de una estrella depende de su masa, es decir, de su tamaño: Paradójicamente, las de

gran masa tienen una vida muy corta; las medianas, como el Sol, tienen la vida larga. El Sol hace cinco mil millones de años que se formó y aún le quedan otros cinco mil millones de años de vida.

El color de las estrellas

Las estrellas son de colores, aunque casi nadie se da cuenta de ello si antes no se lo han dicho. De todos modos, una estrella calificada de «roja» se ve en el cielo de un color anaranjado suave, mientras que una estrella «azul» se ve blanco-azulada. La causa es que a nuestros ojos les resulta difícil distinguir los leves contrastes cromáticos cuando hay bajos niveles de luminosidad. No así a la fotografía: las imágenes del cielo suelen mostrar a las estrellas con los colores perfectamente contrastados (fig. 32).

El color de las estrellas depende de la temperatura que éstas tengan en su superficie. Las estrellas más calientes emiten luz de color blanco o azul; las más frías, de color rojo. Las intermedias, como el Sol, de color amarillo.

¿Sorprende saber que el Sol es una estrella amarilla? Digamos que es de un amarillo suave.

Experiencia:

Vamos a suponer que en el techo o en pared de la cocina (o de otra estancia) hay un fluorescente blanco (debe ser blanco-blanco, no como los tubos fluorescentes calificados «de luz natural»), y que el techo está, a su vez, pintado de blanco. Supongamos, también, que en la estancia hay una ventana o una salida exterior a la que da la luz del Sol.

Se enciende el fluorescente. Luego se coge un espejo de mano y se juega «al ratón», de modo que se envíe «el ratón» de luz solar al techo, junto al fluorescente. Se verá que, entre ambos, hay una considerable diferencia de color; tanto es así que el fluorescente (que es blanco) ahora, por un efecto óptico, da la impresión de ser azulado. Lo que ocurre es que la luz «del ratón» (o sea, la luz solar) no es blanca, sino suavemente amarillenta.

Si el experimento falla es que, sin saberlo, se tiene un fluorescente «de luz natural». (Fig. 33).

Explicación con ejemplo:

Al aumentar mucho la temperatura de cualquier elemento, éste se pone incandescente y emite luz y calor. Al principio emite una ligera luz marrón, que es la que requiere una temperatura más baja. Luego, a medida que la temperatura aumenta, pasa a emitir luz roja, anaranjada, amarilla y, finalmente, con una temperatura altísima, luz blanca.

Los forjadores lo saben muy bien: cuando en la fragua ponen candente un hierro, primero se vuelve marrón, luego rojo y luego naranja o amarillo, que es cuando lo trabajan en el yunque. Cuando se exceden de temperatura, el hierro se pone «al rojo blanco» (una expresión incorrecta, pero popular). Asimismo, quienes trabajan con soldadura eléctrica producen en el metal una temperatura tan elevada que su incandescencia es de color blanco azulado, con una intensidad tal que les obliga a proteger su visión con filtros oscuros como los que se utilizan para mirar el Sol.

Las estrellas rojas tienen una temperatura superficial de unos 3.000° , las amarillas, como el Sol, unos 6.000° , las blancas unos 10.000° y las azules, temperaturas muy superiores.



Fig. 32.- Fotografía de un grupo de estrellas (cúmulo M 67) en la que se advierten los diferentes colores.



Fig. 33.- Jugando al «ratón»: Proyectando con un espejo de mano la luz del Sol sobre una pared blanca y al lado de un tubo fluorescente blanco, se advierte que la luz solar no es blanca, sino ligeramente amarillenta.

Experiencia:

Observar por la noche a simple vista el color de las estrellas. Debe ser una noche relativamente transparente y limpia, sin nubes ni neblinas.

El mejor modo para advertir el color de las estrellas es comparar entre sí a dos de ellas que sean brillantes y que tengan colores opuestos (por ejemplo: rojo y azul). Si no se conocen, se pueden localizar fácilmente con la ayuda de un planisferio celeste (más adelante trataremos sobre ello). Proponemos una serie de estrellas para ser observadas en las primeras horas de la noche:

Invierno o primavera:

Alfa Orionis, Betelgeuse (roja), con Beta Orionis, Rigel (blanca).

Alfa Orionis, Betelgeuse (roja), con Alfa Canis Majoris, Sirius (blanco-azulada).

Alfa Tauri, Aldebaran (anaranjada), con Beta Orionis, Rigel (blanca).

Alfa Orionis, Betelgeuse (roja), con Alfa Aurigae, Capella (amarillenta).

Verano u otoño:

Alfa Lyrae, Vega (blanco-azulada), con Alfa Scorpii, Antares (roja).

Alfa Bootes, Arcturus (anaranjada), con Alfa Cygni, Deneb (azulada).

Alfa Aquilae, Altair (azulada), con Alfa Scorpii, Antares (roja).

A través del telescopio, las mejores comparaciones de color se realizan con estrellas dobles cuyas componentes sean relativamente brillantes. Las más típicas son:

Primavera: Épsilon Bootes (amarilla y azul).

Verano: Beta Cygni, Albireo (naranja y azul); Gamma Delphini (amarilla y verde).

Otoño: Gamma Andromedae (amarilla y azul).

Evolución de las estrellas

El que unas estrellas sean grandes y otras pequeñas, el que unas tengan altas temperaturas y otras más bajas, depende de la masa inicial, lo que a su vez determina el proceso de evolución.

Ya sabemos que todas las estrellas nacen en el seno de una nebulosa compuesta por gas (hidrógeno y helio, principalmente) y polvo. Cuando dentro de la nebulosa se inicia una condensación, lógicamente ésta tiene una incipiente fuerza de gravedad que ya es capaz de atraer otras partículas vecinas. De este modo la condensación (protoestrella) va creciendo y va formando un núcleo que aumenta de temperatura a medida que se incrementa su presión (ya lo hemos dicho al principio: cuando se «aprieta» un gas, éste se calienta)

Cuando la temperatura del núcleo llega a unos 10 millones de grados se inicia el proceso de «fabricación» de energía que ya hemos comentado al tratar sobre el Sol, un proceso «termonuclear» que es relativamente parecido al que emplean las centrales nucleares para la fabricación de energía eléctrica. En las estrellas se «enganchan» bolitas (fusión nuclear), mientras que en las centrales se «rompen» bolitas (fisión nuclear)

Para el tutor que quiera ampliar el tema: Las estrellas generan energía por fusión (cadena «protón-protón»), uniéndose cuatro átomos de hidrógeno para formar uno de helio, lo que da lugar a la emisión de radiación γ (gamma)

Aquí será bueno recopilar y recordar lo que ya se ha dicho sobre la generación de energía en el núcleo de una estrella: Al niño que aún no sabe qué son los átomos, se le puede recordar que todo gas está formado por unas pequeñísimas «bolitas» (invisibles por ser tan pequeñas) que no paran de moverse. Cuando el gas se concentra, como es el caso del núcleo de una estrella, las «bolitas» de hidrógeno se acercan tanto entre sí que muchas de ellas se unen de cuatro en cuatro para formar otras más grandes (helio). Al unirse desprenden luz y calor que viaja por el espacio en forma de «fotones» (que son otras «bolitas», aún más pequeñas, a las que antes ya nos hemos referido al tratar sobre la velocidad de la luz).

Equilibrio hidrostático

Ahora se produce lo que pudiera parecer otra paradoja: cuando un gas se calienta, tiende a aumentar la presión y a expandirse.

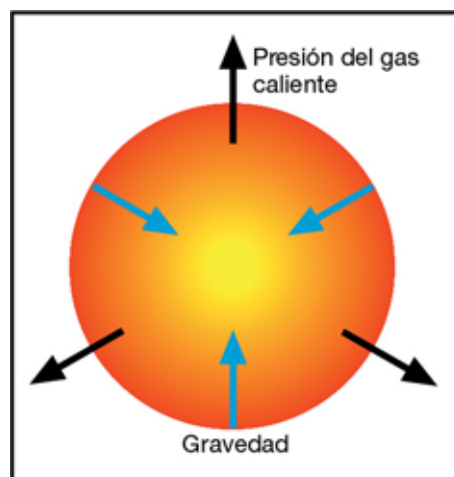


Fig. 34.- Razón del equilibrio hidrostático en una estrella. La gravedad presiona hacia el interior y la presión del gas caliente hacia el exterior.

Según esto, al comenzar a tener el núcleo caliente la estrella que se está formando debería disgregarse y, por lo tanto, no podría existir.

Sin embargo, a la vez ocurre un fenómeno inverso: al ir aumentando la masa central (porque capta más partículas de la nebulosa y porque éstas se comprimen), incrementa la fuerza de gravedad y, en consecuencia, todas las partículas del gas tienden a caer hacia el centro (lo que se denomina «**colapso**»)

Tenemos, pues, dos fuerzas opuestas que actúan a la vez: una que lanza el gas hacia fuera y otra que lo hace hacia dentro (fig. 34).

