DEL CONOCIMIENTO MECÁNICO DEL CIELO A LA ASTROFÍSICA

Posted on 2 diciembre, 2015 by Rosa María Herrera



Categories: Año internacional de la luz, Ciencia
Tag: Ciencias Exactas



Figura 1 Vía Láctea desde la playa de Malibú, NASA ©Jack Fusco

Introducción

Entre los historiadores de la ciencia, habitualmente la astronomía y la matemática se encuentran en la categoría de saberes más antiguos. El origen de la astronomía se asocia con la necesidad de predecir eventos naturales, en especial los que resultan cíclicos. El ser humano, al hacerse sedentario, necesitó saber con bastante precisión cuándo le convenía sembrar, cuándo se aproximaba el frío y había que hacer acopio de alimentos, o pertrecharse de elementos de abrigo, etc.

De ahí emanó la necesidad de conocer la periodicidad con que se suceden las estaciones, por ejemplo, para planificar las distintas cosechas. Pero también había que aprender a anticipar otros sucesos naturales, sobre todo los adversos, como la épocas de frío intenso o de calor infernal,

abastecerse de agua en las épocas de lluvia para sobrellevar las etapas de sequía y otros asuntos similares que mejoran la supervivencia. A los grupos humanos también les resultó muy útil adquirir la habilidad de orientarse en el cielo nocturno con la ayuda de las estrellas, sobre todo para emprender largos viajes.

En general, hay consenso en considerar la astronomía primitiva como posicional, es decir, basada en la posición de los astros. La determinación de dicha posición con los consiguientes cálculos y mediciones efectuados desde sus orígenes hacen que camine muy próxima a las matemáticas .

La mecánica celeste

Isaac Newton (1642-1727) formuló la ley de gravitación universal, fruto de sus estudios y reflexiones sobre los trabajos de Kepler (1571-1630) fundamentalmente, pero también de Galileo (1564-1642) y evidentemente de todos los predecesores que habían construido un sólido acervo de conocimientos. Así fundó una nueva rama de la ya entonces veterana astronomía: la mecánica celeste, que en pocas palabras es el estudio del movimiento de los astros sometidos a una fuerza central, la gravitatoria.

El estudio del Sistema Solar mediante la mecánica celeste proporcionó, además de mucho trabajo y grandes quebraderos de cabeza, numerosas alegrías a los astrónomos, como el descubrimiento de los objetos principales del Sistema Solar, movimiento de los cuerpos celestes y por extensión, una comprensión de fenómenos mecánicos de la naturaleza. Se desarrolló enormemente durante los siglos XVIII y XIX, y sólo fijándonos en los nombres de gran peso, citamos a P.-S. Laplace (1749-1827), a J.-L. Lagrange (1736-1813), Poincaré (1854-1912)... y realmente nos quedamos muy cortos.

