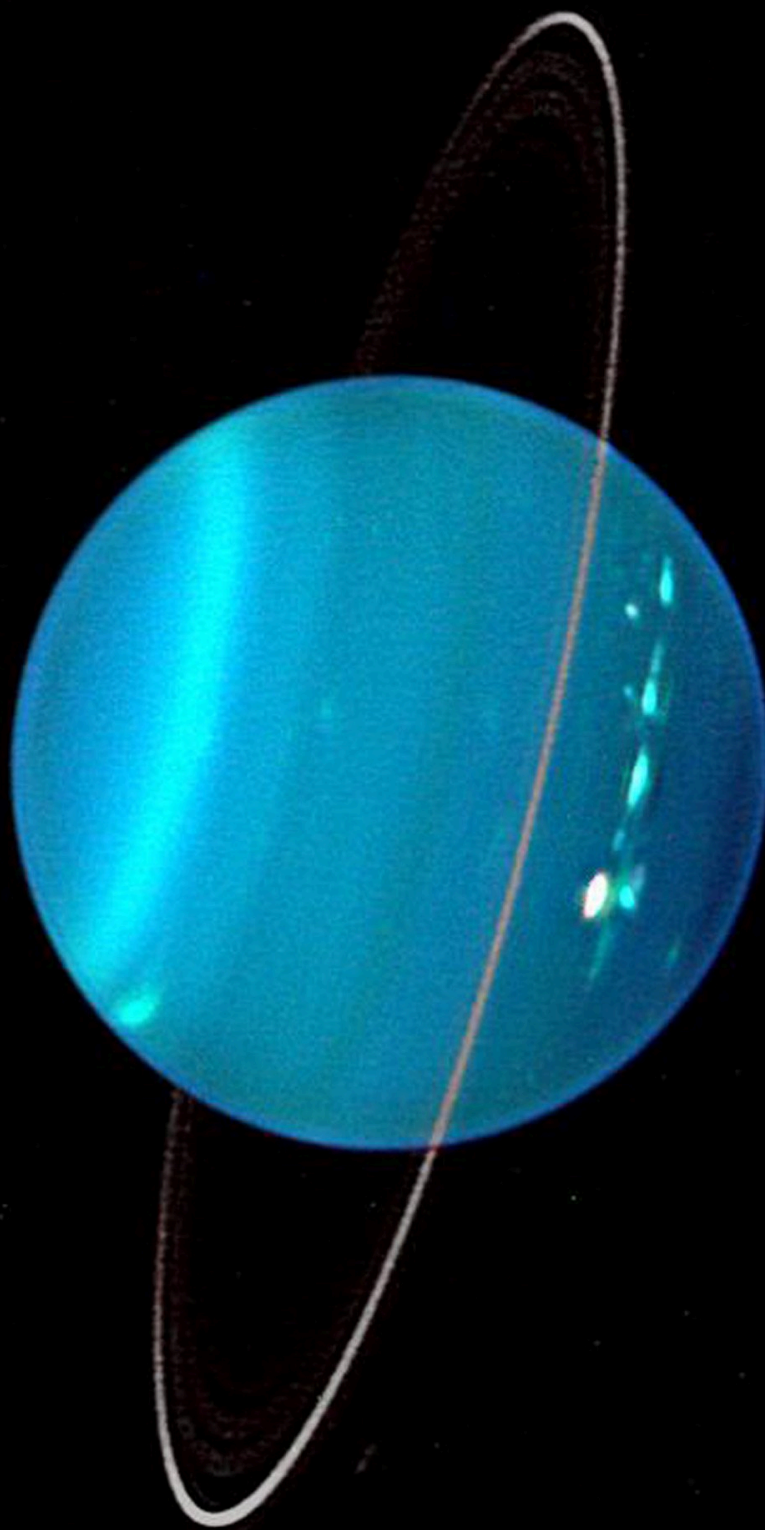


revista
NaDiR

Nº 61

XII-2024



**¿FUE REALMENTE EL
HOMBRE A LA LUNA?**

PUESTA DE SOL

**LA CIENCIA DE LOS
VIAJES ESPACIALES**

**OBSERVANDO A
URANO**

**REVISTA DE LA ASOCIACIÓN PARA LA
ENSEÑANZA DE LA ASTRONOMÍA (ApEA)**



**ASOCIACIÓN
PARA LA ENSEÑANZA
DE LA ASTRONOMÍA**

ApEA

NaDiR es una revista de la Asociación para la Enseñanza de la Astronomía (ApEA) www.apea.es

Presidente:

Carolina Clavijo Aumont

Vicepresidente:

Sebastián Cardenete García

Secretaria:

Azahara López Romero

Tesorera:

Azahara Rojas Roncero

Vocal de Publicaciones:

Ricardo Moreno Luquero

Vocal de la página web:

Eva Dominique Ibarra

Vocal FAAE:

Ángel Gómez Roldán

Vocales de Encuentros:

Antonio González Hernández

Joaquín Álvaro Contreras

Vocales:

Iñaki Ordóñez Etxeberría

Xristo Stoev

Edición de la revista Nadir: Ricardo Moreno Luquero, rmluquero@gmail.com

Comité de Redacción: Joaquín Álvaro, Sebastián Cardenete, Eduardo Zabala.

Depósito Legal: Z-2513-98

ISSN: 1575-7528, Diciembre 2024

Foto de portada: Imagen infrarroja de Urano obtenida con óptica adaptativa, el 11-7-2004. El polo Norte está a las 4.

©Lawrence Sromovsky, University of Wisconsin-Madison/W.W. Keck Observatory

SUMARIO

HISTORIA

¿FUE REALMENTE EL HOMBRE A LA LUNA?

Ricardo Moreno Luquero

3

DIDÁCTICA

PUESTA DE SOL

Antonio Arribas de Costa

11

DIDÁCTICA

LA CIENCIA DE LOS VIAJES ESPACIALES

Anicet Cosíalls Manonelles

15

OBSERVACIÓN

OBSERVANDO A URANO

Esteban Esteban Peñalba

25

NaDiR no se hace responsable de las opiniones expresadas en los artículos. Si no se indica otra cosa, las imágenes son propiedad de los autores de los artículos.

La distribución de **NaDiR** es gratuita entre los socios de **ApEA**, y se puede descargar de su web.

Se autoriza la difusión del contenido de la revista, citando la fuente.

¿FUE REALMENTE EL HOMBRE A LA LUNA?



Ricardo Moreno Luquero



El 21 de julio de 1969 Neil Armstrong y Buzz Aldrin, a bordo del Apolo XI, aterrizaron en la Luna, mientras que Michael Collins quedaba en órbita lunar. En los meses siguientes llegaron el Apolo XII, XIV, XV, XVI y XVII. En total 12 astronautas pisaron la Luna, y otros 15 estuvieron en su órbita. Hay quien dice que todo fue un montaje en unos estudios en la Tierra para evitar que los rusos vencieran en la carrera espacial. ¿Es creíble esta conspiración?

A fecha de hoy, 6 misiones Apolo aterrizaron en la Luna, y otras 3 la circunvalaron. En total 12 astronautas pisaron la Luna, y otros 15 estuvieron en su órbita. Hay quien dice que todo fue un montaje en unos estudios en la Tierra para evitar que los rusos vencieran en la carrera espacial. Incluso involucran al director de cine Stanley Kubrick, fallecido, que en 1968 había rodado la famosa película “2001, Una odisea del espacio”, con imágenes similares rodadas en un estudio.

He leído que esas teorías conspiracionistas se formaron en los primeros años de los 70 del siglo pasado, años del escándalo Watergate y de desconfianza en las explicaciones oficiales. Y se reforzaron con el estreno en 1978 de la película de ciencia ficción Capricornio 1, que trata de la falsificación en un estudio de la llegada del hombre a Marte.

Esas personas dicen que un 20 % de la población en Estados Unidos piensa que el hombre no llegó, pero no dicen la fuente de esos datos. Una encuesta realizada por Gallup en 1999 ^[1], mostraba que cerca del 6 % de la población de Estados Unidos tenía dudas sobre la veracidad de la llegada del hombre a la Luna. Aunque el 6 % de 330 millones de habitantes se traduce en 20 millones de personas, que parece muchas, es frecuente que en cualquier encuesta haya siempre personas que están de acuerdo con cualquier pregunta que se les haga. Además, los resultados dependen mucho de la redacción. No es lo mismo preguntar si piensa que es mentira que si está probado o si tiene dudas, etc.

En este artículo me gustaría presentar y analizar los argumentos principales de los que piensan que el hombre no fue a la Luna. Son conocidos, no voy a decir nada nuevo,

pero es un tema que suele interesar para dar una charla o tener una sesión con alumnos.

Los partidarios de esa “gran conspiración” se basan en algunas fotografías, con frecuencia tomadas por los propios astronautas con una cámara Hasselblad (analógicas, no digitales) que llevaban en el pecho. Bastaba dirigir el cuerpo hacia lo que se quería fotografiar y hacer un clic para accionarlas.



Fig. 1 y 2

[1] <https://news.gallup.com/poll/1993/did-men-really-land-moon.aspx>

Un argumento que esgrimen con frecuencia es que en la Luna, como no hay atmósfera, no hay refracción de la luz, por lo que las sombras deberían ser totalmente oscuras. Pero no es así, pues aunque no haya refracción, sí hay reflexión, y una sombra puede recibir luz de objetos iluminados o incluso del suelo, que en muchas fotos se ve que era bastante brillante.

Veamos algunas fotografías en las que se apoyan.

Prueba nº 1



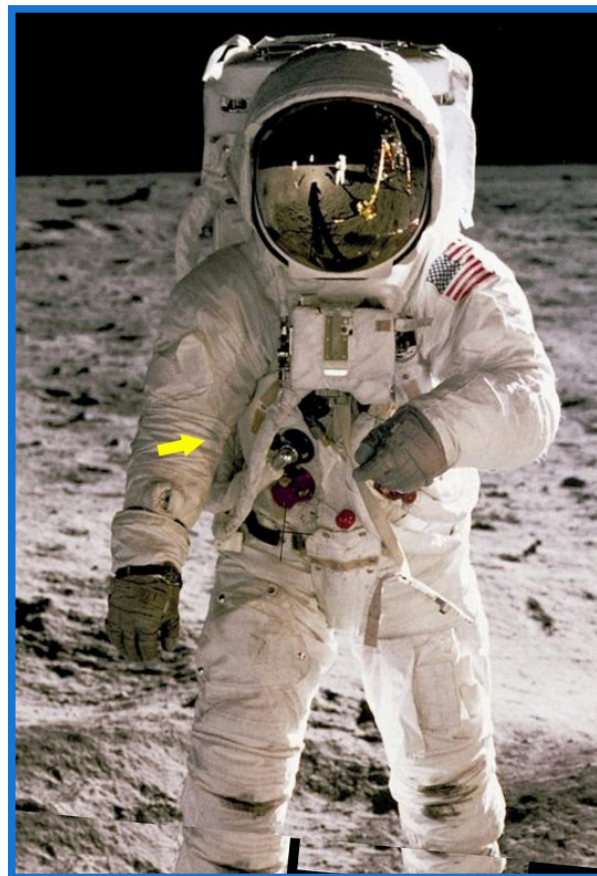
Si esta foto estuviese iluminada por el Sol, las sombras de los dos astronautas deberían ser de igual longitud, y sin embargo, una es bastante más larga que la otra, prueba de que estaban iluminados por uno o dos focos, como en un escenario.

El argumento no se sostiene, pues si hubiera un foco de luz, la longitud de la sombra más alejada sería mayor que la otra, y es menor. En esta foto queda explicado lo que ocurre: la superficie de la Luna no es en



absoluto plana. Si así fuera, no se notaría la diferente iluminación en el suelo, con partes más o menos brillantes.

Prueba nº 2: hay tres detalles:



a) La foto no puede estar tomada desde una cámara que está en el pecho, pues cuando vemos la línea del horizonte, siempre se sitúa a la altura de los ojos, o en este caso, a la altura de la cámara, es decir, a la altura del pecho.

Sin embargo, el suelo de la Luna no es plano, y el fotógrafo estaba algo más alto, en un pequeño montículo.

b) La iluminación disminuye hacia el horizonte. En la Tierra eso lo causa la atmósfera, pero en la Luna, en la que no hay atmósfera, se debería ver claramente hasta el horizonte. Esto parece un escenario.

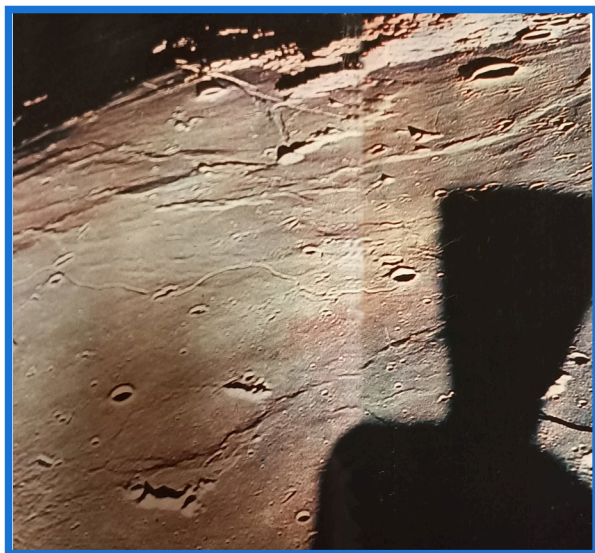
En la Tierra el horizonte no aparece oscuro, sino borroso. Hay que tener en

cuenta que detrás del astronauta se refleja la luz del Módulo Lunar, que es muy brillante.

c) Si la única fuente de luz es el Sol, que está por detrás del astronauta, ¿cómo hay la sombra del cuerpo (marcada con una flecha)?

Muy fácil de explicar: proviene de la luz reflejada por el Módulo Lunar, que ya hemos dicho que es muy brillante.

