

movimiento diurno, que aumentaría la velocidad en 15° por hora. Para un observador colocado cerca de los trópicos, se elevaría el cometa del horizonte al cenit en menos de dos horas; echaría más tiempo en recorrer la segunda mitad de su curso y pasar del cenit al horizonte.

El cálculo de Lacaille (modificado por Olbers á causa de un error) es, por otra parte, fácil de comprobar; no tiene nada de sorprendente si se considera que así el cometa como la Tierra caminan con su velocidad máxima; que nuestro globo en una hora, al estar en el perihelio, recorre en el espacio una distancia igual, próximamente, á nueve veces su diámetro (27.000 leguas); que el cometa posee una velocidad superior en cuatro décimos á la de la Tierra, recorriendo por su parte 38.000 leguas, y que ambos astros, por último, se han separado respectivamente en el sentido de su movimiento unas 65.000 leguas. Al cabo de un día se encontrarán el cometa y la Tierra á más de un millón de leguas uno de la otra.

Ahora comprenderemos á qué irregularidades aparentes pueden hallarse sometidos los cometas en lo relativo á sus movimientos, puesto que recorren el cielo en todos sentidos, en órbitas cuyos planos, como veremos pronto, cortan á la órbita terrestre con todo género de inclinaciones; pueden acercarse á la Tierra y alejarse de ella en espacios muy cortos, siguiendo al mismo tiempo el movimiento diurno, pues que su movimiento propio se encuentra complicado con el movimiento peculiar de la Tierra, que en astronomía se llama paralaje; cómo aparecen á veces repentinamente describiendo con celeridad una trayectoria en un sentido; cómo luego se moderan y se detienen para volver á caminar en sentido retrógrado, recorriendo un camino opuesto, y desaparecen, ora alejándose del Sol, ya sumergiéndose en sus rayos.

Estos movimientos y apariencias extraordinarias han sido la causa de los errores de los astrónomos durante tan largo tiempo, hasta que el genio de Newton, dirigido por una idea superior, explicó todos estos fenómenos, al parecer caprichosos.

Supuso Newton que los cometas estaban sometidos á las mismas tendencias que los planetas, y que eran arrastrados á la vez por una fuerza primitiva de impulsión y por la gravedad ó gravitación que los conduce hacia el foco de todos los movimientos de nuestro sistema, esto es, hacia el Sol. Tratemos de demostrar con ejemplos sencillos cuál debe ser la naturaleza de la órbita de un cuerpo sometido á semejantes influencias.

Supongamos una masa dotada de peso M, gravitando hacia el Sol (fig. 5) y al mismo tiempo animada de cierta velocidad debida á un impulso extraño á la gravitación; supongamos, para mayor sencillez, que M se encuentra en un punto en que esta velocidad presenta una dirección perpendicular á la del radio vector que une el astro y el Sol.

La forma geométrica de la órbita que el astro describirá alrededor del Sol va á depender únicamente de la relación que exista entre la velocidad inicial de que se trata y la distancia. Para un valor particular de esta relación, la curva descrita es un círculo cuyo centro ocupa el Sol, y el astro recorre con una velocidad uniforme é indefinida toda la circunferencia. La velocidad que para una distancia dada es susceptible de hacer describir un círculo á una masa sometida

además á la gravitación, es á lo que se llama velocidad circular. Una velocidad menor daría origen á una órbita elíptica, en cuyo caso el Sol, en vez de ocupar el centro de la elipse, se encontraría en uno de los focos más distantes de M, y el punto M sería el afelio del astro en movimiento.

Para una velocidad superior á la circular, sucedería lo contrario, la órbita sería también elíptica y el Sol estaría en uno de los focos; pero entonces M sería el perihelio y el astro no alcanzaría su distancia máxima al foco de atracción sino en el extremo opuesto del diámetro M S.

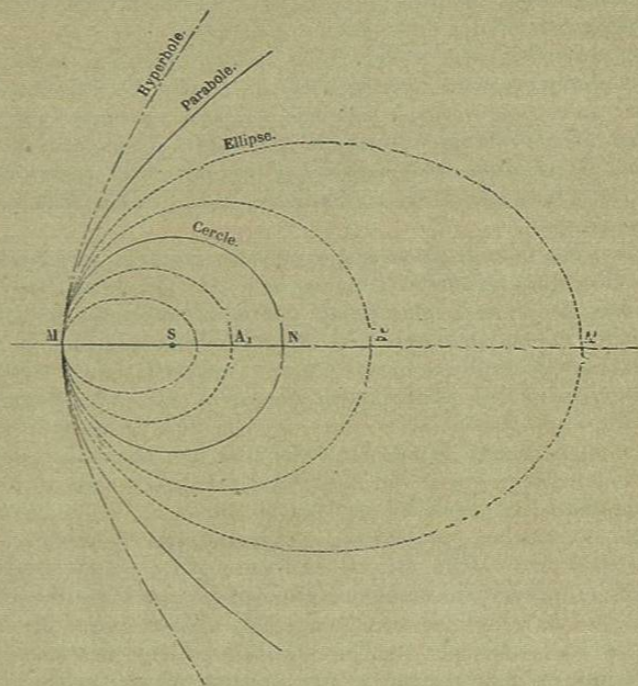


Fig. 5. - Relación entre las velocidades y las formas de las órbitas

Mientras mayor sea la velocidad inicial, más prolongada será la órbita y más considerable la excentricidad de la elipse; pero si esta velocidad llegara á ser igual á cierto valor determinado, esto es, igual á la *velocidad circular* multiplicada por el número 1,414 (ó por la raíz cuadrada de 2), en este momento la elipse cuyo eje mayor había alcanzado longitudes crecientes, que se había alargado progresivamente y de un modo muy rápido, se transformaría en una curva de ramas infinitas que se conoce con el nombre de parábola. Un astro que se encuentre animado de la velocidad correspondiente, ó de la *velocidad parabólica*, en el momento en que, alcanzando su mínima distancia al Sol, llega al perihelio, es un astro que viene del infinito y que al infinito vuelve; este astro, si es que existe, no pertenecería, pues, á nuestro sistema antes de llegar á la región del

