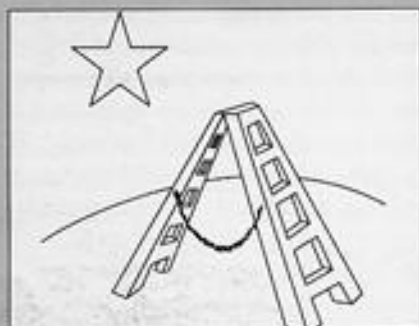




ApEA

Boletín de la ASOCIACION para la
ENSEÑANZA de la ASTRONOMIA

NUMERO 4

INVIERNO 1998

editorial

De nuevo ante vosotros el boletín de la ApEA, nuestro boletín. Han transcurrido prácticamente tres meses desde nuestro encuentro en Pamplona y esperaba que los socios se dieran por aludidos de una vez, entre las editoriales de los anteriores boletines y el llamamiento directo a la colaboración que allí hicimos, pero ya hemos visto que no ha sido así. Nuestra intención era que este boletín hubiera salido en Noviembre pero no podéis imaginar lo difícil que resulta realizar un trabajo como este en solitario.

En las Jornadas de Pamplona pudimos observar que sois bastantes los que trabajáis en la didáctica de la Astronomía preparando temas, materiales, prácticas y muchas otras cosas para vuestros alumnos. Nosotros nada más pretendemos que os pongáis ante una máquina de escribir y en unas hojas expliquéis el trabajo que habéis realizado en la clase con ellos y nos la enviéis. No podéis imaginar lo que simplificaría nuestra labor. Posiblemente alguno de vosotros penséis que no resulta interesante la publicación en un boletín como este; para que la publicación adquiriera un reconocimiento oficial hemos solicitado el I.S.B.N. para todas nuestras publicaciones. Posiblemente esta revista salga todavía sin él pero para la próxima publicación, bien sea Cuaderno o Boletín, dispondremos ya de ese número. Espero que esta 'oficialidad' os anime a colaborar.

Por otro lado recomendaros que prestéis atención al apartado de *Información General: Notas y Noticias* por si hubiese algo de interés para vosotros. Este apartado está abierto a cualquier persona que quiera dar a conocer Curso, Encuentros, Jornadas o cualquier otro tipo de información relacionada con la Astronomía que por ser de tipo local o regional, las personas que preparamos estas páginas no podamos tener conocimiento de esas actividades y pudieran resultar de interés para todos los socios.

Para terminar esta editorial y dadas las fechas en que nos encontramos, sólo queda desearos unas felices fiestas de Navidad y un año 1998 lleno de venturas. ¡Felicidades!

EL PRIMER GLOBO CELESTE

Si hubiera que resumir la historia de la Astronomía citando los nombres de diez o doce personalidades, probablemente casi todos nosotros (aficionados, profesores) estaríamos de acuerdo en bastantes casos. Los nombres de Ptolomeo, Copérnico, Tycho, Kepler, Newton, Herschell, Hubble o Einstein, seguramente estarían en todas las listas. La predilección de cada uno por una época u otra, por este tema o aquél, favorecerían la variedad en esas listas de los 'top ten'. Hiparco, Aristarco, Galileo, Huygens, Halley, Gauss, Hawking y otros muchos podrían, sin sorpresa, aparecer.

Mi natural inclinación por la Astronomía matemática o de posición y por la Antigüedad me llevan a fijarme con atención en los sabios griegos. Y, entre ellos, quiero declarar mis simpatías por Eudoxo, cuya probabilidad de aparecer en una de esas listas de principales es, ciertamente, pequeña. Intentaré analizar las razones de su limitada popularidad y justificar mi convicción de que representa un hito importante en el desarrollo de nuestra ciencia.

(Continúa en la página siguiente)

SUMARIO

Editorial	1
El primer globo celeste	1
Orión	3
Los cuadernos de la ApEA	6
Astronomía diurna	7
Información general	12
La trigonometría en la astronomía ...	13
Bibliografía	16

En las historias de la Astronomía la figura de Eudoxo suele asociarse casi exclusivamente a su propuesta de esferas homocéntricas, primer intento de 'explicar' los bucles de los planetas mediante la composición de movimientos circulares y uniformes. Pensemos en otro astrónomo, como Kepler, por ejemplo. Sus contribuciones son, ciertamente, importantes pero, además, su figura se ve realizada porque entendemos perfectamente lo que descubrió: que las órbitas de los planetas no eran circulares sino elípticas. Otro tanto ocurre con Copérnico. No es necesario estudiar detenidamente sus teorías sino que comprendemos de inmediato lo que significan y el avance que aportaron. En cambio, el sistema de esferas homocéntricas de Eudoxo no se entiende bien, es engorroso y complicado. Esta es seguramente la razón por la que no es excesivamente valorado.

Para cada uno de los planetas se necesitan cuatro esferas: la primera tiene sus polos fijos en los polos celestes y gira alrededor de su eje en 24 horas dando cuenta del movimiento de rotación diurna aparente que efectúa el planeta como cualquier astro; la segunda sitúa sus polos en la superficie interior de la primera, exactamente en los polos de la eclíptica, y gira alrededor de su eje en el período sidéreo del planeta (el tiempo que tarda en recorrer el zodiaco); la tercera esfera tiene sus polos, siempre en la superficie interior de la segunda, en dos puntos diametralmente opuestos de la eclíptica, siendo su período el sinódico del planeta (el tiempo transcurrido entre una oposición y la siguiente); la cuarta esfera tiene su eje algo inclinado con respecto a la tercera y gira, con el mismo período pero en sentido opuesto; finalmente, el planeta, se sitúa en un punto del ecuador de esta cuarta y más interna esfera.

Esta breve descripción, sin ningún apoyo visual, es oscura y confusa; no permite comprender que el planeta, arrastrado por esa maquinaria infernal, efectúe un bucle entre las constelaciones del zodiaco. Todo lo más, quien esté bastante familiarizado con los movimientos aparentes del Sol, de la Luna y de los planetas y controle con soltura el movimiento diurno de este a oeste y el movimiento zodiacal de los planetas de oeste a este, avanzando en el sentido de los signos, podrá seguir el movimiento combinado de las dos primeras esferas. Lo que resulte de la 3ª y de la 4ª es ya un misterio.

Está claro que nos quedan dos alternativas. La primera: dedicarle algún tiempo a su estudio, realizar dibujos y croquis, bucear con detenimiento en algún libro que explique detalladamente su funcionamiento (los hay, desde luego), hasta entender cabalmente el resultado de ese conglomerado de esferas insertadas una dentro de otra. El esfuerzo tiene como premio adicional el disfrutar de las bellezas geométricas que surgen en el camino: las curvas conocidas como *hipopeda* y *lemniscata esférica*. La segunda opción es más cómoda: no entrar en disquisiciones y aceptar las conclusiones a las que han llegado los estudiosos del tema, es decir, hacer un acto de fe (uno más).

En cualquier caso, lo que sí podemos y debemos hacer es valorar el sistema de Eudoxo. En sentido negativo hay que citar sus limitaciones (no explica los cambios de brillo ni constituye un verdadero sistema, los bucles de cada planeta serían siempre idénticos) y el que condujera a un callejón sin salida, de modo que su propuesta de trabajo fue pronto sustituida por otro modelo matemático, mucho más productivo y longevo, el de los epiciclos y deferentes iniciado por

Hiparco y Ptolomeo. Incidentalmente, hay que decir que la formulación básica de este último modelo es mucho más fácil de visualizar, de entender y de comunicar que el de Eudoxo. Como aspectos positivos podríamos realzar su carácter iniciático: fue el primer modelo geométrico que intentó dar cuenta de los movimientos celestes y de él derivan, más o menos directamente, todos los demás. Si la Astronomía fue esencialmente Astronomía de posición y, más concretamente, teorías sobre los movimientos del sistema solar (y así fue hasta bien entrado el siglo XIX), no sería exagerado situar a Eudoxo como el primero en ese largo camino.

Pero si el punto de arranque de un modelo no se visualiza bien, resulta difícil ser objetivo en su valoración; no podemos sentirnos próximos y familiares con un expediente de esas características. Sin ser desdeñable - ni mucho menos - esta aportación de Eudoxo, que es la más conocida, no es la que quiero destacar.

En todos los cursos de iniciación a la Astronomía y, en particular, en la optativa de Astronomía en la ESO, familiarizamos a nuestros alumnos con las constelaciones, les enseñamos a orientarse, a localizar la estrella Polar y a hacer un recorrido por la bóveda de la noche. Aprenden qué constelaciones se sitúan cerca del ecuador, cuáles son siempre visibles, quizá se introducen las coordenadas celestes. En muchos casos se dispone de un globo celeste y se puede mostrar su geografía en todo su esplendor. La esfera celeste, más o menos formalmente, es el primer objeto que se trabaja en las clases. Pues bien, ¿quién fue el inventor de la esfera celeste? En efecto, fue nuestro conocido Eudoxo.

La palabra "inventor" es una exageración premeditada. Un concepto de tal calibre no se inventa de la noche a la mañana, va surgiendo poco a poco a la luz hasta que alguien lo explicita. Es más ajustado a la realidad lo que dice D.R. Dicks en *Early Greek Astronomy to Aristotle* (p. 153): "En la historia de la Astronomía Eudoxo es importante por ser el primer astrónomo griego del que poseemos evidencia definitiva de que trabajó y comprendió plenamente el concepto de esfera celeste. ... Describió sus principales círculos, las relaciones que había entre ellos, así como las constelaciones que los señalaban. ... Eudoxo, un matemático de genio, parece que fue el primero en reconocer la necesidad de cuantificar los datos observacionales y tratarlos numéricamente, y por ello cabe calificarlo con justicia como el fundador de la Astronomía matemática."

La descripción que hace Eudoxo de las constelaciones y de los círculos más importantes de la esfera celeste no es conocida directamente, puesto que no se ha conservado ningún escrito suyo, pero sí a través de una autoridad absolutamente fiable como es Hiparco. Según este último, "Eudoxo dice lo siguiente con respecto al trópico de verano [el trópico de Cáncer] 'en él están la sección media del Cangrejo y la parte longitudinal del cuerpo del León, una pequeña parte de la sección superior de la Virgen, el cuello de la Serpiente, la mano derecha del Arrodillado [Hércules], la cabeza del Portador de la Serpiente [Ophiucus], el cuello del Pájaro [Cisne] y su ala izquierda, el pie del Caballo [Pegaso] ...'".