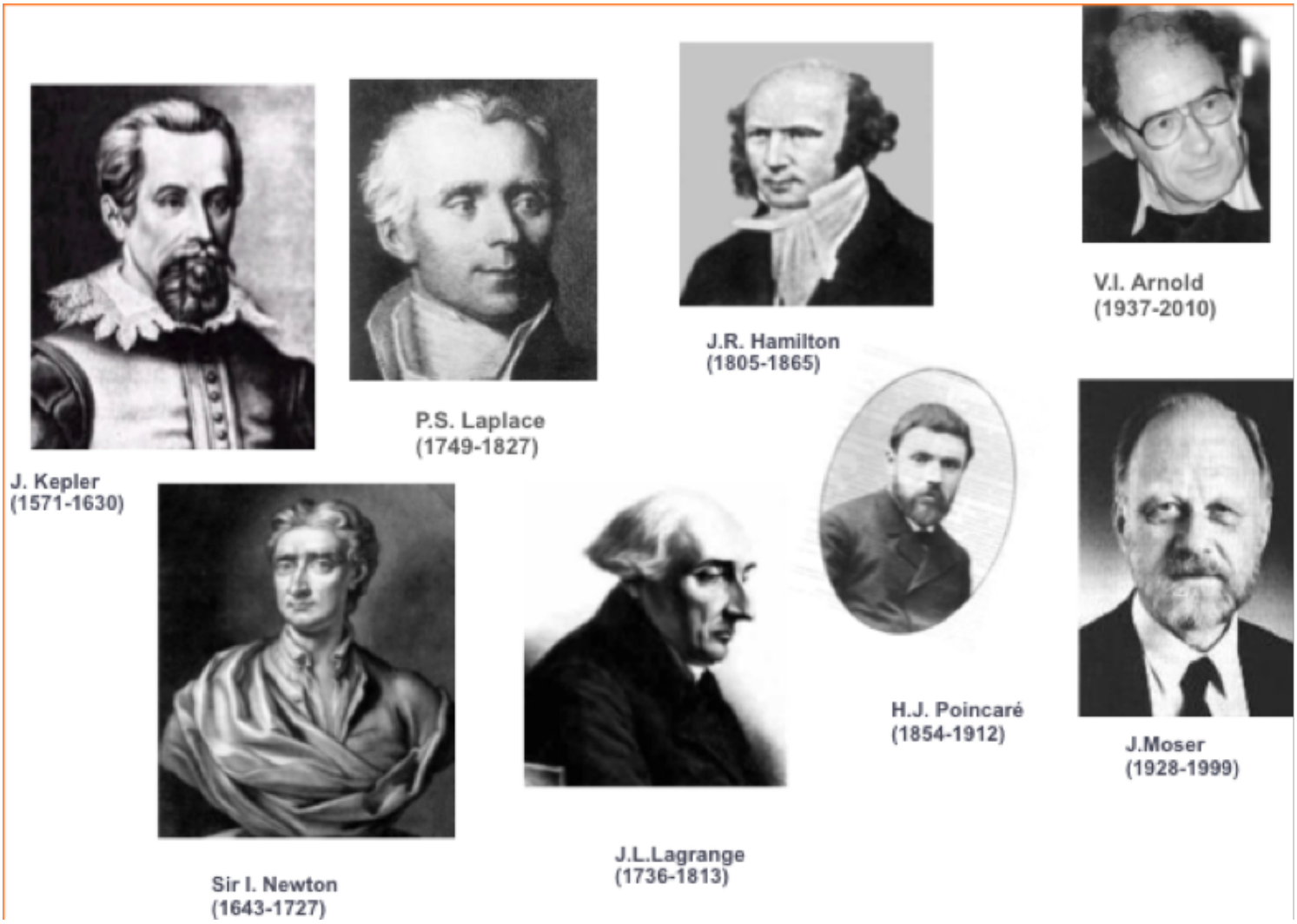

Figura 2. Algunas de los principales estudiosos de la Mecánica Celeste.

Durante el tiempo en que los logros de la mecánica celeste, además de satisfacciones a los astrónomos y matemáticos (en general a todos los científicos), alcanzaron a toda la población, ésta era ya una ciencia en plena madurez. Veamos un par de ejemplos significativos.

El cometa Halley

Un éxito muy notable y difundido fue el del astrónomo E. Halley (1656-1742), quien determinó la órbita de gran cantidad de cometas, y con gran destreza, en esta tarea, se dio cuenta de que los cometas observados en 1531, 1607 y 1682 eran diferentes apariciones del mismo cuerpo. En 1705 predijo que cierto cometa (que venía estudiando de tiempo atrás) volvería a aparecer en el año 1759; como en efecto ocurrió. ¿Quién, en la actualidad, no ha oído hablar alguna vez del cometa Halley?, nombrado de este modo en honor del eminente astrónomo.

Urano

Otro hallazgo trascendental es el que proporcionó W. Herschel (1738-1822). En 1781 descubrió, por azar, la existencia de un cuerpo que se movía "lentamente" por el cielo, y éste resultó ser un planeta, el cual conocemos con el nombre de Urano.