cielo en que se hace preponderante la acción del Sol. Después de su paso por el perihelio se aleja del Sol indefinidamente, y, á menos de perturbaciones ocasionadas por los planetas, vuelve de nuevo á ser extraño á nuestro sistema.

Finalmente, para examinar todos los casos posibles, hay que considerar también este otro: cuando la velocidad del astro en el perihelio supere al valor de la velocidad parabólica, la órbita descrita es siempre una curva de ramas infinitas; pero entonces se convierte en una hipérbola, de la cual ocupa el Sol uno de los focos (fig. 6).

Comprendidas estas nociones preliminares, podemos abordar la cuestión de la determinación geométrica de las órbitas cometarias.

Son, por lo general, estas órbitas elipses muy prolongadas, de excentricidad considerable y muy próximas á ser iguales á la unidad. De esta manera se explica por qué un cometa es visible solamente durante un tiempo relativamente corto; el arco de su órbita que recorre en este tiempo no es más que una porción limitada de la órbita total; más acá y más allá se encuentra demasiado lejos de la Tierra para que pueda columbrarse, ya á la simple vista, ora con telescopios poderosos.

Siendo la órbita de un cometa una elipse muy prolongada, y la porción del arco observado en la proximidad de su perihelio muy pequeña, relativamente á las dimensiones de la órbita total, resulta que es generalmente muy difícil distinguir este arco del que pertenece á las elipses inmediatas, sea á la hipérbola, sea á la parábola que tengan la misma distancia perihelia que el cometa observado. Estas diversas curvas se confunden, por decirlo así, y no se separan de un modo marcado sino á distancias en que el cometa deja de ser visible; las posiciones que en estas órbitas distintas se obtendrían por el cálculo, no se distinguirían de las posiciones que se hallan directamente por la observación, ó diferirían en cantidades tan pequeñas, que por lo común se confundirían con los errores ó las incertidumbres propias de las observaciones. A Newton se debe el reconocimiento de esta verdad, así que este genio tan profundo y sagaz concibió en seguida el proyecto de simplificar el problema, que consistía en determinar los elementos de las órbitas cometarias. Supuso desde luego que las órbitas eran parábolas; las condiciones que determinan la posición de esta curva en el espacio, la forma, las dimensiones, en una palabra, sus elementos, son menos numerosos, más sencillos que los de una órbita elíptica.

Veamos, pues, cuáles son los elementos de una órbita parabólica; una parábola es una curva plana, es decir, que todos sus puntos se hallan situados en un mismo plano, y en este caso se presenta la particularidad de que ha de pasar precisamente por el centro del Sol. La primera condición se contrae, pues, á definir su posición verdadera en el espacio, lo cual se conseguirá si se conocen, de una parte, la línea de intersección de este plano con el plano de la órbita de la Tierra ó con la eclíptica, y de otra, la inclinación ó ángulo que ambos planos forman entre sí.

El cometa en su movimiento corta necesariamente á la eclíptica en dos puntos diametralmente opuestos, que son los dos nodos, y la línea que los une se llama línea de los nodos; bastará conocer uno de los nodos, por ejemplo, el nodo ascendente, es decir, el que corresponde al paso del cometa de la región del

Cielo situada al Sur de la eclíptica, á la región situada en la parte Norte; la distancia de este punto al cero de la eclíptica, contada en grados, minutos y segundos, se llama longitud del nodo ascendente ó con más brevedad longitud del nodo; pero el plano de la órbita permanece indeterminado si no agregamos un segundo elemento que se llama su inclinación.

Si por el centro del Sol se trazan dos líneas rectas, perpendiculares ambas á la línea de los nodos, en la eclíptica la una, y la otra en el plano de la órbita

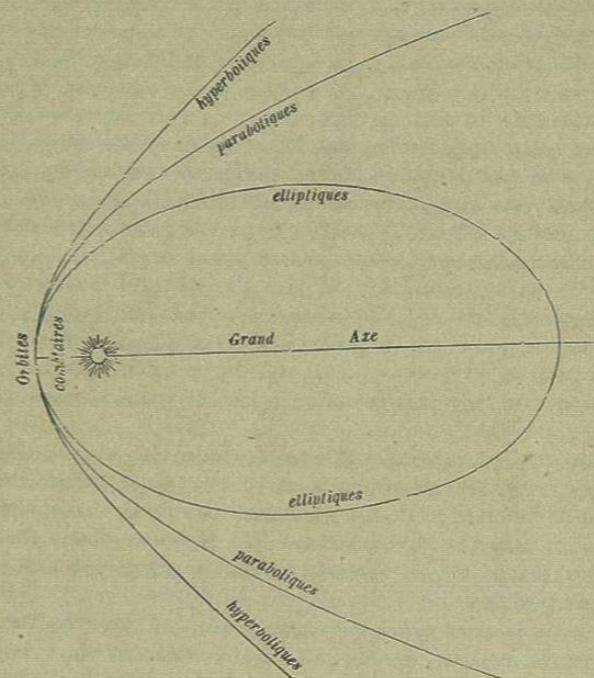


Fig. 6. — Órbitas cometarias elíptica, parabólica é hiperbólica

del cometa, estas líneas formarán entre sí dos ángulos, de los que el menor mide el ángulo de ambos planos, que es la inclinación.

