

La figura esferoidal de la Tierra, achatada en los polos é hinchada en el ecuador, es el testimonio permanente de su movimiento de rotacion que determina la fuerza centrífuga.

La fuerza centrífuga se pone de manifiesto en las lecciones físicas con el auxilio del aparato representado en esta (fig. 45.) Varios círculos de acero giran rápidamente alrededor de un eje, tomando la forma de elipses achatadas en los extremos del eje, y el achatamiento es tanto mayor cuanto mayor es la celeridad de la rotacion. La Tierra, pero sobre todo Júpiter y Saturno, presentan este achatamiento debido á su movimiento rotatorio.

La observacion directa de diversos fenómenos ha confirmado la teoría del movimiento de la Tierra, con pruebas materiales é irrecusables.

Si el globo gira, desarrolla como acabamos de decir, cierta fuerza centrífuga; esta fuerza, que será nula en los polos, tendrá su máximun en el ecuador, y será tanto mayor cuanto mayor sea la distancia á que el objeto al cual se aplica se encuentre del eje de rotacion. Sucederá en grande lo que sucede en pequeño en una honda ó en una rueda libre de rápidos movimientos. Ahora bien, supongamos que se fija un hilo á plomo en lo alto de una torre, y que el peso que le mantiene en tension descende hasta la superficie del suelo. La direccion de ese hilo á plomo hácia el centro de la Tierra, es decir, siguiendo la perpendicular al nivel del agua, se verá un poco modificada por efecto de la fuerza centrífuga resultante de la rotacion del globo medida al pie de la torre. Si se fija igualmente en lo alto de la torre á corta distancia al Este del primero, un segundo hilo á plomo, muy corto, cuyo peso esté situado un poco debajo del punto donde se haya fijado el hilo, este segundo hilo no llevará enteramente la direccion del primero,

porque la fuerza centrífuga debida al movimiento de la Tierra, siendo mayor en lo alto que al pie de la torre, hará desviar el hilo un poco mas al Este. Si se dejase caer una piedra desde A á B (fig. 46), caería realmente en B si la

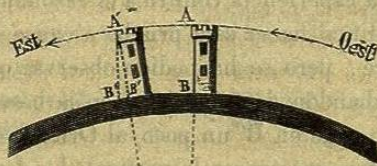


Fig. 46.—Desviacion en la caída de los cuerpos.

Tierra estuviese inmóvil; pero en lo alto de la torre la piedra está animada de una celeridad del Oeste al Este mayor que al pie de la misma torre; esta celeridad se combina con la de la caída, y en vez de seguir las paredes de la torre, si sale de A' caerá en B''.

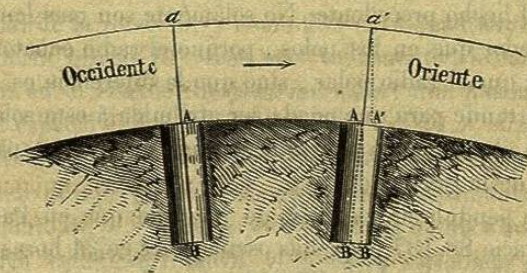


Fig. 47.—Desviacion en la caída de los cuerpos.

Un punto situado á cierta altura en el aire (fig. 47) caería al pie de la vertical en A n' si la Tierra estuviese inmóvil. Pero durante la caída el movimiento de rotacion



la obliga á describir un arco aa' mayor que el arco AA descrito por el pie de la vertical. Abandonado á sí mismo conserva su celeridad de impulso primitivo y cae en A', al Oriente del punto inferior. Tal es la desviacion que indica la teoría, y que siendo nula en los polos, va creciendo hasta el ecuador. La esperiencia confirma el razonamiento; en la atmósfera es difícil hacer esta prueba á causa de las agitaciones del aire, pero se ha podido observar que una bola metálica A, abandonada á sí misma en la boca de un pozo muy profundo, cae en B' un poco al Oriente del pie B de un hilo á plomo que marca la vertical. La desviacion depende de la profundidad del pozo, y es en el ecuador de 0<sup>m</sup>,0 33 para un pozo de 100 metros de profundidad. En el pozo de mina de Freiberg (Sajonia) M. Reich ha observado una desviacion oriental de 0<sup>m</sup>,0 28, en una profundidad de 158<sup>m</sup>,5; la teoría indicaba 26<sup>mm</sup>,6. Es evidente que esto es una prueba esperimental del movimiento de rotacion de la Tierra.

Las oscilaciones del péndulo de segundos apoyan tambien el hecho precedente. No solamente son mas lentas en el ecuador que en los polos, porque el radio ecuatorial es mayor que el radio polar, sino que la diferencia es demasiado grande para que pueda ser atribuida á esta sola causa. En el ecuador la fuerza centrífuga atenúa en parte el efecto de la gravedad.

