

¿Cómo conocemos...?

Nivel: 3º. 4º ESO y Bachillerato, 60 a 90 minutos

Traducción y adaptación de la lección original: *How do we know...?*

Notice

This lesson plan was created by Digitalis Education Solutions, Inc. (DigitalisEducation.com) and is provided free of charge as a public service to encourage the teaching of astronomy. It was written for use with a Digitalium® planetarium system. You may need to modify this lesson to work with other systems with different capabilities.

License

Permission is granted to copy, distribute, and modify this document provided that existing copyright notices, the text of this license, and the text of the "Notice" section are not removed or modified, other than to add your own copyright notice for your modifications.

Copyright

Copyright 2003-2008, Digitalis Education Solutions, Inc

Copyright de la Traducción y adaptación al español, ASTROdidactico.com 2008.

Aviso (esto es solo una traducción del original *Notice*)

Este plan de lección ha sido creado por Digitalis Education Solutions, Inc. (DigitalisEducation.com) y es gratuito siempre como un servicio público para promover la enseñanza de la Astronomía. Está escrito para ser usado con un planetario Digitalium®. Puede que necesites modificar esta lección para trabajar con otros planetarios de diferentes capacidades.

Licencia (esto es solo una traducción del original *License*)

Se permite copiar, distribuir y modificar este documento siempre que los textos originales y traducidos de copyright, *license* y *Notice* no sean borrados ni modificados, salvo que añadas tu propio anuncio de copyright por tus modificaciones.

Objetivos

- Que los alumnos aprendan:
- A reconocer al menos dos constelaciones visibles desde su localización.
- Los mayores avances en tres periodos de tiempo: Greco-Romano, el S. XVII y desde el final del S. XIX hasta la actualidad.
- Cómo ciertos inventos mejoraron nuestro conocimiento del Universo.
- Las contribuciones de varias personas a nuestro entendimiento del Universo.
- Que la mayoría de lo que sabemos de nuestro Universo lo hemos aprendido de la radiación electromagnética.
- Como los astrónomos usan la radiación electromagnética para aprender sobre el Cosmos.
- Que la atmósfera de la Tierra bloquea o absorbe ciertos tipos de radiación, y
- Que no podemos ver todos los tipos de radiación electromagnética, pero que

hemos hecho herramientas que nos permiten estudiar todos los tipos de radiación.

Materiales necesarios

- Linterna
- Luz y Puntero láser
- Póster del espectro electromagnético
- Planetario Digitalium® situado en la fecha y hora actual, con los efectos atmosféricos y el paisaje conectados.

I) Introducción (5 a 10 minutos)

A) Informa a los estudiantes que hoy explorarán Astronomía. Aprenderán los avances de tres épocas importantes- época Grecorromana, el S. XVII y desde mitad del S. XIX a nuestra época.

B) Informa a los alumnos que la mayoría de lo que sabemos del Universo lo hemos aprendido estudiando la luz. Pregúntales cómo definirían el término 'luz'. Rápidamente revisa cada tipo de luz en el espectro electromagnético, mostrando el póster. Incluye también cómo podemos experimentar cada tipo de radiación y como los astrónomos estudian cada tipo [*Ver nuestra página Web de Recursos Básicos para sugerencias sobre este tema*].

C) Introduce las expectativas, el método de entrada y entonces entrar en el planetario.

II. Los antiguos griegos y los romanos (10 a 20 minutos)

A) [*Cuando todos estén sentados, acelera el tiempo hasta llegar a la puesta de Sol y entonces quita los efectos atmosféricos y el paisaje.*] Informa a los alumnos que verán el cielo que veríamos sobre las ____ p.m./a.m. de esta noche. Señala la fecha para que se den cuenta que es el cielo de esta noche. La gente ha estado buscando patrones en el cielo durante miles de años, para ayudar a su entendimiento del mundo. ¿qué perciben los alumnos cuando miran a su alrededor? ¿qué parte del espectro electromagnético están usando para percibir la información?

B) Muchas culturas crearon sus propias constelaciones para medir el tiempo y ayudarse en sus labores de siembra y recogida de la cosecha y la preparación estacional de inundaciones y sequías.

Las figuras creadas por los griegos antiguos y los romanos llegaron a ser predominantes ¿Reconocen los estudiantes constelaciones Greco-Romanas mientras que miran alrededor? [*Señala dos o tres, incluyendo la Osa Mayor. Enciende las líneas de los dibujos de las constelaciones y después las ilustraciones artísticas para cada una, y comparte un breve hecho sobre cada grupo de estrellas.*] Señala la estrella del norte [o pide a un estudiante lo haga], utilízala para definir las tres otras direcciones, y después enciende los puntos cardinales.