Queda por determinar la curva que describe el cometa en el plano conocido por la longitud del nodo y la inclinación; en primer lugar hay que saber en qué punto se encuentra el astro en el perihelio ó á su distancia mínima del Sol, y conocido que sea, queda determinado el vértice de la parábola si á la longitud del perihelio se agrega otro elemento, que es la distancia perihelia, la cual se mide, como todas las distancias celestes, en partes del semieje mayor de la órbita terrestre.

En este momento está ya definida por completo la curva parabólica descrita por el cometa, en posición en el espacio y en magnitud. Resta, sin embargo, saber en qué sentido la recorre y también en qué épocas ocupa el astro tal ó cual

posición determinada en esta órbita. Para conocer la dirección se supone la parábola rebatida sobre el plano de la eclíptica por el lado en que su inclinación es menor, ó más claro, proyectada sobre el plano de la órbita terrestre. El sentido del movimiento se llama *directo*, si considerado desde arriba ó desde la región boreal del cielo, se efectúa, como el de la Tierra y de todos los planetas, de derecha á izquierda, ó de Occidente á Oriente; se dice que es *retrogrado* cuando tiene lugar en dirección contraria. Por último, al dar la fecha exacta del paso del cometa por el perihelio, se hallará la órbita completamente definida en el tiempo y el espacio, por manera que todas las demás posiciones se deducen por el cálculo de los elementos de que acabamos de dar una idea.

Tales son, pues, los elementos cuya determinación es necesaria para conocer la órbita parabólica de un cometa; estos elementos no se obtienen directamente de la observación, sino del cálculo, cuando el cometa se ha observado cierto número de veces, y se han determinado á lo menos tres posiciones del astro con bastante exactitud; este número de tres es indispensable en absoluto, y para que la curva que se deduce sea la órbita verdadera, es necesario que las observaciones se hayan efectuado con el mayor esmero; una ó dos posiciones del astro dejarían el problema indeterminado; al paso que mientras mayor sea el número de observaciones, más fácil es comprobar el resultado que arroja el cálculo. Es necesario, en efecto, que todas las posiciones observadas se refieran á la misma órbita; en una palabra, es preciso que las efemérides calculadas concuerden con la trayectoria aparente, tal como la obtienen los astrónomos con auxilio de sus instrumentos.

Antes vimos que los cometas aparecen en todas las regiones del cielo, en vez de moverse, como los planetas, en la estrecha zona del zodiaco. Esta diferencia proviene de la inclinación de los planos de sus órbitas sobre la eclíptica. Al paso que entre los planetas principales tan sólo Mercurio tiene una inclinación de 7 grados, los planos de las órbitas cometarias toman entre 0° y 90° todas las inclinaciones posibles.

Entre los cometas observados hay algunos que describen verdaderas órbitas parabólicas, por manera que, después de haber venido una vez á encontrarse en la esfera de acción del Sol, han vuelto en seguida á alejarse de ella para siempre; y entre aquellos cuya periodicidad se ha calculado, los hay también que describen elipses tan prolongadas, que para nosotros y nuestros descendientes pueden considerarse como de reaparición indefinida.

El gran cometa de 1769 (excentricidad 0,9992) tiene un período de veintiún siglos próximamente; en su afelio llegará á un punto del espacio cuya distancia á la Tierra se mide por 327 veces el espacio que hay de nuestro globo al Sol. Los cometas de 1811 y de 1680 (excentricidades 0,9951 y 0,9999), el primer cometa de 1780 y el de julio de 1844 no volverán á su perihelio sino después de viajes cuya duración será, para el primero, de 75.840 años y para el segundo de cerca de mil siglos. Estos astros se sumergirán en el éter á distancias tan considerables, que en su afelio se hallarán separados de nuestro mundo cerca de 4.000 veces el espacio que media de la Tierra al Sol.

Si los cálculos, en verdad solamente aproximados, sobre que descansan estas inciertas evaluaciones no son rigurosamente exactos, no por eso dejan de mos-

trar que los cometas á que se refieren siguen siendo siempre parte integrante de nuestro sistema; su alejamiento más considerable es aún 50 veces menor que el de las más próximas estrellas, por lo cual el Sol ha de ejercer siempre sobre estos astros y sus masas una acción preponderante, atrayéndolos incesantemente hacia las regiones del cielo que recorre nuestra Tierra, siempre que las perturbaciones que pueden causar los planetas no vengan á influir en su curso y á modificar los elementos de sus órbitas.

Digamos ahora algunas palabras acerca de una cuestión mal comprendida generalmente por el público, á pesar de las explicaciones reiteradas de los astrónomos. Nos referimos á la predicción ó anuncio de los cometas.

¿Es posible predecir la aparición de un cometa cualquiera?

En estos términos suele plantearse por lo común la pregunta anterior; el público, que tiene fe en la ciencia astronómica, sin poseer, sin embargo, nociones bastante extensas, se resuelve por la afirmativa y cree que los sabios que se dejan sorprender por la aparición de un cometa faltan á sus deberes de astrónomos y observadores, si un simple aficionado ha sido el primero en descubrir el nuevo astro, y faltan á sus deberes de calculadores géométras si no lo han anunciado.