¿Qué ocurre cuando dos equipos de niños tiran desde los extremos de una cuerda para competir a ver quien es capaz de arrastrar hacia sí al equipo contrario? Si ambos equipos están formados por un mismo número de niños y todos ellos tienen igual fuerza, por mucho que tiren la cuerda no se moverá de sitio.

Si una estrella tiene poca masa (es pequeña), su gravedad es menor que la de una estrella de gran masa; recordemos que la gravedad depende de la masa. En el primer caso no hace falta «fabricar» tanta energía para contrarrestar la gravedad de la pequeña estrella, lo cual implica que su temperatura no es muy alta (a menor energía, menor temperatura) y, en consecuencia, su color será rojizo.

Las estrellas más masivas necesitan mayor producción de energía para equilibrar la gravedad y, por lo tanto, la temperatura es muy alta. Su color es azulado.

La vida de una estrella

No todas las estrellas «viven» el mismo número de años. Es muy fácil de entender:

¿Cuál de esas dos estrellas vivirá más tiempo?: ¿La que tiene una masa pequeña y baja temperatura, es decir, la que desprende poca energía, o la que tiene una masa grande, temperatura muy elevada y un enorme desprendimiento energético?

Cualquier niño responderá correctamente diciendo que la primera se gastará menos deprisa que la segunda y, en consecuencia, vivirá más tiempo.

Una estrella de poca masa tiene menos combustible (hidrógeno) en su núcleo que una de gran masa, pero vive mucho más tiempo porque lo consume lentamente. En cambio, la estrella grande gasta tanto combustible para poder equilibrar la gravedad, que lo consume rápidamente.

Las estrellas pequeñas pueden llegar a vivir unos cien mil millones de años. El Sol (que es una estrella mediana) vivirá unos diez mil millones de años, y las de gran masa sólo puede subsistir unos diez millones de años.

La mayor parte del tiempo de una estrella transcurre apaciblemente transformando átomos («bolitas») de hidrógeno en helio. Es como la vida de una persona: durante unos pocos años se es niño, y cuando se llega a adulto la vida transcurre durante un periodo de tiempo bastante más largo. La vejez vuelve a ser breve.

¿Cómo es la «vejez» de una estrella?

¿Qué ocurre cuando el hidrógeno del núcleo ya se acaba porque todos sus átomos («bolitas») se han convertido en «bolitas» de helio? El proceso es diferente según sea el tamaño de cada estrella:

Estrellas pequeñas

Al terminarse el hidrógeno del núcleo, la máquina disminuye su producción y la temperatura del núcleo desciende. En consecuencia, falla una de las dos fuerzas que mantenían el equilibrio: desde dentro ya no se puede presionar al gas para que vaya hacia fuera y, entonces, como si flaquearan las fuerzas de uno de los dos grupos de niños que tiran de la cuerda, el equipo contrario, vence. En ese caso, la gravedad obliga al gas restante de la estrella a doblegarse hacia adentro. La estrella inicia un lento proceso de colapso, sin llegar a calentarse lo suficiente como para permitir que el hidrógeno circundante y otros elementos entren en fusión nuclear. La estrella se irá enfriando y acabará siendo muy pequeña, emitiendo poco calor; será roja y seguirá disminuyendo de temperatura para pasar a emitir una ligera luz marrón... hasta apagarse. Un residuo de materia fría quedará en aquel punto del espacio, sin que pueda verse porque no emite luz.

Estrellas medianas (como el Sol)

Cuando el hidrógeno del núcleo se agota, muy poco antes del final de la vida de la estrella, se inicia también el proceso de colapso, como en el caso anterior. Pero como esta estrella tiene más materia que la anterior, al colapsarse el núcleo por acción de la gravedad ocurre que la temperatura aumenta lo suficiente como para que sea ahora el helio, el gas formado en la transformación anterior del hidrógeno, el que inicia a su vez el proceso de fusión y de emisión de energía. Con ello la estrella vuelve a hincharse durante un cierto tiempo a fin de dispo-

ner de más superficie para dispersar la energía sobrante. El resultado es una estrella «gigante roja». Con el tiempo las capas externas se vuelven inestables y la estrella se expande y se contrae cíclicamente, aumentando y disminuyendo su emisión de luz. Es una «estrella variable». (Nota: si se indica a un niño que una estrella tiene variaciones de luminosidad es muy probable que las confunda con el centelleo, salvo que antes ya se haya explicado bien este fenómeno. Si no ha sido así, véase el principio de este capítulo donde se trata el tema). Tras este periodo de inestabilidad, unido al consumo total del helio, las capas externas acaban perdiéndose por el espacio, y la estrella se convierte en una «enana blanca». Las capas externas, al expandirse, forman un tipo de nebulosa que se denomina impropriamente «**nebulosa planetaria**» porque antiguamente, vistas al telescopio, parecían como discos de planetas (fig. 35).



Fig. 35.- Nebulosa esférica formada en torno a una estrella enana blanca en el último estadio de su vida. A este tipo de nebulosas se las denomina impropriamente «nebulosas planetarias» porque antiguamente, vistas al telescopio, parecían discos de planetas.

Las enanas blancas son estrellas extraordinariamente pequeñas y extraordinariamente densas (pesadas). La materia está tan comprimida en su núcleo que no existe nada en la Tierra que tenga tanta densidad.

Experiencia:

Coger cualquier objeto de poco peso y de 1 cm³ (un dado de parchís, por ejemplo) y dárselo al niño para que lo sopesé. Luego darle otro objeto de similar volumen, pero más pesado; por ejemplo uno de los imanes utilizados antes, o una canica de acero, o un tornillo... Verá la diferencia que hay de peso para un volumen similar entre un material de baja densidad y otro de alta. Luego hay que convencer al niño de que la materia de las estrellas enanas blancas es muchísimo más pesada que la bola de acero o el tornillo. Tan pesada que si se pudiera fabricar una canica con materia de estas estrellas, aún tratándose de un objeto tan pequeño, no habría nadie capaz de levantarla del suelo. Una canica de 1 cm³ hecha con la materia de una estrella enana blanca podría pesar tanto como un camión entero, e incluso tanto como un tren.

Por último, la enana blanca va disminuyendo de temperatura muy lentamente, enfriándose y apagándose.

Estrellas muy grandes

Las estrellas que se formaron en nebulosas con gran cantidad de gas y de polvo, adquirieron de inmediato una gran masa, y, en consecuencia, una altísima temperatura. Son las estrellas «**gigantes blancas**» o «**gigantes azules**». Inicialmente tienen masas más de diez veces superiores a la del Sol.

La primera parte del proceso lo efectúan como en el caso del Sol, aunque mucho más rápido: el hidrógeno se transforma en helio y después se inicia la combustión de este último elemento, transformándose en carbono. Pero la enorme presión que hay en el núcleo ocasiona luego la transformación del carbono en oxígeno... Durante una buena temporada va fabricando elementos cada vez más complejos a partir de los restos de los elementos anteriores (...oxígeno, neón, magnesio, sodio, silicio, azufre...) Cada nuevo elemento queda en forma de capa rodeando el núcleo, de modo que la estrella es como una cebolla. El proceso termina generando hierro, puesto que los átomos (las «bolitas») de ese metal, cuando se unen entre sí no emiten energía, sino que la absorben.

En este proceso la estrella puede aumentar su volumen hasta ser 500 veces el del Sol convirtiéndose en lo que se denomina «**estrella supergigante**» roja.

Supernovas

Cuando una estrella supergigante llega a tener el núcleo de hierro, hemos dicho que ya no puede continuar más el proceso de fabricación de nuevos elementos. Entonces, de súbito, explota, produciendo el tipo de cataclismo más grande que puede darse en la Naturaleza. En unos breves instantes lanza al espacio cuatrillones de toneladas de materia y enormes cantidades de energía en forma de luz.

Afortunadamente, las supernovas que detectan los astrónomos son muy lejanas. Si explotara alguna de las

estrellas que vemos en el cielo (porque si las vemos es que están relativamente cerca del Sol), la explosión llegaría a afectarnos a todos nosotros.

La explosión de una supernova sucede de improviso. Donde antes con telescopio no se veía nada o, en todo caso, se veía una estrella muy lejana, aparece en pocas horas una intensísima luz, cuyo fulgor tiene una corta duración: al cabo de breves días comienza a descender, primero de forma rápida, luego más lentamente, hasta que tras unos meses ya emite tan poca luz que, de nuevo, pasa inadvertida.

