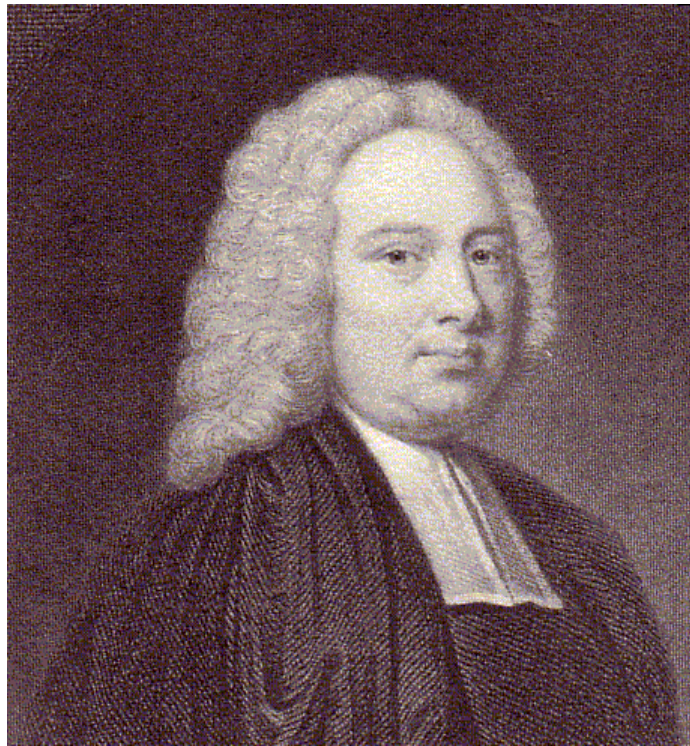


1.17. JAMES BRADLEY (1693-1762).

1.17.1 Introducción:

El tercer Astrónomo Real, James Bradley es recordado en la historia de la astronomía por dos descubrimientos notables: la aberración de la luz y la nutación del eje terrestre. Estos dos descubrimientos son los puntos más altos de una carrera científica que se extendió por varias décadas produciendo una gran cantidad de trabajos astronómicos de valor.

Bradley nació en Sherbourn, Gloucestershire, Inglaterra, en 1693. Fue al “*Grammar School*” en Northleach. Luego se educó en la Universidad de Oxford, donde ingresó en 1710 obteniendo el grado de Bachiller (B.A.) en 1714 y el de *Master of Arts* en 1717. Eligió como carrera la iglesia, siendo ordenado en 1719 obteniendo la vicaría de Bridstow en Monmouthshire, ejerciendo sus funciones sólo por un par de años ya que en 1721 regresó a la Universidad de Oxford como profesor de astronomía, renunciando a sus deberes eclesiásticos.



Su educación en Astronomía no la adquirió en la Universidad de Oxford pese a que allí se encontraba, desde 1703, Edmund Halley como Savilian Profesor de

Geometría. Sin embargo no hay evidencia alguna que indique que Bradley fuese alumno o recibiese influencia directa de Halley en sus años de alumnos en Oxford. Posteriormente estos dos grandes astrónomos llegaron a conocerse bastante y fue así como hacia el final de la vida de Halley éste deseaba que Bradley lo sucediera como Astrónomo Real en Greenwich.

El arte de las observaciones astronómicas, que daría fama inmortal a Bradley, lo adquirió de tío materno, el Rev. James Pound, Rector por muchos años de Wansted en Essex, y que fuera uno de los mejores observadores de su tiempo. No está claro cómo o donde aprendió James Pound a realizar observaciones astronómicas pero en 1719 era ya un observador tan hábil que Sir Isaac Newton le regaló 50 guineas por algunas observaciones astronómicas, regalo que se repitió al año siguiente. Incluso ya tres años antes Halley le escribió a Pound solicitándole ciertas observaciones astronómicas.

Después de terminar sus estudios en Oxford, Bradley vivió con su tío por varios años, llevando a cabo observaciones junto con él. Su primera observación registrada data de 1715 y ya en 1718 su trabajo era lo suficientemente reconocido para recibir el honor de ser elegido "*Fellow*" de la "*Royal Society*". Se cree que en ese momento tío y sobrino eran los mejores observadores del mundo. El premio de Newton a Pound en verdad era para el equipo que formaban Pound y Bradley.