Estos cargos, por lo común, son completamente infundados y descansan en una idea falsa del poder de la ciencia y de la naturaleza verdadera de las órbitas cometarias.

Hay cierto número de cometas, cuyas reapariciones se anuncian y calculan por los astrónomos. La predicción de la época probable en que estos astros deben encontrarse en regiones del cielo desde donde puedan ser visibles para los habitantes de la Tierra, y la determinación de la época de sus pasos por el perihelio, pueden hacerse con cierta exactitud.

A esta clase pertenecen los cometas cuya órbita, calculada por un número suficiente de observaciones, no es ni parabólica, ni ninguna otra curva de ramas infinitas, como la hipérbola, sino más bien una órbita cerrada y elíptica, que el astro recorre indefinidamente; son, en una palabra, los *cometas periódicos*.

Vimos antes que Newton, al asignar á los cometas una órbita parabólica, tan sólo se había ocupado del arco, muy corto siempre, que describen en la proximidad de su perihelio, cuando su distancia á la Tierra, débil en proporción, hace que la observación sea posible. En su juicio, eran los cometas astros sujetos á períodos regulares, que describan elipses muy prolongadas, cierto, pero en un todo semejantes á las órbitas planetarias. La comprobación de la primera periodicidad cierta de un cometa, su vuelta segura en la misma órbita, ha sido, pues, para la teoría newtoniana, una confirmación y un triunfo admirable. A Halley corresponde la gloria de la primera predicción, y á Newton la posibilidad de hacerla; pero ninguno de estos ilustres bienhechores vivió lo bastante para presenciar la comprobación de la teoría. Después de aquella fecha se han multiplicado los ejemplos de igual índole, y los cometas cuya vuelta pudo calcularse y que luego han sido vistos en efecto, aumentaron de día en día, y hoy contamos con un número relativamente grande. Al lado del sistema planetario va á levantarse otro edificio, y como esta historia es de bastante interés é instrucción, conviene que la relatemos con algunos detalles.

Pero antes procuraremos dar una idea de los métodos que emplearon los astrónomos para negar á reconocer la periodicidad de un cometa.

Cuando un cometa nuevo ó que se cree nuevo aparece repentinamente, ¿puede decirse si se ha visto y observado en una época anterior? La contestación á esta pregunta es el fundamento del primer método, que ha servido para resolver el problema propuesto. Pero esta contestación no es tan fácil de dar si la aparición ó apariciones anteriores del cometa no han sido objeto de observaciones algo exactas, y si la tradición se limita únicamente á alguna indicación vaga de su magnitud, del brillo de su núcleo y de la forma ó dimensiones de la cola. El aspecto exterior de un cometa y su carácter físico son, por lo general, insuficientes; más adelante veremos, en efecto, que estos caracteres son muy variables y que el aspecto de un cometa cambia en el curso de una sola aparición; pero aunque permaneciesen constantes las circunstancias de su visibilidad, bastaría su distancia á la Tierra para impedir la comprobación de la identidad de ambos astros. Cualquier cometa visto en otro tiempo con un resplandor extraordinario, puede, al aparecer de nuevo, presentar tan sólo una débil nebulosidad. Hubiera sido difícil reconocer el mismo astro en el cometa de 1607, cuya luz pareció á Keplero tan débil y pálida, y en el de 1682, que Lahire y Picard asimilan á una estrella de primera magnitud, y por último, en el famoso de 1456, que todos los observadores, salvo dos polacos, dice Pingré, están conformes en representarnos como grande, terrible, de magnitud extraordinaria, arrastrando tras sí una cola larguísima, la cual cubría dos signos celestes, ó sean 60°. Sin embargo, se trata en todos estos casos de un solo y único cometa. Es verdad que los astrónomos desconfían hoy día, y con justo motivo, de estas descripciones, casi siempre exageradas, de los antiguos cronistas; pero precisamente por esto no es posible apoyarse en una semejanza de aspecto para establecer la identidad de dos cometas, y por consecuencia, su periodicidad. Hacen falta elementos de comparación más exactos, principalmente relativos á la órbita parabólica, cuando la tradición ha conservado verdaderas observaciones, esto es, posiciones y sus fechas correspondientes, que permitan el cálculo de la órbita, y cuando, en una palabra, en vez de haber sido visto el cometa sencillamente, se ha observado en sentido astronómico.

El segundo método consiste en calcular directamente los elementos elípticos; se supone que las observaciones que sirven de fundamento son muy exactas, sobre todo si la órbita es muy prolongada, puesto que entonces hay muy poca diferencia, entre el curso aparente que sigue el cometa en las diversas hipótesis de una parábola, de una elipse muy excéntrica ó de una hipérbola. Euler aplicó este método al cometa de 1774, hallando primero una órbita hiperbólica, según las observaciones efectuadas en Berlín; calculando de nuevo el ilustre geómetra sobre unas observaciones de Cassini, halló una órbita elíptica muy prolongada y un período de varios siglos. El primer ejemplo de una órbita elíptica calculada con precisión por este segundo método es el del cometa de Lexel ó de 1770, cuyo período era corto (cinco años y medio) y su órbita relativamente poco prolongada, pero que por desgracia, como luego sabremos, ha sufrido enormes perturbaciones y no ha vuelto á verse jamás. Posteriormente

se ha hecho uso del cálculo directo del movimiento elíptico, sin verificar comparaciones con las anteriores observaciones, para un gran número de cometas, y para varios de ellos con éxito satisfactorio, toda vez que la reaparición de los cometas periódicos de Faye, de Brorsen, de Arrest y de Winnecke se ha comprobado por observaciones exactas y numerosas.