Esta manera de describir el cielo, mediante la posición de las estrellas en las figuras, fue la usual hasta 1600, aproximadamente. Las figuras que utilizó debían ser conocidas, pues servían sin ambigüedad como referencias, lo que implica que Eudoxo dispuso de representaciones del cielo, bien en forma de mapas, bien en forma de esferas. Los historia-

dores se decantan por esta segunda posibilidad: Eudoxo diseñó el primer globo celeste del que se tiene noticia y procuró, hasta donde le fue posible (Hiparco también señala varias inexactitudes en el trabajo de Eudoxo), precisar en él las posiciones de las estrellas.

De la misma forma son descritas por Eudoxo las estrellas (las zonas de las constelaciones) que señalaban el ecuador, el trópico de Capricornio (o de invierno), así como los círculos ártico y antártico, es decir el que limita las constelaciones circumpolares siempre visibles y el que marca el fin de las estrellas visibles. También indica los coluros, o sea los meridianos celestes que pasan por los puntos equinocciales. La señalización de los trópicos celestes indica que estaba al corriente de la oblicuidad de la eclíptica, cuyo valor estimó en 1/15 de circunferencia, es decir 24° , y del recorrido anual del Sol.

También se ocupó de la esfera terrestre. Desconocedor de la medida de ángulos mediante grados sexagesimales dio la latitud de algunos lugares mediante la relación entre la duración del día y de la noche en el solsticio de verano.

Así, podemos decir que Eudoxo fue el primero que comprendió con claridad el modelo de las dos esferas, el primero que formuló explícitamente la geometría celeste, desarrollando una teoría que permite explicar satisfactoriamente los dos grandes hechos de los cielos: el movimiento de rotación y el ciclo de las estaciones. Esta teoría es de tal claridad y simplicidad conceptual que, aún hoy, se sigue utilizando con éxito como el mejor modelo didáctico que existe para la visualización de los movimientos celestes.

1. Nota biográfica.

Nació en Cnido (cerca de Halicarnaso, en Caria, costa suroccidental de Turquía) hacia el año 400 a.C. Estudió con Architas de Tarento. Con 23 años va a Atenas donde escucha a Platón y a los sofistas. Pasa 16 meses en Egipto, en Heliópolis. Luego enseña en Cícico (costa sur del Propontis [Mar de Mármara]). Vuelve a Atenas, ya famoso, con algunos discípulos. En esta importante etapa se relacionó con Platón y con otros miembros de la academia, existiendo influencias mutuas entre ellos. Se retira a su natal Cnido con todos los honores. Allí murió hacia el 350 a.C.

Se tienen referencias de tres obras astronómicas escritas por Eudoxo: *Los Fenómenos* y *El Espejo*, en las que describe la esfera celeste y sus movimientos, y *Sobre las velocidades* en la que expone su sistema de esferas homocéntricas.

2. Nota bibliográfica.

D.R.Dicks, *Early Greek Astronomy to Aristotle*, Cornell University Press, Ithaca, New York, 1970, 1985.

J.L.E.Dreyer, *A History of Astronomy from Thales to Kepler*, Dover, 1906, 1953. Un clásico que se mantiene.

N.R.Hanson, *Constelaciones y conjeturas*, Alianza Editorial (AU 203), 1973, 1978. Un libro excelente y en castellano!

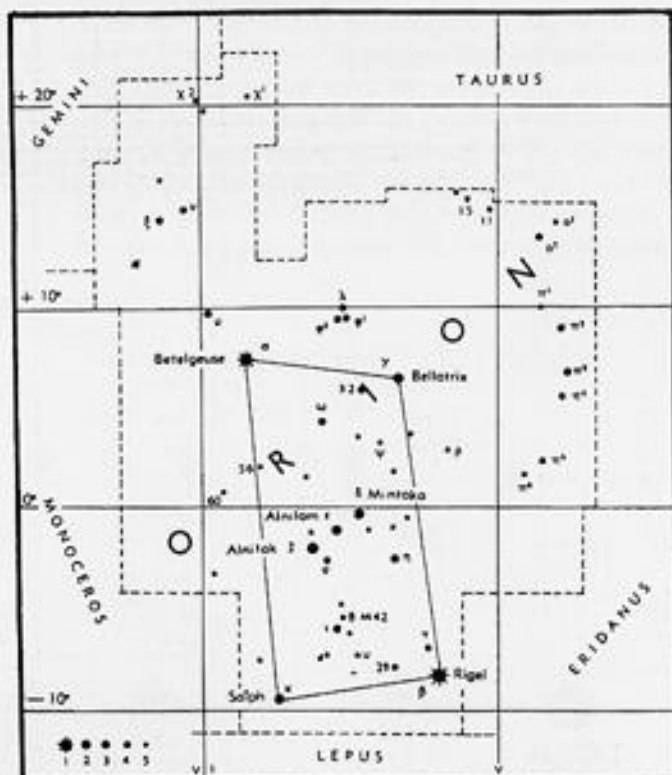
O.Neugebauer, *A history of ancient mathematical astronomy*, (3 vols.), Springer-Verlag, 1975. Lo mejor de lo mejor. Completísimo, riguroso y técnico.

Antonio Arribas

ORIÓN

Situación e identificación: Entre los Gemelos, el Toro, la Liebre, Eridano y el Can Mayor, sobresale la espectacular superficie de la constelación de Orión. Esta constelación puede identificarse fácilmente a partir de las tres estrellas del Cinturón que a pesar de no ser de las más luminosas su ordenación captan la atención del observador por su casi perfecta alineación: son las llamadas por la tradición popular las tres Marías. Estas tres estrellas del Cinturón se encuentran en el centro de un gran cuadrilátero de estrellas muy luminosas de magnitudes entre 0 y 2 que representan los hombros y las rodillas del gigante. En esta época del año, al ser una constelación invernal, ocupa una gran zona de nuestro cielo visible.

Dibujo 1: Situación de Orión



Mitología: La tradición griega la identifica con el cazador, pero casi todas las culturas la han considerado de una forma especial. Así:

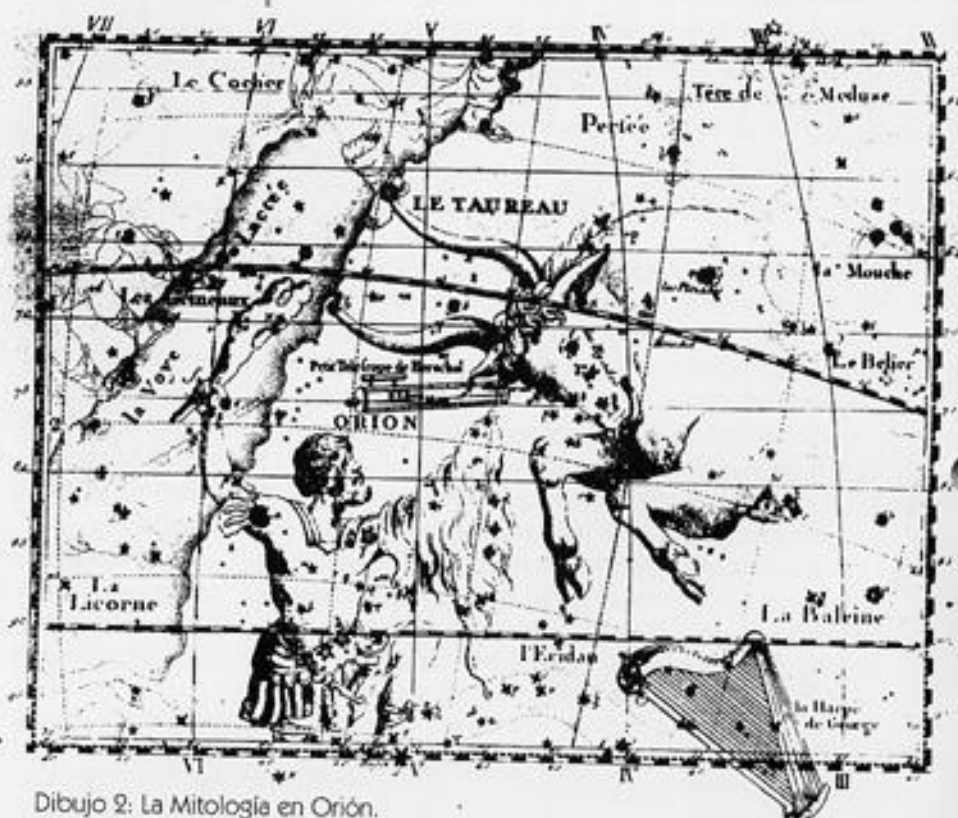
- Los egipcios la reconocieron como el alma de Osiris.
- Los persas la llamaron Nimrod, el Rebelde, que guarda cierta conexión con la mitología hebrea.

- Los hebreos primitivos supusieron que Orión era el ángel Shemhazai que pidió a Dios habitar la Tierra por la dignidad de los hombres. Concedido el permiso, resulta en la Tierra peor que los hombres, por lo que Dios destruye su especie con un diluvio, aunque da tiempo a Shemhazai para arrepentirse colocándose entre el Cielo y la Tierra cabeza abajo. Entre las fechorías que cometió se le atribuye la persecución de las siete Pléyades, que eran vírgenes, hijas de Atlante y Pléyone, y que pudieron escapar de su persecución transformándose en estrellas.

- La tradición mítica más rica y conocida es sin duda la griega. Para este pueblo Orión era hijo del dios del mar, Poseidón y de Euriale; de profesión cazador gozaba de la fama de tener una gran habilidad para la caza. Otro rasgo característico de Orión era su fogosidad amorosa que le llevó a asediar una vez a las siete hijas de Atlante, las Pléyades, las cuales, para huir de sus incesantes atenciones, pidieron a los dioses que las convirtieran en estrellas, y fueron complacidas. Se enamoró de Mésopo, hija de Enopión quien puso como condición a la boda de éste con su hija, que Orión liberase su isla de las bestias peligrosas que la infestaban. Una vez cumplida su misión, Enopión no le concede la mano de su hija, por lo que Orión se emborrachó y secuestró a su amada. Enopión, con la ayuda de faunos y sátiros, le saca los ojos a Orión y lo arroja al mar. Orión quiere vengarse con la ayuda de Helio, pero Artemis, con la que se encuentra, le convence para que olvide su venganza y vaya a cazar con ella. Orión acepta y promete librar a la Tierra de toda bestia. Pero Apolo, hermano de Artemis, por celos, quiere matarlo con la ayuda del gran escorpión que obliga a Orión a huir por mar

hacia Delos. Mientras Orión nada, Apolo engaña a Artemis diciéndole que el que huye es el malvado Candaos y la cazadora Artemis le dispara una flecha que le da muerte. Luego descubre el engaño y desconsolada coloca a Orión entre las estrellas, donde permanece vigilando la Tierra.