Prueba nº 3

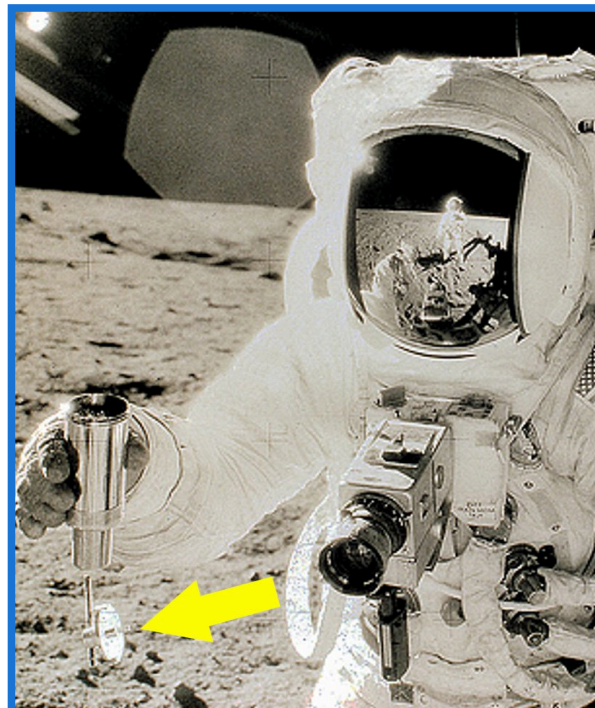


En esta foto hecha desde la órbita lunar, hay una sombra misteriosa, que se ha dicho que era la sombra del módulo de mando en órbita. Pero en la Tierra no se ven tan claramente las sombras de los aviones por ejemplo.

No es ninguna sombra, es una pieza junto a la ventana desde la que se tomó la foto. Aparece en muchas otras fotografías, p. ej. en estas:



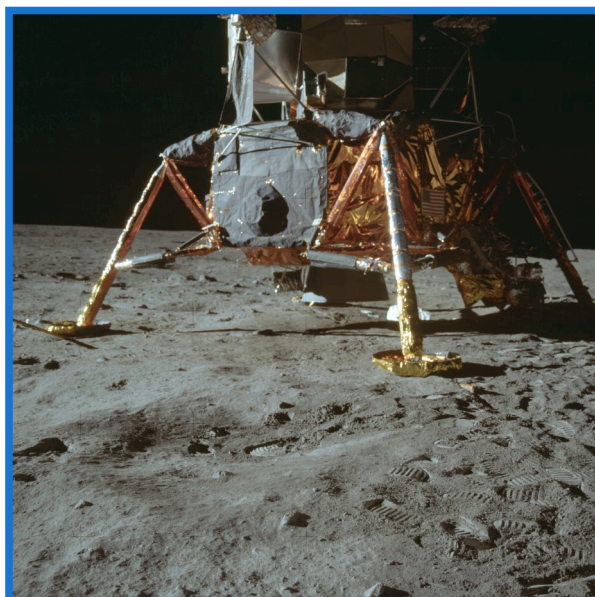
Prueba nº 4



La luz del Sol viene desde la izquierda, por lo que el disco señalado, que está en sombra, no debería brillar. Es una prueba de que hay varios focos de luz y es un escenario.

Ese disco es metálico brillante, y actúa como un espejo. Realmente lo que está reflejando es la luz del traje, que es blanco.

Prueba nº 5



El cohete, al descender, debería haber excavado un cráter, y no hay ni rastro.

¿Por qué? Los aviones de despegue vertical Harrier o los helicópteros no lo hacen. Además, hay que tener en cuenta que en el vacío, el gas se expande en todas direcciones, es decir, los gases no salen de la tobera concentrados en un chorro, sino más bien como algo parecido a una burbuja.

Prueba nº 6. Hay dos detalles.



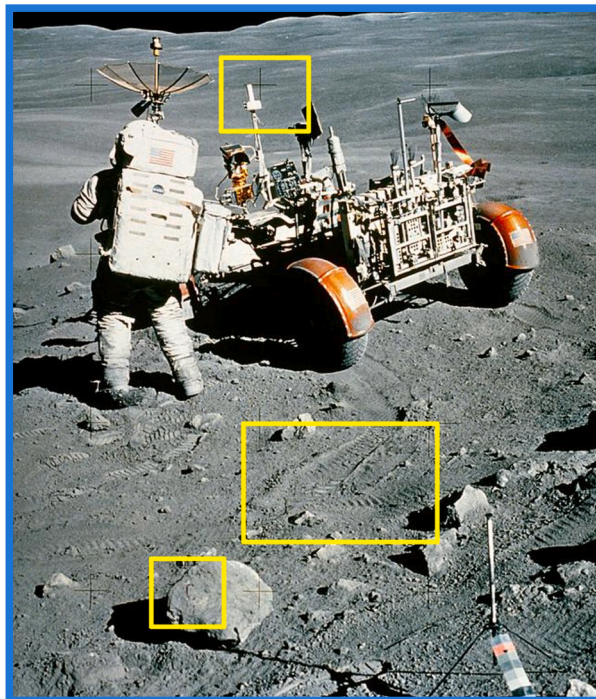
a) *No se ven estrellas en el cielo.*

La escena es muy luminosa, a la luz del día, y las estrellas son muy débiles. Aunque los astronautas las veían, las fotos se hacen con velocidades del orden de 1/60 de s, y no recogen a las estrellas, que son muy débiles. Cualquier astrofotógrafo sabe que para fotografiar estrellas por la noche hacen falta exposiciones de varios segundos.

b) *Entre las patas del módulo hay un cartel y una bandera de EEUU que, aunque están en sombra, se ven, y no sus alrededores.*

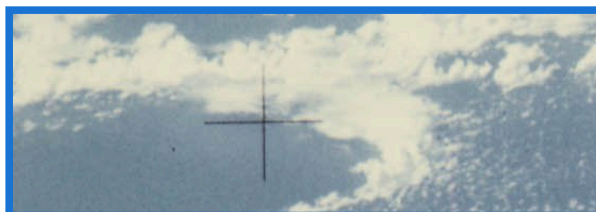
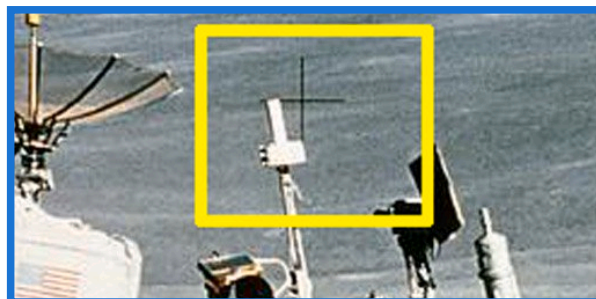
Es lógico, están iluminados por la luz que refleja el suelo y el paquete blanco que hay abajo. Por otra parte, el cartel y la bandera son reflectantes, como los carteles que hay en las carreteras. No olvidemos que esos elementos estaban fundamentalmente para que salieran en la fotos.

Prueba nº 7. Hay tres detalles:



a) *La cruz de referencia es falsa, pues aparece detrás de la antena*

Es bien conocida por los fotógrafos la sobreexposición, que “quema” los bordes de zonas muy iluminadas. Eso es lo que ha ocurrido en estas otras dos fotos.



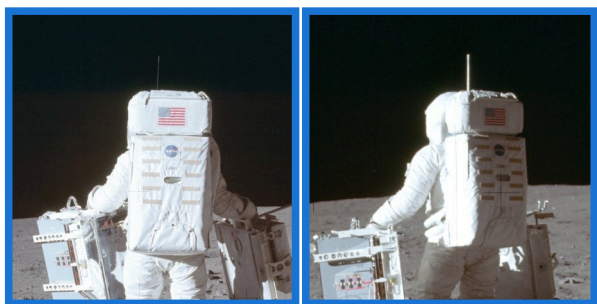
b) La huella de la rueda parece hecha con un molde de arcilla o similar

Lo que ocurre es que el suelo es un polvo muy fino, muy sensible a las cargas eléctricas por frotación, que lo hace de alguna forma parecido al barro. Y así son las huellas que dejaba el rover.

c) Hay una C en la roca de abajo, como si fuera una pieza de un decorado.

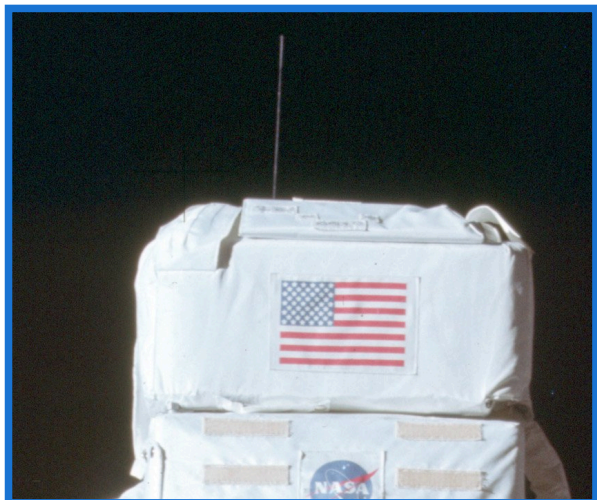
Si eso fuera así, sólo habría 28 piezas del decorado (hay 28 letras). Puede ser cualquier cosa, incluso un pelo al escanear la foto.

Prueba nº 8



Estas dos fotos se tomaron teóricamente con unos segundos de diferencia. En una lleva antena y en otra no.

La antena no era cilíndrica, era una varilla plana, que en la foto de la izquierda se ve de canto. Si ampliamos la foto, se distingue algo.



Prueba nº 9

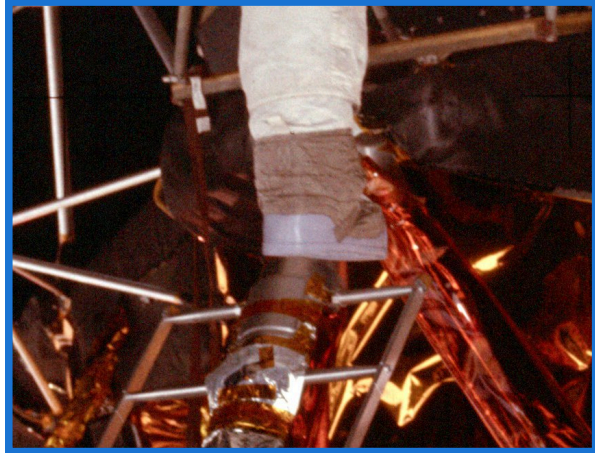


En esta foto no se ven huellas de la rueda en el suelo. ¿Cómo llegó hasta allí? Parece que fue dejado como un decorado.

Las ruedas del rover no llevan neumáticos como un coche normal, son de una especie de rejilla metálica, y deja una huella muy ligera en el polvo. Además, esta foto fue tomada después de trabajar los astronautas a su alrededor dos horas, colocando diversos aparatos. Acababan siempre con el traje muy manchado del polvo muy fino que cubre la superficie, y que taparon en buena medida las huellas del rover. Sí que se distingue las huellas de los astronautas.



Prueba nº 10

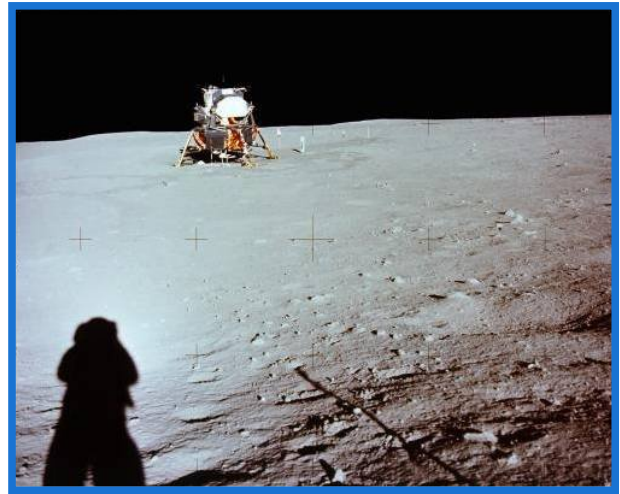


Aldrin está en sombra, y sin embargo se ve un reflejo en la bota, que sólo se explica si había iluminación de estudio.

Las botas tienen un cierto brillo antes de mancharse con el polvo lunar, como se ve en la foto de la fábrica, al sacarla del molde. Y la luz del brillo procede del suelo lunar, que era brillante.



Prueba nº 11



Como la luz del Sol es paralela, las sombras deberían ser paralelas.

Hay un efecto de perspectiva, como se ve en la siguiente foto, en el que las líneas paralelas van hacia un punto de fuga.



Prueba nº 12



No hay atmósfera en la Luna, y sin embargo la bandera ondea.

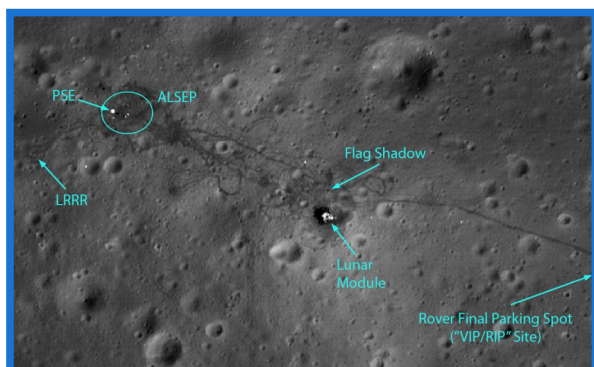
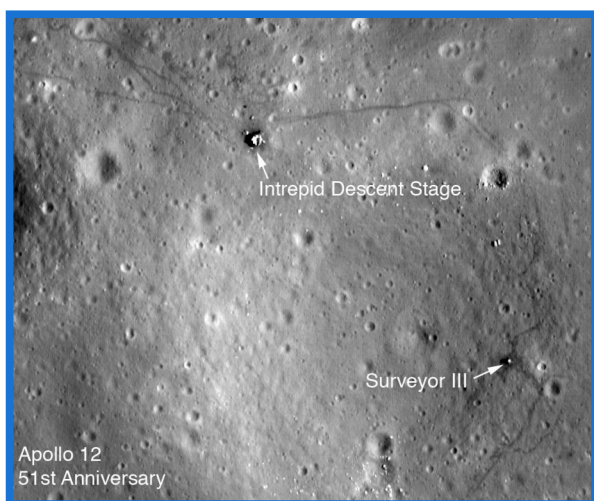
No ondea, a veces la mueven al clavarla, pero luego está quieta. Hay que considerar que llevaba un travesaño horizontal en la parte superior, para que se viese desplegada en las fotos, que era el objetivo fundamental de la bandera.