C) ¿Cómo las estrellas ayudaron a la gente en su actividad de medir el

tiempo? *[Haciendo observaciones durante varios años, la gente aprendió que la aparición o desaparición de una estrella o de un grupo de estrellas está asociado a los cambios estacionales.]* Uno de los grupos de estrellas más usado fue un cúmulo llamado las Pléyades, o siete hermanas, o las cabrillas, la cual muchas culturas usaron para medir la fecha del comienzo de la cosecha. *[En caso de necesidad, enciende la fecha y hora, y haz zoom en las Pléyades.]* Deshaz el zoom, acelera tiempo, y permite que los estudiantes encuentren sus propios patrones. ¿Cómo explicarían los estudiantes el movimiento aparente de las estrellas? ¿Cómo creen que la gente explicó esto hace miles de años?

D) ¿Qué notan sobre la luna los estudiantes? *[Pudieras necesitar moverte adelante en el tiempo para hacer visible la luna.]* Agranda la luna, y muévete adelante en el tiempo día tras días, hasta que haya pasado cerca de dos semanas. ¿Cómo se mueve a través de nuestro cielo? ¿Parece siempre igual? Discute brevemente qué causa las fases de la luna. ¿Cómo explicarían el movimiento de la luna? ¿Cómo creen que la gente explicó esto hace miles de años?

E) ¿Hay algunos objetos que se comporten diferentemente de la luna y de las estrellas? ¿Cuáles son estos objetos? Correcto, son los planetas, una palabra derivada del griego que significa 'estrella vagabunda'. Enciende las etiquetas de los planetas para ayudar a los estudiantes que no los pierdan de vista, y mueve adelante el tiempo día tras día, hasta que pasen dos o tres semanas. ¿Cómo los planetas se mueven en el cielo? *[Típicamente del oeste al este (movimiento directo), pero a veces del este al oeste (movimiento retrógrado).]* ¿Cómo los estudiantes explicarían el movimiento de los planetas basados en sus observaciones? ¿Cómo explicarían el movimiento de los planetas hace miles de años?

Si es necesario, muévete adelante en el tiempo hasta que Mercurio esté en el sur. Enciende el trazo (o recorrido) de los planetas y adelanta el tiempo semana por semana hasta que el rastro de Mercurio hace un bucle en el cielo *[o corre varios segundos del script del movimiento anual]*. Si los estudiantes están interesados, discute la definición de planeta adoptada por la Unión Astronómica Internacional en agosto de 2006 (un objeto que está en órbita alrededor del sol, es bastante grande para que su propia gravedad le de una forma casi esférica, y que haya despejado su vecindad alrededor de su órbita) ¿Por qué esta definición cambió el estado de Plutón?

F) **OPCIONAL:** Hay siete objetos no-estelares que podemos observar con nuestro ojo desnudo, sin ayuda de telescopios: el sol, la luna, y cinco planetas--Mercurio, Venus, Marte, Júpiter, y Saturno. Los Griegos, Romanos, y otras culturas llamaron a los planetas con el nombre de algunos de sus dioses, basados en sus características. Por ejemplo, en la mitología romana Mercurio era un mensajero rápido, así pues el planeta que se mueve en su órbita alrededor del sol más rápidamente lo llamaron Mercurio. Estos siete objetos fueron utilizados por muchas culturas para nombrar los días de la semana. El inglés utiliza una mezcla de los nombres romanos y germánicos, y el español utiliza básicamente su raíz latina (salvo excepciones como el sábado y el domingo)

- **Lunes:** (inglés Monday El día de la Luna). En honor a la diosa romana.
- **Martes,** (inglés Tuesday: Tiu's day o día de Marte). Tiu fue el dios germánico de la guerra y Marte el equivalente dios romano (Ares en griego).
- **Miércoles** (en inglés Wednesday: Woden's day o día de Mercurio). Woden/Odin

es a veces descrito como el dios superno germánico, pero es también asociado con el dios romano Mercurio.