Distancias: Aunque estamos acostumbrados a reconocer la constelación de Orión, de hecho, su figura característica es el resultado de la proyección ideal de sus estrellas sobre un

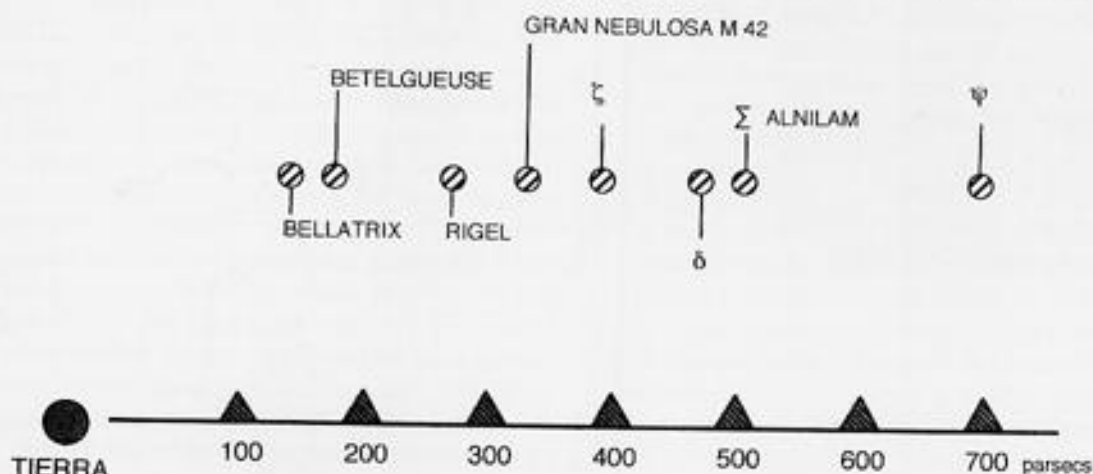


Dibujo 2: La Mitología en Orión.

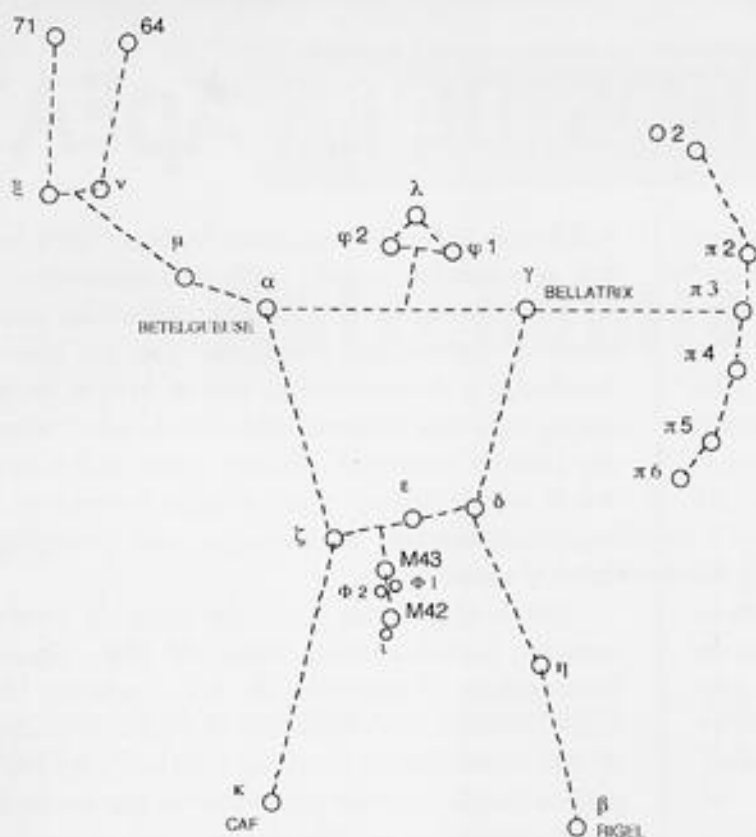
fondo plano. Vista de perfil desde la Tierra, la situación sería la que se ve en la figura siguiente

Las estrellas principales: Es una zona muy rica en estrellas brillantes, de varios colores y también de nebulosas. Parece situada en uno de los brazos de la Galaxia y con unos prismáticos o un pequeño telescopio se observa bien. Las estrellas que la forman representan, como ya se ha dicho, un cazador, así:

- Las estrellas α , γ , κ , y β forman la figura del cazador. La estrella α o Betelgeuse, el hombro oriental del gigante, es una



Dibujo 3: Distancia a las estrellas más importantes de Orión



Dibujo 4: Estrellas más importantes de Orión.

estrella de color anaranjado. Se trata de una estrella gigante roja variable cuya magnitud oscila entre 0.4 y 1.3 en poco más de cinco años. A pesar de que se le ha asignado la primera letra del alfabeto griego, es menos luminosa que β (Rigel), que aparece de un color blanco azulado por su mayor temperatura superficial. Rigel tiene una magnitud de 0.1. Bellatrix (γ) tiene una ligera luminosidad en torno a ella.

- Las estrellas λ, φ₁ y φ₂ forman la cabeza.
- ζ, ν, 71 y 64 forman las flechas que a veces se sustituye por una maza.
- En el arco encontramos las estrellas O₂, π₂, π₃, π₄, π₅ y π₆ que a veces se sustituye por un manto o una piel protectora.
- El cinturón del cazador lo forman las estrellas ζ, ε y δ. También se conocen con el nombre de las tres Marías. Son astros jóvenes y extremadamente calientes y sus magnitudes son la de Alnitak (ζ) 1.8, la de Alnilam (ε) 1.7 y la de Mintaka (δ) 2.2.

• Otras estrellas interesantes se encuentran en la llamada espada, un grupo de pequeñas estrellas situadas debajo del cinturón, estas son φ₁, φ₂, ι, M43 y M42. φ es una estrella múltiple, formada por un grupo de cuatro estrellas, más conocido por el nombre de Trapecio. Están inmersas en la nebulosa de la que son originarias y contribuyen a hacerla más luminosa por fluorescencia, debido a la gran cantidad de rayos ultravioleta emitidos por su superficie extremadamente caliente.

Otros objetos importantes en Orión: Pero el objeto principal de esta constelación es sin duda, la gran nebulosa de Orión. Está formada por M42 y M43 y puede observarse a simple vista. Es una gigantesca nube de hidrógeno que el flujo de rayos ultravioletas, procedente de las estrellas que contiene, ioniza y la hace luminiscente. Sus dimensiones son notables,

tiene un diámetro de casi 30 años luz. El famoso telescopio espacial Hubble ha descubierto una gran actividad en la zona de la gran nebulosa donde hay numerosas estrellas en fase de formación, rodeadas de discos de materia oscura en los que podrían desarrollarse sistemas planetarios.

En torno a la M42 se hallan algunas otras nebulosas menos brillantes que ésta como la GN 1977, GN 1980, cerca de ι, la GN 1982 (M 43) más brillante y enlazada con la M 42 y la GN 1430 cerca de la 49.

Cerca del cinturón aparecen la GN 1434 una línea brillante al sur de ζ en la que aparece la Nebulosa oscura de la CABEZA de CABALLO. La GN 2068 (M 78), es un cúmulo nebuloso sobre el cinturón en la línea del costado izquierdo de Orión.

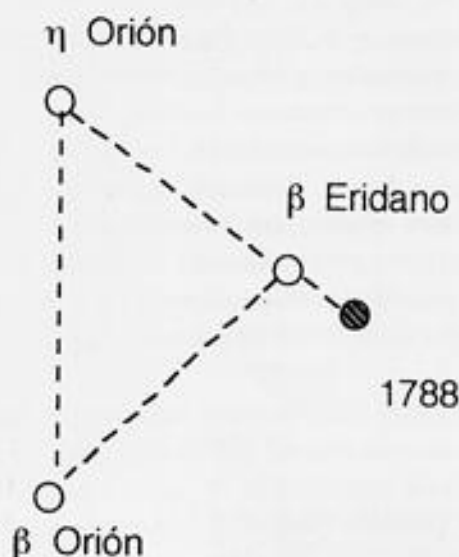
En torno a las flechas aparecen también dos cúmulos galácticos, el 2194 y el 2169. Además las estrellas η, φ₂ y ι son dobles.

Fuera de Orión, pero en sus cercanías junto a Eridano, aparece el cúmulo galáctico nebulosa Cabeza de Bruja 1788 (GN 12118).

También la estrella β del Unicornio que se encuentra a la izquierda de la κ de Orión es una estrella triple.

El espectáculo de Orión en el cielo del Otoño y del Invierno es impresionante. Es, sin duda, la zona más bella de nuestras latitudes. Orión abarca una región comprendida entre los 23°N y 11°S de declinación, y entre las 4h 40m y 6h 20m de ascensión recta. El Ecuador celeste pasa por su cinturón, lo que hace que sea una constelación que cabalga sobre los dos hemisferios prácticamente a partes iguales; por ese motivo, no es visible durante todo el año en ningún punto de la Tierra. Así, su reaparición cada año, cuando nos acercamos al Otoño, hace que nos sorprendamos con su belleza y espectacularidad.

Juan Luis Ríos y Ederlinda Viñuales



Dibujo 5: Situación de la Cabeza de Bruja.

¿LOS 'CUADERNOS' DE LA ApEA?

Como se manifestó en la última Asamblea General, de ingrato recuerdo, de la ApEA celebrada en Pamplona, las cuentas de la Asociación señalan un claro superávit. Los ingresos superan a los gastos: con las cuotas de los socios hay dinero más que suficiente para hacer frente a las actividades habituales de la ApEA (publicación del boletín, organización de los Encuentros, realización de algún curso).

Parece evidente que hay dos formas de equilibrar la balanza: bajar las cuotas y seguir haciendo lo mismo, o bien, mantener las cuotas a cambio de ofrecer un mayor número de actividades. Por esta segunda posibilidad nos decantamos claramente en la junta directiva: hay que hacer más cosas, o intentarlo, al menos.