Después de la explosión lo que queda es un núcleo estelar muy pequeño y extraordinariamente denso, y todo el resto de materia se ha desparamado por el espacio formando una nebulosa. Esta estrella es aún más densa que las enanas blancas, a pesar de que ya hemos dicho que un dado de parchís de materia de las enanas blancas puede pesar más que un camión. A esta estrella generada por la supernova, tan densa y tan pequeña, se la denomina «estrella de neutrones»

Puede verse la simulación de una explosión de supernova en: <http://www.haydenplanetarium.org/hp/vo/ava/movies/S1202suprnova.mpeg> En la fig. 36 se muestra una explosión.



Fig. 36.- Antes y después de la explosión de una supernova sucedida en 1987.

Experiencia

Hay que tocar la mesa, que está hecha, por ejemplo, de madera. Hay que tocar la lámpara, que, a lo mejor, es metálica. Hay que tocar el suelo, que es de silicato... hay que tocar el propio cuerpo. Y hay que formular esta pregunta: ¿De dónde ha salido toda esa materia?

Respuesta: **del núcleo de una o de muchas estrellas.**

Excepto el hidrógeno y el helio, que pueden proceder de cualquier nebulosa, todos los demás materiales se han creado en el interior de estrellas o en la explosión de supernovas. Cuando se produce la explosión todos los elementos se dispersan por el espacio y «ensucian» las nebulosas de las cuales, en el futuro, nacerán nuevas estrellas y, a su alrededor, posiblemente planetas como el nuestro.

Es decir, la mayor parte de las partículas que forman nuestro cuerpo han estado en el interior de alguna estrella.

Supernovas en sistemas dobles

La supernova que hemos descrito se denomina de tipo II, pero hay estrellas que explotan por otras causas. En las de tipo I, el motivo es un robo de comida que, al final, causa un empacho.

En efecto, no todas las estrellas se hallan aisladas en el espacio, como es el caso del Sol. Hay muchas estrellas que están asociadas a otras, es decir, que están próximas entre sí y dan vueltas una en torno a otra de la misma forma a como lo hace un planeta en torno al Sol.

Si la estrella principal es una enana blanca, su fuerza de gravedad es enorme y es capaz de atraer hacia sí la materia de una estrella compañera, que puede ser una gigante roja, es decir, una estrella muy voluminosa. La enana «roba» y se «come» materia de la gigante.

Comer mucho empacha. La materia robada se va acumulando alrededor de la estrella «ladrona». Al aumentar la masa y la temperatura, llega un momento en que también explota. En este caso la explosión es tan intensa como en el caso anterior, pero no queda ni rastro de la estrella.

Agujeros negros

Hemos dicho que una estrella de neutrones es un astro extraordinariamente pequeño y extraordinariamente denso, pesado. El dado de parchís fabricado ahora con materia de estrella de neutrones pesaría mucho más que un tren entero.

Al tratar sobre la gravedad ya hemos dicho que su fuerza depende de la masa. Cuanta mayor sea la masa (o el peso de un objeto), mayor es la capacidad de atracción. Y cuanto más compacta esté (mayor densidad), más se intensifica la gravedad.

Las estrellas de neutrones más masivas se «colapsan» hasta formar lo que se denomina «agujero negro». Pero, ¿qué es un agujero negro?

Explicación:

Para que un cohete escape de la gravedad de la Tierra tiene que despegar a 11 km/s. En la Luna, como tiene menos masa y, por tanto, menos gravedad, un cohete puede despegar con menor velocidad para escapar de su gravedad. En consecuencia, cuanto mayor sea la gravedad, mayor es la velocidad de escape requerida.

Sabemos que la luz viaja a trescientos mil kilómetros por segundo y que nada puede viajar más rápidamente. Si la fuerza de gravedad de un astro es tan elevada que la velocidad de «escape» tiene que ser mayor que trescientos mil km/s, de él no podrá salir nada, ni siquiera su propia luz. Por eso no lo veremos.

Si a este astro se le aproximan partículas de gas o algún otro astro más pequeño, éste caerá forzosamente atraído por la gravedad del principal. Mientras cae emite radiación, pero luego ya no, puesto que entrará a formar parte del agujero negro.

No sólo hay agujeros negros debidos a las explosiones de supernovas. También los hay debidos a enormes concentraciones de materia, como los que están en el centro de galaxias. Es decir, todo objeto de enorme masa y enorme densidad es susceptible de convertirse en un agujero negro, no permitiendo la salida de su luz.

Las agrupaciones de estrellas

Hemos explicado que una estrella nace de una nebulosa, pero normalmente no nace sola. En una nebulosa suelen formarse muchas estrellas a la vez que luego están más o menos agrupadas. Mirando el cielo de noche pueden verse varios de estos grupos.

Hay, fundamentalmente, dos tipos de agrupaciones estelares: las estrellas dobles (o múltiples) y los cúmulos estelares. Ambos obedecen al hecho de que cuando se formaron sus estrellas lo hicieron dentro de una misma nebulosa o una misma masa de gas y polvo. Por eso las estrellas están próximas entre sí, en el primer caso formando un sistema de dos, tres o pocas más estrellas, y en el segundo caso formando grupos de centenares o de millares de estrellas.

Un símil: un sistema estelar doble o múltiple equivaldría a un niño o a una niña con su hermano o con sus hermanos. Un cúmulo equivaldría a todos los niños de una clase o de un colegio.

Experiencia:

De noche y, si hace falta, con la ayuda de un planisferio celeste, localizar a simple vista grupos de estrellas de ambos tipos. Unos binoculares pueden ser, en este caso, un instrumento muy útil; también lo puede ser el telescopio, a pocos aumentos, para mirar cúmulos y a mediana potencia para mirar sistemas dobles.

Estrellas dobles:

En invierno o primavera:

Zeta Ursae Majoris (magnitud 2ª) (*). Separación: 12'.

Theta Tauri (magnitud 3,5). Separación: 6'.

Theta Orionis (magnitud 5ª, 5ª, 5ª y 7ª). Célebre «Trapezio», sistema cuádruple. Con telescopio.

En verano u otoño:

Beta Sagittarii (magnitud 4ª) (*). Separación: 22'.

Gamma Ursae Majoris (magnitud 3ª) (*). Separación: 17'.

Zeta Scorpii (magnitud 4ª). Separación: 8'.

Mu Scorpii (magnitud 3ª). Separación: 6'.

Épsilon Lyrae (magnitud 4ª). Separación: 3'.

(El asterisco * indica que estas dos estrellas no son, en realidad, un sistema físico, sino un «par óptico», es decir, dos estrellas que aparecen juntas por efecto de perspectiva. Pero pueden servir perfectamente como ejemplo del aspecto que tienen los sistemas dobles).

La separación se indica en minutos de arco ('). La Luna tiene un diámetro aparente de 30'.

Cúmulos abiertos:

En invierno o primavera:

Doble Cúmulo (Perseus). Con binoculares o telescopio.



LECCIONES Y EXPERIENCIAS PARA INICIARSE EN ASTRONOMÍA

10. NEBULOSAS

Si las estrellas se forman a partir de nebulosas y hay tantas estrellas, significa que en el Universo existen grandes cantidades de nubes de gas y polvo.

Efectivamente, hay regiones repletas de nubes de gas y polvo, otras en las que estrellas jóvenes están mezcladas con el gas, otras con estrellas más avanzadas que han «absorbido» o «repelido» el gas, otras regiones en las que no hay nada... Se sabe que hay grandes extensiones de nebulosas que no vemos porque en su interior no hay ninguna estrella, puesto que es preciso que las estrellas iluminen el gas y el polvo para verlos.

Las nebulosas son difíciles de distinguir con el telescopio ya que suelen ser poco luminosas. Sin embargo, si se fotografían aparecen en las imágenes con intensidad y con unos colores en los que predomina el rojo debido a su contenido en hidrógeno. Un ejemplo de que las nebulosas cubren grandes zonas del espacio lo tenemos en la fig. 37.



Fig. 37.- Una amplia región del cielo (constelación de Orion) tal como se ve a simple vista. A la derecha, la misma región fotografiada con una técnica muy potente que permite detectar detalles muy débiles. Puede verse como la región entera está inmersa en grandes masas de nebulosas.

Experiencia:

Con el telescopio a mínima potencia o con unos binoculares mostrar al niño la nebulosa M42 de Orion (invierno o primavera). Explicarle que las estrellas que ve en el interior de la nube de gas son estrellas jóvenes que se están formando o que están recién formadas. Alrededor de estas estrellas, seguramente, también se estarán formando planetas.

Esta práctica debe efectuarse con un cielo transparente y oscuro, puesto que en caso contrario la observación de cuerpos débiles como las nebulosas suele ser decepcionante; también debe procurarse no estar deslumbrado, es decir, haber adaptado la vista a la oscuridad durante unos 15 minutos. El adulto deberá antes mentalizar al niño de que se trata de una observación difícil porque el ojo humano tiene poca sensibilidad. Si en vez de mirar nosotros por el telescopio, mirara un gato, lo vería mucho mejor, puesto que los gatos tienen la visión mucho más sensible en la oscuridad. Las cámaras de fotografiar también tienen más sensibilidad que el ojo humano; de aquí que las nebulosas sean más espectaculares en fotografías que viéndolas directamente por el telescopio.