Un péndulo de un metro de longitud que en París dá en el vacío 86,137 pequeñas oscilaciones en 24 horas, trasladado á los polos daría 86,242, y en el ecuador no daría en el mismo tiempo mas que 86,017 oscilaciones.

La longitud del péndulo de segundos para la escitacion de París es de 994 milímetros. Véanse ahora las longitudes del mismo péndulo segun las observaciones y el cálculo, en los polos, en el ecuador y en una latitud media de

45 grados. Añadimos á ellas los números que miden la intensidad de la gravedad en esos diversos lugares, es decir, el número de metros que indica la celeridad que adquieren despues del primer segundo de caída los cuerpos graves que caen en el vacío.

	Longitud del péndulo de segundos.	Intensidad de la gravedad.
En el ecuador. . . . .	994mm 03	9m 78.103
En la latitud de 45°. . . . .	993 52	9 80.606
En los polos. . . . .	996 19	9 83.109

Las variaciones de la gravedad en el globo terrestre dependen, así de la forma de este globo que no es esférico enteramente, sino elipsoideo, como de la fuerza centrífuga engendrada por la celeridad de la rotacion. La gravedad disminuye, pues, de los polos al ecuador, mas que disminuiría si no fuese por la rotacion.

Aquí debemos hacer una observacion curiosa, y es que en el ecuador esta fuerza es  $\frac{1}{289}$  de la gravedad. Ahora bien, como esta crece proporcionalmente al cuadrado de la celeridad de la rotacion, y como 289 es el cuadrado de 17, si la Tierra girase 17 veces mas velozmente, los cuerpos situados en el ecuador no *pesarian* nada: una piedra lanzada al espacio no volvería á caer.

Otro hecho no menos positivo que los precedentes y mas fácil de apreciar en sus consecuencias en favor del movimiento de la Tierra, es el que vamos ahora á citar. Si la Tierra estuviese inmóvil y la esfera estrellada girase alrededor de ella en 24 horas, los astros no pasarían nunca por el meridiano, ni saldrian ni se pondrian jamás en el instante en que lo indica la línea de su longitud en el cielo. Los rayos luminosos que nos envían, empleando tiempos desiguales para llegar hasta nosotros segun sus distancias recíprocas, introducirían una confusion grande en las horas



de su paso aparente. Tal astro que en realidad pasa en este momento por el meridiano, está situado á tal distancia que su luz tarda seis horas en llegar hasta nosotros, es decir, que llega en el momento en que el astro se pone. Otro emplearía doce horas en dejarse ver, otros tardarían meses y aun años; y esta es una nueva prueba material de que no son las esferas celestes las que se mueven, sino la Tierra misma.

Los movimientos propios anuales de las estrellas en el cielo, de los cuales hemos hablado en la esposicion del método que se emplea para determinar las distancias, suministran tambien una prueba positiva del movimiento de la Tierra alrededor del Sol; y lo mismo sucede respecto del fenómeno de la aberracion de la luz.

La física del globo ha dado tambien su contingente de pruebas á la teoría del movimiento de la Tierra, y puede decirse que todas las ramas de la ciencia que se refieren de cerca ó de lejos á la cosmografía, se han unido para confirmar unánimemente esta teoría. La forma misma del esferoide terrestre demuestra que este planeta fue un tiempo una masa fluida animada de cierta celeridad de rotacion; conclusion á la cual han llegado los geólogos en sus investigaciones personales.

Otros hechos, como las corrientes de la atmósfera y del Oceano, las corrientes polares y los vientos alisios encuentran igualmente su causa en la rotacion del globo; pero estos hechos tienen un valor menor que los precedentes, porque podrian concordar con la hipótesis del movimiento del Sol.

Terminaremos recordando el brillante experimento de M. Foucault en el Panteon. A no ser que neguemos la evidencia, este experimento demuestra invenciblemente el movimiento de la Tierra. Consiste, como es sabido, en

fijar un hilo de acero por su extremo superior en una lámina de metal sólidamente empotrada en una bóveda. Este hilo en su extremo inferior está mantenido en tension por una bola de cobre de bastante peso. En la parte inferior de esta bola hay una punta, y sobre el suelo se esparce arena fina para que reciba la señal de esta punta cuando el péndulo se ponga en movimiento. Ahora bien, puesto el péndulo en movimiento, ocurre que las oscilaciones no caen siempre en la misma línea, antes bien se suceden varias líneas, cruzadas en el centro, y manifiestan una desviacion del plano de las oscilaciones de Oriente á Occidente. En realidad el plano de las oscilaciones permanece fijo, pero la Tierra á nuestros pies gira de Occidente á Oriente. La esplicacion está basada en el hecho de que la torsion del hilo no impide que el plano de las oscilaciones permanezca invariable.