- **Jueves** (en inglés Thursday: Thor's day o día de Júpiter). Thor fue el dios germánico del trueno y del relámpago. Jupiter, o Jovi, fue el dios de los cielos.
- **Viernes** (o en inglés Friday: Freya's day o día de Venus). Freya se considera el equivalente germánico de Venus, la diosa romana de la belleza y el amor.
- **Sábado** (en inglés Saturn's day día de Saturno). Saturno fue el dios romano de la agricultura y el tiempo (Chronos para los griegos). Las tribus germánicas no parecen tener un equivalente. En español el sábado deriva del vocablo hebreo *sabat*, que era el día de descanso de esta cultura (de ahí *sabático*)
- **Domingo** (en inglés Sunday: The sun's day o día del Sol). Sol para los romanos y Helios para los griegos. Sin embargo domingo proviene de la cristianización de Roma, donde el Dios Sol se cambia por el Dios de la religión Cristiana, cambiando el día del Sol, por el día del Señor Dominus Christi.

En la antigüedad no se conocían más planetas, pues Urano y Neptuno se descubrieron con el telescopio. Todos los demás se observan a simple vista. Si en la antigüedad se hubiera conocido Urano, probablemente nuestras semanas serían de 8 días.

G) Informe a los estudiantes que una gran discusión se presentó para entender y predecir los movimientos de los planetas- el geocentrismo contra el modelo heliocéntrico del Sistema Solar--y define estos términos. El filósofo griego Aristóteles, S. IV a.C., previó un modelo geocéntrico del Sistema Solar, con el resto de los cuerpos celestes moviendo en órbita alrededor de la tierra en círculos perfectos. Esto acordó absolutamente bien con las observaciones del sol y de la luna, pero no con los planetas. Durante muchos siglos la gente luchó para hacer que el modelo de Aristóteles de órbitas planetarias concordara con lo que se observaba.

H) Un desarrollo importante en la discusión vino en el S. II d.C, con Ptolomeo de Alejandría, en Egipto. *[Muestra la diapositiva del sistema de Ptolomeo y discute el modelo de Ptolomeo del Sistema Solar.]* Incluso con toda su complejidad, sin embargo, el sistema de Ptolomeo no predecía muy exactamente las posiciones planetarias. Con todo, a pesar de sus problemas, el modelo geocéntrico no fue desafiado agresivamente hasta el S. XVI ¿Por qué era el modelo geocéntrico tan duro de rebatir? *[Tres razones principales: 1) sentido común-no podemos sentir que estamos en el movimiento; 2) los seres humanos tienden a querer sentirse en el centro de cosas; y 3) Aristóteles era muy influyente y pocas personas se atrevieron a rebatir sus teorías.]*

III. El Modelo Heliocéntrico (15 a 20 minutos)

A) Informe a los alumnos que a continuación saltaremos muchos siglos, al S. XVII, para poner el Sol en el centro del Sistema Solar. Utiliza el Menú de Texto para saltar al año 1610. Pregunta al alumnado si saben porqué el modelo heliocéntrico fue eventualmente aceptado. ¿Qué herramienta probó que el sol era el centro de nuestro Sistema Solar? *[El telescopio.]* ¿Cómo fue? *[Aumentando nuestra potencia para observar la luz visible.]*

B) ¿Quién apostaba por la desaparición del modelo geocéntrico por sus

observaciones con un telescopio? *[Galileo Galilei, que vivió en los Siglos XVI y XVII]* Galileo descubrió cuatro lunas de Júpiter con su telescopio en 1610; éstas más adelante fueron llamadas lunas galileanas. Él dedujo que estas lunas se movían en órbita alrededor de Júpiter, y esto apoyaba la idea de que la Tierra no estaba en el centro de todo. *[Haz Zoom en Júpiter y acelera el tiempo para permitir que los estudiantes observen las órbitas de las lunas galileas durante varios segundos. Deshaz el Zoom para volver al campo de estrellas.]*

Galileo también observó que Venus completa un ciclo con fases, como la luna de la tierra, y que el tamaño aparente de Venus varía. *[Haz zoom en Venus y avanza el tiempo semana tras semana para mostrar las fases.]* De estas observaciones Galileo concluyó que Venus tenía que mover en órbita alrededor del sol, y no de la tierra. ¿Por qué él llegaría a esta conclusión? ¿Por qué Venus parece cambiar de tamaño durante sus distintas fases?

C) Galileo no fue el primero en sugerir que el sol estaba en el centro del Sistema Solar – esta idea había estado rondando por lo menos desde la época de Aristarco en el S. III a.C. -pero si fue quien proporcionó la evidencia que reforzaba la teoría. Poner el sol en el centro resolvió uno de los problemas principales del modelo geocéntrico de Aristóteles: los movimientos directo y retrógrado de los planetas. Lo solucionó de una manera mucho más simple que los deferentes excéntricos, los epiciclos, y los ecuantos de Ptolomeo. Aún con todo su duro trabajo, la iglesia católica puso a Galileo bajo arresto domiciliario, que vio en sus ideas un conflicto con las sagradas escrituras.