Aunque cumplía, a grandes rasgos, "como debe ser", con las leyes de Newton, al localizarlo visualmente se detectaba que sus posiciones estaban desviadas en relación con las predicciones teóricas exactas, y estas desviaciones, como es natural, sembraban dudas. Así, una vez descartadas otras posibilidades, quedaba la propuesta más consistente y que prevalecía sobre las demás. Se trataba de pensar que un octavo planeta desconocido perturbaba gravitatoriamente la órbita de Urano.

Los experimentados astrónomos U. Le Verrier (1811-1877) y J. Adams (1819-1892) efectuaron los estudios matemáticos y los cálculos correspondientes (cada uno trabajando independientemente), que acabaron con la predicción de la existencia del planeta Neptuno. "Sólo" faltaba buscarlo en el sitio previsto en el momento adecuado y una vez hallado seguir su movimiento según se esperaba, atendiendo a los cálculos realizados. Finalmente, Neptuno, que no es visible a simple vista, fue localizado por J. G. Galle (1812-1910) a menos de un grado de distancia de las predicciones teóricas. ¡Un logro fantástico y un gran momento!

Y se hizo la luz... La astrofísica

Los éxitos que la mecánica celeste conoció durante los siglos ilustrados son fantásticos. Pero queda fuera de su campo de acción el conocimiento de la naturaleza de los astros, cuyos movimientos con tanto esmero estudia. Y el ser humano siempre quiere saber más. Sin embargo, habría que esperar algún tiempo para conocer mejor la luz (que inicialmente servía como útil complemento a la mecánica de Newton para determinar la posición de los planetas con la ayuda de herramientas como los telescopios) y una vez conocidos todos los aspectos que la conciernen y sus posibilidades, trabajar con ella con mayor profundidad y alcance.



Figura 2. Corona lunar. Nasa: Planetario de la Plata © Sergio Montufar

El análisis espectral

Durante el siglo XIX se desarrolló un nuevo método de trabajo para la investigación: el análisis espectral, que permitió el estudio de las características de los cuerpos celestes; esta herramienta se encuentra en el origen de la astrofísica. El origen y la naturaleza de los colores siempre interesó a los físicos. Newton dio una explicación bastante atinada de este fenómeno, afirmando que la luz visible es resultado de la superposición de todos los colores que forman el arco iris. También conviene señalar que la atmósfera impide el paso de radiaciones de longitud de onda muy alejadas de la fracción visible del espectro, o dicho de otra manera, nuestros ojos están adaptados a utilizar bastante bien una buena parte de la radiación que llega a la superficie terrestre, pero no toda.

> *En el siglo XIX, J.C. Maxwell dio un paso decisivo en el conocimiento de la luz...*

En el siglo XIX, J.C. Maxwell (1831-1879) dio un paso decisivo en el conocimiento de la luz al unir los fenómenos eléctricos y magnéticos (campo electromagnético). En la época en la que Maxwell trabajaba, era conocido el hecho de que un campo magnético variable genera un campo eléctrico, y él mostró la recíproca; esto es, un campo eléctrico variable es el origen de un campo magnético,

que a su vez, al ser variable, da lugar a un nuevo campo eléctrico; así de la oscilación inicial se genera una onda electromagnética.

Hacia 1860, Maxwell ya sabía que la velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas que estudiaba era de 300 000 km/s; por otra parte, Fizeau (1819-1896) y Foucault (1819-1868) habían ingeniado y preparado un diseño experimental para medir la velocidad de la luz, encontrando que es muy parecida a la de las ondas electromagnéticas que Maxwell había descrito. Este resultado permitió afirmar al físico escocés que la luz se explica muy bien como una onda electromagnética.

En realidad, la visión de la luz como onda tiene un origen previo. C. Huygens (1629-1695) propuso el carácter ondulatorio de la luz, frente a Newton que defendía la teoría corpuscular (esta última había prevalecido históricamente, pues predecía muchos fenómenos bien conocidos). Aunque debido a los nuevos hallazgos científicos, en el siglo XIX se retomaron las ideas ondulatorias para tratar, mediante ellas, explicar nuevamente las características de la luz.