Halley publicó en 1705 su catálogo de 24 cometas; comparando sus elementos, notó que tres de ellos, los de 1531, 1607 y 1682, presentaban órbitas casi idénticas, y desde entonces sospechó que estos tres astros debieran ser uno solo; hizo más, anunció el primer regreso del cometa para el año 1758.

Posteriormente, en 1749, al publicar Halley diez años antes del regreso anunciado, y tres años tan sólo antes de su muerte, sus *Tablas astronómicas*, vuelve á hablar de su predicción en términos más explícitos. «Tal es, dice, la concordancia de los elementos de estos tres cometas, concordancia bien extraña si se trata de tres distintos cuerpos; si vuelve, pues, á presentarse, según nuestro anuncio, hacia el año 1758, la posteridad se acordará de que á un inglés se debió este descubrimiento.»

La posteridad recuerda y la ciencia consagra la reivindicación del astrónomo inglés, dando su nombre al primer cometa cuya vuelta periódica, anunciada de antemano, ha sido confirmada por la observación.

Pero del propio modo tiene que ser justa la posteridad dando una parte legítima de gloria á los astrónomos franceses Clairaut y Lalande que dieron feliz cima á la obra de Halley, calculando el retardo que el cometa de 1682 debía experimentar en su viaje de 76 años; esta segunda parte de la historia de un gran descubrimiento es quizás más asombrosa aún y más instructiva que la primera.

En efecto, á medida que se aproximaba la época de la reaparición anunciada por Halley, todos los astrónomos de Europa, preocupados con este gran acontecimiento científico, se preparaban á seguir la observación. La fecha de la reaparición no se conocía con certeza, pues como Halley había indicado, los períodos conocidos presentaban cierta desigualdad; de 1531 á 1607 habían transcurrido 27.811 días; de 1607 á 1682, 27.352, con una diferencia de 459 días entre los pasos por el perihelio.

Varios sabios hicieron distintos cálculos y diversas hipótesis sobre el curso del cometa en su reaparición, y también sobre la fecha en que ésta hubiera de tener lugar y que se aguardaba desde 1757.

Entonces fué cuando un eminente geómetra, el gran Clairaut, se propuso resolver rigurosamente el problema iniciado por Halley, y calcular las perturbaciones que el cometa de 1682 había debido sufrir al pasar próximo á los planetas, sobre todo cerca de Júpiter y Saturno. Esta empresa era de una inmensa dificultad; por lo tanto Clairaut, falto de tiempo, reclamó el concurso de Lalande, uno de los más sabios astrónomos que ha producido Francia. Una mujer, madama Hortensia Lepaute, se encargó de parte de esta penosa tarea, y gracias á la abnegación científica de estos tres dignos colaboradores, pudo terminarse el trabajo en el mes de noviembre de 1758, presentando Clairaut á la Academia de Ciencias una Memoria de la que extractamos lo que sigue:

«El cometa que se aguardaba hace más de un año, ha llegado á ser objeto

de un interés mucho más vivo del que suele tomar el público en las cuestiones astronómicas. Los verdaderos amantes de la ciencia desean su vuelta, porque de ella debe resultar una hermosa confirmación de un sistema en cuyo favor militan casi todos los fenómenos. Los que, por el contrario, se complacen en ver á los filósofos sumidos en la incertidumbre, esperan que no vuelva, y que tanto los descubrimientos de Newton, cuanto los de sus partidarios, se nivelen é igualen con las absurdas hipótesis engendradas por la imaginación. Varias personas de esta última clase se consideran ya triunfantes, y para éstas un año de retraso, que no se debe sino á predicciones destituidas de fundamento, basta para que consideren como inexacto el sistema de los newtonianos. Trato de demostrar aquí que este retraso, lejos de perjudicar al sistema de la gravitación universal, es, al contrario, su consecuencia necesaria, que debe ir aún más allá, é intento señalar sus límites.»

El retardo hallado por Clairaut fué de 618 días en el paso del cometa por su perihelio en 1759; 100 días correspondían á la acción de Saturno y 518 días á la de Júpiter, lo que fijaba el paso para mediados del mes de abril. A pesar de esto, anunciaba Clairaut con gran prudencia su inmenso trabajo, prudencia exigida por la incertidumbre que presentaban algunas causas desconocidas de perturbaciones, y finalmente, por el temor de que hubieran podido deslizarse algunos errores en las numerosas y delicadas operaciones llevadas á cabo. Todas estas incertidumbres acumuladas podían, según el ilustre geómetra, alterar el término en un mes; se vió el cometa, efectivamente, el 25 de diciembre de 1758 por un labrador alemán llamado Palitsh, de las cercanías de Dresde. Advertidos los astrónomos, observaron el astro, y bien pronto supieron demostrar que el paso por el perihelio debía verificarse el 13 de marzo de 1759, treinta y dos días antes de la época calculada por Clairaut. Este triunfo de la teoría produjo en el mundo científico una impresión profunda, análoga á la que causó un siglo más tarde el descubrimiento de Neptuno, y que ya hemos referido. He aquí en qué términos se expresa Lalande sobre este punto:

«Este año ve el universo el fenómeno más satisfactorio que jamás nos ofreció la astronomía; suceso único hasta hoy, que cambia nuestras dudas en certidumbres y en demostraciones nuestras hipótesis...»