LECCIONES Y EXPERIENCIAS PARA INICIARSE EN ASTRONOMÍA

11. GALAXIAS

Si un sistema estelar (una estrella rodeada de planetas y satélites) equivale a una vivienda, y un conjunto de muchas viviendas forman una ciudad, entonces un conjunto de muchos sistemas estelares (miles de millones) constituyen lo que se denomina «**galaxia**».

Como hemos dicho en el apartado anterior que entre las estrellas hay nebulosas, resulta que las galaxias son enormes conjuntos de estrellas, planetas, gas y polvo. Todas las estrellas que vemos en el cielo, a simple vista o con telescopio, pertenecen a una misma galaxia. Todas ellas son como las casas de una ciudad. Una enorme ciudad que tiene por nombre «**Vía Láctea**» y que es **nuestra** galaxia.

Vivimos en un planeta (la Tierra) que gira en torno a una estrella (el Sol). Pues bien, el Sol es una de las cien mil millones de estrellas que integran la galaxia Vía Láctea. Por lo tanto, nosotros estamos dentro de una galaxia, y cuando miramos el cielo lo que vemos son únicamente las estrellas más o menos próximas, lo cual no permite que nos formemos una verdadera idea de la forma y las dimensiones de la galaxia dentro de la cual estamos. Es como cuando salimos al balcón (ventana, puerta, etc.) de nuestra casa: vemos muchas otras viviendas de la ciudad, pero como estamos dentro no percibimos la forma real que tiene la ciudad (¿es alargada, redonda, irregular, grande, pequeña...?). Tan solo desde un avión, volando muy alto, se podría ver cuál es la forma de la ciudad.

La forma de nuestra galaxia sólo la podríamos ver desde fuera, desde otra galaxia... pero esto es imposible. Si el hombre sólo ha sido capaz de ir hasta la Luna, es imposible que salga del Sistema Solar y es mucho más imposible que salga de la galaxia para ir a mirársela desde fuera.

La forma de las galaxias

Hay tres tipos de galaxias en cuanto a su forma: **elípticas**, **espirales** e **irregulares**.

En la fig. 38 se muestran con ejemplos las tres formas posibles. Hay que entender que las galaxias elípticas pueden tener desde una forma esférica hasta ser bastante alargadas (como un melón). Las galaxias espirales pueden tener mayor o menor número de brazos y éstos ser más o menos abiertos. Y las galaxias irregulares, como bien dice su denominación... pueden tener cualquier forma. Salvo éstas últimas, todas las galaxias tienen un núcleo más o menos denso, con multitud de estrellas en él, y con menor cantidad en la periferia.

Aunque estemos dentro de nuestra galaxia y no la podamos ver desde fuera, los astrónomos se las han ingeniado para saber qué forma tiene: es **espiral**. Incluso sabemos qué lugar ocupa el Sol dentro de ella (fig. 39).

Experiencia:

Para que el niño recuerde bien la forma de las galaxias se le puede proponer un juego: Sobre una cartulina, preferiblemente negra, esparcir un buen puñado de arroz. Cada grano de arroz representará una estrella. A continuación debe manipular el arroz hasta conseguir formas similares a las de la figura 38. Deberá tener claro que el arroz no mostrará el volumen de las galaxias, sino que las representará planas, como si de un dibujo se tratara.



Fig. 38.- Formas de las galaxias.

Las galaxias chocan

Así como las estrellas no chocan entre sí, las galaxias sí lo hacen. La razón es que en el Universo las galaxias están mucho más cerca unas de otras (proporcionalmente) de lo que lo están las estrellas.

Los choques entre galaxias no son cataclismos. Cuando dos galaxias se acercan mutuamente, la fuerza de gravedad de ambas actúa sobre las estrellas y las cambia de lugar variando, en consecuencia, la forma de las galaxias, pero no se producen «impactos catastróficos».

Recuérdese que si el Sol lo representamos como una canica, las estrellas más próximas serían otras canicas situadas más o menos en Zaragoza, Madrid, Santander, Alicante, Jaén... La otra galaxia sería otro montón de canicas igual de separadas. Es evidente que sería muy difícil que chocaran dos canicas en el caso de cruzarse ambos grupos.

El resultado es que las estrellas de una galaxia pequeña pueden pasar a integrarse en una grande ya que ésta puede «absorber» a la otra. Se dice que las galaxias grandes son «caníbales» porque se «comen» a las pequeñas. Pero también puede que las dos galaxias sigan luego moviéndose por el espacio tras alterar sensiblemente sus formas (fig. 40).

Como sea que las galaxias son tan grandes, los «choques» resultan muy lentos. Dos galaxias pueden estar «chocando» durante millones de años.

Experiencia:

En otoño e invierno se le puede mostrar al niño la galaxia M 31 de Andromeda mediante binoculares o, mejor, mediante telescopio, siempre con el mínimo aumento. Pero, tal como se ha dicho con la nebulosa de Orion, es preciso que la noche no tenga contaminación luminosa, que la vista esté adaptada a la oscuridad, y que el niño esté mentalizado de que sólo va a ver un leve resplandor. Si el telescopio es muy pequeño, mejor no hacerlo.

La galaxia M 31 es una espiral vista ligeramente de perfil. Por eso se ve alargada. De todos modos, lo que se aprecia a través del telescopio es únicamente la región más luminosa de la galaxia, es decir, la zona central. Los brazos no pueden verse si no es con telescopios muy grandes o a través de fotografías.

Para valorar lo que se está viendo es cuestión de explicar que esta galaxia debe estar constituida por unos 200 mil millones de estrellas y que su luz ha tardado 2,2 millones de años en viajar desde allí hasta nosotros. Observando a través del telescopio es imposible distinguir las estrellas individualmente; lo que se ve es la luz mezclada de todas ellas, del mismo modo que al ver un bosque lejano se supone que hay árboles pero no es posible contarlos.



Fig. 39.- El Sol dentro de nuestra galaxia. Esto no son fotografías reales (sería imposible); se trata de simulaciones.



Fig. 40.- Dos galaxias que están chocando.



LECCIONES Y EXPERIENCIAS PARA INICIARSE EN ASTRONOMÍA

12. EL CIELO Y LA TIERRA

Aterricemos. Dejemos las inmensas alturas y volvamos al suelo.

Al principio hemos dicho que el Universo es TODO, y que el firmamento es lo que vemos del Universo. El firmamento es el cielo o la bóveda celeste que tenemos ante nosotros de día y de noche.

Día y noche

Experiencia

Es muy probable que en casa haya un globo terráqueo. En su defecto, utilizar cualquier pelota, bola, fruta..., aunque sería mucho mejor un globo de verdad. En una habitación oscura se le dirige una sola fuente de luz, una lámpara o una linterna, con lo cual una mitad del globo estará oscura y la otra mitad iluminada. Si es un globo terráqueo se podrá indicar nuestra ubicación; si es otra clase de bola, señalar un punto como si fuera nuestro lugar de residencia.

Al globo se le da un movimiento de rotación imitando al de la Tierra. Prestando atención al «lugar de residencia» se explica la noche, la salida del Sol, el mediodía, el atardecer y la puesta del Sol.

La lámpara es el Sol y las paredes de la habitación son el cielo profundo. Las estrellas cubrirían las paredes, el techo y el suelo.

Alternancia del día y la noche en otros lugares de la Tierra

Con el globo terráqueo se pueden simular las circunstancias reales del día y la noche en cualquier lugar de la Tierra.

Experiencia:

Hay que situar el globo terráqueo al sol, por ejemplo al aire libre sobre una mesa. Debe colocarse de modo que la península Ibérica quede justo encima, en la vertical, y debe orientarse de modo que el polo sur del globo quede en la dirección sur del horizonte.

Situado así, el globo reproducirá la iluminación real de la Tierra en aquél momento. Por ejemplo, si la prueba se efectúa a media tarde, se verá que la sombra empieza en el este de Asia (con lo cual allí se está haciendo de noche) y que la luz del Sol incide perpendicularmente sobre el este de Norteamérica, con lo cual allí es mediodía, mientras que en el Pacífico está naciendo el día. Pero, además, si es verano, se podrá mostrar fácilmente como en las regiones próximas al polo norte no se hace de noche, mientras que es permanentemente de noche en las regiones polares del sur. Si la experiencia se realiza en invierno, los papeles se invierten.

Dejando el globo quieto durante todo el día, se puede seguir a partir de primera hora de la mañana la evolución de la alternancia día-noche en todo el mundo.

Las estaciones

Aunque el fenómeno de las estaciones está ligado a nuestra posición sobre el globo terrestre y afecta a las condiciones climatológicas, sus causas son puramente astronómicas.