Entre las posibles tareas que se podrían abordar pensamos en organización de cursos, aumentar de alguna manera el boletín y en realizar pequeñas publicaciones.

Pensamos que esta última vía podría tener aceptación. Casi todos nosotros tenemos abundante material para nuestras clases en forma de hojas para los alumnos, indicaciones para llevar a cabo una actividad, apuntes sueltos de cómo resultó en clase una experiencia, dibujos para construir algún aparato, etc. A menudo estas hojas, junto con fotocopias variadas y otros papeles diversos, llenan algunos de nuestros estantes de tal manera que nos cuesta más tiempo del deseado encontrar el papel que nos ha pedido esa compañera o que necesitamos para la clase de mañana. No encontramos nunca el tiempo, ni el estímulo, necesarios para clasificarlos, ordenarlos, y tenerlos bien dispuestos.

Seguramente muchos de esos trabajos sólo están a falta de un empujoncito final para redondearlos y darles forma definitiva, forma de publicación. Quizá a alguien se le pasó por la cabeza hacer ese esfuerzo de redacción final para enviarlo al boletín, pero necesitó un número de páginas que consideró excesivo y así su pereza encontró justificación.

La propuesta concreta que hacemos consiste en publicar, separadamente del boletín, en la forma que se estime conveniente y que dependerá del material a publicar (según su volumen, fundamentalmente), aquellos materiales que tengáis a bien hacernos llegar. Estas publicaciones, editadas por la

ApEA con todos los requisitos legales (ISBN incluido), se enviarían a cada socio gratuitamente.

La idea inicial se refiere a materiales para la clase, a actividades a realizar con los alumnos, detalladas y desarrolladas, que es lo que, posiblemente, más nos interesa. Algunas de estas actividades pueden ocupar 4 páginas, otras quizá requieran 8 o 10 debido a los dibujos necesarios. No importa. Aceptad el empujón que pretendemos daros y escribid.

Como sugerencia para dar algo de unidad a vuestras contribuciones, Rosa M^ª Ros, siguiendo básicamente el esquema de los cuadernos de la CLEA francesa, ha elaborado el siguiente guión, en el que se enumeran aquellos apartados en los que podría desglosarse un artículo en el que se desarrolle una actividad para la clase:

- Título
- Autor
- Nivel
- Objetivos
- Definiciones
- Material
- Actividad
- Ejercicios
- Evaluación
- Complementos para el profesor
- Bibliografía
- Apéndices

No hay que insistir (pero lo hacemos) en que este esquema representa un modelo básico al que no es preciso atenerse estrictamente. En cada trabajo particular puede sobrar o hacer falta algún apartado. Cada uno sabrá adaptar este guión a sus particularidades.

Si hay que insistir, en cambio, en que la oferta de publicaciones no se limita a este tipo de materiales para la clase, en este formato ya un poco encorsetado y con un número máximo de páginas. Para nada. Todo lo contrario. Está abierta a cualquiera de vuestras iniciativas. Si alguien tiene escrita una guía de 50 páginas para la construcción y uso del astrolabio esférico (es un ejemplo tan absurdo o tan válido como cualquier otro) y cree que merece la pena que sea publicado por la ApEA, no tiene más que enviarnos su propuesta.

Astronomía diurna

Autores Varios*

Los autores, integrados en el Grup Astre, realizan una propuesta didáctica acerca de cómo cambia la duración de los días. Dicha propuesta se integra en el diseño curricular de Astronomía y está adecuada al primer ciclo de ESO.

En este diseño curricular comenzamos realizando con atención cuidadosas observaciones de fenómenos que nos son familiares, luego trataremos de buscar la causa de estos fenómenos; es decir, pasaremos de los hechos tal como se observan desde la Tierra (por ejemplo, una puesta de Sol) a la emisión de hipótesis o intentos de explicación de lo que ocurre en realidad; o sea, cómo interpretamos el hecho de que el Sol se ponga cada día.

Objetivos generales

El diseño curricular persigue los siguientes objetivos generales:

- Que las alumnas y los alumnos aprendan a observar.
- Que, a partir de las observaciones, sean capaces de inventar y manejar esquemas explicativos.

Un ejemplo

"A partir de algo que todos conocemos, como es el que los días son distintos ahora (estamos en octubre) de como eran en verano, intentaremos, en primer lugar, profundizar en ese conocimiento, preguntándonos lo siguiente:

1. ¿En qué aspectos notamos nosotros que los días son distintos ahora de como eran en verano?
2. ¿Qué causa podría explicar el que los días sean distintos?"

En la primera pregunta se les pide que reflexionen sobre las observaciones elementales que distinguen los días de verano de los del invierno. (Figura 1.)

Las observaciones más citadas por los alumnos son éstas:

- "Anochece antes."
- "Los días son más cortos."
- "Hace más frío."
- "La posición de la Tierra sufre cambios."

Hay que señalar dos cuestiones de interés, a raíz de estas respuestas:

- Las observaciones son incompletas, suelen estar mal expresadas e,

FIGURA 1
DIBUJOS DE UN ALUMNO

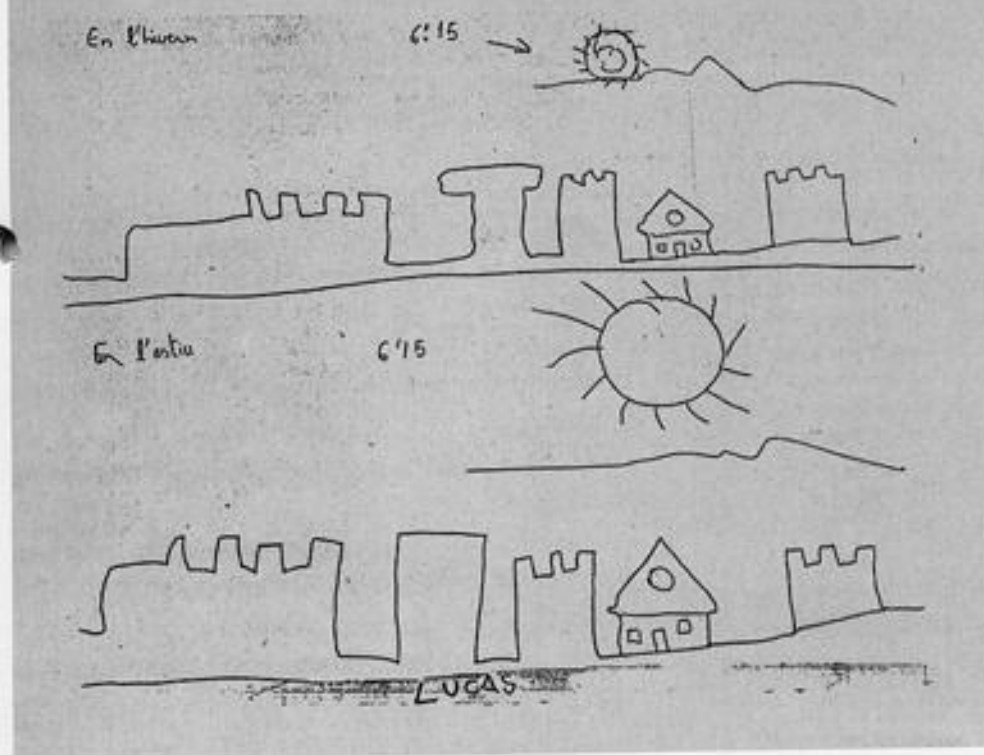
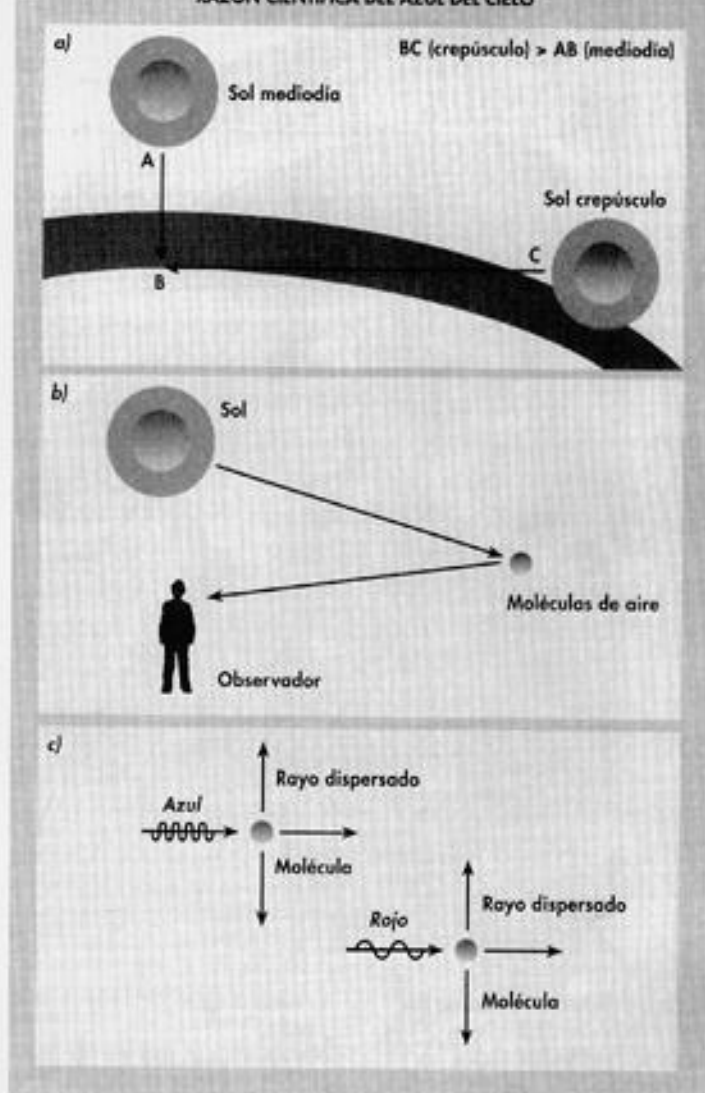


FIGURA 2
RAZÓN CIENTÍFICA DEL AZUL DEL CIELO



El segundo objetivo general, como se ha afirmado, será que los alumnos, a partir de las observaciones realizadas, sean capaces de inventar y manejar esquemas explicativos (modelos).

¿Cómo cambia la duración de los días?