D) Aun cuando Galileo había proporcionado evidencia directa que contradecía el modelo geocéntrico, él todavía no podía explicar qué mantiene a la Tierra orbitando alrededor del Sol ni las lunas galileanas en su órbita alrededor de Júpiter. ¿Quién podía hacer eso? Sir Isaac Newton, que vivió en el S. XVII y XVIII, y nos dio la Ley de la Gravitación Universal. ¿Cuáles son los puntos principales de la ley de la gravitación universal? *[La fuerza de la gravedad que ejerce un astro sobre otro, es proporcional a la masa de estos objetos y disminuye con la distancia que los separa elevada al cuadrado.]* La ley de Newton explicó matemáticamente porqué los planetas tienen órbitas elípticas, así como porqué se mueven a velocidades variables. Explicó lo que la gente observó e hizo predicciones demostrables. Por ejemplo, la ley de la gravitación universal predijo que la gravedad de Júpiter tendría un efecto pequeño pero notable en la órbita de Saturno, que de hecho es así.

Newton también inició un área de la astronomía que hablaremos más adelante: la espectroscopia, que utiliza la luz para determinar la composición química, la temperatura, y el movimiento. En 1666 Newton demostró que la luz blanca del sol se podría dsdoblar en una serie continua de colores. Él introdujo la palabra “espectro” para describir este fenómeno. El instrumento que él empleó para difractar la luz contenía una pequeña abertura que dejaba pasar un haz de luz, una lente para enfocarla, un prisma de cristal para dispersarla, y una pantalla para recoger el espectro que resultaba. El análisis de Newton de la luz era el principio de la ciencia de la espectroscopia.

E) Así por el S. XVII ya teníamos el Sol en el centro de nuestro Sistema Solar y sabíamos qué mantienen los planetas orbitando alrededor del Sol. Otra importante pregunta era a qué distancia está el Sol. Incluso tempranamente la gente teorizó que el

Sol sería la estrella más cercana a la tierra puesto que se veía tan grande comparado a las otras estrellas, pero ¿cómo midieron la distancia? *[Toma algunas ideas de los alumnos de cómo esta distancia puede ser medida, después señala algunas estrellas cercanas a la tierra, que puedan implicar el cambiar de latitud y/o el ir adelante o atrás en el tiempo para hacerlas visibles.]* ¿Podemos averiguar cuáles son las estrellas más cercanas a la tierra con apenas nuestros ojos? Las apariencias pueden engañar... Algunas estrellas cerca de la tierra cuyas distancias aproximadas son:

Alpha and Beta Centauri, 4.3 años-luz

Sirio A, 8.6 años-luz

Altair, 16 años-luz

Vega, 25 años-luz

Arturo, 37 años-luz

F) ¿Qué es un año-luz? Correcto, la distancia que viaja la luz en un año, es una medida de la distancia, no de tiempo. La luz viaja cerca de 300,000 kilómetros /por segundo. Hay 60 segundos en un minuto, 60 minutos en una hora, 24 horas en un día, y cerca de 365.25 días en un año. Si multiplicamos todos esos números juntos, alcanzamos aproximadamente 10 billones de kilómetros (10 millones de millones o 10^{13} Km.) como la distancia que la luz puede viajar en un año. *[Si el tiempo lo permite, discute cómo fue determinada la velocidad de la luz. Ver la Página Web de Recursos Base para completar información sobre este tema.]* ¿A cuántos años-luz de la tierra está el sol? Ninguno. Es cerca de 8 minutos luz, lo cual equivale cerca de 150 millones de kilómetros.

G) ¿Cómo calculamos la distancia al Sol? El primero en medirla fue Giovanni Cassini en 1672. Su método implicó Marte y una técnica llamada paralaje. Pregunta a estudiantes si conocen el término "paralaje." Pide que cada cual sostenga un dedo hacia arriba sobre 10/15 cm. delante de su nariz, mira una estrella o alguna marca en la parte opuesta del planetario, y después abre y cierra uno y otro ojo alternativamente. El dedo debe aparecer saltar de un lado a otro contra el fondo; este efecto se llama paralaje. Para utilizar la paralaje para calcular la distancia al dedo, los alumnos tendrían que medir la distancia entre sus ojos, que es la línea base, y el ángulo que su dedo parece saltar. Entonces usando la trigonometría se encuentra el valor que falta, la distancia a sus dedos.