Prueba 13

Si el módulo lunar quedó allí, ¿por qué no lo fotografía el Telescopio espacial Hubble, y así salimos de dudas?

La capacidad de resolución del HTS, a una distancia de casi 400.000 km a la que está la Luna, es de 80 m. El Módulo Lunar mide 4 m de ancho.

La sonda LRO fotografió las zonas de alunizaje en 2009 y en 2011, y efectivamente aparecen los aparatos dejados, e incluso el rastro que dejó el rover al caminar.



Prueba 14

¿Por qué no se ha vuelto? ¿Por qué trajeron tan pocas rocas lunares? ¿para impedir que se estudiaran?

Esta pega es fruto de la ignorancia. En los meses y años siguientes se volvió en otras 6 misiones más, hasta el Apolo XVII. En total, 12 astronautas pisaron la Luna, y otros 15 la rodearon. No se ha vuelto después porque cuesta mucho dinero y no se han encontrado motivos por ahora para que justifiquen tal gasto, aunque la NASA no descarta volver.

Trajeron 382 kg de rocas lunares, que han sido estudiadas por las más prestigiosas universidades de todo el mundo. Ninguna ha impugnado su veracidad.

En la NASA entonces trabajaban unas 400.000 personas, incluidos ingenieros, científicos y técnicos de primer nivel. Además, el viaje se seguía con teledetección. Un fraude se hubiera conocido.

Pero quizá la prueba más incuestionable es que los soviéticos, que eran los competidores, nunca lo pusieron en duda.

Realmente, ¿es creíble una conspiración de este tipo?

Claramente, no.

Referencias

<http://www.badastronomy.com/index.html>
<https://www.aulis.com/>
www.clavius.org
www.hq.nasa.gov/alsj/frame.html
https://www.nationalgeographic.com.es/llegada-del-hombre-a-la-luna/llegada-hombre-a-luna-desmontando-conspiracion_14360

PUESTA DE SOL



Antonio Arribas de Costa

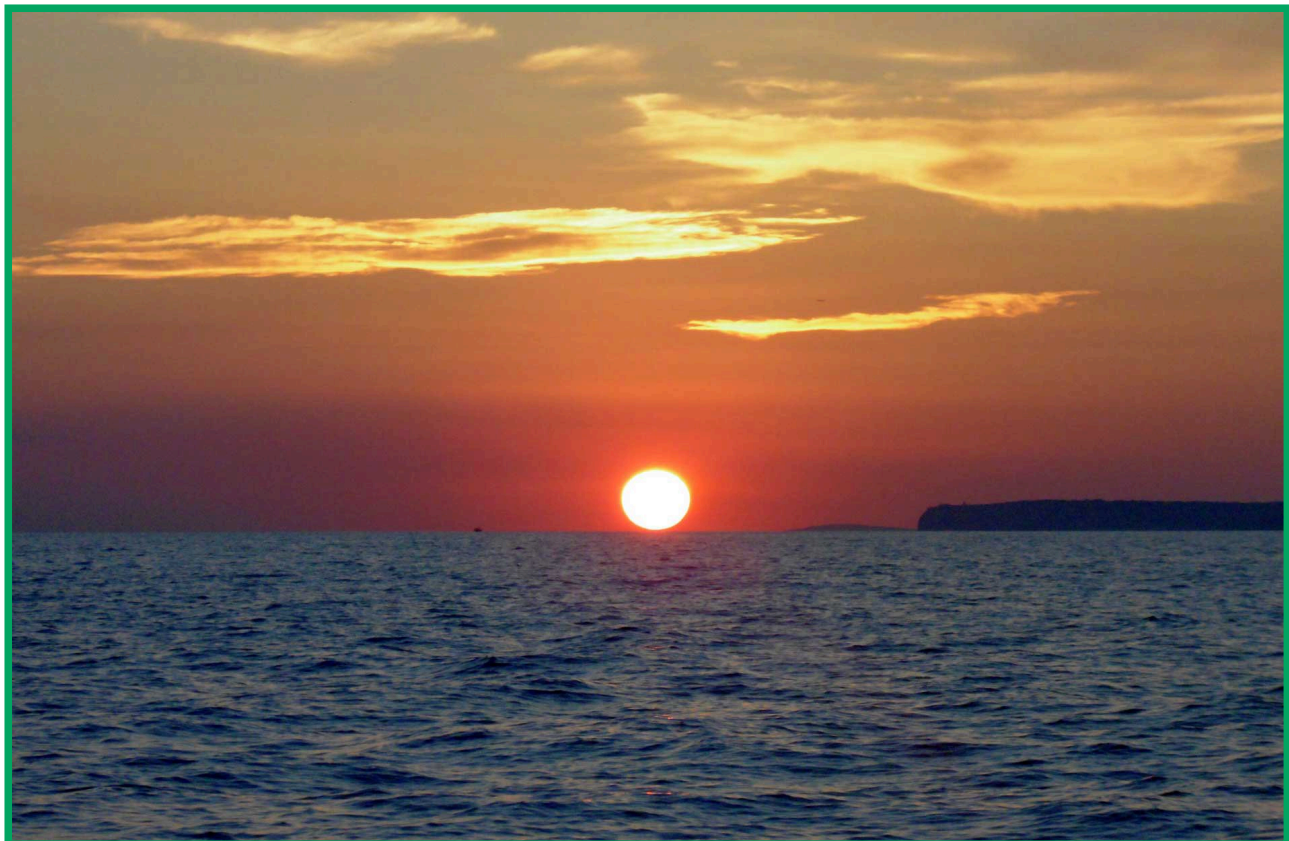


Fig. 1

Este artículo recoge dos presentaciones realizadas en las reuniones DDD (Disfrutar Divulgando Desinteresadamente), una de Juan Carlos Rodríguez (ver su artículo en el nº 37 de Nadir, de marzo de 2020) y otra de Antonio Arribas.

Aparte de la belleza intrínseca del fenómeno del ocaso (Fig. 1), con sus tonos rojizos, y de las molestas muchedumbres que se agolpan en los lugares prefijados por las guías turísticas como inigualables para admirarlo, hay unas cuantas cuestiones de

índole científico a su alrededor que pueden suscitar nuestro interés.

Los profesores de Astronomía siempre explicamos que en los equinoccios el día dura exactamente 12 horas y otras tantas la noche. Y eso en cualquier lugar de la Tierra

sin que importe la latitud del punto en el que estemos situados. Los modelos teóricos y los dibujos ilustrativos lo muestran sin lugar a dudas. Precisamente la etimología de la palabra “equinoccio” ilustra este hecho: “aequus nocte”, es decir “noche igual”.

A menudo, aunque estemos seguros de la teoría, nos gusta comprobar un resultado contrastándolo con los datos que nos ofrecen los encargados de cuantificar con precisión los fenómenos celestes, los anuarios, o algún software simulador de los hechos astronómicos. En el programa Stellarium encontramos que el equinoccio de primavera del año 2024 ocurrió el 20 de marzo. Ese día, en Palencia, el Sol salió a las 7:24 y se puso a las 19:29. ¡El día tuvo una duración de 12 horas y 5 minutos! Para encontrar exactamente 12 horas de luz tenemos que retroceder dos días: el 18 de marzo, cuando el Sol no estaba en el ecuador, sino que su declinación era 47' Sur. Algo está mal, algo no cuadra.

Vamos a ver en el Anuario: el 20 de marzo de 1993, día del equinoccio, el Sol salió en Madrid a las 6:18 (Tiempo Universal)

y se puso a las 18:26. Otra vez lo mismo, 12 horas 8 minutos. Confirmado el conflicto entre teoría y práctica.

¿Qué es lo que pasa? ¿Cómo explicar estos datos? Pues la respuesta está en la refracción. Al atravesar la atmósfera terrestre la trayectoria de la luz se curva, solo en sentido vertical y siempre hacia abajo, de tal forma que la luz emitida por el objeto observado (una estrella, por ejemplo) parece proceder de un punto más alto. Es decir, nosotros vemos los astros como si tuvieran mayor altura sobre el horizonte (Fig. 2).

Por eso cuando vemos que el Sol empieza a ponerse, con el extremo inferior del limbo solar tocando el horizonte (posición nº 2 de la Fig. 3), en realidad el Sol está ya todo él por debajo. En la ilustración hay dos configuraciones: en la nº 1 el Sol está comenzando a tocar el horizonte pero lo vemos más alto. Algo después (nº 2) es el Sol aparente el que se sitúa tangente al horizonte. El tiempo transcurrido entre ambas posiciones, en nuestras latitudes, es de unos dos minutos, por lo que nosotros vemos el ocaso unos dos minutos después

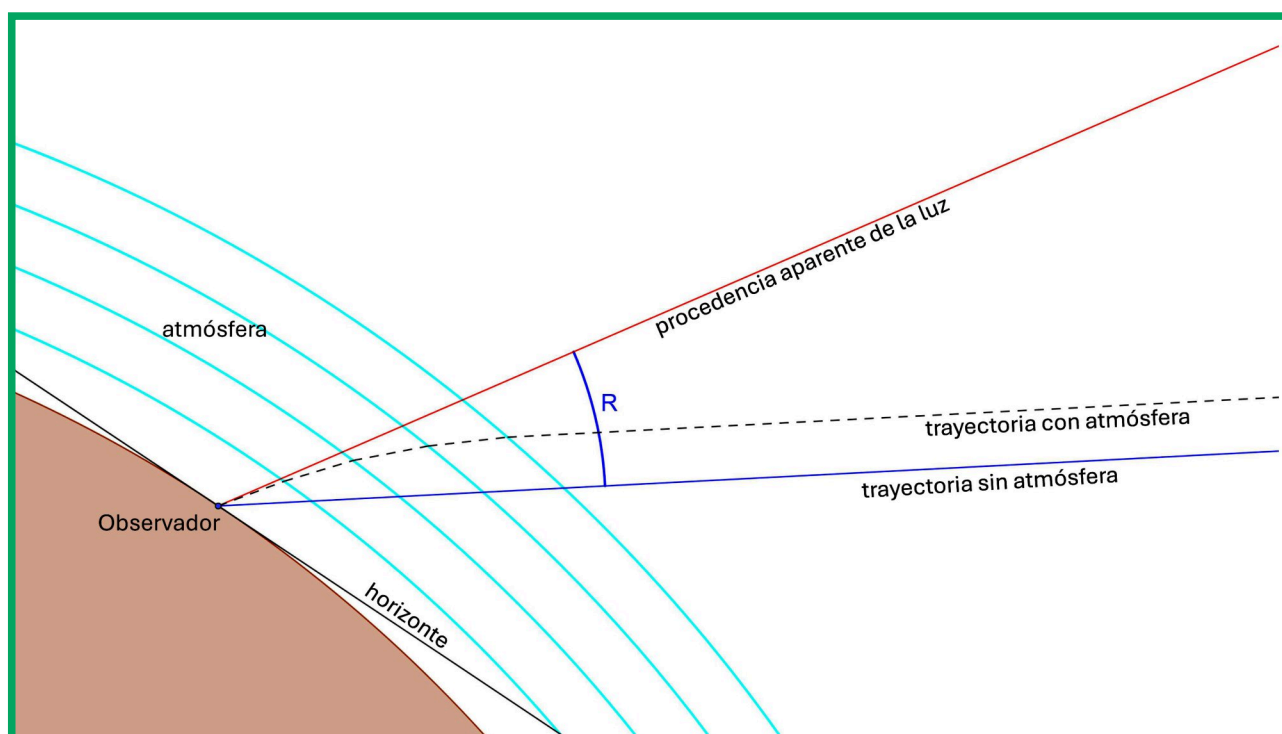


Fig. 2

del teórico. Y lo mismo ocurre en el orto que sucede aparentemente unos dos minutos antes de lo previsto por lo que el número de horas de luz ese día del equinoccio es mayor que las 12 esperadas.

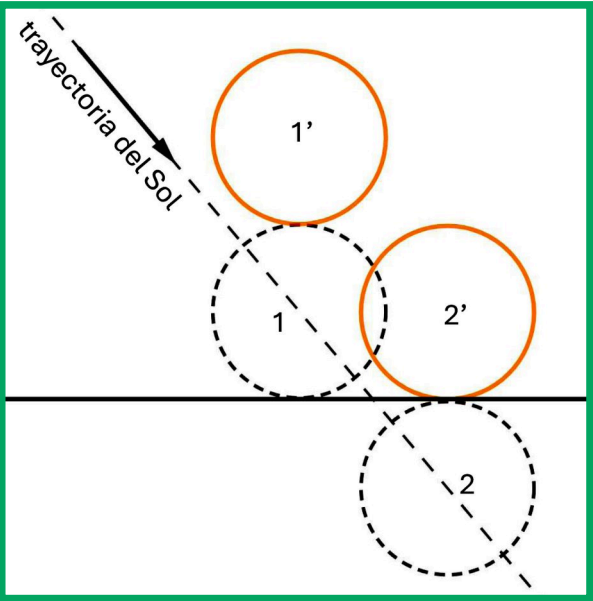


Fig. 3.

El valor de la refracción parece, a primera vista, una misión imposible. Podemos medir la altura aparente de una estrella, pero es imposible ‘verla’ en la posición que ocuparía si no hubiera atmósfera. ¿Cómo averiguar entonces esa desviación? Aunque se había reconocido el fenómeno desde la Antigüedad clásica su cuantificación tuvo que esperar.

Uno de los primeros en abordarla fue Tycho Brahe, a finales del siglo XVI. Supongamos una estrella que pase por el cenit del observador; en ese instante del paso cenital la luz, al incidir perpendicularmente, no sufre ninguna desviación. Y sabemos la declinación que tiene que tener un astro para pasar por nuestro cenit: tiene que ser igual a la latitud del punto de observación. Conocida la declinación de una

estrella podemos calcular, mediante trigonometría esférica, su altura ‘teórica’ en cualquier momento. La diferencia entre la altura teórica calculada y la real observada nos permite deducir el valor numérico de la refracción.