Tuvo lugar otra reaparición del cometa de Halley en 1835, en la que se pudieron comprobar los progresos realizados por la astronomía teórica durante el período de setenta y seis años que había empleado el cometa en recorrer una vez más su órbita. En efecto, tomando por punto de partida el paso perihelio de 1759 y siguiendo el camino trazado por Clairaut, dos astrónomos abordaron separadamente el problema laborioso de determinar la época del paso por el perihelio, teniendo en cuenta las acciones perturbadoras de los planetas. Entre las causas perturbadoras desconocidas que Clairaut no pudo calcular, pero que entraron en las investigaciones de los sabios posteriores, figura el planeta Urano, descubierto, como sabemos, por Herschel en 1781.

Cometa de Encke. — Uno de los observadores más laboriosos y de los que más se han ocupado del descubrimiento de los cometas, fué Pons; este astrónomo descubrió en Marsella en 1818 un cometa que pasaba por el perihelio el 27 de enero siguiente, y cuyos elementos parabólicos, comparados á los de los come-

tas catalogados en aquella época, hicieron sospechar luego que había sido observado en 1805. Esta idea se le ocurrió á Arago, cuando Bouvard presentó á la Oficina de las Longitudes sus trabajos, pues los elementos parabólicos de los dos astros eran muy semejantes.

Encke llevó á cabo el cálculo de los elementos elípticos de la órbita del nuevo cometa, por lo que se le dió el nombre del famoso director del Observatorio de Gotha, aunque también se le llama *cometa de corto período*, en oposición al cometa de Halley, cuya revolución es mucho más larga. El cometa de Encke, en efecto, recorre su órbita en unos 1.210 días, ó sea en 3 años y 3 décimas.

«Teniendo en cuenta únicamente, dice Poissón, la rapidez de sus revoluciones sucesivas, pudiera considerarse este astro como un planeta; pero se ha seguido clasificando entre los cometas á causa de las apariencias que ofrece, y porque no es visible para nosotros en todas las porciones de su órbita.» Y en verdad que, en la época en que Poissón escribía su *Memoria*, aún se creía en la prolongación extremada de todas las órbitas cometarias, y, por lo tanto, parecía improbable que un cometa pudiera tener una revolución de tan corto período. Pero las observaciones sucesivas de sus regresos disiparon estas dudas, y bien pronto se descubrieron nuevos cometas periódicos, que justificaron la posibilidad de órbitas cometarias comparables, por su escasa excentricidad relativa, á las órbitas de los mismos planetas.

El primer regreso del cometa de corto período por su perihelio tuvo lugar hacia fines de mayo de 1822; Encke calculó la fecha de este regreso y también sus efemérides; luego, llevando en cuenta las perturbaciones que hubiera debido experimentar el cometa en su revolución precedente, con motivo de su paso en la proximidad de Júpiter, demostró que su período debiera de haber sufrido un aumento de nueve días. A más, el cometa había de ser invisible en Europa, y en efecto, tan sólo se observó en el hemisferio meridional, en la Australia.

Cometa de Biela ó de Gambart. — Tan sólo transcurrieron siete años entre el descubrimiento del cometa de Encke y el de Biela ó Gambart, que también hubiera podido llamarse cometa de corto período, toda vez que efectúa cada una de sus revoluciones en menos de siete años.

La primera observación del nuevo astro se debe á un comandante austriaco llamado Biela, que lo vió en Johannisberg el 27 de febrero de 1826; diez días después fué observado en Marsella por el astrónomo Gambard, el cual, después de haber calculado los elementos aproximadamente de la órbita parabólica, reconoció inmediatamente su semejanza con los de la órbita de un cometa que se había observado en 1805 y en 1772.

Los cálculos definitivos fueron efectuados por Gambard y Clausen, hallando ambos resultados que concordaban, y asignaron al cometa, como período de revolución, seis años y tres cuartos.

Su próximo regreso por el perihelio pudo, pues, ser predicho por Damoiseau, quien llevando en cuenta las perturbaciones, fijó su vuelta para el 27 de noviembre de 1832; el cometa acudió, en efecto, á la cita, pero un día antes, esto es, el 26 de noviembre. De esta manera se perfeccionaba más cada vez la teoría de las órbitas cometarias, fundada en la ley de la gravitación universal.

Contando las apariciones anteriores de 1772 y 1805, el cometa de seis años

y tres cuartos ha sido observado en siete de sus regresos, en 1826, 1832, 1846 y 1852, y hubiera debido serlo en 1839, 1859 y 1866.

«En 1839, dice Delaunay, no pudo observarse á causa de la posición desfavorable de su órbita en la época de su paso por el perihelio.» Este paso, en efecto, debió verificarse en los primeros días del mes de julio, y así antes, como después de esta fecha se encontraba el cometa muy próximo en la apariencia al Sol, y por lo tanto, confundido entre sus rayos. Casi ocurrió lo mismo, en su paso de 1859, el cual debió tener lugar á principios de junio. Por último, en 1866, si bien el cometa no debía distar mucho de la Tierra en las inmediaciones de su perihelio (26 de enero), no pudo columbrarse á pesar de toda la diligencia y cuidado de los astrónomos que emplearon para hallarlo sus más potentes instrumentos. Pogson lo vió en Madrás por última vez el 2 y 3 de noviembre de 1872.