¿Cómo Cassini utilizó el paralaje de Marte para encontrar la distancia al sol? Una pista: él no lo hizo solo. *[Tome algunas ideas de los estudiantes de cómo Cassini pudo haberlo calculado.]* Cassini se colocó en París y envió a otro astrónomo, Jean Richer, a Cayenne, Suramérica. Al mismo tiempo, los dos midieron la posición de Marte contra el fondo de las estrellas, lo que les permitió conocer el ángulo que 'parece saltar Marte'. Sabían la distancia entre sus dos puntos de observación, que es la línea base. También sabían que la distancia media aproximada entre Marte y el Sol era 1.5 unidades astronómicas (UA); una UA (Unidad Astronómica) es la distancia media entre la tierra y el sol. La gente había utilizado la geometría siglos atrás para calcular las distancias medias de cada planeta visible al sol, en UA. El problema era que no se sabía cuánto es una UA. Así que si Cassini y Richer podían determinar la distancia de la tierra a Marte, entonces determinarían el valor de la UA.

Cassini y Richer encontraron que el Paralaje de Marte era alrededor de 24 segundos del arco, lo cual arrojaba un valor de 138.370.000 kilómetros para la UA. *[Si Marte no es visible en tu posición actual del cielo, adelanta el tiempo hasta que se vea.]*

Pide a los estudiantes que miren la posición de Marte contra el fondo de las estrellas, después cambia la latitud al menos 30 grados. ¿Marte cambió la posición contra el fondo de las estrellas? *[Los alumnos probablemente no notarán ningún cambio ya que la cantidad es muy minúscula.]* Así que puedes ver que Cassini y Richer tenían un desafiante trabajo; tuvieron que ser extremadamente precisos, ya que el cambio era muy pequeño. La separación de su medida con la realidad fue alrededor de 11 millones de kilómetros, pero fue muy notable considerando los desafíos que hicieron frente. *[Si quieres, pon de nuevo la configuración por defecto de tu planetario.]*

H) Las medidas de Cassini y Richer fueron un paso enorme en el conocimiento de la escala de distancias del universo. Antes de que pudiéramos utilizar la paralaje para medir la distancia a otras estrellas, necesitamos saber la longitud de nuestra línea de base, que es la distancia entre la tierra y el sol. Usar la paralaje para medir las distancias a otras estrellas requiere tomar las medidas con seis meses de separación, cuando la tierra está en los lados opuestos del sol, para una línea base de 2 UA. Este método funciona solamente para las estrellas más cercanas, aproximadamente mil años-luz de Tierra. *[Muestra la diapositiva de la paralaje estelar, y señala la línea base y el ángulo que la estrella parece moverse.]*

I) **OPCIONAL:** Si el tiempo lo permite, discute los métodos usados para encontrar distancias a las estrellas más lejanas de la tierra, incluyendo el redshift de la luz (corrimiento al rojo) y el trabajo de Leavitt y Henrietta Swan con las variables de Cefeidas. *[Mira la Web de Recursos Base.]*

IV. Mitad del Siglo XIX hasta la actualidad (20 a 30 minutos)

A) Saltaremos de nuevo adelante en el tiempo, a la mitad del S. XIX. Discutimos antes brevemente cómo sir Isaac Newton comenzó una nueva rama de la ciencia, la espectroscopia. La espectroscopia es el uso de la luz para determinar la composición química, la temperatura, y el movimiento. Es la ciencia que permite a los astrónomos determinar de qué están hechas las estrellas. En 1859 Gustav Robert Kirchhoff y Robert Wilhelm Bunsen, de la famosa hornilla Bunsen, establecieron que cada elemento y compuesto químico tienen su propio y único espectro, y que estudiando el espectro de una fuente desconocida, se puede determinar su composición química. Ésta es la única manera por la que podemos determinar de qué están hechas las estrellas.