La alternancia de los días y las noches es un ciclo conocido desde la más tierna infancia. De la misma forma, la desigualdad de las duraciones relativas de los días y de las noches a lo largo del año es otro ciclo que el alumno ha podido observar y del que conoce las principales características cualitativas ("En verano los días son más largos que las noches; en invierno es al contrario"). Aquí nos proponemos ir un poco más allá en el conocimiento de los fenómenos, analizando datos numéricos y pasando luego a su interpretación.

¿Qué piensan los alumnos?

Los alumnos suelen citar como el aspecto que diferencia a los días de verano de los de invierno su distinta duración. En muchos casos, sólo se reconoce lo más evidente: que anochece antes, sin saber muy claramente qué ocurre respecto al amanecer.

- Saben que el cambio en la duración de los días se produce a lo largo del año, pero no son conscientes de su carácter cíclico.
- Los conceptos de *equinoccio* y *solsticio* son poco conocidos.

Objetivos específicos

- Discutir el doble significado del concepto *día*: período de 24 horas y tiempo que dura la claridad del Sol sobre el horizonte.
- Descubrir el concepto de *crepúsculo*.
- Comprender el papel de la atmósfera en la observación de salidas/puestas de Sol.
- Saber interpretar datos a partir de un documento (datos de salidas y puestas de sol extraídos del calendario).
- Llevar a cabo predicciones a partir del conocimiento parcial de los datos.
- Conocer la existencia de días especiales, equinoccios y solsticios, y su relación con las festividades.
- Distinguir entre hora solar y oficial. Discutir la necesidad del cambio de horario de verano y de invierno. Sus ventajas e inconvenientes.

Actividades y comentarios

Como hemos dicho antes, los alumnos conocen que en los días de invierno anochece antes y los días son más cortos. Vamos a estudiar con mayor profundidad estos aspectos, realizando algunos cálculos.

incluso en algunos casos, son incorrectas; por ejemplo, cuando dicen que en invierno anochece antes y también amanece antes.

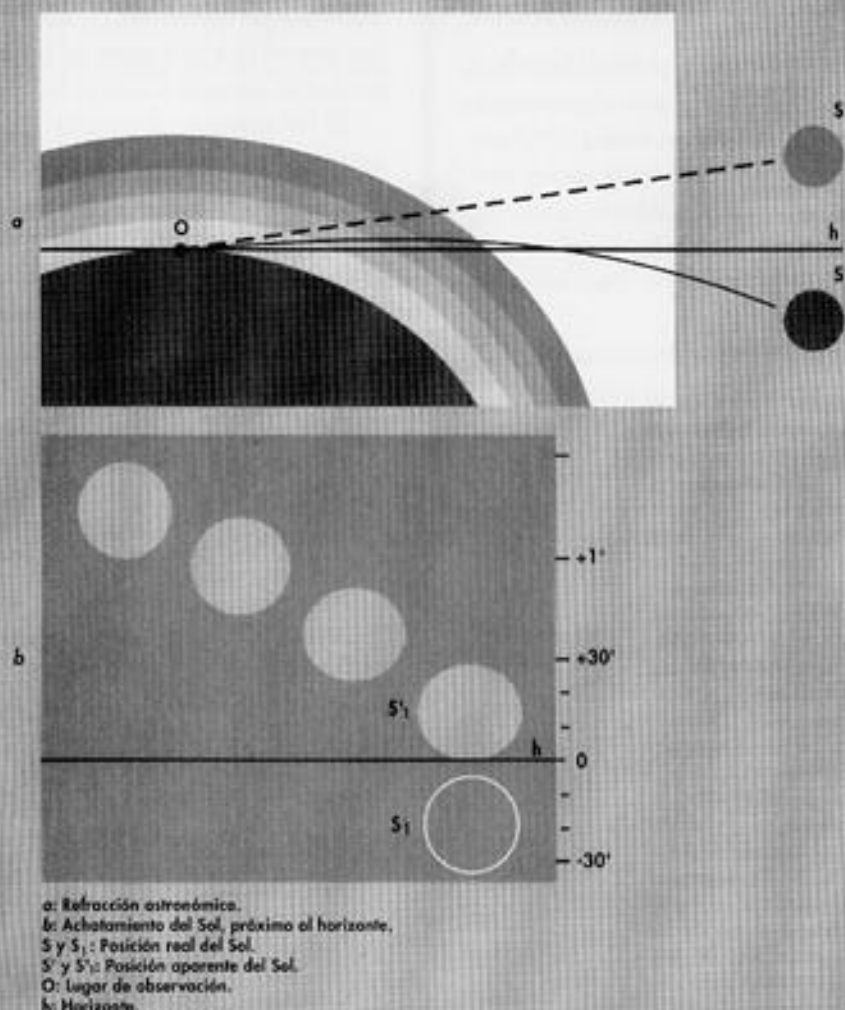
- En otros casos, no se sabe distinguir entre lo que es un hecho observacional y una interpretación; por ejemplo, la afirmación de que la posición de la Tierra cambia (en verano la Tierra está más cerca del Sol).

Por lo tanto, podemos concluir que nuestros alumnos o no saben observar u observan mal. Así que, como hemos dicho, el primer gran objetivo general será conseguir que los alumnos aprendan a observar.

En la segunda pregunta, se pide a los alumnos que sugieran posibles explicaciones de los fenómenos observados. Acerca de las explicaciones presentadas, podemos señalar lo siguiente:

- Los dibujos no representan lo que se quiere expresar, lo que nos indica una dificultad de expresión no sólo escrita sino, sobre todo, gráfica y de perspectiva.
- La existencia de errores conceptuales.

FIGURA 3
RAZÓN CIENTÍFICA DE LA REFRACCIÓN ATMOSFÉRICA



Los conceptos de día, noche y crepúsculo

El concepto *día* tiene un doble significado que conviene aclarar para evitar malentendidos. Al mismo tiempo, se aprovechará la discusión para introducir la noción de *crepúsculo*.

1. "Intenta definir los conceptos de día y noche."

Los alumnos se dan cuenta de que la palabra *día* hace referencia a dos conceptos distintos. Por una parte, nos referimos a un período de 24 horas; por otro, al tiempo transcurrido desde una salida del Sol a la siguiente, concepto que definiremos con detalle más adelante.

Además, hay otro significado de *día* que es el que interesa discutir aquí: es el del tiempo que hay claridad debido a que el Sol se encuentra sobre el horizonte. Así se definiría la *noche* como el tiempo de oscuridad debido a que el Sol está por debajo del horizonte. En este sentido, las definiciones de

día y *noche* son imprecisas y nos obligan a tener que introducir el concepto de *crepúsculo*.

2. "¿Sabes qué es el crepúsculo? Intenta definirlo."

En relación al crepúsculo, el lenguaje de la calle es impreciso, utilizándose algunos sinónimos como *aurora* (al amanecer) u *ocaso* (al atardecer). Nosotros llamaremos *crepúsculo vespertino* al período de tiempo que hay entre la puesta del Sol y la oscuridad, y *crepúsculo matutino* al comprendido entre la oscuridad y la salida del Sol. Ahora bien, según el tipo de oscuridad que tratemos, existen tres tipos de crepúsculo: civil, náutico y astronómico.

Si todavía podemos leer al exterior, nos hallamos en el *crepúsculo civil*; es decir, desde que se pone hasta que el centro del disco solar se encuentra 6° por debajo del horizonte (-6°).

Si ya no podemos leer, pero nos es posible separar la línea del horizonte entre el cielo y la tierra (en el mar, la divisoria entre el mar y el cielo), tenemos el *crepúsculo náutico*, hasta

que la altura del Sol es -12° . Cuando solamente podemos ver estrellas más brillantes de la 5.^a magnitud nos encontramos en el crepúsculo astronómico, hasta que el Sol se encuentra 18° por debajo del horizonte (-18°).

3. "Observación de una salida o puesta del Sol. Describe y dibuja los cambios que se producen durante el crepúsculo. Intenta medir cuánto dura." (A realizar en casa.)

Los alumnos pueden citar las observaciones siguientes:

- "El cielo es azul."
- "El Sol se enrojece, color del cielo, de las nubes."
- "El Sol se ve achatado."
- "El Sol aumenta de tamaño."
- "Aunque el Sol ya no está sobre el horizonte, continúa habiendo claridad, el cielo se enrojece."

El profesor pedirá a los alumnos que fotografíen o que busquen fotos en revistas en las que se aprecien los fenómenos observados.

4. "¿Cuál crees que es la causa del crepúsculo? ¿Cuál es la causa de los cambios que se producen durante él?"

El profesor puede mostrar algunas diapositivas:

- Un paisaje soleado con un cielo azul.
- Una puesta de Sol (achatado).
- La Tierra vista desde la Luna.

Con esta actividad, se trata de que los alumnos reconozcan el papel que desempeña la atmósfera. Los fenómenos implicados son de difícil explicación teórica para los alumnos de esta edad, pero siempre es posible realizar una reproducción casera de ellos.

- *El cielo es azul*, debido a que la luz azul es dispersada por las partículas de la atmósfera terrestre (Figura 2). El crepúsculo tiene lugar por la dispersión de la luz en las altas capas atmosféricas. En la Luna, debido a la ausencia de atmósfera, el cielo es de color negro y no existen crepúsculos.

- *El Sol se enrojece*, porque la luz de longitud de onda corta (azul) se absorbe por las capas de la atmósfera más eficazmente que la luz de longitud de onda larga (roja). Así, los atardeceres rojos indican que hay muchas partículas en suspensión en la atmósfera, por lo que señalan viento o polución.

Reproducción: Poner unas gotas de leche en una cubeta de agua. Proyectar un haz de luz (proyector de diapositivas con un diafragma circular o una linterna) sobre una pantalla alejada.

Se observa que la luz que atraviesa la cubeta es de color rosa. La luz difundida en la dirección perpendicular es azulada.

- *El Sol se ve achatado*, pues, debido a la refracción atmosférica (Figura 3), el limbo inferior del Sol asciende mucho más que el superior.