¿Por qué en invierno hace frío y en verano calor? Hay quien dice que es porque la Tierra se aleja o se acerca al Sol, pero eso es un solemne disparate. Precisamente cuando la Tierra está más cerca del Sol es en enero. La diferencia entre cuando está cerca (lo que se denomina «**perihelio**») y cuando está lejos («**afelio**»)

es tan poca que nadie puede notarlo.

En invierno hace frío porque el Sol nos ilumina muchas menos horas que en verano. Además, sus rayos llegan de forma más oblicua que en verano. Así de simple.

Conceptos previos:

El eje de rotación de la Tierra no es perpendicular al plano de la órbita que recorre alrededor del Sol, sino que está inclinado 23° con respecto a la perpendicular.

Vista desde la Tierra, la proyección del plano de la órbita en el firmamento es la eclíptica, o sea la línea por la que se desplaza el Sol ante las estrellas (fig. 41).

Desde nuestra posición geográfica (en el hemisferio norte, pongamos 40° de latitud) el ecuador celeste, en el punto que queda más alto en la bóveda celeste (visto hacia el punto cardinal sur) nos queda a 50° por encima del horizonte ($90 - 40 = 50$). Si estuviéramos en el polo, el ecuador celeste coincidiría con el horizonte, y si estuviéramos en un país ecuatorial, el ecuador celeste pasaría por el punto más alto de la bóveda celeste («cenit»)

Explicación:

El hecho de que la eclíptica esté inclinada 23° respecto al ecuador significa que durante medio año vemos al Sol por encima del ecuador y otro medio por debajo. Las alturas extremas son el 21 de diciembre (solsticio de invierno) y el 21 de junio (solsticio de verano), en el primer caso con el Sol por debajo del ecuador, es decir, cercano al horizonte, y en el segundo caso muy alto en el cielo.

Cuando la eclíptica está baja, el recorrido que hace el Sol en el firmamento es mucho más corto que cuando la eclíptica está alta. En efecto, en **invierno**, por la mañana, el Sol sale por el horizonte **sudeste (SE)** y por la tarde se pone por el **sudoeste (SO)**; en consecuencia es visible durante muchas menos horas que en **verano**, que es cuando el Sol sale por el **noreste (NE)** y se pone por el **no-roeste (NO)** (fig. 42). Dicho de otro modo: las noches de invierno son mucho más largas que las de verano. En nuestra latitud, en los días más largos de verano el Sol está sobre el horizonte durante unas 15 horas, mientras que en los días más cortos de invierno sólo está 9 horas.

En verano, además, al estar el Sol muy alto en el cielo, su radiación se ve menos afectada por la absorción producida por las partículas del aire puesto que el grosor atmosférico es menor. En invierno la luz solar nos llega mucho más tamizada por la atmósfera (fig. 43).

Los «**equinoccios**» son los puntos intermedios: el **equinoccio de primavera** se produce alrededor del 20 de marzo y el de **otoño** alrededor del 22 de septiembre (las fechas son ligeramente variables).

Experiencia:

¿Será posible convencer al niño para que en un mismo día vea la salida y la puesta del Sol? Si es invierno seguramente será fácil, por aquello de

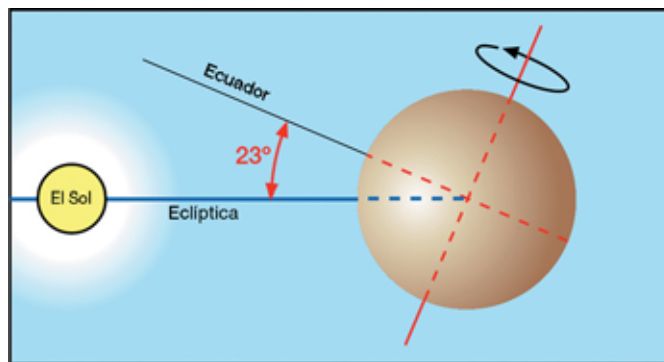


Fig. 41.- Inclinación del eje de rotación de la Tierra (eje de rotación de la bóveda celeste) con relación al plano de la órbita (eclíptica).

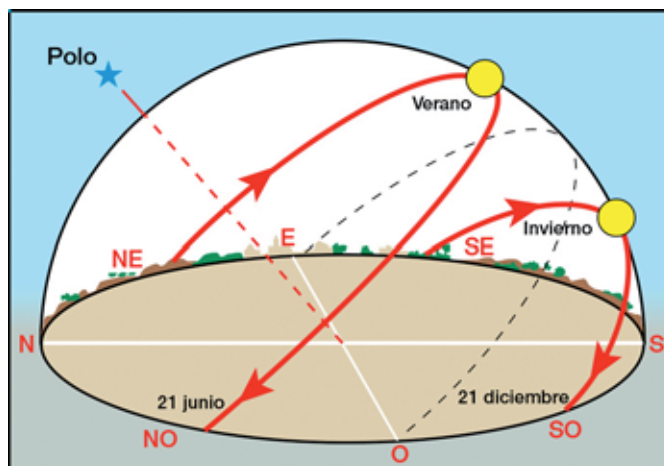


Fig. 42.- Recorrido del Sol en verano y en invierno, con los diferentes puntos del horizonte por donde sale y se pone (para una latitud intermedia como la nuestra).

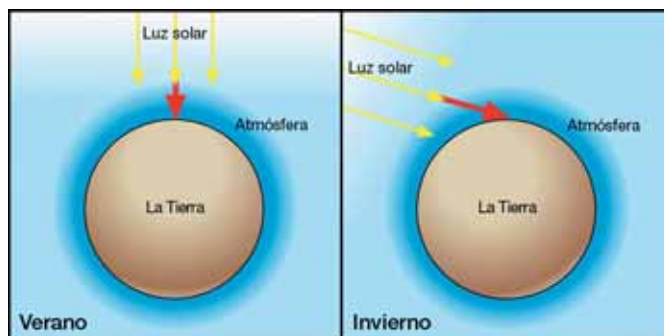


Fig. 43.- Si la radiación del Sol incide verticalmente tiene que atravesar menos grosor atmosférico que cuando incide más tangencialmente. La cantidad de energía recibida por unidad de superficie es mayor al incidir verticalmente.

que sale tarde y se pone pronto, pero si es verano...

Se necesita un lápiz y un papel con un soporte para dibujar, mas una brújula. A la salida del Sol se dibuja el paisaje que se ve en el horizonte este (E) abarcando algo más que la franja que va desde el NE hasta el SE. Se señalan, en base a lo que muestra la brújula, los puntos cardinales indicados (NE, E, y SE) más el punto exacto por donde ha salido el Sol. No importa que el paisaje sea urbano con tal de que sea visible una cierta lejanía.

Por la tarde se hace lo mismo con la puesta del Sol. Se anota el contorno del horizonte desde el NO hasta el SO, señalando también el O y el punto del ocaso.

Luego se trata de comparar estos esquemas con el gráfico de la fig. 42. Copiando de la figura, señalar ahora sobre cada uno de los dos esquemas el punto por donde saldría o se pondría el Sol en los días de los solsticios y de los equinoccios (sobre qué casas, o qué árboles debe salir el Sol en verano e invierno). Naturalmente, el punto donde ha sido visto el Sol en el día en que se ha efectuado la observación dependerá de la fecha.

A la vista de los esquemas, el alumno debe saber situar en el cielo, y ante su propio paisaje, la trayectoria del Sol en verano y en invierno, advirtiéndolo, especialmente, que la trayectoria es mucho más larga y más alta en verano.

(Nota: la brújula proporciona los puntos cardinales según el polo norte magnético, y en este caso deberíamos utilizarlos según el polo celeste, que está unos grados más al este (3°5 visto desde la costa mediterránea y 7° visto desde la costa atlántica). Pero para estos ejercicios, que conviene sean fáciles, puede despreciarse la diferencia.

Más

Las estaciones, al ser debidas a la inclinación del eje de la Tierra, son inversas en el hemisferio norte con respecto al sur. Cuando aquí es invierno, allá es verano. Cuando aquí estamos en primavera, allá están en otoño. Cuando en Europa hace frío, en Sudáfrica hace calor.

Movimiento diurno del Sol

Un buen complemento a lo explicado puede ser el registro del movimiento del Sol a lo largo de un día. Es muy sencillo:

Experiencia:

Instalar al aire libre (patio, terraza...) una mesa desde la cual se pueda abarcar, si es posible, el horizonte este y a la vez el oeste. En la mesa se coloca un papel o una cartulina amplia (sujetándola con cinta adhesiva para que el viento no se la lleve) y en el centro de la cartulina (más bien hacia el sur) se sitúa una varilla vertical (que puede ser un simple lápiz con la punta hacia arriba sujetado con «plastilina», por ejemplo) (fig. 44). A la varilla que proyecta sombra se la denomina «gnomon». Partiendo de la base de la varilla se trazan unas líneas para indicar las direcciones N-S y E-O de acuerdo con lo que indique la brújula. (Remitimos, al respecto, a la nota anterior).