¿De qué están hechas las estrellas? La mayoría de las estrellas se componen sobre todo de hidrógeno y de helio. Cuando una estrella envejece, elementos más ligeros se funden en elementos más pesados en un proceso llamado fusión nuclear. La fusión nuclear proporciona la energía que una estrella emite en forma de luz. En una estrella de masa similar a nuestro sol, cuando la fuente central de hidrógeno se ha gastado, el núcleo colapsa, creando temperaturas muy altas. Cuando la temperatura es suficientemente alta, el núcleo, que ahora es de helio, es rodeado por una cáscara ardiente de hidrógeno. Esta "cáscara ardiente" causa que la parte externa de la estrella se expanda, lo cual hace que se enfríe, y la estrella sale de la secuencia principal, (la mayor parte de la vida de la estrella), para convertirse en una gigante roja. Betelgeuse en Orión y Antares en Escorpión están en esta fase de sus vidas. *[Señala una de estas estrellas.]*

El último paso en la vida de una estrella similar a nuestro sol es convertirse en una nebulosa planetaria. *[Haz zoom en la Nebulosa del Espirógrafo que puede requerir cambio de latitud y/o avanzar adelante el tiempo.]* La estrella en el centro de la nebulosa fue una gigante roja hace algunos miles años pero después expulsó sus capas externas al espacio para formar la nebulosa. El remanente estelar en el centro es el núcleo caliente de la gigante roja, cuya radiación ultravioleta fluye hacia fuera inundando el gas circundante, haciendo brillar el gas de la Nebulosa. Durante los próximos miles de años, la nebulosa se dispersará gradualmente en el espacio, y después la estrella se enfriará y debilitará su luminosidad paulatinamente durante los siguientes miles de millones de años; esto es lo que llamamos una enana blanca. *[Deshaz el zoom para volver a mostrar todo el campo de estrellas.]* Los astrónomos pueden utilizar la espectroscopia para determinar qué elementos tiene una estrella y en qué proporciones, lo cual es un indicativo de cómo de avanzada está la estrella en su ciclo evolutivo.

B) La espectroscopia también se utiliza para determinar el movimiento de un astro en relación con la tierra. ¿Qué es el efecto de Doppler? *[Discute con los estudiantes cómo el efecto de Doppler se aplica a ondas de luz, y que un estirado de las ondas corresponde a un redshift o corrimiento al rojo, y una compresión a un corrimiento al azul.]* El astrónomo Edwin Hubble, en honor a quien se le ha llamado el Telescopio Espacial Hubble, utilizó el corrimiento al rojo de la luz para determinar si una galaxia se alejaba de la tierra y a qué velocidad. Usando sus observaciones de varias galaxias, consideró que podría tomar su brillo aparente como una indicación aproximada de su distancia. Hubble encontró una relación entre la velocidad con la cual las galaxias se alejan y su distancia de la tierra, que condujo a la ley de Hubble, enunciada en 1929. Esta ley indicó que las galaxias más distantes de la tierra, se están alejando más rápidamente. Hablaremos más sobre la ley de Hubble y el HST un poco más adelante.

C) Antes de que pudiéramos lanzar el HST, necesitamos encontrar una manera de vencer la gravedad de la tierra. ¿Qué tecnologías permitieron que pudiéramos abandonar la tierra? *[Cohetes, incluyendo los motores suficientemente potentes y combustible relativamente seguro; medios electrónicos de comunicarse con un satélite o un telescopio; computadoras, etc.]* ¿Cuándo fue lanzado con éxito el primer cohete? Roberto H. Goddard lanzó el primer cohete de combustible líquido el 16 de marzo de 1926, y voló aproximadamente 12 metros. *[Las fuentes para ampliar información sobre la historia de la aeronáutica están en nuestra página Web sobre recursos.]* El HST fue puesto en órbita en el espacio en 1990 por la lanzadera espacial Discovery, nueve años después del primer vuelo de la lanzadera. Las lanzaderas espaciales se liberan de la gravedad de la tierra con la ayuda de un cohete, después se separan del cohete para volar independientemente.

D) La capacidad de poner instrumentos como el HST en el espacio ha conducido a mayor conocimiento en Cosmología. ¿Qué es la Cosmología? *[Podemos decir que la Cosmología es “el estudio del origen, evolución, y estructura a gran escala del Universo”]* Los cosmólogos estudian tópicos como la expansión y la edad del universo, la distribución de galaxias, etc. Los instrumentos en espacio pueden estudiar las longitudes de onda del espectro electromagnético que son bloqueadas o absorbidas por nuestra atmósfera, contribuyendo así a nuestro conocimiento en estas áreas. ¿Cuáles son los tipos de luz que no pueden penetrar nuestra atmósfera? *[Rayos X, rayos gamma, parte del infrarrojo, la mayoría del UV]*. Tenemos actualmente o tuvimos recientemente instrumentos en el espacio para aprender de todas estas longitudes de onda.