Posteriormente se trabajó intensamente sobre el tema, modelizando el comportamiento de la luz asumiendo que la atmósfera terrestre consiste en una serie de capas concéntricas menos densas a medida que nos alejamos de la superficie. G. G. Bennet, en 1982, encontró una fórmula empírica bastante satisfactoria⁽¹⁾:

$$R = \cot \left(h + \frac{7,31}{h + 4,4} \right)$$

siendo h la altura aparente observada (en grados) y R el valor del ángulo de refracción (en minutos). En la siguiente tabla se dan algunos valores de la refracción en función de la altura aparente observada:

h	R
90°	0
75°	16"
60°	35"
45°	1'
30°	1'43"
20°	2'42"
10°	5'
5°	10'
1°	24'
0,5°	29'

[1] Bennett, G.G. (1982). "The Calculation of Astronomical Refraction in Marine Navigation". Journal of Navigation. 35 (2): 255–259. Bibcode:1982JNav...35..255B. doi:10.1017/S0373463300022037. S2CID 140675736.

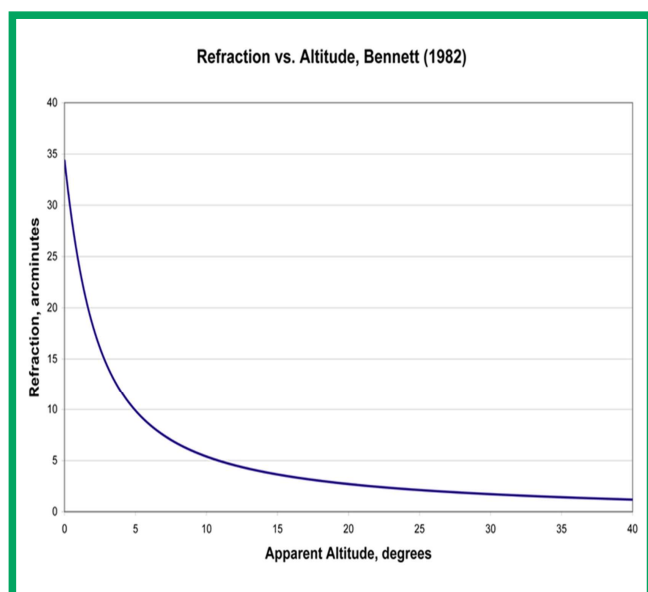


Fig. 4

El gráfico de la Fig. 4 muestra cómo la refracción aumenta exponencialmente cuando el astro se acerca al horizonte:

Aplicando esta cuantificación al momento de la puesta de Sol nos encontramos con esta sorpresa. En la Fig. 5 se presenta el

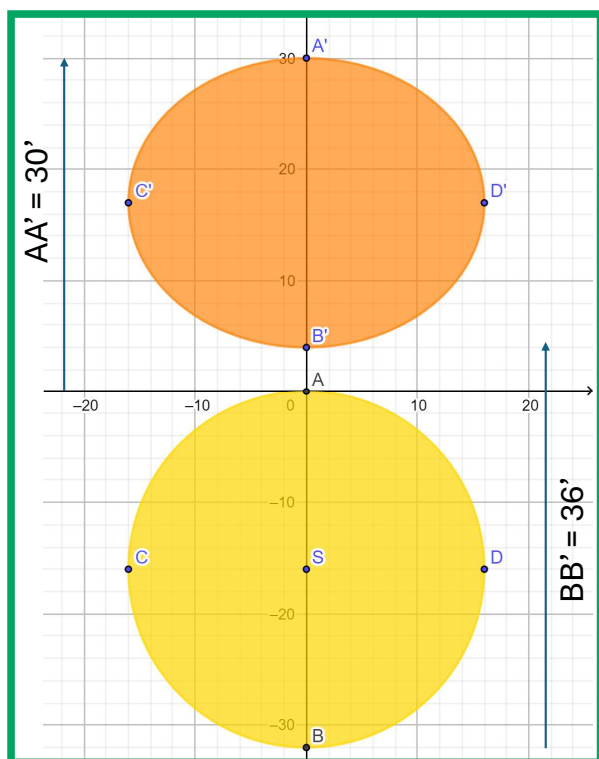


Fig. 5

instante en el que el Sol (el teórico, sin tener en cuenta la refracción atmosférica) acaba de ponerse, de forma que su punto más alto (A) es el punto de tangencia del disco solar (de 32' de diámetro) con la línea del horizonte. El otro extremo del diámetro vertical del Sol (B) estará 32' por debajo del horizonte y los puntos C y D tendrán una altura de -16'.

¿Dónde veremos nosotros esos cuatro puntos si tenemos en cuenta la refracción? El primer punto (A) lo vamos a ver 30' más alto en A'; pero el extremo inferior (B) se refracta algo más, exactamente 36' por lo que aparentemente lo veremos en B', que queda así por encima del horizonte. De forma que el diámetro vertical del Sol aparente A'B' mide 6' menos que el original AB que era de 32'. Vamos, que A'B' mide 26', mientras que el diámetro horizontal CD se nos presenta en C'D' sin cambio en su longitud, por lo que veremos al Sol achatado en sentido vertical, como así ocurre realmente.



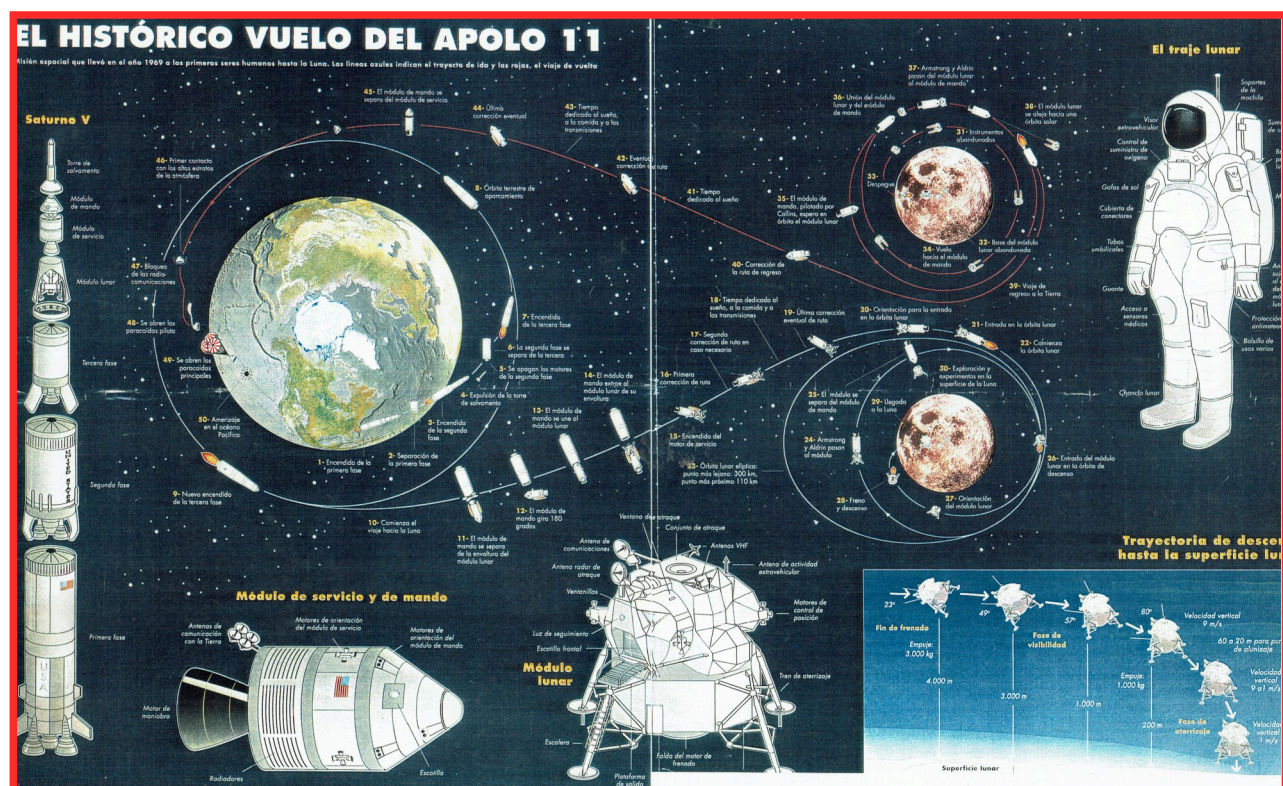
Fig. 5

Hay aún otro fenómeno espectacular relacionado con la puesta del Sol, el famoso y escurridizo 'rayo verde'. Pero no voy a abordarlo aquí. Otros miembros de ApEA discutieron y trabajaron sobre ello. No estoy seguro de que llegaran a un acuerdo total.

LA CIENCIA DE LOS VIAJES ESPACIALES



Anicet Cosials Manonelles



El histórico vuelo del Apolo XI. Diario La Vanguardia, 16/07/1994.

El hecho de que uno de los avances más importantes del siglo XX quedara al margen de los contenidos curriculares en el sistema educativo me llevó a una profunda reflexión. Aprovechando los cambios metodológicos que trajo consigo la implantación de la LOGSE, decidí diseñar el crédito variable "Viaje a la Luna", que comenzó a impartirse en secundaria en el Instituto Guindàvols de Lleida durante el curso 1998-1999.

Introducción

Con motivo del XXV aniversario de la Escuela de Verano Jaume Miret de Lleida, el destacado científico leridano Joan Oró ofreció una fascinante conferencia en la que abordó su participación en las misiones espaciales Apolo y su contribución a la comprensión del origen de la vida. Durante su intervención, Oró señaló que, a su juicio, los tres hitos científico-tecnológicos más trascendentales del siglo XX fueron: el descubrimiento de la fisión nuclear por Hahn y Strassmann en 1938, seguido por el de la fusión nuclear, propuesto por Lise Meitner en 1939, el desvelamiento de la estructura del ADN, logrado por Watson y Crick en 1953, y, finalmente, la llegada del hombre a la Luna, protagonizada por Neil Armstrong el 21 de julio de 1969.

A finales de 1999, en medio del bullicio mediático que acompañaba la inminente llegada del nuevo milenio, surgió una pregunta recurrente: ¿cuál había sido el acontecimiento más impactante del siglo XX a nivel informativo? Los directores de los principales periódicos del país fueron consultados, y casi todos coincidieron en su elección: la histórica llegada del hombre a la Luna, una hazaña que marcó un antes y un después en la historia de la humanidad (Fig. 1).

El hecho de que uno de los avances más importantes del siglo XX quedara al margen de los contenidos curriculares en el sistema educativo me llevó a una profunda reflexión. Aprovechando los cambios metodológicos que trajo consigo la implantación de la LOGSE, decidí diseñar el crédito variable "Viaje a la Luna", que comenzó a impartirse al alumnado de secundaria en el Instituto Guindàvols de Lleida durante el curso 1998-1999.

Viaje a la Luna tenía como objetivo principal describir los pasos necesarios para hacer realidad una de las más grandes aspiraciones de la humanidad: llegar a la Luna. A través del estudio teórico y experimental de las leyes de Newton, los estudiantes construían un cohete y diseñaban un viaje espacial. Este crédito sigue disponible para consulta en internet: <https://viatgealalluna.institutguindavols.cat/index.html>

¿Quién no se ha sentido, al mirar el cielo nocturno, fascinado y atraído por los encantos y misterios de la Luna? ¿Quién no ha soñado alguna vez con viajar hasta ella? El interés que desde siempre ha despertado en el ser humano el conocimiento del universo,

Fig. 1: Portada de La Vanguardia del día 22 de julio de 1969



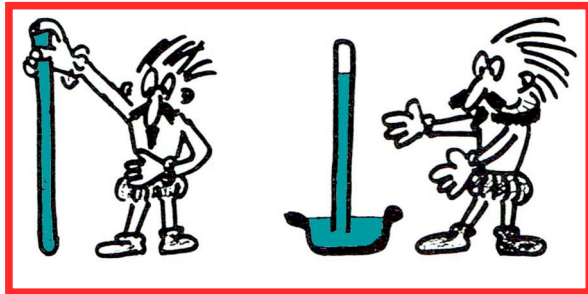


Fig. 2: Torricelli fue el primero en medir la presión atmosférica en 1643 .

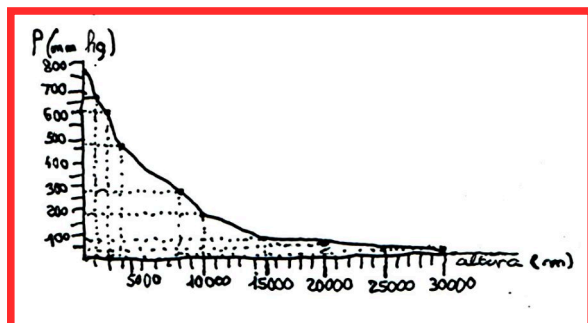


Fig. 3: Disminución de la presión atmosférica con la altitud. Foto extraída del cuaderno de Oriol Jové. Segundo de ESO, Curso 2010-2011.

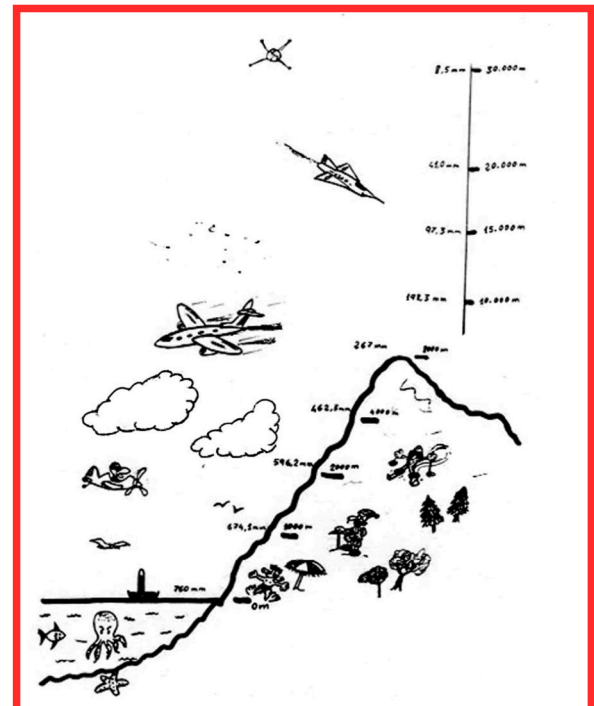


Fig. 4: Datos presión atmosférica-altitud.

y en especial de la Luna, ha inspirado a escritores, visionarios y científicos, quienes, con grandes dosis de imaginación y el apoyo de sus conocimientos científicos, propusieron soluciones audaces para alcanzar ese ansiado destino.