A primera hora de la mañana se señala sobre el papel el punto donde termina la sombra del lápiz y a su lado se anota la hora. La operación se repetirá de vez en cuando durante todo el día (por ejemplo una vez cada hora). Al atardecer la sombra estará en el lado contrario de la cartulina y las distintas anotaciones habrán dejado constancia de la curva que ha efectuado la sombra a medida que el Sol avanzaba por el cielo.

Se puede repetir la experiencia sobre la misma cartulina en otras épocas del año (colocando la cartulina y la mesa en idéntica posición, con lo cual habrá que hacer algunas marcas). En este caso quedarán registradas las diferencias que hay de la posición del Sol en cada estación.

Un paréntesis semántico:

Aprovechamos la ocasión para hacer notar que el Sol (el nombre del astro) es un nombre propio y que debe escribirse con mayúscula. Pero cuando decimos que hace sol, nos referimos a la **luz solar** que hay en el ambiente, y en este caso se escribe con minúscula. Un **reloj de sol** (con minúscula), funciona con la luz solar y, por tanto, podemos escribir: «*El reloj de sol hace sombra*»



Fig. 44.- Se anota el movimiento de la sombra proyectada por el gnomon-lápiz.

gracias a la luz que emite **el Sol**». En catalán aún podemos rizar más el rizo (leyenda para un reloj de sol horizontal):

«Sóc un rellotge de sol
que projecto ombra al sòl
mercè a la llum del Sol»

(«Soy un reloj de sol que proyecto sombra en el suelo gracias a la luz del Sol»).

Las estrellas de día

Si se pregunta a un niño (y, ¿porqué no?, a un adulto no entendido en astronomía) si hay estrellas en el cielo cuando es de día, es muy probable que responda rápidamente que no.

Es evidente que las estrellas siguen en el cielo durante el día. Si no las vemos es porque la luz solar es dispersada por las partículas de nuestra atmósfera y no nos deja ver los astros que son más débiles.

Experiencia:

La Luna, perfectamente visible a simple vista de día, no llama tanto la atención como cuando se ve de noche porque la iluminación general amortigua la luz propia. El efecto puede comprobarlo el niño desde la calle en un día soleado:

viendo las ventanas de un edificio, preferiblemente de oficinas (porque suelen trabajar siempre con las luces encendidas), le resultará difícil discernir en qué estancia tienen la luz encendida y en cual no. Repitiendo la experiencia al anochecer, se distinguen inmediatamente las ventanas iluminadas de las que no. Las lámparas son las mismas; la única diferencia es que la claridad ambiental diurna lo dificulta.

Si se dispone de un telescopio con montura ecuatorial motorizada puede aprovecharse el madrugón sufrido para ver la salida del Sol y observar ahora estrellas o planetas a pleno día. El niño podrá comprobar que siguen ahí, aunque haga sol.

Experiencia:

Antes de que la luz del crepúsculo matutino sea suficiente como para «apagar» las estrellas, se apunta el telescopio, con un ocular de mínima potencia, a una que sea brillante. Más cómodo aún, si se trata de un planeta como Venus o Júpiter. Se pone en marcha el movimiento sidéreo del telescopio de manera que no pierda de vista el astro (de vez en cuando se comprueba que efectúe correctamente el seguimiento). Entretanto se trabaja sobre lo propuesto en la experiencia anterior (el horizonte, los puntos cardinales, el orto solar...).

Habrà salido el Sol y la estrella aún será visible en el campo del telescopio. Si la instrumentación es buena, tutor y alumno podrán ir a desayunar y, al regresar, seguir viendo la estrella...

Si el telescopio está en una instalación fija (que funcione con coordenadas sin tener que efectuar el ajuste polar), la observación puede efectuarse en cualquier momento del día localizando una estrella brillante mediante sus coordenadas (la puesta a punto se puede realizar conociendo las coordenadas del Sol).

Movimiento de la bóveda celeste

Puesto que la Tierra da una vuelta sobre si misma cada 24 horas (en realidad son 23 h y 56 m), todo el paisaje celeste desfila ante nuestros ojos durante este tiempo, aunque sólo veamos las estrellas que «pasan» durante la noche. Las estrellas, al igual que el Sol y la Luna, salen por el horizonte de levante y se esconden por el de poniente. La causa es el giro de nuestro planeta en sentido contrario.

Pero como sea que la Tierra, a la vez que gira sobre si misma, recorre en un año una órbita completa en torno

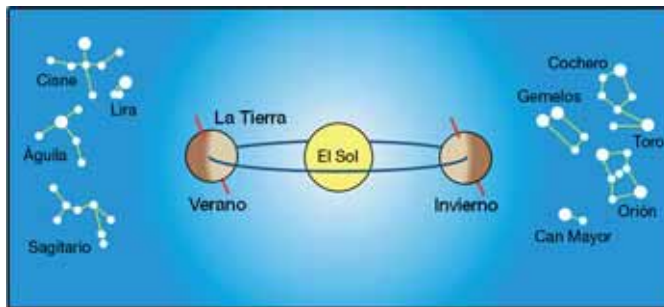


Fig. 45.- Por causa del movimiento de la Tierra alrededor del Sol, en las noches de verano se ven las estrellas de una mitad del firmamento, mientras en las noches de invierno se ven las opuestas.

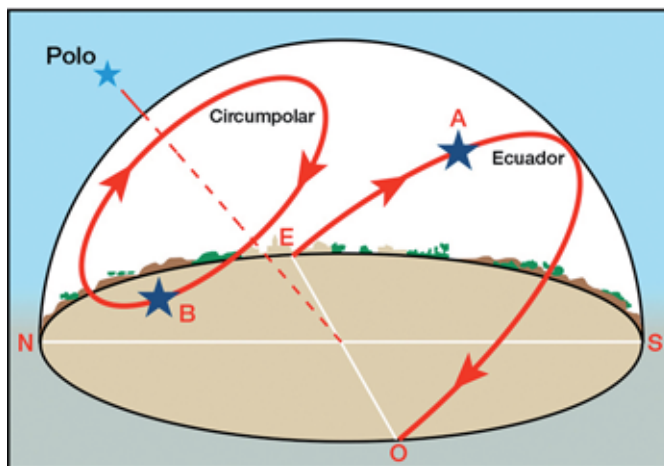


Fig. 46.- Recorrido de una estrella por el firmamento. La estrella A, que está situada en el ecuador, sale por el horizonte este y se pone por el oeste. La estrella B, situada cerca del polo, no se pone nunca.

al Sol, el paisaje celeste también cambia por este motivo. En las noches de verano contemplamos en el cielo las estrellas que en invierno están sobre el horizonte al mediodía (y, por tanto, entonces no se ven), mientras que, de forma inversa, en las noches de invierno vemos aquellas que en verano se verían al mediodía (fig. 45).

Movimiento oblicuo

Cuando hemos utilizado el globo terráqueo se ha visto que nuestro país está en un punto más o menos intermedio entre el ecuador y el polo, hecho que ya hemos indicado al tratar sobre las estaciones. Esto hace que una estrella que aparezca por el punto del horizonte este, luego se mueva durante la noche hacia el sur llegando a media altura en el cielo, para ocultarse finalmente por el horizonte oeste (fig. 46, **A**). Pero si la estrella está cerca del polo, no se oculta nunca (**B**). A ésta última estrella se la denomina «circumpolar» (porque circunda el polo).

El movimiento que efectúa la bóveda celeste, es, pues, oblicuo (inclinado)... para nosotros, que somos habitantes de un país intermedio entre el ecuador y el polo. La misma estrella que hemos visto salir por el horizonte este (la estrella A), se mueve en sentido vertical para un habitante de un país ecuatorial, como Kenia, norte de Brasil, Ecuador o Indonesia, y se mueve en sentido completamente horizontal para un supuesto habitante del polo (para éste la estrella no se oculta nunca tras el horizonte).

El fondo estelar

Todas las estrellas que vemos, absolutamente todas, pertenecen a nuestra galaxia. Las otras galaxias se hallan tan lejos que no se ven a simple vista, salvo la excepción de M31 de Andromeda (aunque es muy débil) y salvo dos galaxias que están en el hemisferio sur y que no podemos ver desde nuestra posición geográfica: las llamadas «Nubes de Magallanes». Aunque nuestra galaxia gira, nosotros no advertimos su movimiento porque es lento y porque estamos metidos dentro; por tanto, las estrellas que vemos en el cielo también se mueven al mismo ritmo que nuestro Sol girando alrededor del centro galáctico. Es similar al caso de los pasajeros de un tren: aunque el tren se mueva, los pasajeros permanecen quietos dentro del vagón.

En cambio los astrónomos, mediante diversos procedimientos, sí que observan el movimiento de las otras galaxias con respecto a la nuestra. Es como ver al paisaje moviéndose desde dentro del tren.