La historia del cometa de Biela ha proporcionado á la astronomía física algunos detalles muy curiosos. A partir de 1846, se encontró el astro dividido en dos cometas distintos, que hoy día figuran en los catálogos con sus órbitas particulares. Además, en 1832 tuvo, como el cometa de 1773, el privilegio de ocasionar espantos, que en aquella época carecían de fundamento. Se trataba sencillamente de un choque entre el cometa y la Tierra en el mes de noviembre de 1872; luego nos ocuparemos más detalladamente de este fenómeno original.

En la actualidad se conocen diez y siete cometas periódicos cuya vuelta se ha observado, y son los llamados de Encke, Tempel, Brorsen, Tempel-Swift, Winnecke, Vico, Tempel, Finlay, Arrest, Biela, Wolf, Brooks, Faye, Futtle, Pons, Olbers y Halley, colocados por orden según el tiempo que invierten en efectuar su revolución sidérea, siendo el de período más corto el de Encke, de 3,3 años, y el más largo el de Halley, de 76,08 años; el período de los trece primeros no pasa de 7,5 años; el 14, ó de Futtle, invierte 13,79 años, y los tres últimos más de 71 años.

Estos diez y siete cometas son hasta hoy los únicos que pueden considerarse como pertenecientes en definitiva al grupo de astros que componen el mundo solar; pero no son los exclusivos que deben estimarse como periódicos por efectuar con regularidad sus revoluciones en torno del Sol. Entre los numerosos cometas cuyas órbitas parecen elípticas, unos se consideran como nuevas apariciones de cometas observados anteriormente, y por la gran semejanza de sus elementos parabólicos se admite que son periódicos. Únicamente que, ó bien no han regresado aún á su perihelio á causa del largo período de su revolución, ó bien no se han presentado en circunstancias favorables para observar su vuelta, ó también, hipótesis asimismo probable, han sido perturbados en su marcha por la proximidad de las masas planetarias, cuyas perturbaciones pueden modificar considerablemente sus períodos y aun expulsarlos fuera de la esfera de atracción del Sol, es decir, fuera del mundo solar, del que hasta entonces y momentáneamente formaban parte.

Otros cometas, sin que puedan asimilarse á los ya observados, tienen órbitas elípticas determinadas por el cálculo; pero, por las mismas razones que acabamos de enumerar, no se han vuelto á ver; es decir, que presentan períodos demasiado largos y se han hallado bajo el influjo de causas perturbadoras.

Vamos á pasar revista á los principales cometas de ambas categorías, dividiéndolos en tres clases para mayor claridad.

1.º *Cometas de período corto*; á saber, los que efectúan sus revoluciones en algunos años, como los catorce que hemos indicado antes; todos los cometas de esta primera clase son interiores, porque sus órbitas no pasan de los límites de las órbitas planetarias, ó en otros términos, porque en su afelio se hallan aún á una distancia del Sol menor que la distancia de Neptuno.

2.º *Cometas de período medio*; á saber, que describen sus órbitas en menos de dos siglos, como los tres últimos; sus órbitas no son internas y se alejan más del Sol que el más distante de los planetas.

3.º *Cometas de período largo*, cuyas revoluciones pasan de dos siglos y llegan hasta cientos de miles y aun á millones de años. Estos últimos se sumergen



Fig. 7. — Cometa de Biela ó de Gambart desdoblado

en el espacio á distancias enormes que superan en mucho los límites del mundo planetario.

Durante el mes de febrero de 1743 se observó en París, Bolonia y Berlín un cometa cuyos elementos parabólicos fueron calculados por Struyck y Lacaille. Un geómetra moderno, Clausen, reconoció en este astro un cometa de período corto que efectuaba su revolución en 5 años y 5 meses. ¿Será el mismo cometa que se vió en noviembre de 1819? En este caso se hubiera alterado notablemente su revolución, puesto que los cálculos de Encke asignan á este último un período de 4 años y 10 meses.

El cometa de que ahora vamos á ocuparnos es famoso en la historia de la astronomía; he aquí las circunstancias de su primera aparición según una Memoria de Le Verrier:

«Distinguió Messier durante la noche del 14 al 15 de junio de 1770 una nébula situada en la constelación de Sagitario, no perceptible á la simple vista; era un cometa que comenzaba á presentarse. El 17 de junio se hallaba el nuevo astro rodeado por una atmósfera cuyo diámetro se elevaba á 5' 23" y en cuyo cen-

tro aparecía un núcleo; su luz tenía el mismo brillo que las estrellas, y su diámetro, según Messier, medía 22 segundos de arco.

»El cometa, sin embargo, se aproximaba rápidamente á la Tierra; el 21 de junio se le distinguía á la simple vista, y tres días después brillaba como las estrellas de segunda magnitud. El diámetro de la nebulosidad, que aún no pasaba de 27 minutos, se agrandó sucesivamente hasta alcanzar $2^{\circ} 23'$ en la noche del 1.º al 2 de julio. Pero al paso que el diámetro aparente crecía de esta suerte, según las leyes de la óptica, en razón inversa de la distancia del astro á la Tierra, el diámetro del supuesto núcleo permanecía, por el contrario, invariable.

»A contar del 4 de julio se perdió el cometa en los rayos del Sol y dejó momentáneamente de ser visible. Pingré, apoyándose en las observaciones de Messier, le calculó una órbita parabólica; se reconoció que el cometa volvería á ser visible en agosto, y Messier pudo observarlo de nuevo el 4 de este mes. Desde esta época lo distinguió casi sin interrupción, pero como cada vez se alejaba más del Sol y de la Tierra, dejó de ser sensible en los primeros días de octubre.