En el siglo II d.C., el escritor sirio Luciano de Samósata escribió la primera historia de un viaje espacial, donde un barco es atrapado por una tromba marina que lo eleva hasta conducirlo a la Luna.

El hombre en la Luna, obra del clérigo inglés Francis Godwin, apareció en 1638. En ella, el protagonista viaja en un carro impulsado por gansos que emigraban anualmente hacia la Luna.

En 1643, el experimento de Torricelli permitió medir la presión atmosférica (Fig. 2) Mas tarde, Blaise Pascal en 1658 comprobó que la presión atmosférica disminuía a medida que ascendía a la montaña Puy-de-Dome (Fig. 3 y 4) lo que llevó a la conclusión de que la capa de aire que rodea la Tierra no

se extiende hasta la Luna. Esto significaba que ni los gansos podían volar en el espacio vacío ni las trombas de agua penetrar en él. De pronto, el viaje a la Luna se tornaba más complicado, pero no imposible.

En 1650 se publicó *Viaje a la Luna*, del escritor Cyrano de Bergerac. En su relato, propone siete formas diferentes de llegar a la Luna, una de las cuales utiliza un cohete. Aunque los cohetes ya eran conocidos en esa época, se convirtieron en la única vía plausible para atravesar el vacío entre la Tierra y la Luna.

Entre 1865 y 1870, apareció en Francia la célebre novela fantástica de Julio Verne *De la Tierra a la Luna*, donde se expone una idea extraordinaria: enviar a la Luna un gran proyectil tripulado disparado por un cañón.

Si dejamos volar la imaginación, podríamos decir que Tintín fue el primer hombre en pisar la Luna, 16 años antes que Neil Armstrong. Las obras del dibujante y guionista belga Georges Remi, conocido

como Hergé, *Objetivo: la Luna* (1953) y *Aterrizaje en la Luna* (1954), describen con precisión casi milimétrica los pasos necesarios para materializar una de las aventuras más soñadas por el ser humano. El trabajo de Hergé causó una admiración especial entre los responsables del proyecto Apolo.

Hasta la fecha, 12 hombres han caminado sobre la Luna, y nada de esto hubiera sido posible sin los cohetes. Gracias a ellos, hemos podido viajar por el espacio interplanetario y ampliar nuestro conocimiento del universo.

En 1657, Isaac Newton publicó su obra magna, *Principia Mathematica*, en la que expuso las leyes físicas que gobernaban el movimiento de los cuerpos materiales en el Universo. Su tercera ley, conocida como la ley de acción y reacción, permitió comprender el funcionamiento de los cohetes.

De estas leyes se desprende que, para escapar del campo gravitatorio de la Tierra, una nave debe alcanzar una velocidad de 11,2 km/s (40.320 km/h)

¿Por qué no se llegó antes a la Luna?

Aunque en tiempos de Newton la ciencia ya contaba con los fundamentos teóricos necesarios para afrontar este desafío, la tecnología aún no estaba lo suficientemente desarrollada. Fueron necesarios más de 300 años de avances técnicos para convertir ese sueño en una realidad.

Construir cohetes capaces de alcanzar la velocidad necesaria no fue tarea fácil. Esto solo fue posible gracias a las contribuciones de Konstantin Tsiolkovski y Robert Goddard, considerados hoy los padres de la cohetería moderna. Tsiolkovski propuso la idea de cohetes con etapas múltiples, mientras que Goddard fue pionero en el uso de propergoles líquidos.

Además, el elevado coste económico del proyecto obligó a la sociedad a plantearse una pregunta crucial: **¿realmente vale la pena ir a la Luna?**

Buscando más potencia: propergoles líquidos

La fuerza que propulsa un cohete se genera a partir de los gases expulsados por la tobera de la cámara de combustión, que surgen de una reacción química entre un combustible y un oxidante, conocidos como propergoles.

Según Werner von Braun, creador del cohete Saturno V, esta reacción química debe cumplir con tres condiciones clave:

1. Ser altamente exotérmica.
2. Ocurrir de manera rápida (Fig.5).

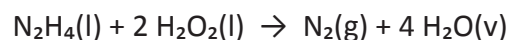


Fig. 5. En 1992, Lorenzo Ramírez demostró cómo la nitrocelulosa (también conocida como algodón pólvora) puede arder en su mano sin causarle quemaduras.

3. Producir moléculas sencillas (de baja masa molecular), lo que permite que los gases sean expulsados a mayor velocidad, incrementando así la fuerza de propulsión.

A modo de ejemplo, la reacción química utilizada en el módulo lunar del Apolo XI fue la siguiente (l es líquido, g es gas y v es vapor):

Hidracina+Peróxido de hidrógeno → Nitrógeno+Vapor de agua



De manera similar, la propulsión del cohete Saturno V en la misión Apolo se obtuvo a partir de la reacción:

Keroseno+Oxígeno líquido→Vapor de agua+Dióxido de carbono

Diseño de un viaje a la Luna

Al planear un viaje a la Luna, son muchos los factores que deben tenerse en cuenta para garantizar el éxito de la misión. Supongamos que contamos con un cohete capaz de alcanzar la velocidad de escape de la Tierra. Lograr dicha velocidad requiere un enorme consumo de combustible, lo que incrementa significativamente la masa del cohete y, por lo tanto, la fuerza de propulsión necesaria. Por esta razón, es crucial considerar todos los elementos que puedan minimizar el consumo de combustible: cohete de secciones múltiples, la aerodinámica de la nave, el lugar de lanzamiento, la ventana de lanzamiento, entre otros factores tanto de la Tierra como de la Luna.

1. Cohete de secciones múltiples

Para que un cohete pueda ponerse en órbita, debe alcanzar la velocidad de escape necesaria para vencer la fuerza de la gravedad, lo cual no es una tarea fácil. Solo con el uso de cohetes de "secciones múltiples" ha sido posible lograrlo. El cohete Saturno V, por ejemplo, constaba de tres secciones. Primero, el cohete despegaba desde la plataforma de lanzamiento. Cuando el combustible de la primera etapa se agota, esa sección se desprende y se enciende la siguiente. Así, la masa del cohete disminuye, lo que facilita su aceleración. Finalmente, el cohete alcanza la velocidad requerida para orbitar la Tierra o salir al espacio.

2. Aerodinámica del cohete

Mientras la nave esté en contacto con la atmósfera, estará sometida a fuerzas de fricción que aumentan considerablemente con su velocidad, lo que provoca un incremento en su temperatura. Por ello, es crucial que la nave tenga un diseño aerodinámico y que esté protegida del calor generado mediante el uso de materiales refractarios.

3. Lugar de lanzamiento del cohete

La Tierra gira hacia el este, y la velocidad de su superficie por la rotación es mayor cuanto más cerca se esté del ecuador. Por ejemplo, en el ecuador (latitud 0°) va a 1668 km/h, en Madrid (latitud 40°) va a 1277 km/h, y en el Polo (latitud 90°), a 0 km/h. Por ello, los cohetes lanzados cerca del ecuador, es decir, en latitudes cercanas a cero, tienen un impulso adicional que los ayuda a alcanzar el espacio. No es de extrañar que la mayoría de los países elijan ubicar sus centros de lanzamiento lo más cerca posible del ecuador (Fig. 6 y 7). Las bases de lanzamiento que están en latitudes altas se usan para alcanzar órbitas especiales, como las polares.

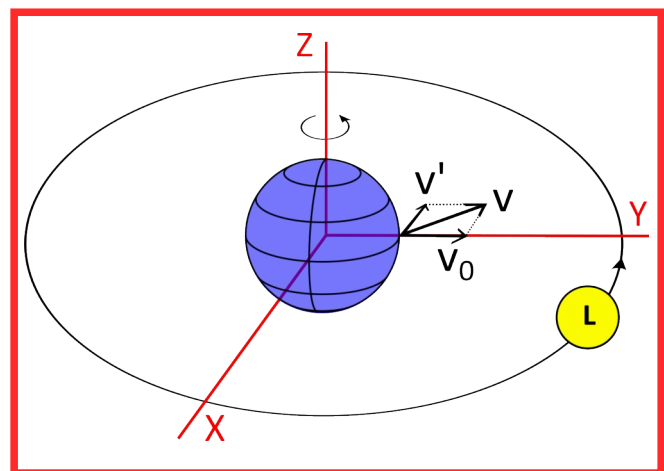


Fig. 6. La velocidad del cohete (V) es la suma vectorial de la velocidad lineal de rotación de la Tierra (V') y la velocidad que le proporcionan los motores (V_0).



Fig. 7. Las bases de lanzamiento^[1] se sitúan lo más cerca posible del ecuador.

4. Ventana de lanzamiento

Por lo general, y con el fin de reducir el consumo de combustible, un cohete no

puede ser lanzado en cualquier momento del día, mes o época del año. Para cada misión, existe un período específico conocido como "ventana de lanzamiento".

Esas ventanas de lanzamiento son más importantes cuando se va al encuentro de algo que está en movimiento, pues al llegar la nave, el destino debe estar allí. Por ejemplo, al ir hacia la estación espacial internacional, o al ir de la Tierra a Marte. El camino difiere según la posición inicial y final de la nave, y el coste de combustible siempre hay que minimizarlo.

O en algún caso, vale la pena aprovechar la atracción que ejercen tanto el Sol como la Luna sobre el cohete durante la Luna nueva (Fig. 8).

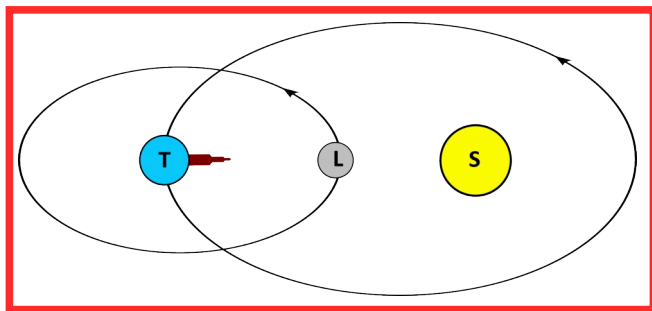


Fig. 8. La atracción de la Luna y del Sol es favorable.

5. Otros aspectos a tener en cuenta

a) La fuerza de atracción terrestre disminuye a medida que el cohete se aleja de la Tierra, y por tanto se necesita menos combustible.

b) La Luna gira alrededor de la Tierra. Si

vas a ir allí, es conveniente apuntar hacia adelante en su trayectoria o ajustar la dirección a lo largo del recorrido.

c) La ausencia de atmósfera en la Luna impide frenar mediante fricción, y será

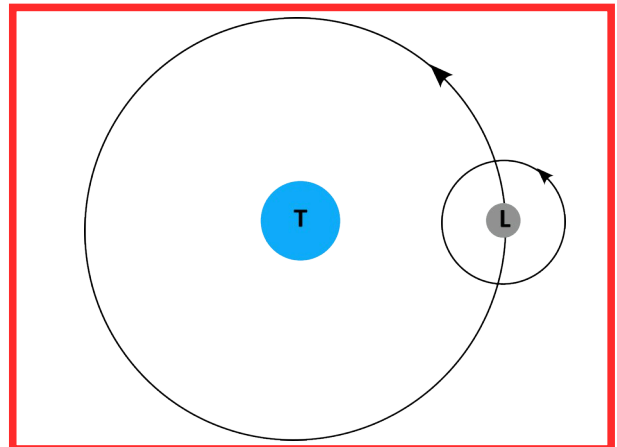


Fig. 9. La Luna gira sobre si en el mismo sentido que gira alrededor de la Tierra.

necesario utilizar retrocohetes para reducir la velocidad al entrar en órbita lunar y durante el alunizaje.

d) La nave debe llegar a la Luna por delante, haciendo una trayectoria como un ocho, por seguridad: si los motores fallan (como ocurrió en el Apolo 13), es una órbita de retorno automático a la Tierra, teóricamente sin combustible.

6. Etapas del viaje^[2] (Fig 10 y 11).

Etapas 1: El cohete despegue y acelera verticalmente gracias a la propulsión generada por los gases expulsados. Al mismo

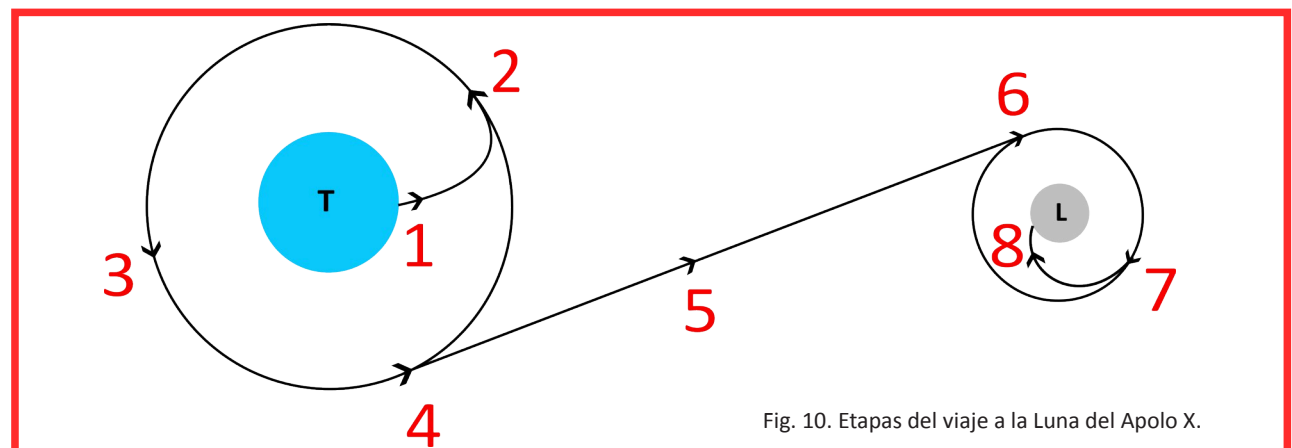


Fig. 10. Etapas del viaje a la Luna del Apolo X.

tiempo, los motores desvían ligeramente el chorro, curvando así la trayectoria.

Etapla 2: La nave espacial entra en órbita alrededor de la Tierra.

