

EL VUELO DEL BUMERÁN

MODELOS FISICO MATEMÁTICOS EN DINÁMICA ROTACIONAL

GABRIEL BARCELÓ RICO -AVELLO.



$$\vec{v} = \Psi \cdot \vec{V}_0$$

Marzo 2005
Rev. 91005

PREFACIO.

Durante muchos años, interesado en la observación de la naturaleza, estuve dándole vueltas a todos esos fenómenos dinámicos que cursan con giro intrínseco y que se comportan de forma singular.

He mantenido esa inquietud científica a partir de sencillos experimentos dinámicos que el físico y **profesor Miguel Catalán** nos planteó a sus alumnos de bachillerato en los años cincuenta. Era evidente que el **profesor Catalán** deseaba trasladar a sus alumnos ciertas conjeturas dinámicas. Estas inquietudes se incrementaron en los años sucesivos con las enseñanzas de nuestro profesor de física. También con el profesor Federico García Moliner, que años después fue galardonado con el Premio Príncipe de Asturias de Investigación Científica y Técnica (1992). Ambos profesores marcaron la vocación científica de muchos de sus alumnos.

Este documento ha sido redactado a partir de los distintos estudios realizados a lo largo de los últimos quince años, como resumen de los mismos. En su primera parte el texto sugiere al lector el inicio de cualquier aventura cultural o científica con mentalidad abierta e inquisitiva. Se analiza a continuación histórica y objetivamente la dinámica rotacional, con el fin de determinar su actual estructura de conocimiento. Insatisfechos por el resultado de este análisis, se propone y justifica un modelo matemático diferenciado, distinto al admitido en mecánica racional. Los resultados de este modelo simplificado son simulados con un programa de ordenador, advirtiéndose su similitud con fenómenos habituales, en concreto, con el vuelo del bumerán.

Este modelo físico matemático alternativo no conculca los principios y axiomas de la física, pero propone ciertas reinterpretaciones de criterios dinámicos aceptados hasta la fecha. Aunque este modelo alternativo se plantea en el ámbito de una naturaleza imaginaria, se sugiere también su estudio y análisis, con el fin de determinar su posible idoneidad en supuestos específicos de la realidad física. Por tanto, en este texto, además de proponer un nuevo modelo dinámico que explica el comportamiento del bumerán, se sugieren las bases de una nueva dinámica rotacional alternativa.

Gabriel Barceló Rico-Avello.
Madrid 9 de septiembre de 2005

3.4.- PARADOJA.

A partir de estudios teóricos realizados a lo largo del siglo XIX, se desarrollaron numerosas experiencias para tratar de entender lo que Gilbert definía como “esos fenómenos extraños observados en cuerpos de forma esferoidal animados de una gran velocidad de rotación alrededor de su eje de simetría y fijos por uno de sus puntos” (*Problème de la rotation d'un corps solide autour d'un point*, Annales de la Société Scientifique de Bruxelles, 1876. pp. 258-259).

El tratamiento que la mecánica tradicional ha reservado a los cuerpos dotados de momento angular puede producir extrañeza. Como resultado de nuestra observación indagatoria de la naturaleza, podemos afirmar que los cuerpos dotados de una rotación sobre un eje principal se comportan de forma diferente a aquéllos dotados de movimiento lineal.

El hombre, fascinado por el comportamiento singular de los cuerpos en rotación, fue convirtiendo en juegos y divertimentos muchos fenómenos con rotación intrínseca, como la peonza, el aro, las piedras que saltan en el agua, etc., y ha intentado justificar su comportamiento basándolo en el principio de conservación del momento angular o en los efectos de Coriolis, de Magnus, geostrófico u otros. Evidentemente, esta tipología también fue analizada a nivel científico, especialmente a través de la peonza o del giróscopo. Para el **profesor Miguel Catalán**, en los años 1950, el comportamiento del giróscopo era todavía fuente de inquietud científica. Quiero recordar la obra de mi profesor, cuya memoria quiso perpetuar la Unión Astronómica Internacional asignándole su nombre a uno de los cráteres de la parte oculta de la Luna: el situado en las coordenadas 43,7° S y 85,3° O, de unos 25 Km. de diámetro. La comunidad científica quiso destacar de esta forma el conocimiento de los átomos proporcionado por **Miguel Catalán** a través de sus espectros, y muy en especial del átomo de hierro.

Sin embargo, hasta esa época únicamente llegaba a enunciarse la existencia de un fenómeno que G. Bruhat, en su libro *Mécanique* (París, 1955), definía como *efecto giroscópico*, de *apariencia paradójica*. Esta consideración inverosímil en relación con el comportamiento de los cuerpos dotados de momento angular, es una constante en los tratados clásicos de mecánica. Si analizamos brevemente el concepto de rotación en la evolución de la teoría de la mecánica clásica, advertimos siempre cierta extrañeza al tratar esta cuestión. Por ejemplo, en el *Traité de Mécanique Rationnelle* de Paul Appell (París, 1909), al referirse a los cuerpos en rotación insiste también en muchas ocasiones en su comportamiento paradójico.