E) **OPCIONAL:** Discute los instrumentos en el espacio y demuestra la imagen de cada instrumento que hayas mencionado; las imágenes están en la carpeta correspondiente de las Lesson Media en el DVD y/o USB. El Telescopio Espacial Spitzer detecta la energía infrarroja, o el calor irradiado por los objetos en espacio. La luz visible no puede penetrar las extensas nubes de gas y polvo del espacio, pero la luz infrarroja si puede, permitiendo que estudiemos las regiones de la formación estelar, los centros de las galaxias, y los sistemas planetarios recientemente formados. El Observatorio de Rayos X Chandra, como su nombre implica, observa los rayos X. Las Estrellas fulgurantes, las estrellas en explosión, los agujeros negros, y las nubes extensas de gas caliente en cúmulos de galaxias son algunos de los objetos que el Chandra estudia. El Observatorio de Rayos Gamma Compton estuvo en órbita desde 1991 hasta 2000 y estudió la parte del espectro electromagnético con mayor energía y longitudes de onda más cortas—los rayos gamma. El CGRO estudió fenómenos celestes muy enérgicos como: llamaradas solares, explosiones de rayos gamma, pulsares, explosiones de Nova y Supernova, y más.

F) Desde lejos, el instrumento más famoso del espacio es el telescopio espacial Hubble [*muestra la diapositiva del HST*]. Toma imágenes principalmente en toda la luz visible, aunque también en el infrarrojo cercano y en ultravioleta. ¿Por qué está el HST en órbita si utiliza principalmente la luz visible? Porque la atmósfera de la tierra perturba la imagen de los objetos, incluso cuando utilizamos los telescopios terrestres de alta potencia. [*Más específicamente, las bolsas de gas en movimiento en la atmósfera de la tierra perturban nuestra visión.*] Estando sobre la atmósfera, el HST puede tomar imágenes de los objetos muchísimo más claras.

El HST ha aumentado dramáticamente nuestro conocimiento del universo. También ha apoyado las teorías escritas en décadas anteriores. Por ejemplo, el HST ha proporcionado un soporte para parte de la teoría general de la relatividad de Einstein, que publicó en 1915. ¿Cuál es la principal premisa de la teoría general de la relatividad? Que la gravedad, igual que al movimiento, también afecta a los intervalos de tiempo y espacio.

La idea clave de la relatividad general, enunciada con el principio de equivalencia, es que la gravedad que tira en una dirección es totalmente equivalente a una aceleración que actúa en la dirección opuesta. Esto condujo a la idea que la luz, que viaja ordinariamente en línea recta, puede curvarse si viaja a través de un campo gravitatorio. La trayectoria curvada de la luz significa que el “campo” es realmente quien curva el espacio, lo cual Einstein encontró que es inseparable del tiempo. La curvatura sería causada por cuerpos con la gran masa.

G) En 1979, antes del lanzamiento del HST, la idea de Einstein, que la gravedad podría curvar la luz, estaba probada. Se descubrió que dos cuásares relativamente cercanos el uno del otro tenían idénticas composiciones químicas. Los dos cuásares parecían fluctuar en brillo. Los dos objetos fueron pareciendo más claramente, ser el mismo. ¿Cómo explicar este fenómeno? [*Toma algunas ideas.*] Finalmente fue explicado cuando los científicos recordaron la teoría de Einstein aplicada a lentes gravitacionales y comprendieron que estaban viendo reflexiones de un mismo cuásar. Un cúmulo de galaxias entre el cuásar y los científicos en la tierra desvió la luz de cuásar. El cúmulo de galaxias actuaba como una lente, enfocando la luz desviada de manera que se formaron dos imágenes a partir de un mismo objeto.

H) En 1990, el HST tomó esta imagen de un objeto llamado la Cruz de Einstein. *[Muestra la imagen de la Cruz de Einstein, cerca de la frontera entre Pegaso y Acuario.]* Se observan cuatro imágenes de un cuásar muy distante del cuál se ha formado una imagen múltiple, producida por una galaxia relativamente próxima que actuaba como lente gravitacional. La galaxia que curva la luz es la PGC 69457 de 14-15 magnitud, que está sobre 400 millones de años luz de la tierra. El HST ha utilizado las lentes gravitacionales para mirar más lejos en espacio que pudiera simplemente con sus espejos, ya que las lentes gravitacionales actúan como las lupas gigantes.