Cuando en 1721 quedó vacante la cátedra de astronomía de la Universidad de Oxford muchos pensaron que el tío debería ocuparla, pero Pound no se sintió capacitado para desempeñarla debido a su avanzada edad (falleció tres años más tarde, en 1724). En vista que era imposible conseguir que el tío aceptara la cátedra, todo el mundo consideró que Bradley era el más indicado para el trabajo, entre ellos el propio Newton. Así, el 31 de Octubre de 1721 Bradley fue nombrado Savilian Porfessor de astronomía en Oxford. Sus obligaciones en Oxford parecen no haberle consumido una gran cantidad de tiempo pues pasó más tiempo que nunca en Wansted con su tío, realizando observaciones astronómicas. En Oxford no había un observatorio astronómico que Bradley pudiera utilizar. La muerte de su tío en 1724 dejó a Bradley por un tiempo sin compañía en sus observaciones astronómicas. Sin embargo luego se asoció con Samuel Molyneux (1689-1728) hombre de buena situación económica que poseía un gran interés por la ciencia, y que contaba con un observatorio astronómico en Kew, cerca de Londres. Molyneux era uno de los pocos aficionados que no se contentaba con entretenerse con un telescopio sino que quería atacar un problema de valor en astronomía.

A partir de la publicación de la teoría heliocéntrica de Copérnico, en 1543, muchos astrónomos habían intentado detectar un movimiento anual de las estrellas brillantes, que debía producirse por la traslación de la Tierra en su órbita. A pesar de los esfuerzos desplegados, ese movimiento paraláctico de las estrellas resultaba esquivo incluso para los observadores más hábiles. En el curso de esa búsqueda se descubrió un extraño movimiento de las estrellas. Así por ejemplo, el Abate Picard en Francia se percató de un movimiento anual de la estrella polar que ascendía a casi 40 segundos de arco, pero no logró explicarlo satisfactoriamente. Flamsteed creía que se trataba del movimiento paraláctico de la estrella polar, pero Cassini demostró que no

podía ser esa la causa. Correspondió a Bradley el mérito de explicar ese interesante fenómeno.

1.17.2 Bradley y la aberración de la luz:

Bradley trató de detectar el pequeño movimiento de una estrella con respecto a las otras o a un punto fijo, en el curso de un año. Empezó a trabajar en conjunto con su amigo Samuel Molyneux quien tenía un telescopio en Kew. De acuerdo con el método adoptado por Hooke en una investigación similar, cuyos resultados quería probar, Bradley utilizó un telescopio ubicado en posición casi vertical, un sector cenital, de tal modo que la estrella γ Draconis (la tercera estrella de la constelación de Draco, el Dragón, la misma que había utilizado Hooke y que creía haber detectado un movimiento) era visible en su tránsito por el meridiano. Observando muy cerca del cenit en el tránsito por el meridiano se evita el problema del posible desplazamiento debido a variaciones de la refracción atmosférica. El sector cenital estaba montado de modo que mantuviera su posición invariable durante el año. Utilizaron la misma técnica de Hooke pero montaron un instrumento muy superior. El telescopio, de 8 metros de largo, estaba ubicado en posición vertical, firmemente adosado a un muro de ladrillos, pero su extremo ocular podía desplazarse mediante un tornillo para apuntar exactamente a la estrella. Luego podía leerse el ángulo entre el telescopio y una plomada que definía la posición vertical. Por lo tanto un ligero cambio en la posición de la estrella se reflejaría en un cambio en la lectura del tornillo.

Las primeras observaciones de γ Draconis las realizaron Bradley y Molyneux el 14 de Diciembre de 1725 y ya el 28 de Diciembre Bradley creyó haber detectado un pequeño desplazamiento de la estrella hacia el sur. Ese movimiento fue verificado el 1° de Febrero de 1726 y se vio que continuaba. En Marzo la estrella alcanzó su posición extrema hacia el sur a inició su retorno hacia el norte. En Septiembre alcanzó su posición extrema hacia el norte para regresar a su punto de partida en Diciembre de 1726. La oscilación anual en sentido norte-sur alcanzaba a casi 40".