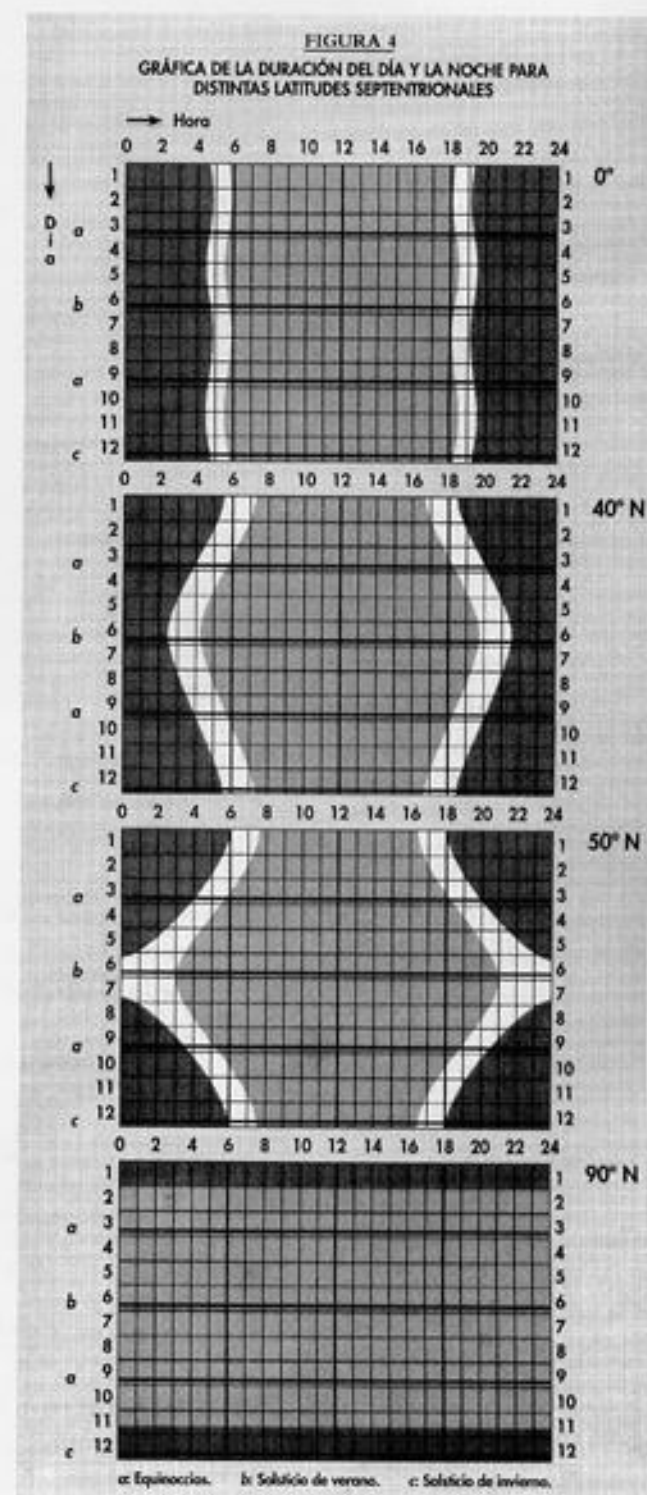
Reproducción: Para simular las capas de aire cuyo índice de refracción decrece con la altitud, se puede utilizar una disolución progresiva de azúcar en agua. Para esto, se cubre el

fondo de la cubeta de trozos de azúcar y se añade poco a poco el agua con unas gotitas de leche. Se proyecta un haz de luz por la zona intermedia que es la de mayor variación del índice de refracción.

Se observa que la imagen sobre la pantalla es más baja que en el caso anterior y que es achatada.

- *El Sol aumenta de tamaño*. Esto es una ilusión óptica (al contrario: el diámetro horizontal permanece invariable, pero el vertical, ¡se acorta!). Se puede realizar una pequeña investigación sobre este tema.

Aprendiendo a manejar los datos del calendario.



Para empezar, es conveniente que nos aseguremos de que saben utilizar la información que les vamos a facilitar; en concreto, el manejo de la notación sexagesimal. Éste es el objeto de la actividad siguiente.

5. "A partir de los datos del calendario, las horas de salida y puesta de Sol son éstas:

- Fecha: 15 de agosto.
- Salida del Sol: 4.59 h.
- Puesta del Sol: 6.51 h.
- Hoy:
- Salida del Sol:
- Puesta del Sol:

¿Qué comentarios puedes hacer al comparar estas dos fechas?"

En primer lugar, cabe aclarar que, si les facilitamos los datos del calendario, éstos están en hora solar. Es conveniente que les hagamos darse cuenta de ello, por ejemplo, preguntándoles si se acuerdan a qué hora se ponía el Sol en verano: ¿era a las 7 h.? Sobre los distintos tipos de horarios (solar, de verano y de invierno) hablaremos más adelante.

Los comentarios que se pueden hacer se refieren a qué día amanece antes, o bien el cálculo de la duración del día y de la noche. Aparte de estos comentarios, puede surgir el cálculo del mediodía (se determina por la media aritmética de las horas de salida/puesta del Sol), pero si no sale, lo mejor es no citarlo, dejando este comentario para más adelante e introduciéndolo cuando tratemos el estudio de la sombra de un gnomon.

6. "Sabes qué día ha empezado el otoño? ¿Sabes qué nombre se le da a ese día?"

Los alumnos conocen estos datos, pero seguramente los han olvidado, por lo que el profesor puede presentarles un recorte de periódico en el que aparezcan. En la Figura 4 aparece la gráfica de la duración del día y de la noche (para distintas latitudes septentrionales) con los dos equinoccios (a), el solsticio de verano (b) y el solsticio de invierno (c).

7. "A partir de los datos de salida y puesta del Sol, correspondientes al mes de septiembre, ¿qué comentarios podemos hacer respecto de las horas de salida y puesta del Sol y la duración de los días?"

La importancia del mes de septiembre está en que hay un día en el que la noche y el día son de igual duración. Para ayudarles a que se den cuenta de esto, podemos pedir a los alumnos que comparen el primer día de septiembre con el último. Con sorpresa, nos encontramos que este día es el 26, inicialmente, podemos llamar a este día equinoccio (la duración del día es igual que la duración de la noche) y dejar para más adelante la discusión de por qué no es el día 23. (Se debe a la refracción atmosférica, pues, como se observa en la Figura 3, este fenómeno óptico hace subir ligeramente la posición del Sol respecto a la posición real, adelantando la salida -y retrasando la puesta- unos minutos, alterando así la duración real. En Sueca [39° 13' N], el 23 de septiembre

el Sol sale a las 5.49 h. y se pone a las 17.56 -cuando realmente es a las 5.53 y a las 17.53, respectivamente-, y el mediodía es a las 11.53, ya que el Sol va adelantado 7 minutos en la ecuación de tiempo.)

8. "¿Cuál crees que es la causa de que el día del equinoccio no tenga exactamente doce horas de día y doce de noche?"

Éste es un buen momento para repasar el concepto de refracción; debido a esto, la duración observada de los días (que es la que aparece en el calendario) no coincide con la duración real.

***El Grup Astre** lo componen las siguientes personas: **Bernat Martínez**, del IB "Pere M^o Orts y Bosch" de Benidorm; **Vicent L. Gimeno**, del IES "Ribera Baixa" de Sueca; y **M. Àngels Falcó** y **Manuel Delgado**, del CP "Mestre Gaspar López" de Benidorm.

Más información:

IES "Ribera Baixa"

Camí dels Dos Pontets, s/n

46410 Sueca. Valencia

Telf. y fax (96) 170 25 25

PARA SABER MÁS

Calendari dels pagesos, 1995.

Calendario "zaragozano", 1995.

Jou, D., y Baig, M. (1993): *La naturaleza y el paisaje*, Barcelona: Ariel.

Rükl, A. (1980): *Astronomie, guide de l'amateur*, París: Gründ.

Seeds, M. (1990): *Fundamentos de Astronomía*, Barcelona: Omega.

INFORMACIÓN GENERAL: NOTAS Y NOTICIAS

La JUNTA. La Asociación para la Enseñanza de la Astronomía (ApEA) en su asamblea general del 13 de Septiembre último en Pamplona renovó alguno de sus cargos. El nombramiento de la Junta es por dos años como marcan los estatutos y dicha Junta quedó compuesta por los siguientes socios:

Presidente: Simón García García

I.E.S. Luis Manzanares
Avda. Cervantes s/n
30700 TORREPACHECO (Murcia)
Nº Fax: 968-578390

Vicepresidente: Eduardo Zabala

I.B. Ondárroa
Artibai k. 3-5
48700 ONDARROA
Nº Fax: 94-6830089

Secretario: Luis Pérez

I.B. Emilio Prados
c/ L. Barahona de Soto 16
29004 MÁLAGA
Nº Fax: 95-2232914

Tesorero: Javier Marijuán

C.E.I. Cáceres
Avda. Universidad s/n
10004 CÁCERES
Nº Fax: 927-213705

Vocal: Javier Armentia

Planetario de Pamplona
c/ Sancho Ramírez s/n
31008 PAMPLONA
Nº Fax: 948-261919

Vocal: Rosa María Ros

Universidad Politécnica de Cataluña
Dep. Matemática aplicada y Telemática
c/ Gran Capitán s/n, módulo C 3
08034 BARCELONA
Nº Fax: 93-8967700

Vocal: Antonio Arribas

I.B. Rey Pastor
c/ José de Pasamonte 17
28030 MADRID
Nº Fax: 91-4371764

Vocal organizador de encuentros: Vicente López

Parque de las Ciencias
Avda. del Mediterráneo s/n
18006 GRANADA

Editora: Ederlinda Viñuales

I.E.S. Goya
Avda. Goya nº 45
50006 ZARAGOZA
Nº Fax: 976-563603

Publicamos las direcciones de los miembros de la Junta Directiva por si algún socio desea ponerse en comunicación con cualquiera de ellos. Por otro lado, recordamos que las colaboraciones se deben enviar directamente a la editora.

Para cualquier otra información que deseéis podéis dirigios directamente a la persona de la Junta que creáis que mejor os puede proporcionar dicha información.

La EAAE. Quiero recordaros que existe la posibilidad de subscribirse a la European Asotiation for Astronomical Education. Que a esta asociación europea pertenecemos como asociación nacional, que la cuota de inscripción es de 10 Ecus solamente y que se cobra conjuntamente, a los socios, con la cuota de la ApEA. Si alguno de vosotros está interesado podéis solicitar la hoja de inscripción a Eduardo Zabala.

Dentro de los proyectos que esta asociación tiene para el curso presente el ya conocido **Astronomy On Line**. Se puede encontrar toda la información para participar o simplemente ojear los ejercicios propuestos en la dirección **web**: <http://www.algonet.se/~sirius/eaee/aol>. En esta dirección también aparece información sobre el evento de Lisboa que será el punto culminante del proyecto **Sea and Space**.