I) Discutimos antes brevemente la ley de Hubble, que definió una relación entre la distancia de las galaxias y la velocidad con la que estas se están alejando de la tierra. El corrimiento al rojo de una galaxia distante puede medir cuánto se ha expandido el universo desde que la luz salió de la galaxia. La ley de Hubble también incluyó la constante de Hubble, que es una tasa de lo que el Universo se está expandiendo. La determinación del valor exacto de la constante de Hubble es una de las tareas claves del HST, pues nos ayudará a determinar la edad de nuestro universo.

Hubble pensó originalmente que su constante sería sobre 500 kilómetros por segundo por megaparsec *[un megaparsec es igual a 3.26 millones de años luz]*. La estimación actual de la constante de Hubble, sin embargo, es 72 km/s/mpc, basados en diversas técnicas *[ver Octubre de 2003 en Sky and Telescope, particularmente el artículo 'Cosmology New Millennium, para más información sobre cómo fue determinada]*. Si utilizamos 72 km/s/mpc como constante de Hubble, la edad del universo sale aproximadamente 13.7 mil millones años.

J) ¿Cómo que la mayoría de los astrónomos creen que el universo comenzó a existir hace aproximadamente 13.7 mil millones años? La mayoría aceptan la teoría de la Gran Explosión o Big Bang. Según esta teoría, formulada en 1927 por un sacerdote belga llamado Georges Lemaître, el universo fue creado de una explosión cósmica que lanzó la materia en todas las direcciones. Después de un período de tiempo desde el Big Bang, la gravedad condensó los grupos de la materia. Los grupos de materia fueron atraídos por la fuerza de la gravedad hacia otros grupos y combinados formando eventualmente las galaxias. Dos años más tarde, a pesar de no haber oído nada de Lemaître, Edwin Hubble apoyó la teoría del sacerdote cuando anunció la ley de Hubble en 1929; la gran explosión explica porqué las galaxias distantes están alejándose de nosotros a velocidades mayores.

Lemaître en su teoría de la gran explosión también sugirió la existencia de la radiación de fondo cósmica de microondas (el resplandor que queda de la explosión misma). La teoría predijo que el universo temprano era un lugar muy caliente y que como se expandió, el gas se enfrió. Por lo tanto el universo debería estar lleno de radiación que es el calor que quedó del Big Bang; este calor se llama la radiación de fondo cósmica de microondas. La teoría del Big Bang recibió su más importante confirmación cuando esta radiación fue descubierta en 1964 por Arno Penzias y Roberto Wilson.

K) El HST tomó algunas imágenes de galaxias muy distantes en 1996, una imagen conocida como el Campo Profundo del Hubble (HDF Hubble Deep Field). El HST fue apuntado en una región del cielo que parecía ser un espacio vacío, cerca del asa del Gran Cucharón (o cazo) de la Osa Mayor *[asegúrate de que las etiquetas de los objetos*

de cielo profundo estén desconectadas y señala la localización del HDF]. Esto es lo que el HST encontró allí *[Zoom en el HDF]*. Algunas de las galaxias en esta imagen están alrededor de los 10 mil millones años luz. Otra forma de verlo es decir que estamos mirando en el pasado hace 10 mil millones de años. ¿Por qué es esto así? Para que algo viaje cierta distancia, se necesita tiempo. Aun cuando la luz viaja más rápidamente que cualquier cosa conocida, todavía necesita tiempo para salir de su fuente emisora y llegar hasta cualquier otro lugar. ¿Por qué estar mirando atrás en el tiempo alrededor de 10 mil millones años puede ayudarnos a aprender sobre nuestro universo?

L) **OPCIONAL:** Si el tiempo lo permite, discuta los avances recientes en Cosmología. Por ejemplo: la aceleración de la extensión del universo, la energía oscura, y la materia oscura. *[Ver nuestra página Web de Recursos Básicos para tomar ideas sobre el asunto.]*

M) Discute también qué no sabemos todavía sobre el universo, incluyendo: qué había antes del Big Bang y si hay vida fuera de la Tierra.

N) Prepara a los alumnos para salir del planetario y reagrupalos fuera.

V. Conclusión (5 a 10 minutos)

A) Revisa los conceptos de la lección. ¿Cuáles son los mayores desarrollos en la Historia de la Astronomía? ¿Cuál es una importante tecnología que avanzó nuestro conocimiento? ¿Cómo el espectro electromagnético nos ayuda a aprender sobre el Universo?

B) ¿Qué preguntas tienen los estudiantes sobre el universo? ¿Qué es lo que les gustaría más que se les enseñara? ¿Pueden pensar en experimentos u otros caminos para responder sus propias preguntas?