Bradley se percató de inmediato que el movimiento observado no era del tipo paraláctico que él buscaba. El movimiento paraláctico debía llevar a γ Draconis a su posición extrema al sur en Diciembre y al norte en Junio, tres meses antes que lo que se observaba.

El primer pensamiento de los observadores para tratar de entender el inesperado resultado de la observación fue que se debía a errores instrumentales. Esa posibilidad fue examinada cuidadosamente sin encontrarse defecto alguno que explicara lo observado.

La otra alternativa examinada era una posible variación anual de la vertical del lugar. El movimiento de γ Draconis en la dirección norte-sur se había medido con respecto a la dirección de la plomada. Hay dos maneras como puede variar en el espacio

la posición de la vertical de un lugar: una es que varíe la dirección del eje de rotación de la Tierra con respecto a las estrellas, fenómeno que se conoce como nutación del eje terrestre (aparte de la variación conocida como precesión que hace que el eje de rotación terrestre describa el manto de un cono en un período de 26.000 años, que Bradley conocía muy bien, y había tenido en cuenta); la otra alternativa es que varíe la Tierra con respecto a su eje de rotación, es decir que cambie la posición geográfica del polo terrestre pero manteniendo siempre el eje de rotación la misma posición con respecto a las estrellas. Para comprobar esa posibilidad se puede observar estrellas en distintas partes del cielo y comparar sus movimientos. En particular se puede observar un par de estrellas en lados opuestos del polo celeste, así, si el polo se acerca a una estrella debe alejarse de la otra. Bradley eligió la estrella 37 Camelopardi del catálogo de Flamsteed que tiene aproximadamente la misma declinación de γ Draconis y sus ascensiones rectas difieren en 12 horas. Encontró que el movimiento de 37 Camelopardi era en sentido opuesto del de γ Draconis pero sólo alcanzaba a la mitad de su valor; un cambio en la posición del polo hubiera producido un desplazamiento de igual magnitud. Esto descartó una nutación del eje terrestre o una variación de la latitud.

La explicación del fenómeno observado por Bradley y Molyneux no era obvia. Podía tratarse aún de un efecto de la refracción atmosférica. Se habían elegido estrellas que pasaran por el cenit de modo que no fuesen afectadas por la refracción, pero cabía preguntarse si la refracción atmosférica es nula en el cenit. Tal vez la atmósfera de la Tierra no fuese perfectamente simétrica sino alongada, como quedándose atrás por el movimiento de translación de la Tierra en torno al Sol. En ese caso la normal a la atmósfera no coincidiría con la vertical del lugar. Esta posibilidad podía producir un desplazamiento parecido al observado pero al tratar de modelar en detalle las observaciones se vio que ese supuesto efecto atmosférico no podía explicarlas satisfactoriamente.

Dado que la causa del fenómeno no la encontraba aún, Bradley decidió construir un instrumento más versátil que el Molyneux que sólo podía observar las dos estrellas ya analizadas. Bradley montó un instrumento de su propiedad en la casa de la viuda de su tío, en Wansted. Inicia con el un programa de observación que incluía 70 estrellas, 50 de las cuales las observó con regularidad, estudiando así la dependencia del desplazamiento con la posición de la estrella en el cielo y de la época del año de la observación. Gracias a estas observaciones, llegó a conocer bien la geometría del desplazamiento. La solución a este fenómeno, conocido como *aberración de la luz*, parece habersele ocurrido a Bradley en Septiembre de 1728 mientras viajaba por el Támesis. El habría notado en ese viaje que la veleta del barco cambiaba de dirección al cambiar el barco su curso. Al ser informado por los marineros que la dirección del viento continuaba siendo la misma se dio cuenta que la posición de la veleta depende de la velocidad del viento y de la velocidad del barco, indicando entonces la velocidad del viento relativa al barco. De ahí Bradley se dio cuenta que si la luz se desplaza a una velocidad finita, la dirección en que se observará una estrella dependerá de la composición entre la velocidad de la luz y el desplazamiento de la Tierra en su órbita.