SEA AND SPACE. Entre otros subproyectos relacionados con los océanos se celebrará Sea and Space. Consistirá en un concurso doble entre alumnos en cada uno de los países europeos; los premiados serán invitados a Lisboa a finales de Septiembre del 98.

Los participantes más jóvenes (entre 10 y 13 años) deberán presentar posters con el tema de los navegantes, océanos, ESA (agencia espacial europea), etc. Los carteles se expondrán en Lisboa.

Los mayores (entre los 14 y 18 años) deberán presentar en grupos de un máximo de tres alumnos y un profesor, un periódico en su lengua nacional/oficial sobre estos mismos temas.

De la información y coordinación de estas actividades, en otras ocasiones, se ha encargado el Planetario de Madrid. Hasta el momento no sabemos nada oficial, mientras, los interesados en obtener más información sobre este bonito proyecto pueden solicitarla a Eduardo Zabala: Teléfono: 94-6830098, Fax: 94-6831921 y e-mail: ezabala@sinix.net

Espero que muchos os animéis y participéis en este nuevo concurso de la EAAE.

CURSOS DE VERANO. Espero que a todos vosotros os haya llegado el programa del Encuentro Hispano-Luso **"El universo y yo"** que convoca la Fundación Santa María. Las solicitudes para participar deben enviarse a la Fundación (Doctor Esquerdo, 125, 3º - 28007 Madrid) antes del 1 de Mayo de 1998. Si alguno no ha recibido las bases o las ha extraviado, recordar los plazos y no dudéis es solicitárnoslas de nuevo.

También se habló en la Asamblea de Pamplona de la convocatoria de un curso de formación por el grupo de trabajo de la EAAE correspondiente a estas actividades. Este curso se realizará en las proximidades de Roma (Italia) desde el 20 al 25 de Julio de 1998. Por acuerdo de la Junta

en su reunión anual del año 1996, se establecieron dos ayudas económicas para socios de la ApEA que estén interesados en asistir a este tipo de cursos. Sólo quisiera hacer saber que estos cursos de formación se imparten por miembros de la EAAE de diferentes países y que el programa es de contenidos interesantes, de nivel medio-alto y completo.

También cabe la posibilidad que se monte de nuevo este próximo verano un curso de Astronomía en la Universidad de Verano de Teruel; si es así os lo haríamos saber enviándoos el programa.

MATERIALES. Con la convocatoria de la Fundación Sta. María se envió unos folletos publicitarios. Los videos de los que se habla parecen estar muy bien. Si alguien quiere más información al respecto que se ponga en comunicación con Eduardo Zabala.

PAGINA WEB DE LA ApEA. Nuestra página web mejorada y ampliada la podéis visitar en la dirección:
<http://www.meridian.es/usuarios/apea>

LA TRIGONOMETRIA EN LA ASTRONOMIA (I)

Ederlinda Viñuales Gavín

Este trabajo presenta unos prácticas que el alumno puede desarrollar en clase, con la ayuda del profesor, siguiendo los pasos que se explican en cada una de las parte de que consta. Es, como puede constatarse con una simple ojeada, una buena forma de aplicar los conocimientos que el alumno haya adquirido en la clase de matemáticas.

Vamos a suponer que en tus clases de matemáticas ya has estudiado la trigonometría y por lo tanto te puedes manejar con ella. Ahora ya conoces su contenido, has aprendido sus definiciones, conceptos y fórmulas y también la has aplicado para resolver los ejercicios y problemas que se han ido planteando en la clase. Pero probablemente te preguntes si todas esas definiciones y fórmulas que has aprendido tienen alguna utilidad fuera de la clase de matemáticas. La contestación a esa pregunta es muy sencilla: sí.

Quizá mencionar todo lo que necesita de la trigonometría para su desarrollo o ejecución es prácticamente imposible pues además de ser largo y difícil, nuestro conocimiento en muchos campos de la Ciencia es muy escaso y en otros muchos, nulo. Por ese motivo nos vamos a centrar, únicamente, en algún problema planteado dentro del campo de la Astronomía, que necesite para su resolución de esta parte de las matemáticas.

Los problemas de Astronomía que hemos elegido y que necesitan de la trigonometría para su resolución son los tres siguientes:

- I. Cálculo de distancias en el sistema Tierra-Luna-Sol
- II. Cálculo del radio de la Tierra y de la longitud de un meridiano
- III. Cálculo de la distancia de la Tierra a las estrellas, aunque en este boletín sólo aparece la primera parte, el resto aparecerá en el boletín siguiente.

I.- CALCULO DE DISTANCIAS EN EL SISTEMA TIERRA-LUNA-SOL

Aristarco de Samos fue un importante astrónomo griego que vivió en el siglo III a. de C. Perteneció a la escuela de Alejandría junto con otros importantes científicos como Eratóstenes, Hiparco y Ptolomeo. Aunque su obra principal sobre el sistema del mundo se perdió, por referencias, sobre

todo en el Almagesto (libro escrito por Ptolomeo en el siglo II d. de C. que recoge todos los conocimientos y teorías sobre el mundo que hasta entonces habían existido), se le considera como el primer astrónomo que puso las bases del sistema heliocéntrico. Tendrían que pasar 19 siglos hasta que Copérnico en el siglo XVI volviera a retomar la idea original de Aristarco y empezara a prevalecer este sistema sobre todos los que anteriormente habían existido. En cambio sí se conoce su libro "De la magnitud y la distancia del Sol y de la Luna", en el que desarrolla un método totalmente correcto para la determinación de las distancias de la Tierra al Sol y a la Luna. A continuación vamos a explicar el método que utilizó Aristarco para hallar una relación entre estas distancias.

1º.- RELACIÓN ENTRE LA DISTANCIA TIERRA-LUNA Y TIERRA-SOL

Para establecer esta relación Aristarco ideó un método muy ingenioso. En primer lugar consideró el triángulo Tierra-Luna-Sol en el momento en que la Luna está medio llena ya que en ese momento el triángulo T-L-S es rectángulo (Figura 1).

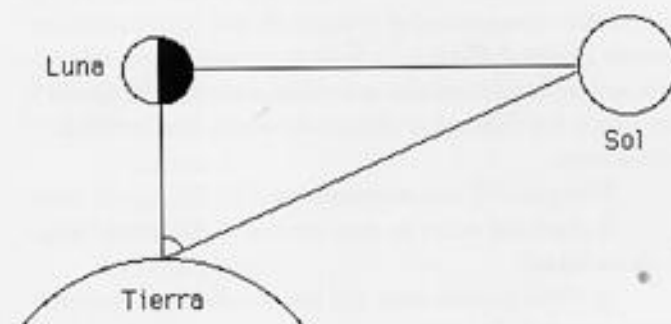


Figura 1

Aristarco esperó que los dos astros estuvieran a la vez en el cielo y además que la Luna estuviera medio llena para poder medir el ángulo LTS. El valor que encontró para este ángulo fué de 87° . Para llegar a este resultado, Aristarco, que había observado que la visibilidad exacta de la Luna medio llena se produce poco antes del cuarto creciente, determinó que el tiempo transcurrido desde que se ve la Luna medio llena hasta el cuarto creciente es de 6 horas. Como la Luna al girar alrededor de la Tierra tarda, de Luna nueva a Luna nueva (periodo sinódico), 29 días aproximadamente pudo calcular el valor del ángulo α de la figura 2 que resultó ser de 3° . (Figura 2).

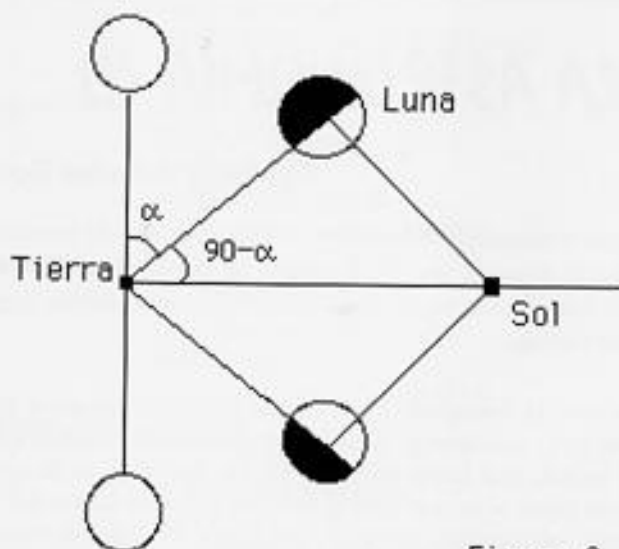


Figura 2

A continuación se pide repetir el proceso que utilizó Aristarco pero haciendo uso de la trigonometría. Aristarco no pudo usarla puesto que no la conocía. La trigonometría nació con Hiparco en el siglo II a. de C..

Para ello resuelve los siguientes apartados:

- Dibuja el triángulo T-L-S
- ¿Con los datos que posees puedes resolver el triángulo?
- Dibuja de nuevo el triángulo correctamente con los valores que conocen de los ángulos y tomando además $TL = 1$ cm.
- Mide la longitud TS con una regla.
- ¿Qué relación existe entre la distancia TL y TS?

La relación que vas has conseguido es errónea. Debido a la imposibilidad en la época que vivió Aristarco de determinar con exactitud el instante en que la Luna está justamente medio iluminada le llevó a conseguir una relación errónea aunque, el método que utilizó era correcto. Como tu has usado los datos que obtuvo Aristarco has cometido el mismo error.

El ángulo LTS vale exactamente $89^\circ 51'$, por lo tanto:

- ¿Cuántas veces es más grande la distancia TS que TL en realidad?
- ¿Qué puedes decir del tamaño del Sol en comparación con el de la Luna?

2º - RELACION ENTRE EL DIAMETRO DE LA LUNA Y LA DISTANCIA TL Y LA DISTANCIA TS

Aristarco también había observado que los tamaños aparentes del Sol y la Luna eran iguales ya que ambos se ven bajo un ángulo de medio grado (Figura 3).

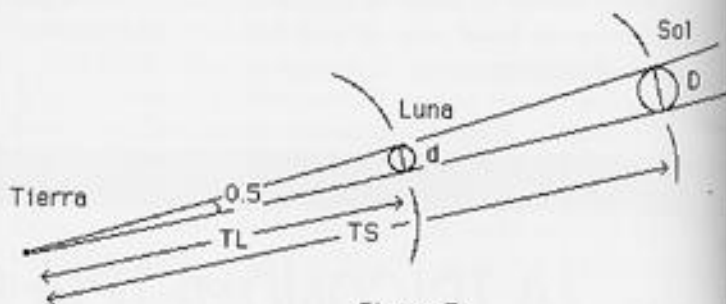


Figura 3

Esto le llevó a concluir que la misma relación que había entre las distancias TL y TS, existía entre los tamaños de la Luna y el Sol.