Cómo es el firmamento

Dejando aparte el Sol y la Luna, el firmamento tiene el aspecto de un fondo oscuro con mayor o menor cantidad de puntos luminosos. Se ven más puntos cuanto menos contaminación tengamos producida por las luces de la ciudad (es decir, se ve mejor desde el campo), y se ven más cuando no hay ninguna nube ni niebla. Todos esos puntos son estrellas excepto unos pocos que pueden ser los planetas de Mercurio a Saturno (los únicos visibles a simple vista), aunque no tienen porque ser asequibles todos en un momento dado. Cada planeta tiene su temporada de visibilidad y sus horas, dependiendo de su posición en la órbita solar; a veces se ven varios a la vez pero a veces hay noches en las que no se ve ninguno.

Echando una ojeada al firmamento se advierte enseguida que las estrellas no se hallan repartidas de manera regular. Hay zonas donde hay más y zonas donde hay menos. Hay zonas con muchas estrellas débiles y zonas donde, en poco espacio, hay varias de brillantes.

Constelaciones

En los albores de la civilización, hace unos seis mil años, en Mesopotamia (donde actualmente está Iraq), ya había astrónomos. Había personas que se dedicaban a estudiar los movimientos de los astros y los fenómenos meteorológicos, como la lluvia, las nubes, el viento, etc. Entonces no distinguían entre unos y otros: para ellos todo lo que sucedía «allá arriba» era lo mismo.

Esos primeros astrónomos inventaron un sistema fácil para identificar las estrellas: se imaginaron que determinados grupos de estrellas formaban figuras conocidas, como un león, un perro, un cazador, un toro, unos hermanos gemelos, un escorpión, un cuervo... Algunas de estas figuras verdaderamente se parecen al animal o al personaje que les ha dado nombre, pero la mayoría requieren una buena dosis de imaginación para identificarlas... o no se parecen en absoluto. A esas figuras las llamamos «constelaciones». Quede claro, pues, que las constelaciones han sido inventadas por el hombre, sin ningún vínculo físico con las estrellas.

Experiencia:

Vamos a inventar constelaciones.

Es cuestión de salir por la noche al aire libre y, provistos de linterna, papel y lápiz, estar un rato mirando las estrellas. La imaginación del niño será suficiente para inventar constelaciones. Todo es cuestión de que fije su atención a unas cuantas estrellas que le recuerden alguna forma conocida, que puede ser de cualquier tipo: no importa que unas estrellas le recuerden la forma de un animal o la forma de un objeto: un árbol, un conejo, una mochila, una flor, un zapato, una cara... Es interesante que dibuje en el papel las estrellas que le recuerdan ese objeto y que dibuje sobre ellas las líneas principales del objeto.

Una ayuda por si hubiera dificultades: en invierno la constelación más representativa es Orión (el gigante cazador), pero si hay que inventarle una nueva figura, todo el mundo estará de acuerdo en que se parece más a una cafetera (de las comunes de aluminio) que a un cazador (fig. 47).

Las constelaciones que habrá inventado el chaval son tan válidas como las «oficiales», aunque, en la práctica, es cuestión de aprenderse las «oficiales» porque son las que vienen referidas en todos los mapas.

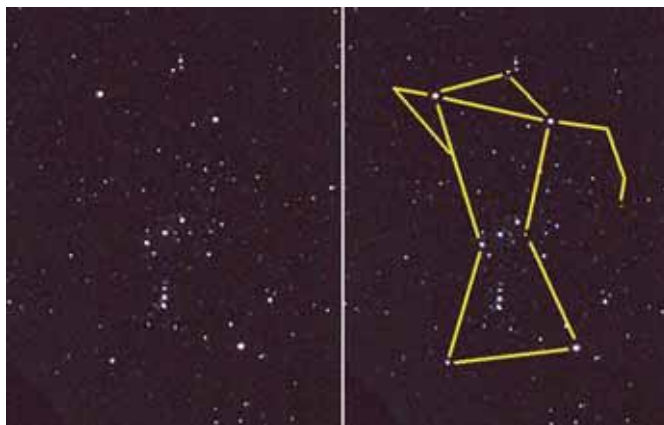


Fig. 47.- Constelación de la Cafetera.

Los límites de las constelaciones

En la antigüedad muchos autores de mapas inventaban constelaciones. Aunque buena parte de las constelaciones mesopotámicas han llegado a nuestros días, ahora utilizamos muchas más (88 en total); en consecuencia, en algún momento de la historia han tenido que ser inventadas.

Era tal el desbarajuste que había que, a veces, resultaba difícil saber si una estrella pertenecía a una determinada constelación u a otra. Para solucionarlo, a principios del siglo pasado una reunión de astrónomos (la primera asamblea de la Unión Astronómica Internacional) acordó que las constelaciones tendrían unas «fronteras» concretas, como las tienen los países, y que a partir de entonces ningún autor de mapas podría variarlas. Todas las estrellas que se hallan dentro de la «frontera» de una constelación se dice que pertenecen a ella. Por ejemplo, la constelación de la Osa Mayor no está formada únicamente por las estrellas que, por su mayor brillo, dibujan (muy remotamente) la forma de una osa, sino por todas las estrellas que se hallan dentro del límite establecido (o «frontera»). (Fig. 48).

Los límites separan, pues, una constelación de otra. Pegadas a la Osa Mayor hay las constelaciones del Dragón, Jirafa, Lince, Perros de Caza, León Menor, León, Cabellera de Berenice y Boyero. Como puede verse, un verdadero zoológico (salvo las dos últimas).

Una estrella puede estar muy cerca de otra, pero ambas pertenecer a constelaciones distintas si entre las dos pasa la línea del límite. Es como Irún y Biarritz: ambas ciudades están muy próximas entre sí, pero una pertenece a España y la otra a Francia porque entre ambas pasa la frontera. O como Puigcerdà y La Guingueta (Bourgmadame), para el chaval que conozca La Cerdanya.

Uso práctico de las constelaciones

Hemos dicho que las constelaciones fueron inventadas para ser usadas de referencia a la hora de identificar las estrellas. Por eso los mapas del firmamento tienen dibujados los límites y unas líneas que unen las principales estrellas, líneas que simplifican las figuras

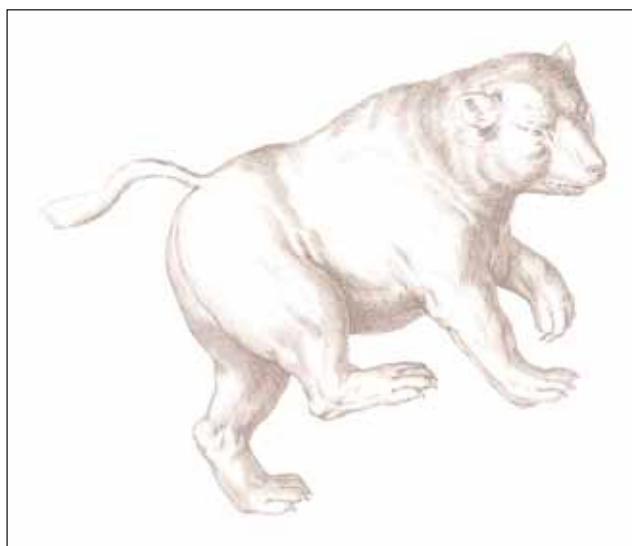


Fig. 48.- Las estrellas más brillantes son las que se tomaron de referencia para «inventar» una constelación con la forma de una osa dotada de larga cola. Se denomina Osa Mayor porque hay otra constelación, de forma similar, pero más pequeña (la Osa Menor). La línea discontinua señala el límite (o «frontera») de la constelación, de manera que todas las estrellas, grandes o pequeñas, que hay dentro de esta área se dice que pertenecen a la Osa Mayor.

que les dan nombre. Antigüamente en los mapas se dibujaban las figuras con toda suerte de detalles (incluso se llegaban a representar los pelos de los animales), pero tantos trazos impedían ver bien las estrellas. Por eso los dibujos de las figuras se simplificaron hasta quedar sólo en esas líneas (trazos que unen las estrellas en la fig. 48).

Teniendo un mapa, se puede escoger un astro y luego buscarlo en el firmamento tomando como referencia las estrellas brillantes que estén cerca de él. Como las estrellas brillantes son fácilmente identificables mediante las figuras que representan, no es difícil, con un poco de práctica, dar con el astro deseado. De todos modos, para que esto funcione, lo primero que debe conocerse es el aspecto del firmamento en la noche de la observación: hay que saber cuales son las constelaciones que se hallan visibles en aquel momento. Por ejemplo, a primeras horas de una noche de verano es inútil buscar la constelación de Orion, puesto que sólo es visible en invierno y comienzos de la primavera.