La analogía más utilizada para ilustrar la aberración es la de un paraguas en un día de lluvia. Si no hay viento y la persona está detenida bajo la lluvia debe mantener el paraguas inmediatamente sobre su cabeza. Si va caminando rápido deberá inclinar el paraguas hacia delante para cubrirse mejor; para la persona caminando le parecerá que la lluvia viene hacia él en un cierto ángulo con respecto a la vertical. Este ángulo dependerá de la velocidad del caminante y la velocidad de las gotas de lluvia en su caída. Del mismo modo, cuando un astrónomo dirige su telescopio a una estrella el movimiento de la Tierra hace que deba apuntar a una dirección ligeramente distinta a la real; deberá apuntar “hacia delante”, en el sentido de la translación terrestre.

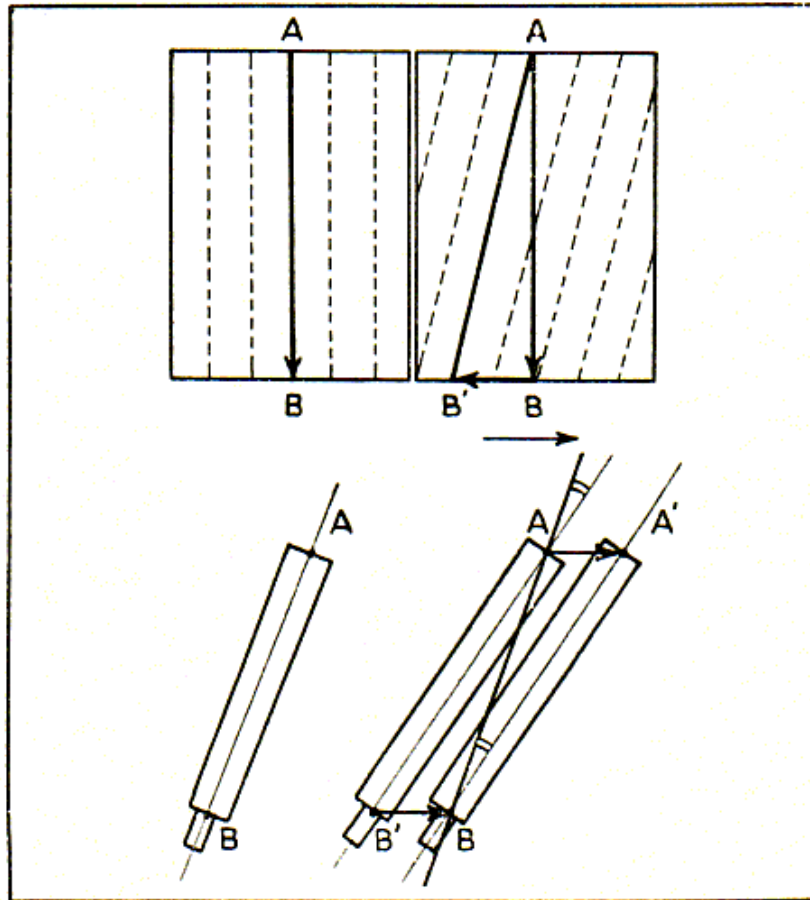


FIG. 7. THE ABERRATION OF LIGHT, AFTER BRADLEY.

Raindrops (*above*) which leave vertical marks AB on the window of a stationary railway compartment (*left*) leave oblique marks AB' when the coach is in motion (*right*) as a result of the combined displacements AB, BB'.

Similarly, starlight (*below*) arriving along AB and seen in this direction by a stationary observer (*left*) appears to an observer in transverse motion AA' (*right*) to come from the direction AB' (or A'B).