Etapla 3: El cohete orbita la Tierra a una altitud de 185 km y a una velocidad de 25.000 km/h (7 km/s). Los motores permanecen apagados, lo que coloca al cohete en una órbita de caída libre, que genera un estado de microgravedad para los astronautas.

Etapla 4: Se encienden los motores durante unos minutos hasta que la nave alcanza la velocidad de escape de la Tierra, 40.000 km/h (11,2 km/s), momento en el que abandona la órbita terrestre y comienza el verdadero viaje espacial.

Etapla 5: La nave continúa su viaje con los motores apagados, sometida a las influencias gravitatorias de la Tierra (que la frena) y la Luna (que la atrae). Pequeñas aceleraciones permiten mantener la trayectoria correcta. Durante esta etapa, los tripulantes aprovechan el tiempo para comer, dormir y realizar transmisiones.

Etapla 6: La nave reduce la velocidad usando retrocohetes para "inyectarse" en la órbita lunar.

Etapla 7: La nave orbita la Luna a una altura promedio de 80 km y con una velocidad de 1800 m/s (6500 km/h).

Etapla 8: La nave vuelve a reducir la velocidad y desciende hacia la Luna en una trayectoria curvilínea.

Actividades para la clase

A. Diseño y construcción de un cohete de agua

A la hora de diseñar un cohete, uno de los muchos aspectos que se deben prever para que alcance su máxima velocidad es el siguiente: ¿Cuál es el mejor perfil aerodinámico?

Para descubrirlo, será necesario planificar una investigación que permita dar respuesta a esta pregunta.

Mediante simples experimentos, utilizando un secador de pelo y un tubo de cartón a modo de túnel de viento, se llega a la conclusión de que la superficie cónica es la que ofrece menor resistencia al aire. Ahora solo queda construir el cohete:

Material necesario:

- Una botella de plástico de 1,5 litros de una bebida refrescante (Gaseosa, Coca-Cola, Fanta).
- Un corcho que encaje perfectamente en la boca de la botella (debe entrar a presión).
- Un tubo de plástico vacío (mina de bolígrafo).
- Cartulina.
- Pinturas para dar al cohete un acabado atractivo.
- Pegamento
- Taladro.
- Tijeras.
- Un inflador de bicicleta.
- Agua.
- Un embudo para introducir el agua en la botella.
- Una aguja para inflar balones con su adaptador para el inflador (Fig 11).

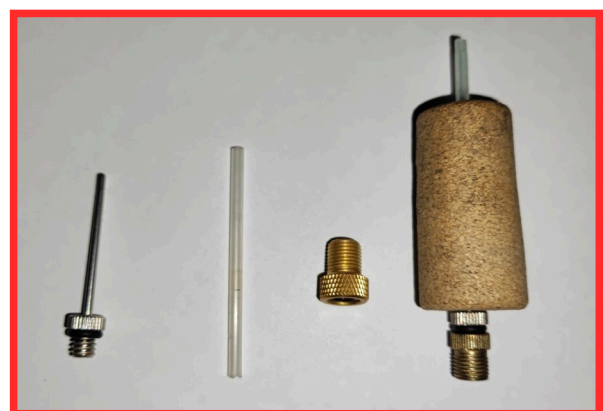


Fig. 11. Tapón de corcho con los accesorios para conectar al inflador.

Procedimiento de construcción:

Tomamos el corcho y con el taladro hacemos un agujero en el centro, perforándolo completamente.

Introducimos dentro del corcho el tubo de plástico vacío, asegurándonos de que quede bien ajustado.

Forramos la botella con la cartulina, dándole una forma cilíndrica.

Con la cartulina sobrante, formamos un cono para la parte superior del cohete, utilizando las tijeras para darle forma.

Le añadimos unas patas. Se pueden fabricar con cartón, contrachapado, etc.

Procedimiento para lanzarlo:

Llenamos un tercio de la botella con agua.

Colocamos el corcho a presión, tan fuerte como sea posible.

Plantamos el cohete, apoyado en sus patas, en el suelo. Conectamos la aguja del inflador al tubo de plástico que hay en el corcho y comenzamos a bombear aire (Fig. 12).

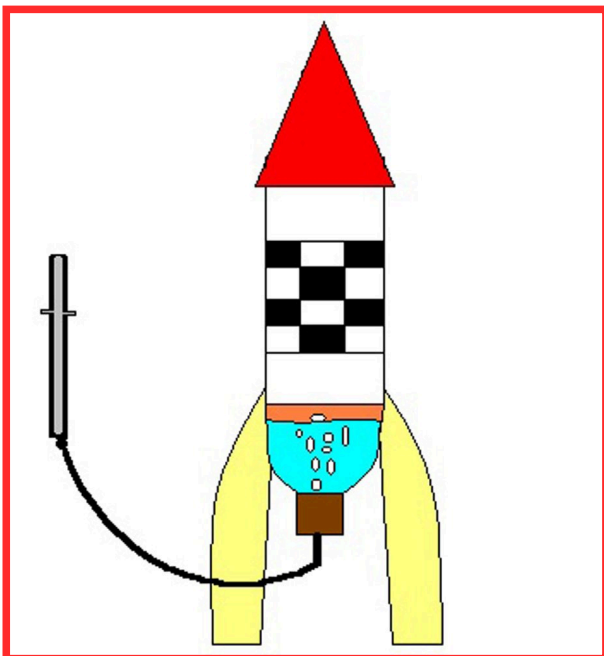


Fig.12. Preparando el lanzamiento.

Preparando el lanzamiento ^[3, 4]

Nuestro cohete, al igual que los que se utilizan hoy para lanzar naves al espacio, funciona según el principio de acción y reacción de Newton. Al bombear aire al interior de la botella, la presión aumenta progresivamente hasta que el corcho sale disparado, expulsando el agua a gran velocidad (fuerza de acción), lo que hará que el cohete se eleve, aumentando su velocidad a medida que el agua se expulsa (fuerza de reacción).

Y ahora, ¡a lanzarlos! (Fig. 13 y 14).



Fig. 13 El día más esperado: lanzamiento de cohetes de agua, contruidos por alumnos de 3º ESO.



Fig. 14. Lanzamiento de cohetes de agua, contruidos por alumnos de 3º ESO, desde la plaça Mercadal de Balaguer.

B. Diseño de una ciudad en la Luna

El 5 de marzo de 1998, la nave no tripulada Lunar Prospector detectó la presencia de hielo en los polos de la Luna, tal como lo había anticipado Tintín en sus aventuras. Este descubrimiento revive el antiguo sueño de colonizar nuestro satélite natural, imaginando la creación de bases espaciales permanentes y ciudades que podrían hacerse realidad en un plazo de 20 años.

Imagina por un momento cómo será "una ciudad en la Luna". ¿Dónde estará ubicada? Probablemente en los polos, pero, ¿en el polo norte o en el sur? La elección del lugar será clave para aprovechar los recursos lunares, como el agua en forma de hielo, que podría ser vital para la supervivencia de los colonos.

Al diseñar los hogares en esta ciudad lunar, se deberán tener en cuenta múltiples factores: la radiación solar, las extremas temperaturas y la falta de atmósfera. Los refugios tendrían que ser subterráneos o estar cubiertos por una gruesa capa de regolito lunar para proteger a los habitantes. Además, la energía será esencial para hacer posible la vida en la colonia. ¿Cómo se obtendrá? Quizás con paneles solares ubicados estratégicamente en las zonas de

mayor exposición al sol o mediante reactores nucleares compactos.

¿Y las naves que lleguen desde la Tierra? Necesitarán plataformas de aterrizaje especializadas, probablemente situadas en áreas llanas cerca de la colonia, desde donde también podrían despegar en futuras misiones interplanetarias.

Los vehículos lunares serán diseñados para desplazarse en el terreno irregular y polvoriento de la superficie. ¿Carreteras? No sería necesario construirlas como en la Tierra, pero sí rutas claras para facilitar el transporte. Las comunicaciones con la Tierra podrían depender de sofisticados sistemas de satélites o transmisores de alta potencia, asegurando la conexión constante con nuestro planeta.



Fig. 15. Maqueta de una ciudad en la Luna. Eduard Moreno (2º Bachillerato).

La vida laboral en la colonia también será diferente. ¿Habrán fábricas? Es probable que sí, pero serán fábricas especializadas en la producción de materiales esenciales para la construcción y el mantenimiento de la colonia, utilizando los recursos locales.

La atmósfera artificial será un tema crucial. El oxígeno deberá ser generado de alguna manera, quizá a partir del agua encontrada en el hielo o mediante procesos químicos avanzados que permitan liberar oxígeno a partir de los minerales lunares.

Un observatorio astronómico sería sin duda una excelente idea, ya que la ausencia de atmósfera en la Luna ofrecería una visión del universo clara y sin interferencias. Y, ¿por qué no pensar también en un puerto espacial, no solo para recibir naves de la Tierra, sino para ser el punto de partida hacia Marte y otros destinos del sistema solar?

La ciudad lunar es un sueño que, poco a poco, empieza a tomar forma, abriendo una nueva era en la exploración y colonización del espacio.

Esta actividad fue la propuesta inicial de un trabajo de investigación realizado por un alumno de segundo de bachillerato del colegio "L'Anunciata – Dominiques" de Lleida (Fig. 15).

Referencias

[1]. Bases de lanzamiento de cohetes: <https://www.pasionporvolar.com/bases-de-lanzamiento-de-satelites-capt-1/>

[2]. Eulàlia Albadalejo et altri. Física. Un enfoque conceptual, experimental e histórico. Grup Recerca Faraday. ICE UAB 1985.

[3]. Ciencia y espacio.

<https://www.youtube.com/watch?v=AegSxyOazTI&t=52s>

[4]. Lanzamiento de cohetes de agua <https://drive.google.com/file/d/1UGRtxcUU42-I75dOSdQBxR0NyyW0V24T/view>



OBSERVANDO A URANO



Esteban Esteban Peñalba



Cuando realizamos observaciones con nuestro alumnado siempre solemos mostrarles los planetas que en esos momentos estén en el cielo: el espectacular Venus, Júpiter que casi no le va a la zaga, el rojizo Marte; Saturno, que no destaca tanto pero que con el telescopio se vuelve espectacular, e incluso a veces el escurridizo Mercurio. Pero ¿y Urano? ¿Qué pasa con el séptimo planeta que nunca lo miramos? Lo mismo ocurre con Neptuno, pero a éste lo dejaremos para más adelante porque lógicamente es aún más difícil.

Lo cierto es que por su magnitud (entre 5.6 y 5.9) Urano podría observarse a simple vista en cielos muy oscuros, pero aunque lo estuviéramos viendo no sería fácil distinguirlo de otras estrellitas que se vean cerca de él. Hay que disponer de un mapa de la zona.

Si queremos localizar a este planeta ahora, a finales de 2024, puede ser el momento adecuado. Ya el verano pasado estaba visible pero solo de madrugada, y eso de tener que madrugar para ver

solo un puntito en el cielo... Ahora ya está a buena altura sobre el horizonte al principio de la noche y aguanta casi hasta el final de la misma. Incluso podrá verse, aunque menos tiempo, hasta el mes de abril.

Como la oposición de Urano se retrasa solo unos 5 días cada año, también lo hará el periodo de visibilidad, que por ejemplo en 2032 acabará en el mes de mayo.

En el gráfico de la Fig. 1 se ve la posición de los astros el día 1 de enero de 2025 a las 21 horas. Hay 4 planetas que se distinguen muy bien, pero Urano es mucho más débil que ellos:



Fig. 1

Suele decirse que el mejor momento para observar un planeta exterior es en fechas cercanas a su oposición. En ese momento está más cerca de la Tierra por lo que su magnitud será máxima, y además se verá durante toda la noche.

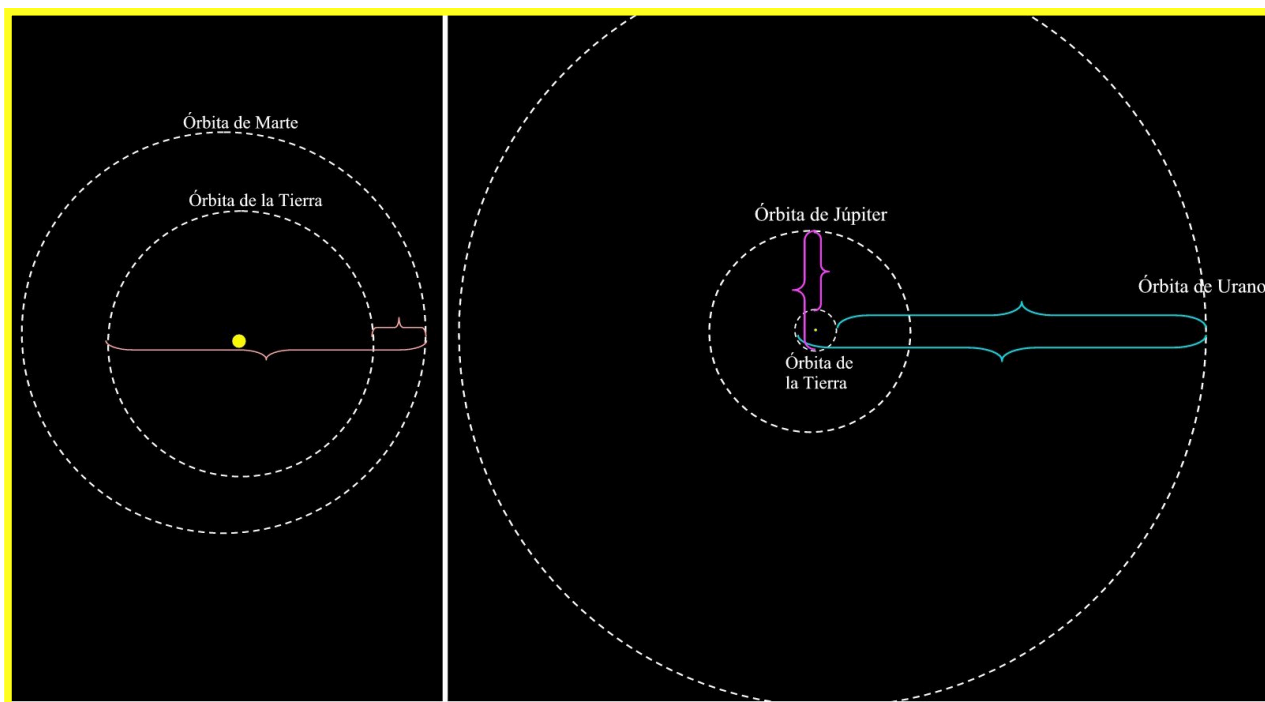


Fig. 2: Marte en oposición está 7 veces más cerca de la Tierra que en la conjunción, pero Urano solo una décima parte más cerca

La oposición de Urano fue el 15 de noviembre de este año 2024, pero quizás uno o dos meses después pueda ser más adecuado: Su magnitud prácticamente es igual (la diferencia entre la máxima y la mínima distancia a la Tierra proporcionalmente es pequeña, mucho menor que en Marte o Júpiter, por ejemplo, tal como se aprecia en la figura 2) y a primeras horas de la noche, que es cuando la mayoría solemos observar, ahora estará más alto y por tanto en mejor posición.