Si se suspende una bola pesada, del extremo de un hilo, y despues de haberla separado de la vertical se la abandona á la accion de la gravedad, esta fuerza le comunicará una serie de oscilaciones que todas se verificarán en un mismo plano vertical pasando por el punto de suspension.

Se demuestra en mecánica, y un experimento muy sencillo confirma el hecho, que si durante las oscilaciones del péndulo se hace girar el plano á que está unido el punto de suspension, el plano vertical en que se verifican las oscilaciones, *permanece invariable*.

Un aparato muy sencillo permite la comprobacion de este hecho. Se hace primero oscilar el péndulo en la direccion CD (fig. 48), perpendicular á la línea AB; y despues, mientras que oscila, se hace girar lentamente el aparato sobre sí mismo hasta darle la posicion marcada en la figura 49. La direccion C' D' del plano de oscilaciones, perma-



nece la misma que CD, como se puede comprobar con el auxilio de puntos fijos tomados fuera del aparato.

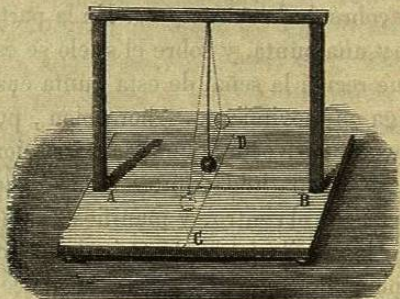


Fig. 48. — Desviación aparente del péndulo.

Pero sobre el plano AB, el de oscilación *parecerá* que se ha desviado en sentido contrario á la rotación impresa al

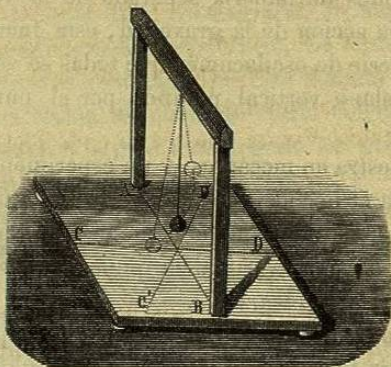


Fig. 49. — Desviación aparente del péndulo.

soporte, y si no se supiera que se había hecho este movimiento, es claro que la desviación parecería real y efectiva.

Tal es el principio del experimento imaginado por M. Foucault, y realizado por este malogrado hombre científico bajo la cúpula del Panteon en 1849.

Si imaginásemos un péndulo de grande altura suspendido de uno de los polos de la Tierra, una vez puesto en movimiento y permaneciendo invariable el plano de sus oscilaciones á pesar de la tensión del hilo, la Tierra pasaría debajo de él, y el plano de oscilación del péndulo parecería girar en 24 horas alrededor de la vertical, y por consiguiente en sentido contrario al verdadero movimiento de rotación de la Tierra.

Si el péndulo estuviese suspendido en un punto del ecuador, no habría desviación. Pero respecto del horizonte de un lugar situado en una latitud cualquiera, la invariabilidad del plano de oscilación se manifiesta por una desviación en sentido contrario al del movimiento de la Tierra.

Así, pues, la Tierra gira alrededor del Sol como todos los astros del sistema. El reposo absoluto no existe en el universo; todo está en movimiento, y en esta ley universal del movimiento, es precisamente donde reside la condición de la estabilidad del mundo.

Pero aquí se presenta una cuestión: la Tierra gira, es un hecho admitido, ¿pero podría detenerse? ¿qué sucedería si por una causa cualquiera cesara súbitamente ó poco á poco de girar en su movimiento rápido? Véamoslo, porque el asunto es curioso y vale la pena de dilucidarlo.

No queremos, sin embargo, al responder á estas preguntas curiosas, darles mas importancia de la que tienen en realidad. Podemos sin temor declarar imposible que nuestro globo cese súbitamente de girar, y podemos declararlo con toda la autoridad que tienen los principios de la mecánica celeste. De la parte de nuestro mundo no tenemos que esperar, ó mejor dicho, que temer, semejante capricho, que



verdaderamente seria temible, porque las consecuencias inevitables que resultarían de la simple detención del movimiento de la Tierra, serían las que vamos á enumerar.