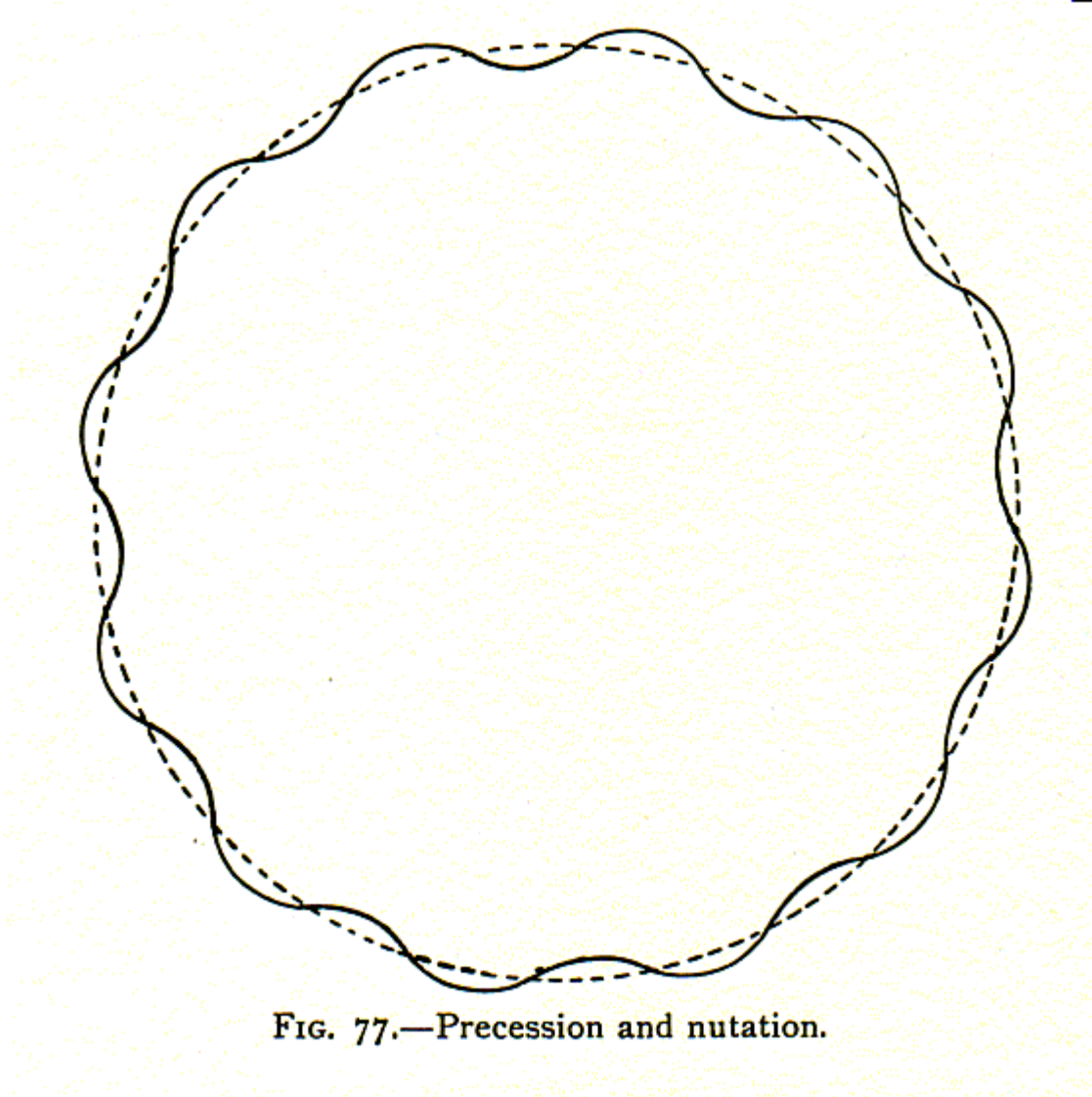
Bradley publicó sus resultados sobre la aberración en la revista "*Philosophical Transaction*" de la *Royal Society*, en una memoria titulada "*Account of a new discovered motion of the fixed stars*". La desviación es máxima cuando la visual a la estrella es perpendicular a la velocidad de la Tierra. Bradley estimó ese desplazamiento angular máximo entre 20" a 20",5. El valor aceptado actualmente es 20",49. El valor de la constante de aberración indica que la velocidad de la luz es 10,000 veces mayor que la velocidad orbital de la Tierra. Conociendo el valor de la unidad astronómica de distancia se puede calcular la velocidad orbital de la Tierra y con la constante de aberración se puede calcular la velocidad de la luz.