Primero deberíamos conocer aproximadamente donde está Urano, luego conseguir un mapa detallado de la zona, por ejemplo con un volcado de pantalla del programa Stellarium, y finalmente, a partir de algún astro destacado cercano, seguir un itinerario saltando de estrella en estrella hasta encontrar el planeta.

Durante toda esta temporada se va a mantener cerca de las Pléyades, por lo que este grupito de estrellas será una buena referencia para localizar rápidamente la zona.

Primero localizaríamos a Júpiter que, aparte de la Luna, será el primer o segundo astro más brillante del cielo (según que Venus ya se haya ocultado o no) y que hasta mayo se mantendrá junto al cúmulo de las Híades. A partir de ellas no muy lejos están las Pléyades, y por tanto en la zona de cielo donde estará Urano. Esto nos ayudará a buscar rápidamente la zona, y a partir de las Pléyades utilizaríamos un mapa.

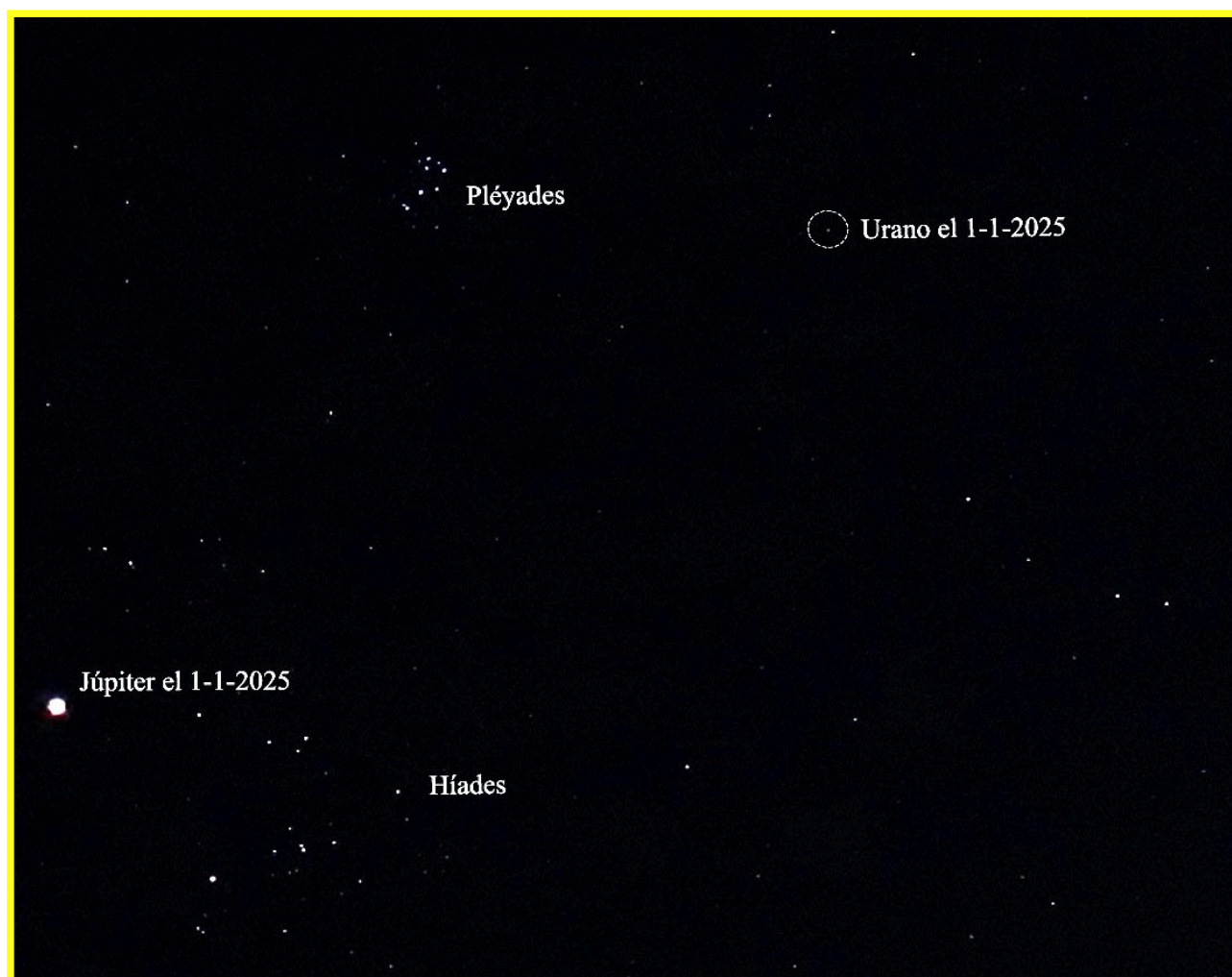


Fig. 3

De esta manera se puede intentar buscarlo, pero hay que tener en cuenta que es casi imprescindible utilizar prismáticos para localizarlo en el último paso.

En la figura 4 tenemos el recorrido de Urano en nuestro cielo desde ahora hasta mediados de abril (cuando ya dejará de verse por su proximidad angular con el Sol) con estrellas de referencia, en una representación más detallada. Justamente en este periodo termina su retrogradación y cambia el sentido de su movimiento sobre el fondo estrellado.



Fig. 4

Además podremos encontrarlo cerca de la Luna los días 9 de enero, 5 de febrero, 4 de marzo o 1 de abril de 2025. La primera ocasión quizás no ayude mucho porque la fase será muy grande y deslumbrará la zona pero, aunque sea otro tema, el día siguiente habrá un precioso fenómeno con la ocultación de las Pléyades.

Si le cogemos afición a Urano, podremos seguirle incluso más tiempo y apreciaremos varias circunstancias. En la figura 5 aparecen las trayectorias relativas desde el pasado 2 de septiembre hasta febrero de 2027, en que sigue manteniéndose entre las Pléyades y las Híades realizando 3 retrogradaciones (moviéndose hacia el oeste -hacia la derecha- respecto a las estrellas), casi una por año al moverse angularmente muy despacio. Más adelante hay un gráfico más detallado.

Teniendo en cuenta esta regularidad no será difícil ampliar el recorrido para años posteriores a 2027 en un mapa estelar más amplio hacia el este.

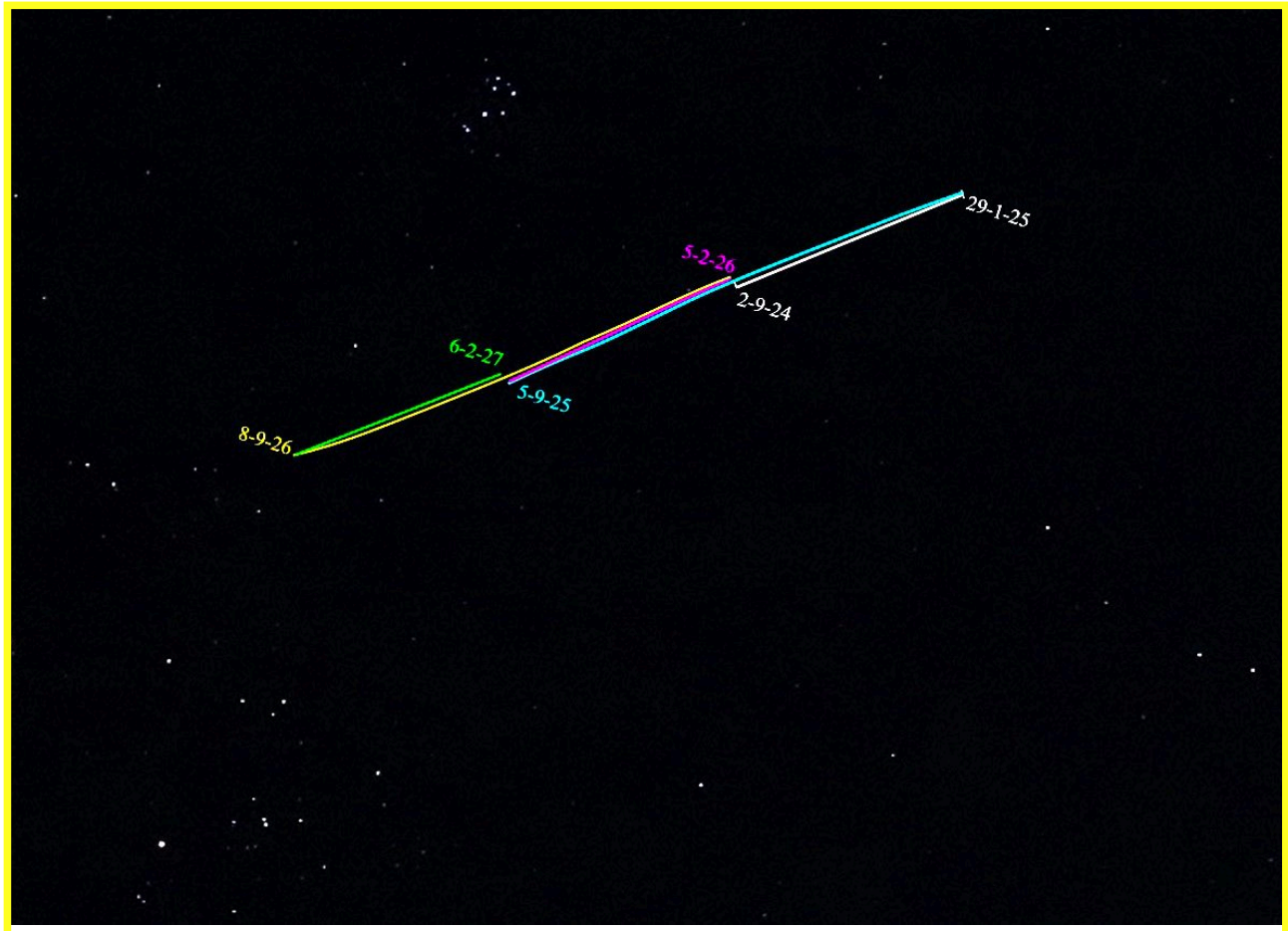


Fig. 5

Sorprendentemente, cada retrogradación termina casi exactamente donde había comenzado la anterior, lo cual es una tremenda casualidad que no ocurre con ningún otro planeta. Por ejemplo, la figura 6 recoge la situación de Marte:

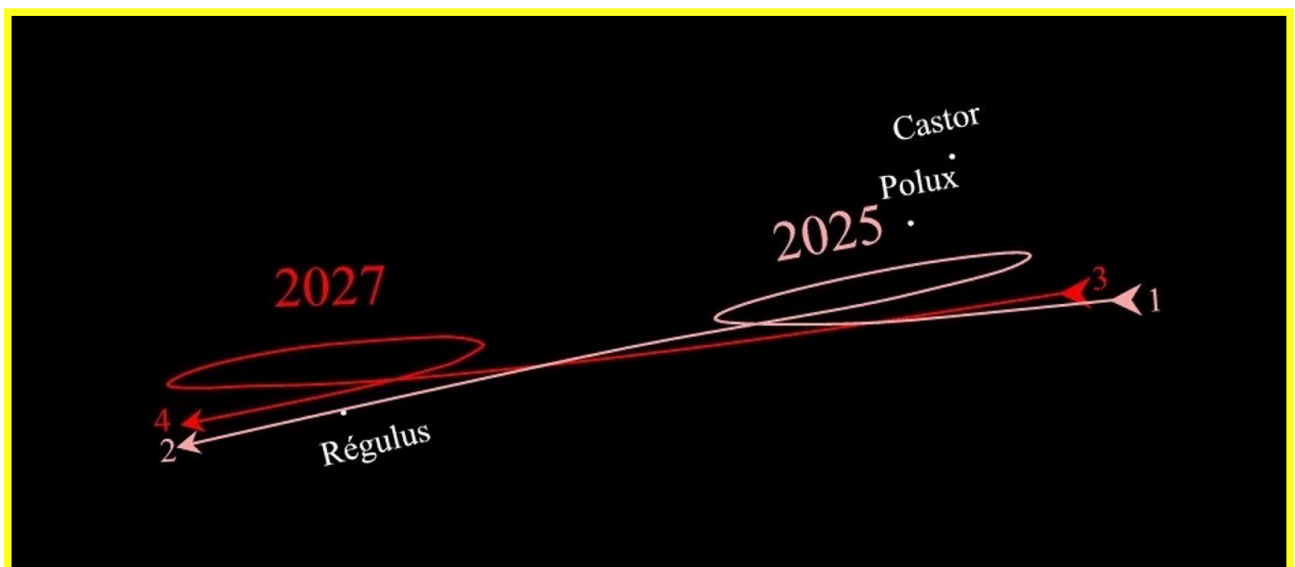


Fig. 6

Los dos bucles aparecen apreciablemente separados, además que de uno a otro Marte ha dado una vuelta completa. Totalmente diferente del caso de Urano.

- A diferencia de otros planetas, los bucles de retrogradación son muy planos, como puede verse en el siguiente gráfico, comparado con Marte. Es decir que cuando Urano empieza a retrogradar, retrocede casi por el mismo camino. Lo mismo cuando termina la retrogradación y se empieza a mover en sentido directo. Esto es debido a la poca inclinación de su órbita respecto al plano de la eclíptica (solo 0.8°) y también a su lejanía porque la retrogradación se produce cuando la Tierra está más cerca del planeta.