> *En astronomía, resulta especialmente interesante lo que ocurre con las ondas electromagnéticas no visibles...*

Retomando el hilo del discurso, para describir una onda nos resulta muy útil un parámetro: la longitud de onda (la distancia entre dos ondas sucesivas). El color y la longitud de onda están relacionados. Para todos los colores que forman la luz, la longitud de onda varía en una franja muy estrecha de valores (entre 380-800 nm) , pero el conjunto de las longitudes de las ondas electromagnéticas (el espectro) es mucho mayor, y eso lo saben y aprovechan bien los astrónomos. De hecho, en astronomía, resulta especialmente interesante lo que ocurre con las ondas electromagnéticas no visibles que describieron los físicos en el siglo XIX.

El citado W. Herschel (1738-1822) se dedicó a estudiar el espectro de la luz solar con la ayuda de un prisma y un termómetro. Y observó que en la zona visible del espectro se producía una notable elevación de la temperatura. En realidad ese fenómeno no era muy raro, pero lo que sí resultaba novedoso es que más allá del rojo, la temperatura permanecía elevada. Hoy el infrarrojo es bien conocido y muy utilizado en numerosas aplicaciones.

En otras regiones de radiación de longitud de onda inferior a la luz visible, encontramos primero el ultravioleta, los rayos X, que tienen numerosas aplicaciones, los rayos gamma, y otras radiaciones más energéticas. Así, poco a poco, del estudio del espectro electromagnético adquirido al observar los cuerpos celestes, los astrónomos comenzaron a darse cuenta de que obtenían mucha información estructural. Por ejemplo, la composición química, o la temperatura; esta última magnitud está directamente relacionada con el color del cuerpo (el lector puede pensar en una bombilla, o en un metal incandescente).

Un ejemplo familiar sería la temperatura de la superficie del Sol, cuyo valor está entre 5000 y 6000

°C. Su superficie aparece blanca, salvo por efecto de la atmósfera terrestre que nos la presenta amarilla.

Veamos, como ejemplo, de qué manera el análisis espectral nos permite determinar también la temperatura de un cuerpo.

Radiación de un cuerpo negro

Un cuerpo negro es un objeto teórico; Wien (1864-1928), en 1893, estableció la relación entre su temperatura y la máxima longitud de onda que emite. Este modelo es útil porque representa bastante bien un tipo de emisión que presentan algunos cuerpos. El nombre cuerpo negro indica que absorbe toda la energía que incide sobre él y no refleja prácticamente nada.

A pesar de este oscuro nombre, los cuerpos negros –a determinada temperatura característica de cada uno– emiten radiación electromagnética, es decir, que en realidad en el mundo físico no existen cuerpos negros perfectos. El Sol, como todas las estrellas, emite radiación casi como un "cuerpo negro". Del espectro de radiación de las estrellas se puede deducir su temperatura.

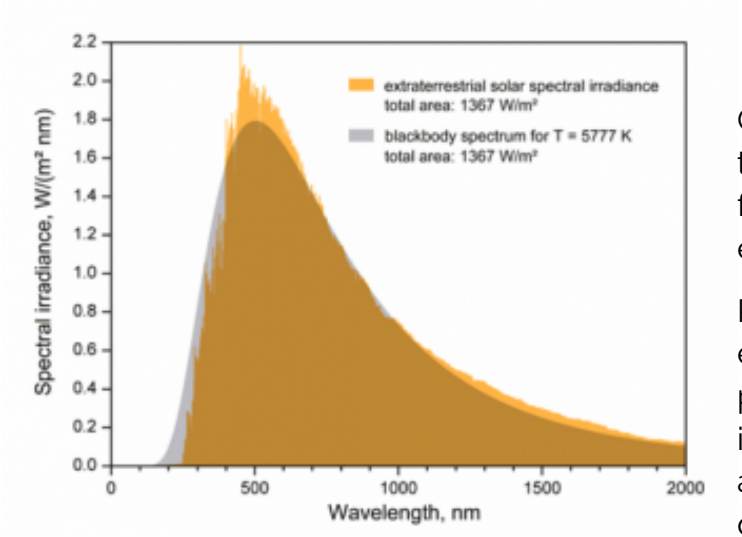

Figura 3. de Wikipedia. Obsérvese el máximo de irradiación de la fotosfera del Sol (amarillo) se produce aproximadamente a 5500 °C que coincide con la predicción teórica para un cuerpo negro a esa temperatura.