La aberración de la luz descubierta por Bradley fue la primera prueba física del movimiento la Tierra en torno al Sol. Todas las observaciones de los planetas, e incluso el descubrimiento de Roemer de la velocidad de la luz, podían ser explicados cinemáticamente dentro del marco de un modelo geocéntrico. Bradley quiso confirmar el movimiento anual de la Tierra detectando el paralaje estelar y descubrió la aberración de la luz, que es una prueba igualmente válida. Bradley no olvidó su propósito inicial, deduciendo de sus observaciones de γ Draconis que su paralaje debe ser menor que 2" y posiblemente, menor que 0.5".

El descubrimiento de la aberración hizo famoso a Bradley en forma inmediata. El era un observador tan extraordinariamente cuidadoso que tan pronto obtuvo la explicación de la aberración para los desplazamientos observados se dio cuenta que, si bien explicaba la mayor parte del desplazamiento había un residuo que no era explicado adecuadamente. Estas pequeñas discrepancias que no superaban los 2" en un año. No podía tratarse del paralaje pues no completaba el ciclo en un año; era un movimiento progresivo. El se percató que en este caso el movimiento de todas las estrellas en el cielo es el mismo lo que lo llevó a concluir que se trataba de una variación de la vertical del lugar. Eso lo explicó como una **nutación** del eje polar terrestre, en un período de casi 19 años. Bradley llegó a esa conclusión rápidamente lo que lo hizo adoptar un programa de observación para demostrar que efectivamente el período corresponde al de los nodos lunares. El continuó observando con su telescopio en la casa de su tía en Wansted, incluso por muchos años después que su tía vendió la casa en 1732, gracias a la gentileza de la nueva propietaria. En 1737, después de casi una década de observaciones, Bradley estaba convencido que la nutación era producida por la Luna, como lo manifiesta en una carta a Maupertuis. Sin embargo continuó sus observaciones en Wansted hasta 1747, antes de comunicar formalmente su descubrimiento de la nutación, en 1748, al haberse completado el período de la nutación.

Ya había probado explicar la aberración como un cambio del eje de rotación terrestre y lo había descartado pero ahora ¿que tal si estos residuos se debían a una oscilación, o nutación, del eje polar? Newton había explicado la precesión como la acción luni-solar sobre el abultamiento ecuatorial terrestre. Pero el plano de la órbita lunar cambia en el curso de 18 2/3 años, luego la Luna estará en un momento dado 5° sobre o bajo la eclíptica, según la época en que se encuentre dentro del período de los nodos lunares. Eso causa una oscilación del eje terrestre que hace que no describa una

superficie cónica perfecta en el curso de 26,000 años por efectos de la precesión sino una superficie corrugada con corrugaciones que apartan al eje no más de $18''.5$ con un periodo de 18,7 años. Con respecto al punto en la esfera celeste que el eje terrestre debería ocupar por el movimiento continuo de la precesión, el eje describe una elipse de nutación cuyos ejes Bradley los estimó en $18''$ y $16''$ (los valores aceptados actualmente son $18''.42$ y $13''.75$).



En la figura se muestra el círculo que describe el polo celeste en 26.000 años en torno al polo de la eclíptica, con una amplitud de $23^\circ 5'$ (círculo de segmento). Por efecto de la nutación, la trayectoria real ondula alrededor del círculo, donde la amplitud de la ondulación ha sido grandemente exagerada para mayor claridad.

En 1749 el matemático francés D'Alembert publicó un tratado donde explica, dentro del marco de la teoría de Newton, la precesión y la nutación como fenómenos producidos por efectos de la atracción gravitatoria del Sol y la Luna sobre el

abultamiento ecuatorial de la Tierra (*Recherches sur la precession des equinoxes et sur la nutation de l'axe de la terre*).

Al morir Halley, Bradley fue nombrado para sucederlo como Astrónomo Real. Al hacerse cargo del Observatorio de Greenwich en Junio de 1742 se encontró con un observatorio que carecía de los instrumentos de precisión adecuados para las observaciones astronómicas. Halley no era un buen observador y no logró equipar el Observatorio con buenos instrumentos. Con gran paciencia y habilidad Bradley fue poniendo en operación los instrumentos y mejorando el Observatorio. Contó con la ayuda de su sobrino John Bradley quien mantenía la continuidad de las observaciones cuando Bradley se dirigía a Oxford o a Wansted. Consiguió 1.000 libras esterlinas para comprar nuevos instrumentos, entre ellos dos cuadrantes de excelente calidad, con los cuales realizó en sus años de astrónomo Real una gran cantidad de observaciones estelares que forman la base de los catálogos modernos.