Experiencia:

Llegados a este punto, el adulto que actúa de enseñante debe hacer uso de su experiencia personal en la identificación de constelaciones. Es un tema sobre el cual los chavales suelen ser muy receptivos porque generalmente les encanta, ante una noche estrellada, ir identificando las estrellas que aparecen en un mapa. Si se explica bien, acaba siendo un reto para ellos el ser capaces de identificar por sí solos el mayor número de estrellas (fig. 49).

Los elementos necesarios son los habituales de cualquier noche de observación: una linterna y un planisferio celeste. Si no se utiliza un planisferio informático, el mejor siempre es uno de tipo rotatorio porque permite simular el firmamento para el día y la hora de la observación. Los planisferios informáticos también simulan el firmamento de un momento dado, pero, en este caso, no debe tenerse el ordenador delante (ni siquiera un portátil) porque deslumbra y no es práctico su manejo, ya que no permite orientarlo al revés. Lo que debe hacerse es imprimir el mapa en un papel, que será el que se manejará al aire libre. Sin embargo (y a riesgo de que se nos achaque que hacer publicidad de la edición realizada por la Agrupación Astronómica de Sabadell), para este tipo de experiencias no hay nada como un buen planisferio rotatorio cuyo fondo oscuro, intensidad de las estrellas y maniobrabilidad, imitan mejor el firmamento que las impresiones realizadas con programas informáticos. También es útil la colección de 12 cartas celestes editadas por la Agrupación con el aspecto del firmamento a primeras horas de la noche para cada uno de los meses. Todos los socios de la Agrupación fueron obsequiados con ellas en el momento de su ingreso (o cuando fueron editadas).

Las prácticas para identificar constelaciones deben comenzar siempre por las más fáciles:

Invierno:

Orión
Auriga
Casiopea

Primavera:

Osa Mayor
León

Verano:

Osa Mayor
Lira
Cisne

Otoño:

Lira
Cisne
Casiopea

Una vez identificada la primera constelación, se toman sus estrellas como punto de partida para ir a constelaciones vecinas, y así sucesivamente. Se trazan imaginariamente en el firmamento líneas que prolongan las de las constelaciones ya conocidas para ir hacia otras estrellas. El ejemplo más característico es buscar la estrella Polar (Osa Menor) partiendo de las estrellas Alfa y Beta de la Osa Mayor (fig. 50).

Es importante mostrar la Osa Menor y la estrella Polar, como referencia del polo norte, pero hay que tener en cuenta que no es una constelación fácil de ver ya que, salvo tres, todas sus estrellas son débiles.



Fig. 49.- Prolongando cuatro veces la distancia que hay entre dos de las estrellas del rectángulo de la Osa Mayor se localiza con facilidad a la estrella Polar.

Un planetario de papel

Un planetario es una máquina que, mediante un sistema de proyección, simula en el techo de la sala el aspecto del firmamento. Los planetarios de verdad se instalan bajo techos semiesféricos que sirven de pantalla, de modo que la simulación puede parecer casi real. Para que el niño interprete con más facilidad los grafismos de las constelaciones que hay en un planisferio celeste al compararlos con la realidad del firmamento, antes de llevarle al aire libre se le puede ofrecer una sesión de «planetario» mediante un sencillo artificio:

Experiencia:

Utilizar la colección de 12 cartas celestes editadas por la Agrupación, ya mencionadas antes. Fotocopiar la que corresponda al mes sobre un papel algo grueso para que sea opaco. A continuación, agujerear los puntos negros de las principales estrellas, si es posible respetando sus diferentes tamaños. Coger una caja (por ejemplo, de zapatos) y recortar su fondo, de manera que pueda sustituirse por la fotocopia colocada al revés (la cara impresa hacia el interior de la caja).

Colocar una bombilla en el centro de una habitación oscura, preferiblemente con techo blanco o claro. El filamento incandescente de la bombilla debe ser lo más pequeño posible, por lo que será mejor una bombilla halógena que una de incandescencia normal. Sobre la bombilla, a una cierta distancia que debe ensayarse, se sitúa la caja de modo que proyecte las estrellas en el techo. Esto permitirá dar al niño una primera idea de las formas de las constelaciones en el cielo, de cómo se interpreta el mapa (puesto que él debe tener en la mano la carta original para compararla con lo que ve en el techo) y dónde está la estrella Polar para comprender el movimiento celeste.

Los planetas ante las estrellas

Todos los astros del Sistema Solar se mueven independientemente de las estrellas porque están en un primer término. Se desplazan más deprisa los próximos al Sol, como Mercurio y Venus, y muy lentamente los distantes, como Urano y Neptuno. Como sea que el Sistema Solar es plano (las órbitas de los planetas difieren muy poco entre sí en cuanto a inclinación con respecto a la órbita terrestre), la búsqueda de un planeta en el cielo siempre hay que hacerla en la zona próxima a la eclíptica, o sea en la zona que recorre el Sol. Es inútil buscar planetas cerca del polo; ni siquiera asteroides, salvo alguna excepción muy rara.

Para saber donde está un planeta en un momento dado hay que recurrir a las efemérides que pueden obtenerse de forma abreviada en la página «Próximos fenómenos» de este portal web o, de forma más detallada, en las páginas de efemérides de la revista ASTRUM. También se dan en la tabla que acompaña al Planisferio Celeste editado por la Agrupación.

Identificar los planetas es muy fácil: Después de la Luna, los astros más luminosos del firmamento son, por este orden: Venus, Júpiter y Marte (éste último en determinadas épocas). Mercurio y Saturno son tan luminosos como las estrellas más brillantes, aunque el primero es difícil de ver por hallarse cerca del Sol, siempre dentro del resplandor crepuscular.

El movimiento de retrogradación que efectúan en el firmamento los planetas de órbitas exteriores a la de la Tierra no ha sido explicado aquí porque no es un tema trascendente. De todas maneras, si se realiza la experiencia de comprobar durante unos meses el movimiento de Marte o Júpiter (aunque sea sobre un cartulina), al alumno podrá mostrársele con facilidad el movimiento retrógrado.

Otros fenómenos en la noche

Cuando se está ante el cielo estrellado suele verse con frecuencia el paso de aviones, algunos bajos y llamativos, y otros altos y discretos. A la pregunta de si se puede observar un avión con el telescopio, la respuesta es que sí, y que posiblemente se verían las ventanillas iluminadas, pero hay un inconveniente: es extremadamente difícil seguir a través del telescopio el movimiento de un avión. Los binoculares son un ins-

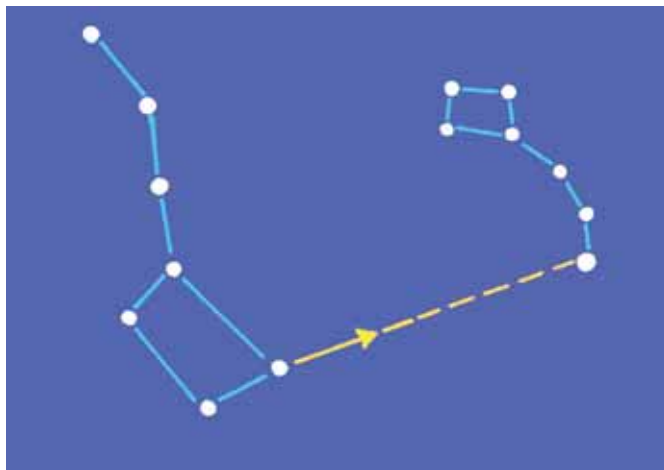


Fig. 50.- Un mapa celeste rotatorio es la mejor herramienta para enseñar la identificación de las constelaciones, comenzando siempre por las que tienen estrellas brillantes.

trumento más adecuado.

También pueden verse satélites artificiales. Hay quien los confunde con aviones lejanos. Los satélites suelen verse en las primeras horas de la noche, aproximadamente en la mitad oeste del firmamento, y en las últimas, antes de clarear el día, en la mitad este. Esto es así porque hace falta que los ilumine el Sol, cosa que no ocurre cuando se sumergen en la sombra que la Tierra proyecta en el espacio.

De todos los satélites el más destacado es la Estación Espacial Internacional (ISS) que a simple vista se ve tanto o más brillante que las más destacadas estrellas y que atraviesa el cielo en unos 3 ó 4 minutos. Sin embargo, en una noche transparente se pueden ver muchos más. Son muy espectaculares por su elevada intensidad los destellos que producen los satélites Iridium.

En la web: <http://www.heavens-above.com/> pueden obtenerse efemérides de la hora del paso de los principales satélites.

Disfrutar de la noche

En verano, por vacaciones, o en invierno que oscurece muy temprano, hay que disfrutar de la noche. Estar en un lugar con ausencia de polución luminosa propicia el que pueda mostrarse a los chavales la riqueza de la noche estrellada, pero si, lamentablemente, no es posible sustraerse a la polución, disfrútese de la Luna, de Saturno, de los satélites galileanos de Júpiter...