»Antes de su paso por el perihelio no se llegó á percibir ningún indicio de cola; pero del 20 de agosto al 1.º de septiembre presentó el cometa una cola muy débil, cuya longitud era próximamente de un grado.

»Los elementos parabólicos dados por Pingré satisfacían á las primeras observaciones, pero se alejaban mucho de las últimas. Otros elementos calculados por Slop, Lambert, Prosperin y Widder no ofrecían tanta exactitud. Generalmente se achacaron todas las dificultades á una dislocación de la órbita causada en junio por la acción de la Tierra. Sospechó Prosperin, sin embargo, que muy bien pudiera ser elíptica la órbita del cometa, pero no llegó á comprobar esta hipótesis.

»Por fin Lexell reconoció que el cometa giraba en una elipse, la cual recorría en 5,585 años (poco más de cinco años y medio).

»Pero, decía Messier, si el período de revolución de este cometa es tan sólo de cinco años y medio, ¿cómo es que no se le ha observado más que una vez? Esta objeción, que puede oponerse á las investigaciones de Lexell, es bastante poderosa.

»Lexell contestó: Como la distancia afelia del cometa al Sol es casi igual á la distancia de Júpiter á este astro, nace aquí la sospecha de que el movimiento de este cometa hubiera sido perturbado en alguna época por la acción de Júpiter, de manera que hubiese descrito una órbita en un todo diferente de la que en la actualidad recorre.»

El cometa de Lexell ó de 1770 no ha vuelto á verse desde fines del siglo último. Se trata, pues, de un cometa que si no se ha *perdido*, anda al menos *extraviado*, y se concibe el extraordinario interés que presenta para los astrónomos el problema de saber lo que ha sido de este astro. Varios matemáticos intentaron resolverlo después de Lexell, entre otros Burckhardt, Laplace, y por último, Le Verrier.

Según Laplace, hay que atribuir á la acción de Júpiter que el cometa fuera visible en 1767, por haber acortado su distancia perihelia, y la misma acción alargando esta distancia lo hizo invisible para siempre.

Aquí tenemos, pues, un cometa que hay que considerar como perdido para

nuestro mundo, ó cuando menos para los astrónomos, pues aun suponiendo que regrese, ¿será posible reconocer su identidad?

El 22 de agosto de 1844 descubrió en Roma un cometa el P. Vico; los elementos elípticos calculados por Faye y Brunow demuestran que el período de revolución era tan sólo de cinco años y medio, ó con más exactitud 1.996 días; de modo que, haciendo caso omiso de las perturbaciones, debía regresar al perihelio en febrero de 1850, luego en agosto de 1855, enero de 1861, julio de 1866 y diciembre de 1871; su próximo paso por el perihelio se aguardaba para el mes de junio de 1877, y no fué visto ni en sus primeros regresos anunciados, ni en los últimos; en 1894 se le vió, pero extremadamente débil: podemos considerar, pues, este cometa como perdido ó extraviado. También se ha supuesto que el cometa de Vico fuese una reaparición del cometa de Lexell, con el cual no deja de presentar alguna semejanza, aunque vaga. Según Le Verrier, se trata de dos astros distintos por completo, y este mismo astrónomo rechaza las conclusiones de Mauvais y Laugier, que consideraban el cometa de 1844 como idéntico al de 1585; pero acepta como muy probable que el cometa de Vico se hubiera observado ya en 1678. Veamos lo que decía este grande astrónomo en 1847, antes de la época fijada para el primer regreso del cometa de Vico.

«El cometa de 1844 ha podido, como los demás, venir de las regiones más lejanas y fijarse entre los planetas bajo el influjo de la potente acción de Júpiter. Su ingreso se remonta, sin duda alguna, á muchos siglos; desde esta época ha pasado con frecuencia en la proximidad de la Tierra, pero tan sólo una vez se le había observado en los siglos anteriores, 166 años antes de la aparición de 1844 (que es el regreso de 1678 mencionado en las páginas anteriores). Este cometa recorrerá largo tiempo aún la órbita restringida que le vemos describir en nuestros días. En cierto número de siglos, no obstante, alcanzará de nuevo la órbita de Júpiter en una dirección opuesta á la que trajo al penetrar en nuestro sistema planetario, y su curso se alterará una vez más. Puede ser que hasta el mismo Júpiter lo devuelva á los espacios de donde lo había arrancado.»

En la época de su mayor visibilidad, que fué en septiembre de 1678, pudo distinguirse el cometa de Vico á la simple vista durante varios días. En 1844 era telescópico y no presentaba, por otra parte, ninguna particularidad notable; su nebulosidad, en forma de abanico, tenía un núcleo circular bastante bien detallado, y una cola corta, y de color azulado, se extendía al lado opuesto al Sol.

Entre los cometas de corto período calculados sin que se hayan vuelto á ver, citaremos aún el de 1776, cuya revolución, según Burckhardt, sería de cinco años, y que quizás es una aparición anterior del cometa descubierto por Pons en junio de 1819; este último, según Encke, tendría un período de 5⁶ años, habiéndose alterado su órbita en el intervalo por las perturbaciones planetarias. Inmediatamente después viene el cometa descubierto el 26 de junio de 1846 por Peters; su revolución sería de 16 años, pero no ha vuelto á verse más. Finalmente, en 1873 descubrió Stephan en Marsella un cometa cuya órbita elíptica tendría un período de 1.850 días ó algo más de cinco años. Se lo volvió á ver en 1878 y 1894.