Bradley llevó a cabo cuando joven numerosas observaciones de los satélites de Júpiter, mejorando junto con su tío, las tablas de Cassini. Descubrió varias discrepancias entre las observaciones y las efemérides, lo que le permitió conocer peculiaridades en el movimiento de los satélites no detectadas anteriormente. Entre ellas destaca el descubrimiento de un período de 437 días en el movimiento de los 3 satélites más interiores, intervalo en el cual recurren las irregularidades del movimiento de los 3 satélites. Bradley hizo uso de la sugerencia de Roemer de que la velocidad de la luz hace variar el instante observado de los satélites.

La gran obra de Bradley como Tercer Astrónomo Real fue la observación precisa de un gran número de estrellas. Utilizó instrumentos de gran estabilidad mecánica, los ya mencionados cuadrantes murales e instrumentos de tránsito, los que le permitían observar los astros a su paso por el meridiano. Bradley corrige esas observaciones por los efectos de refracción atmosférica, aberración, la nutación y la conocida precesión, lo cual le permite determinar posiciones en el cielo con una precisión muy superior a la alcanzada por Flamsteed. Bradley realizó 60.000 observaciones en Greenwich entre 1750 y 1762. Muchos años después de la muerte de Bradley fue finalmente publicado su catálogo estelar en 2 volúmenes en 1798 y 1805. El gran astrónomo y matemático Bessel, en su obra *"Fundamenta Astronomiae"*, publicada en 1818, presenta un catálogo de más de 3.000 estrellas, basado en las observaciones de Bradley. Bessel estima que los errores de las posiciones de Bradley eran menores de 4" en declinación y menores de 15" (1 segundo de tiempo) en ascensión recta. El catálogo de Bradley por su exactitud, aún hoy tiene aplicaciones astronómicas, en particular en la determinación de movimientos propios de estrellas.

James Bradley jugó un importante papel en favor de la adopción del calendario Gregoriano en Inglaterra. Inglaterra vivía once días atrasada con respecto a la mayoría de los países del continente europeo. Por razones difíciles de entender hoy, mucha gente en Inglaterra se opuso a ese cambio, ocasionando ello algunos problemas a Bradley. Al morir Bradley en forma repentina, el 13 de Julio de 1762, la multitud supersticiosa no dejó de ver en ello un castigo del cielo. Voltaire explica de esta forma la extraña oposición a una reforma tan útil: *"el populacho inglés prefería ver el*

calendario en desacuerdo con el Sol, antes de estar de acuerdo con el Papa y rehusaba aceptar una reforma que hubiese agradecido al Gran Turco, si éste la hubiese propuesto”.

Terminemos este breve resumen de Bradley con una nota sobre su carácter. La Reina de Inglaterra, estando un día en Greenwich, se dio cuenta de lo escaso que era el sueldo del director y manifestó su intención de retribuir sus funciones de una manera más equitativa. “Señora - le dijo Bradley -, *no deis curso a vuestro proyecto; el día en que el cargo de Director tuviera algún valor, no serían ya los astrónomos quienes lo ocuparían*”. (Arago, p.45).

Bibliografía:

- G. Abetti, *“Historia de la Astronomía”*, Fondo de Cultura Económica, Breviario #119, México, 1956, (pp 166-169).
- F. Arago, *“Grandes Astrónomos Anteriores a Newton”*, Espasa-Calpe, Buenos Aires, 1962.
- A. Berry, *A Short History of Astronomy*, Dover, N. York, 1961, (pp. 257-273);
- F. Hoyle, *“Astronomy”*, Crescent Books, Londres, 1962.
- P. Moore, *“Astronomía”*, Vergara, Barcelona, 1963, (pp 159-160).
- D. Papp y J. Babini, *“Panorama General de Historia de la Ciencia”*, Vol. VII, Espasa-Calpe, B. Aires, 1954. (pp 143-147).
- G. de Vaucouleurs, *Discovery of the Universe*, The MacMillan Co., N. York, 1957, (pp. 71-75).