Observando la figura 3 se deduce que si a 0.5° le corresponde la distancia D (diámetro del Sol) a 360° (la circunferencia completa) le corresponde $2\pi TS$, por lo que se obtiene la relación:

$$720D = 2\pi TS \quad \text{por lo tanto} \quad TS = \sqrt{720 D; 2\pi}$$

Si repetimos el proceso para la Luna, que como ya hemos dicho el ángulo bajo el que se observa su diámetro d , es también de 0.5° , se obtiene la relación:

$$720d = 2\pi TL \quad \text{por lo tanto} \quad TL = \frac{720 d}{2\pi}$$

A continuación:

- Escribe la relación entre d y D .
- ¿Cuántas veces es más grande TL que d ? ¿Y que D ?
- ¿Cuántas veces es más grande TS que D ? ¿Y que d ?

Aristarco no podía hallar las distancias reales TL y TS ya que necesitaba conocer d ó D . Ante este problema, continuó trabajando, intentando hallar estas distancias en función de otra más fácil de calcular que d o D : el diámetro de la Tierra. Este valor fue hallado por Eratóstenes casi un siglo después.

3º - RELACION ENTRE EL DIAMETRO DE LA TIERRA Y EL DE LA LUNA

Los dos apartados anteriores nada más indican relaciones entre distancias astronómicas, pero gracias a un eclipse de máxima duración consiguió convertirlas en absolutas. (Un eclipse de máxima duración se produce cuando la

Luna en su órbita pasa por el centro de la sombra que proyecta la Tierra en dirección contraria al Sol).

Aristarco primero midió el tiempo transcurrido desde el contacto inicial de la Luna con la sombra de la Tierra al que llamaremos t_1 (Figura 4) y el instante en el que la Luna queda completamente sumergida en el cono de sombra t_2 : $t_2 - t_1$.

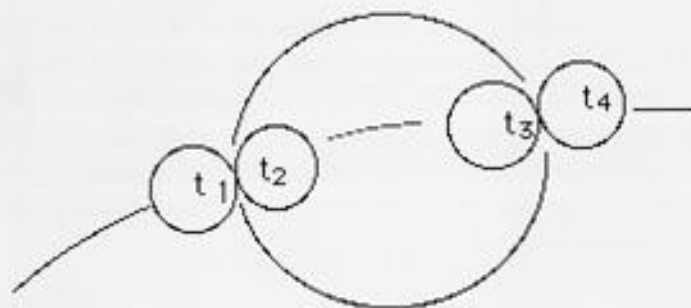


Figura 4

Después midió el tiempo que permaneció oculta: $t_3 - t_2$ y descubrió que $t_2 - t_1 = t_3 - t_2$, es decir que tarda el mismo tiempo en quedar totalmente tapada que en atravesar la sombra producida por la Tierra (Figura 5). Por lo que concluyó que la anchura de la sombra de la Tierra en la región que es atravesada por la Luna era doble que el diámetro del satélite.

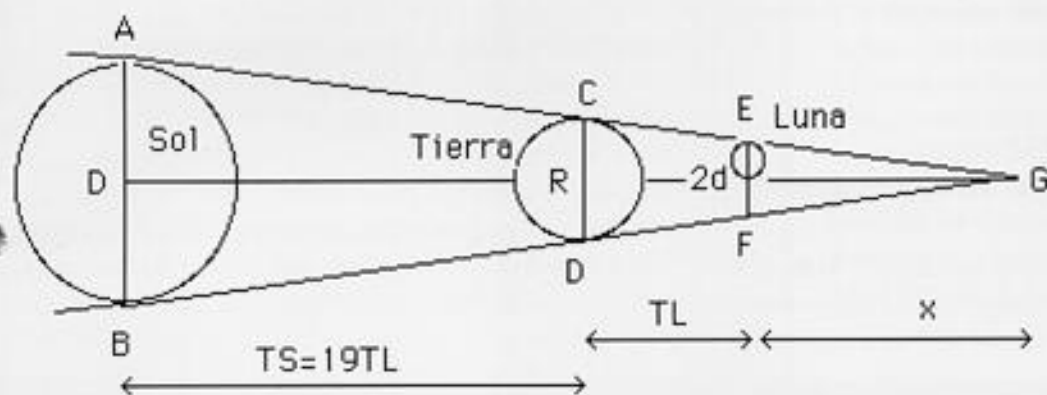


Figura 5

Recordando que $D = 19d$ y que $TS = 19TL$, de la figura 5 se puede determinar d y TL en función del diámetro de la Tierra: R .

De los triángulos semejantes GAB y GCD se obtiene la relación siguiente:

$$\frac{x}{2d} = \frac{x + 20 TL}{19d} \quad (1)$$

De los triángulos semejantes GCD y GEF se obtiene:

$$\frac{x}{2d} = \frac{x + TL}{R} \quad (2)$$

Vamos a ver a continuación como se procede siguiendo el método de Aristarco:

1º.- En la ecuación (1) se despeja x en función de TL y se sustituye en la ecuación (2):

Despejamos x en (1):

$$19x = 2x + 40TL; 17x = 40TL \implies x = \frac{40TL}{17}$$

Si este valor de x se sustituye en (2) se tiene:

$$\frac{57}{R} = \frac{20}{d} \rightarrow \frac{d}{R} = \frac{20}{57}$$

siendo d/R la relación que existe entre el diámetro de la Luna y de la Tierra.

2º.- Ahora podríamos preguntarnos qué relación hay entre el diámetro del Sol y de la Tierra.

En los apartados anteriores hemos hallado que $D = 400d$ y $TS = 400TL$; considerando que el ángulo que midió Aristarco ($\alpha = 3^\circ$ por lo tanto $90 - \alpha = 87^\circ$) vale en realidad $89^\circ 51'$, que el diámetro de la Tierra es $R = 12.756$ kms. y que la razón real entre el tiempo que tarda la Luna en quedar totalmente tapada y el que esta oculta (hallada en este último apartado) es $2.6/1$.

Teniendo en cuenta todo esto se pide:

- Dibujar de nuevo la figura 5 pero con los datos que se han dado en el párrafo anterior.
- Escribir de nuevo para este caso las ecuaciones (1) y (2).
- Calcular d .
- Calcular D .
- Calcular TL .
- Calcular TS .

BIBLIOGRAFÍA

CÓMO DESCUBRIR EL FIRMAMENTO CON PRISMÁTICOS

Autor: PATRICK MOORE. Editorial: Cambridge University Press 1986. Edición revisada y aumentada: febrero 1997.

En *Cómo descubrir el firmamento con prismáticos* Patrick Moore nos describe cómo el propietario de unos simples prismáticos puede utilizarlos para la observación astronómica. Este libro propone la descripción del cielo de los prismáticos, con detalles de los objetos más interesantes y mapas que muestran cómo pueden ser utilizados.

Para esta última edición el autor ha puesto el texto completamente al día, y ha añadido también unos Apéndices, en los que da listas de objetos adecuados para la observación con prismáticos. También ha incorporado un epígrafe para aconsejar a quienes están deseosos de ir un poco más allá y adquirir un telescopio.

Patrick Moore es un conocido divulgador de la Astronomía. Invitado en el show televisivo mensual *The Sky at Night* desde 1957, es un distinguido y prolífico autor de más de 70 libros de Astronomía. Ha sido Presidente de la British Astronomical Association. Sus contribuciones para el público entendido de Astronomía han sido reconocidas de forma especial por la Sociedad Astronómica del Pacífico, la Sociedad Astronómica Italiana y la Real Sociedad astronómica. Patrick Moore es un gran entusiasta, siempre ha animado a todo el que tenía un cierto interés por el cielo nocturno a salir y observar.

OUR EVOLVING UNIVERSE

Autor: MALCOLM S. LONGAIR. Editorial: Cambridge University Press. 1996

El Universo que nos envuelve es una lúdica, no técnica y entusiasta introducción a los entendidos en Astronomía y cosmología corrientes. Ilustrado con las últimas imágenes en

color del Universo tomadas desde los telescopios más importantes del mundo, este libro proporciona también una visión coloreada del Universo.

Malcolm Longair nos expone en su libro los últimos resultados obtenidos por los astrónomos sobre el nacimiento de estrellas, la búsqueda de agujeros negros y materia oscura, los últimos tests del Big Bang, etc. El autor conduce al lector al entendimiento de las claves de las cuestiones a las que la investigación futura de astrónomos y cosmólogos deben responder.

INTRODUCTION TO COSMOLOGY

Autor: MATTS ROOS. Editorial: Wiley & Sons. Segunda Edición 1997

La segunda edición de *Introduction to Cosmology* proporciona un autoritario aunque conciso estudio de la cosmología a un nivel introductor. Comenzando con aspectos elementales, conduce al lector a los más avanzados conceptos, incluyendo relatividad, inflación cósmica, fases de transición y formación de galaxias.

Ilustrado por completo y referenciado de forma comprensible, plantea algunos problemas al final de cada capítulo. La segunda edición de este libro ofrece las siguientes nuevas características:

- Minucioso examen del parámetro de Hubble y de la edad del Universo un cuanto a las medidas técnicas.
- Sección completamente nueva sobre gravitación y otros tests de relatividad general.
- Extensas secciones sobre materia oscura, agujeros negros y microondas cósmicas de fondo.

El libro en general, es de fácil lectura y partiendo de un nivel muy elemental llega a alcanzar una dificultad considerable. De todas formas es un buen libro de introducción a la Cosmología.

Editora:

Ederlinda Viñuales
I.E.S. Goya
Avda. Goya, n.º 45
50006 ZARAGOZA
N.º Fax: 976 56 36 93

Normas de edición para las colaboraciones a este Boletín:

Cualquier persona que quiera colaborar con sus opiniones o artículos, deberá remitirlos a la editora, tratando de ajustarse a la maquetación de este boletín, remitiendo en un disquette de 3,5" (a ser posible en P.C. y en disco HD) con su transcripción en copia impresa, así como el programa que han utilizado para preparar el documento.

Cualquier duda la resolveréis llamando a la editora: Tel. (976) 75 24 92.