Según el Diccionario de la Real Academia Española, paradoja es “Especie extraña u opuesta a la común opinión y al sentir de los hombres”. Y en segunda acepción, “Aserción inverosímil o absurda, que se presenta con apariencia de verdadera”.

Evidentemente, una paradoja en un experimento científico observado y confirmado, nos indicará que el sentir de los hombres está equivocado y no podremos aceptar para este supuesto que la aserción sea inverosímil.

No obstante, hoy día los libros de texto y los tratados de mecánica, han renunciado ya al tratamiento de paradójico, evitando este adjetivo para referirse a los cuerpos en rotación. Para Feynman el giróscopo es *una cosa maravillosa*, pero no es un milagro: así lo expresa en su texto de física (Feynman, Leighton y Sands, Editorial Addison- Wesley Iberoamericana, Instituto Técnico de California, 1963, pp. 11-20): “Estos son los detalles más complicados, pero los traemos a colación porque no queremos que el lector se forme la idea de que el giróscopo es un milagro absoluto.”

Para A. P. French, en su libro *Mecánica Newtoniana* (p. 717), “Todo el mundo está intrigado por los dispositivos giroscópicos y probablemente piensan que su comportamiento atenta contra las reglas usuales de la mecánica, aunque, intelectualmente, se sabe que esto no puede ser. No puede negarse, sin embargo, que los movimientos giroscópicos se ven frecuentemente como sorprendentes y raros y esto, por supuesto, es el motivo principal de su fascinación”.

3.6.- DETERMINISMO

El estudio que se pretende realizar se sitúa en el marco conceptual del pensamiento científico, del determinismo mecánico y del concepto de los estados mecánicos definidos teóricamente ya que, conforme a estas premisas, es posible predecir a nivel teórico el estado de un sistema a partir del conocimiento de otro estado anterior del mismo: “Se creía que, si eran conocidas con precisión las condiciones iniciales, se podía predecir con toda exactitud el comportamiento futuro ...” (texto de **Miguel Catalán** que transcribe Gonzalo Menéndez -Pidal en *Papeles Perdidos*, Publicaciones de la Residencia de Estudiantes, Madrid, 2.004).

Estas *condiciones iniciales* a las que aludía **Miguel Catalán** son, para V. I. Arnold (*Mathematical Methods of Classical Mechanics*, 2ª Edición, Springer, New York, 1989. P.2,) la esencia de un principio fundamental de la Mecánica, como es el *Principio de Determinación de Newton*, por el cual el estado inicial condiciona el comportamiento posterior de un cuerpo en movimiento.

Para el profesor Alfredo Tiemblo “El determinismo científico adquirió una importancia extraordinaria durante el siglo XIX, hasta suscitar la idea, un tanto pueril, de que ya estaba todo descubierto. Su origen hay que buscarlo, sin duda, en la Mecánica Racional (curioso el apellido) pero trascendió a otros campos, llegando finalmente hasta invadir el de las concepciones sociales y políticas.” (A. Tiemblo, *El hacha de sílex*. Revista de la asociación española de científicos, nº 2 año 2000).

El científico que representa el determinismo formal es Laplace: “Todos los efectos de la naturaleza son tan solo las consecuencias matemáticas de ciertas leyes inmutables.” En la introducción a su obra *Teoría analítica de probabilidades* expresa la declaración paradigmática del determinismo científico:

“Une intelligence qui, pour un instant donné, connaîtrait toutes les forces dont la nature est animée et la situation respective des êtres qui la composent, si d'ailleurs elle était assez vaste pour soumettre ces données à l'Analyse, embrasserait dans la même formule les mouvements des plus grand corps de l'univers et ceux du plus léger atome: rien ne serait incertain pour elle, et l'avenir, comme le passé, serait présent à ses yeux.”

Pierre Simon de Laplace
Introduction à la Théorie Analytique des Probabilités

De modo general, en las ecuaciones de la mecánica se formula la dependencia de ciertas características de los cuerpos con respecto a otras propiedades físicas, expresando relaciones causales al afirmar una dependencia temporal de una magnitud con respecto a otras: ...”el determinismo científico es consecuencia del intento de sustituir la vaga idea de conocimiento anticipado del futuro por la idea más precisa de predictibilidad de acuerdo con los procedimientos científicos racionales de predicción. Es decir, el determinismo afirma que el futuro puede deducirse racionalmente a partir de las condiciones iniciales pasadas o presentes en unión de teorías universales verdaderas” (Karl Popper: *El universo abierto*, 1986, p. 55).