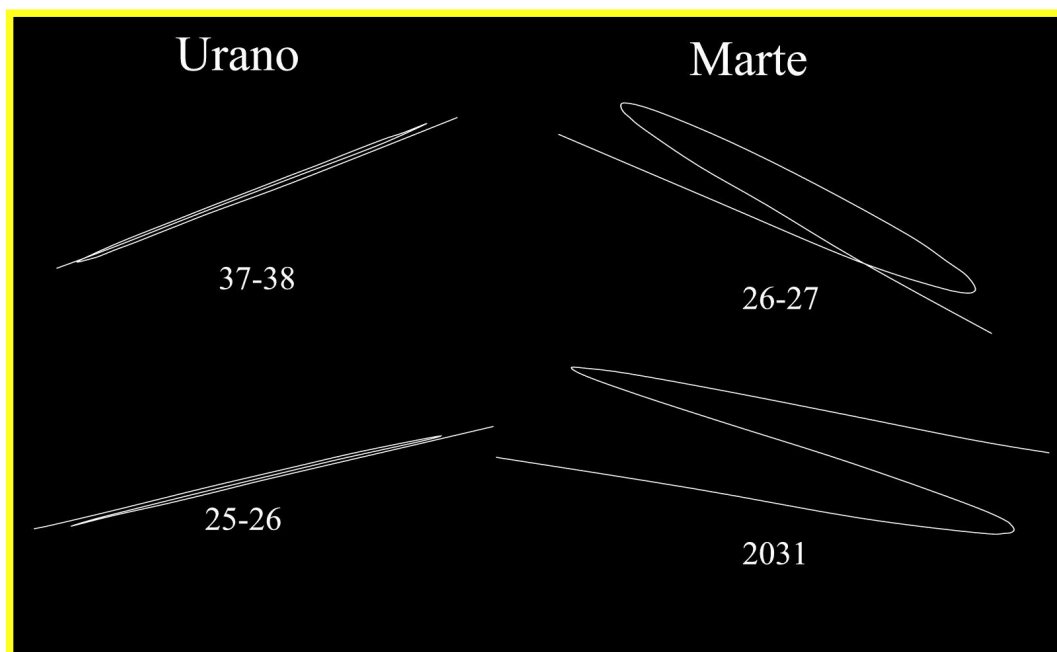


Fig. 7

La longitud del bucle también es diferente. Aquí se han ampliado los de Urano para visualizarlas mejor, pero en realidad son casi la mitad que los de Marte

Para apreciar mejor la forma de los próximos bucles de Urano y el lugar del final de uno con el inicio de otro, en la figura 8 se recoge el mismo recorrido que en la 5, pero exagerando la diferencia de declinación (componente vertical), y queda algo así:

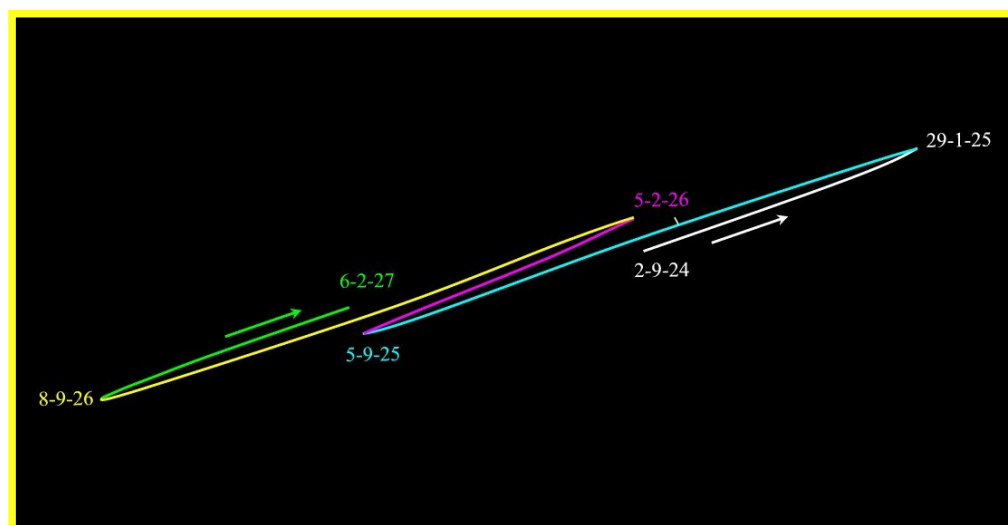


Fig. 8

Una vez que el alumnado se haya interesado por este planeta, pueden mencionarse aspectos curiosos sobre su descubrimiento, su papel decisivo en el descubrimiento de Neptuno, o algunas características notables y únicas de la mecánica celeste que se producen en el séptimo planeta.

Aunque fue descubierto por William Herschel en 1781, antes ya había sido observado por unos cuantos astrónomos, que pensaron que era una estrella. El mismo Herschel creyó que se trataba de un cometa.



Fig. 9: William y Caroline Herschel, que en algunos foros figura también como descubridora de Urano ya que trabajó con su hermano en ese y otros proyectos.

En principio se propuso darle el nombre de su descubridor, aunque éste decidió llamarle “La estrella de Jorge”, en honor del rey Jorge III, su benefactor. Después de mucho tiempo se decidió llamarlo Urano, el dios griego del cielo. Por ello es el único planeta que lleva nombre de origen griego. El resto, aunque en principio también lo tenían, los romanos se los cambiaron por los de sus divinidades semejantes.

También los nombres de sus principales satélites son diferentes del resto del Sistema Solar pues en vez de utilizar nombres de la mitología, los de Urano fueron nombrados con personajes de obras literarias, principalmente de obras de Shakespeare: Miranda, Ariel, Umbriel, Titania, Oberón, Puck, Sycorax...



Fig. 10

Incluso el diámetro del mayor de ellos es ligeramente inferior a la mitad del diámetro de nuestra luna.

A diferencia del resto de los planetas que tienen su eje de rotación próximo a la perpendicular del plano de traslación (La Tierra a 23.5°) El eje de Urano está casi paralelo, por lo que su mecánica celeste en algunos aspectos es muy especial. Por ejemplo:

Las estaciones son muy extremas y el Sol puede encontrarse en cualquier lugar de la bóveda celeste excepto en el interior de dos círculos de solo 8° de radio alrededor de los polos celestes.

En los solsticios apenas se mueve, recorriendo una circunferencia de solo 8° de radio, y es únicamente en el interior de ese pequeño círculo donde nunca se sitúa.

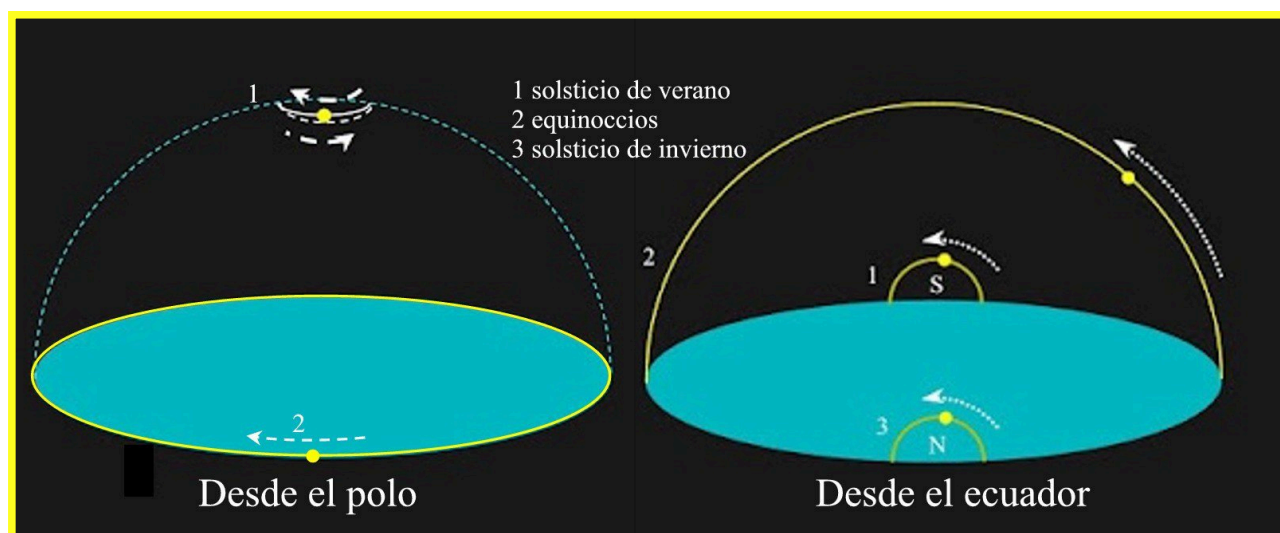


Fig. 11

Desde Urano solo cada 41 años podrían verse lunas llenas: Aunque tiene muchos satélites, solo en los 7 mayores pueden apreciarse fases. Sus planos orbitales están casi perpendiculares al plano orbital de Urano, y solo cuando ese plano está dirigido al Sol (cada 41 años, en las posiciones 2 y 5 del siguiente gráfico) las fases son similares a las de nuestra luna.

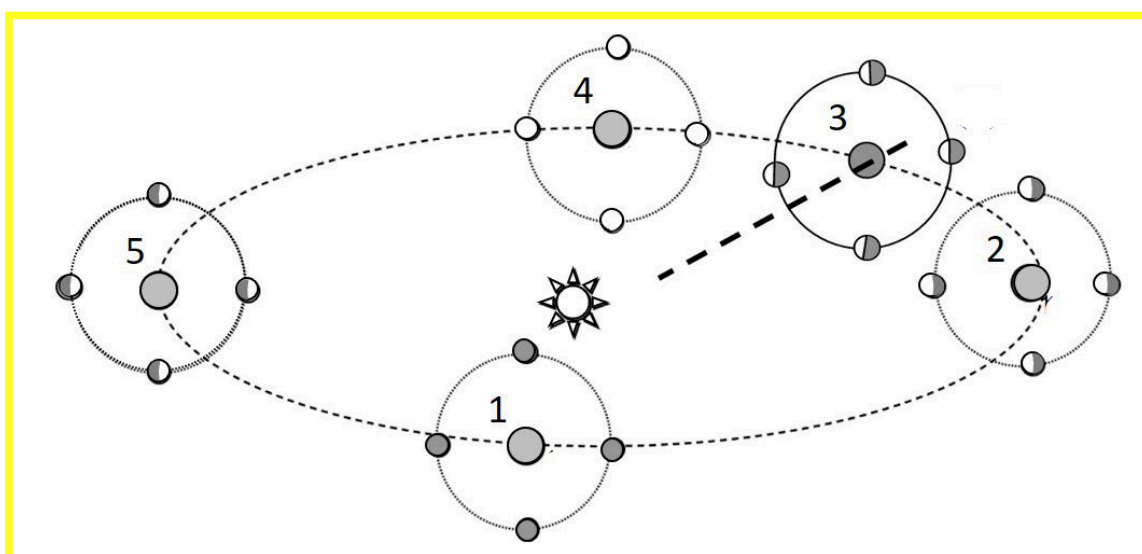


Fig. 12

En 1 y 4 de la Fig. 12, la fase se mantiene en cuarto sin variar, y el resto del tiempo (en 3) oscilan: Por ejemplo van decreciendo pero antes de llegar a nueva empiezan a crecer y luego antes de la fase llena a vuelven a decrecer.

Una secuencia de fases de este último caso sería:

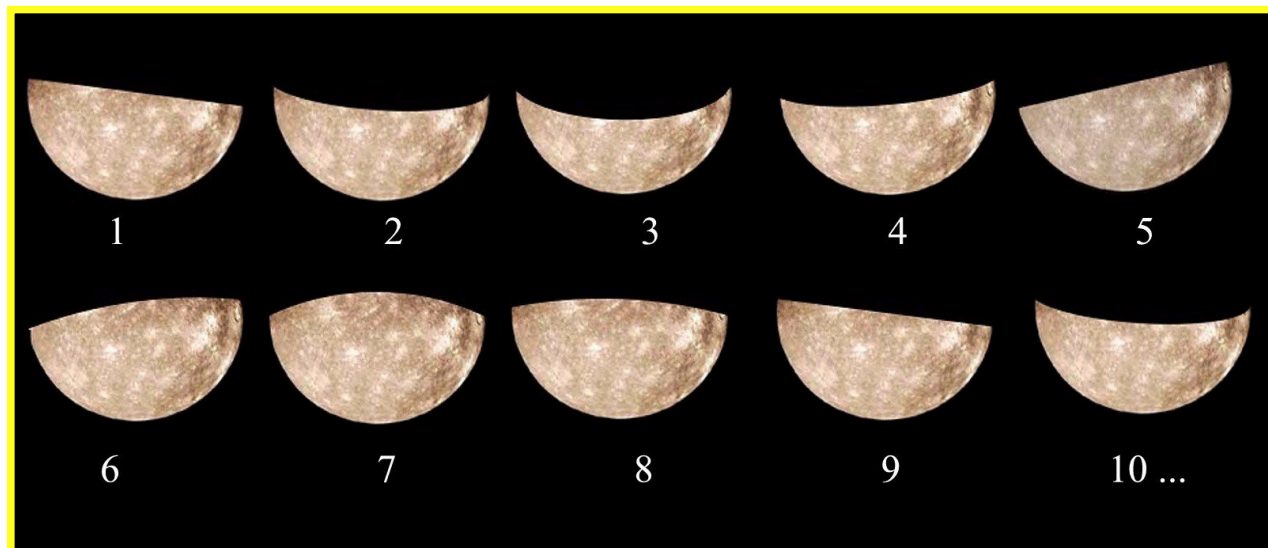


Fig. 13

Son muchas las características especiales de Urano y sus satélites, con lo que podemos implicar al alumnado, comenzando por una observación motivadora, a seguir buscando, descubriendo e imaginando las especiales circunstancias del planeta que los hermanos Herschel encontraron.



ApEA, la Asociación para la Enseñanza de la Astronomía, nació en 1995 para acoger a todas las personas que se dedican a la enseñanza de la Astronomía en centros educativos, planetarios, museos de la ciencia, agrupaciones de aficionados y clubes de estudiantes.

ApEA engloba a todos los interesados en la enseñanza de todos los niveles educativos reglados -desde la enseñanza primaria hasta la universitaria- así como los no reglados.

También organiza reuniones de formación para sus socios y publica materiales de interés didáctico, como la presente revista.

Más información en www.apea.es