Los efectos Doppler y Zeeman

C.A. Doppler (1803-1853) es conocido por sus trabajos sobre la variación aparente de la frecuencia de una onda en la que el observador y el emisor están en movimiento relativo.

Para entender este fenómeno pensemos un ejemplo; un cuerpo que emite un pitido periódicamente, si permanece inmóvil, se repite a intervalos siempre iguales, pero si el objeto se va aproximando a una cierta velocidad, no despreciable, los pitidos cada vez tardan menos tiempo en llegar a nuestro sistema auditivo. Dado que la velocidad del sonido es finita y constante en un mismo medio, en este caso el periodo aparente va disminuyendo con respecto al periodo real. Si el objeto se aleja el proceso es el inverso. Este es el fenómeno conocido como efecto Doppler.

> *Cuando una fuente emisora de luz se aproxima a nosotros, su luz se desplaza hacia el azul.*

Este mismo efecto se produce en las ondas luminosas; cuando una fuente emisora de luz se aproxima a nosotros, su luz se desplaza hacia el azul y hablamos de "corrimiento al azul", mientras que si se aleja hablamos del "corrimiento al rojo". Como el corrimiento de la longitud de onda está directamente relacionado con la velocidad del objeto, una magnitud permite determinar la otra. Así podemos conocer la velocidad relativa de una estrella con respecto al Sol, por ejemplo. Este método para medir la velocidad es muy utilizado en astronomía, aunque pasa desapercibido para velocidades perpendiculares a nuestra línea de observación.

El análisis espectral nos permite obtener otro tipo de información; el grado de ionización de un gas, la presión, el campo eléctrico y la turbulencia del gas (efecto Zeeman). Determinados espectros permiten identificar la naturaleza de los procesos que intervienen en algunos fenómenos físicos; este es el caso de la radiación sincrotrón , producida por electrones muy energéticos que se desplazan en un campo magnético y que originan un espectro continuo.

De este modo, casi podemos comprobar que un rayo de luz nos da mucha "luz" o mejor dicho pone a nuestra disposición mucha información sobre algunos fenómenos físicos que se producen en los objetos celestes. En ese sentido cabe afirmar que el análisis espectral fue un paso crucial para que la astronomía se convirtiera en astrofísica. C^2

Notas

La matemática que también tienen un origen temprano surge, expresándolo de manera simplificada, asociada a la necesidad de medir y de contar, a los cálculos, y desde el principio es una aliada y hermana de la astronomía.

En realidad que sigue obteniendo, pues es una ciencia muy activa en la actualidad.

En los siguientes párrafos veremos que es más exacto hablar de radiación electromagnética que abarca otras longitudes de onda distintas de las del espectro visible. Nanómetro nm = 109 m

P. Zeeman (1865-1943)

En general es la emisión que producen partículas cargadas que se someten a una aceleración en una trayectoria curva o en una órbita.

Bibliografía

HERRERA, R.M.: “El piano y la Luna” Ciencia y Cultura C2, Monterrey, 2015

HERRERA, R.M.: “¿Por qué la noche es oscura?, C2, Monterrey, 2015

HERRERA, R.M.: “Resonancias en el Sistema Solar” Neomenia, Madrid, 2012

HERRERA, R.M.: “Urania y los caminos del cielo” Ciencia y Cultura C2, Monterrey, 2015

MILANI, A. & GRONCHI, C.: “Theory of the orbit determination” Cambridge University Press, 2010

MOSER, J.K.: “Is the Solar System Stable?” The Mathematical Intelligencer. pp. 65-71, 1978

MOSER, J.K.: “Stable and Random Motions in Dynamical Systems” Princenton Landarmarks in Mathematics

POINCARÉ, H.: “Les méthodes nouvelles de la mécanique céleste” Gauthier-Villars et fils, 1899 (reprint Dover 1957)