Ciertas ecuaciones del movimiento de la mecánica clásica relacionan la función fuerza con otras variables. La posición y la cantidad de movimiento de una masa puntual en un instante determinado constituyen su estado mecánico en ese instante y las variables que definen el estado mecánico son llamadas *variables de estado*. De este modo, se puede concretar más esa característica determinista de la mecánica clásica en el sentido de que dada la función fuerza para un sistema físico, el estado mecánico del sistema en cualquier momento queda completa y unívocamente determinado por el estado mecánico en algún momento inicial arbitrario.

De un modo mucho más general, puede decirse que un conjunto de leyes L constituye un conjunto determinista de leyes para un sistema S relativo a ciertas variables K si, dado el estado de S en algún momento inicial, las leyes L determinan lógicamente un estado único de S para cualquier otro momento.

La noción de *estado* de un *sistema físico* es importante en el pensamiento científico, hasta tal punto que, si bien la mecánica es una teoría determinista, lo es exclusivamente con respecto a las propiedades mecánicas de los sistemas físicos, en particular con respecto a los estados mecánicos de los sistemas. Por ejemplo, aunque se conozca la función fuerza y el estado de un sistema en algún momento inicial determinado, la mecánica no nos permite predecir variaciones en otras propiedades del sistema, como tampoco ese determinismo mecánico excluye la posibilidad de que las alteraciones en el estado mecánico de un sistema puedan ser consecuencia de cambios en las propiedades de otro sistema no mecánico (p. ej., cambios químicos). Por todo ello, el determinismo de la mecánica clásica se limita estrictamente a un determinismo con respecto a estados mecánicos.

El estado mecánico de un sistema queda especificado mediante sus variables de estado. Si nos referimos a una masa puntual en un marco de referencia cartesiano, su estado mecánico estará definido por seis coordenadas de estado: una para cada una de las tres componentes de la posición y otras tantas para las componentes de la velocidad. Por tanto, para un sistema físico que contiene un número finito de masas será preciso un número finito de valores de las variables de estado. En el caso de un sistema, habrá que añadir las variables que definan su posición relativa de orientación, con las cuales se podrá identificar la rotación del mismo.

El determinismo científico “No vive, en cambio, en la actualidad sus mejores momentos, y es casi un elemento coloquial el afirmar que la Física Moderna ha desterrado el determinismo. No obstante...” es necesario ...”matizar esta afirmación, pues bien entendida suscita muy sabrosas reflexiones. Dos grandes concepciones están en la base de esta nueva visión del mundo, la Relatividad y la Mecánica Cuántica.” (A. Tiemblo, *El hacha de sílex*. Revista de la asociación española de científicos, nº 2 año 2000).

Como ya indicamos al principio de este capítulo, la dinámica no es siempre una ciencia determinista, por lo que no siempre puede predecir cuál será el estado dinámico de un cuerpo en un tiempo dado, al ser suscitado por determinadas excitaciones. Esta indeterminación ha permitido hacer referencia a movimientos *caóticos*, no predecibles.

Pero en el ámbito matemático el concepto del *caos* no es equivalente a desorden, sino que más exactamente se relaciona con el carácter de impredecible. No obstante, es necesario reiterar que la identificación de un fenómeno como caótico puede responder a criterios arbitrarios, resultado de nuestro desconocimiento. En dinámica, un movimiento confuso y aparentemente desordenado puede ser analizado conforme a la metodología de análisis fractal, pero también podría ocurrir que su apariencia fuese caótica, simplemente debido a que desconocemos las verdaderas leyes de su comportamiento.

Este podría ser el caso de muchos movimientos de la dinámica rotacional, que han sido calificados coloquialmente como caóticos, cuando más cierto pudiera ser que realmente desconocemos sus verdaderas leyes de comportamiento. Posiblemente ese *aparente movimiento caótico rotacional* dejaría de ser indeterminable y a nuestro parecer desordenado, con nuevas leyes dinámicas, nuevas leyes articuladas con instrumentos matemáticos idóneos, que permitiesen hacer deterministas y acertadas también esas predicciones matemáticas. Sería nuestro deseo proponer nuevos modelos matemáticos para la dinámica rotacional, por los que resulten predecibles los comportamientos de los cuerpos con momento angular, que todavía hoy se interpretan como movimientos caóticos.

EPILOGO

...

El desarrollo de modelos alternativos de dinámica rotacional, su contrastación experimental y la determinación de límites y condiciones de actuación, posiblemente abrirían nuevos horizontes a la física y a nuevos desarrollos científicos y tecnológicos insospechados.

Para terminar, recordaremos un párrafo de la introducción de la tesis doctoral de **Miguel Catalán** redactada en 1917: “Cualquier estudio, por pequeño que sea, aunque a primera vista parezca de interés mediocre, creemos debe ser publicado para que otro investigador, de más inteligencia o de más suerte, [lo pueda utilizar].. Por eso yo, que he laborado con gran constancia durante algún tiempo, presento aquí el modesto fruto de mi trabajo, en la seguridad de que él, en sí, no significa nada...”

En Altea a 23 de agosto del Año Internacional de la Física 2005

Gabriel Barceló Rico-Avello