Recordemos ante todo que la celeridad de un cuerpo situado en la superficie de la Tierra, se compone de dos partes: del movimiento de rotación diurno del globo alrededor de su eje, y de su movimiento de traslación alrededor del Sol. En virtud del primero los cuerpos situados en el ecuador terrestre recorren 375 leguas por hora, 6 leguas por minuto y un décimo de legua por *segundo*. Esta celeridad disminuye desde el ecuador, donde es la máxima, hasta los polos, donde es nula, pues que los cuerpos tienen naturalmente tanto menos camino que recorrer, cuanto más pequeño es su círculo de latitud. Por consecuencia del segundo movimiento de la Tierra, ó sea de su revolución en el espacio alrededor del Sol, todos sus puntos indistintamente recorren 456 leguas por minuto, ó sean 7 leguas y 6 décimas por *segundo*. Nos formaremos una idea de esta celeridad si reflexionamos que un tren espreso lanzado á todo vapor no anda más que 16 metros por segundo, y que una bala de cañon, de á 24, ni aun á su salida del cañon tiene más celeridad de 390 metros por segundo.

Todos los puntos que pertenecen á un sistema material en movimiento, están animados del mismo movimiento que el sistema; por consiguiente, si ese sistema se detiene bruscamente y queda en reposo, los puntos que pueden cambiar de lugar en su superficie continuarán, en vista de la celeridad adquirida, moviéndose en la dirección primitiva. En virtud de este principio, cuando el caballo cae repentinamente al tirar de una rápida calesa, el viajero se encuentra lanzado por cima de la cabeza de su Pegaso; y en virtud del mismo principio es preciso también tomar ciertas precauciones al bajar de un ómnibus en marcha, á

fin de que puestos los pies súbitamente en el suelo inmóvil mientras el cuerpo sigue todavía animado de la celeridad que ha adquirido, no vaya el viajero á dar de bruces contra el carril que deja el vehículo.

La Tierra es, como hemos dicho, un carruaje más rápido que los ómnibus, que las carretelas y los coches del tren. Si se detuviera súbitamente no hay que decir que todas las precauciones serían supérfluas para evitar una muerte instantánea. Todos los objetos que no están implantados y fijos en el suelo, y que no se encuentran adheridos á la superficie más que por la ley de la gravedad, serían inmediatamente y de un solo golpe lanzados al espacio con una celeridad inicial de ocho leguas por segundo, que es la rapidez de que actualmente estamos dotados. Los pacíficos paseantes, los trabajadores y las personas que descansarían, los animales domésticos y los que viven en los bosques, las aves del cielo, nuestros carruajes y nuestras máquinas, todo eso se lanzaría de un salto en la dirección del movimiento de la Tierra. En cuanto al Oceano que cubre las dos terceras partes del globo, su masa líquida lanzándose por cima de las playas, sumergiría en un instante las islas y los continentes en su carrera impetuosa, coronando así el edificio de la muerte. En breve cubriría las más altas montañas y haría experimentar á nuestro globo una transformación de superficie, con la cual no podría compararse ninguna de las revoluciones antiguas que le han atormentado.

Los teóricos que se han entretenido en buscar una causa natural al diluvio bíblico, no han dejado de adelantar esta suposición fecunda, diciendo que el choque de un cometa podría producir fácilmente esta detención y sus desagradables consecuencias. Hoy sabemos que un cometa podría pasar sobre la Tierra sin que lo advirtiésemos siquiera.



Otro hecho muy curioso que seguiria al aniquilamiento de la celeridad de la Tierra, es el siguiente: No estando ya la fuerza centrípeta que impulsa á los planetas hácia el Sol contrabalaceada por la fuerza centrífuga, la Tierra caería en línea recta en el Sol. Si entonces hubiera todavía sobre el globo mas seres vivos que los peces, verian al Sol acrecentarse considerablemente á medida que la Tierra se acercase. Nuestro planeta llegaría al Sol 64 dias despues de la catástrofe y desaparecería en su superficie, como desaparece un aerolito que cae sobre la tierra.

Se supone que no siendo nuestro globo una escepcion de la regla general, la misma suerte estaria reservada á los demás planetas que se hallaran en igual caso. Así, pues, si la celeridad de Mercurio, de Venus, de Júpiter ó de Saturno quedase anulada, estos planetas caerian inmediatamente en el Sol, el primero en 15 dias, el segundo en 40, el tercero en 767 y el último en 1,900. Pero hay otra consecuencia mucho mas curiosa que resultaria inmediatamente de la detencion súbita de la Tierra en su carrera.

Está averiguado y admitido por todos, que el movimiento no puede aniquilarse, como tampoco ningun átomo de materia. Puede comunicarse, dividirse, perderse en cierta suma de fuerzas parciales, pero de ningun modo anonadarse. Puede, y este es el punto aquí mas importante, transformarse en calor y se transforma efectivamente, siempre que parece perderse como fuerza motriz. Así, cuando damos repetidas veces sobre un clavo que ya ha entrado cuanto podia entrar, y que por consiguiente permanece inmóvil, el movimiento del martillo que ya no se comunica al clavo, se transforma en calor, como fácilmente se puede observar por medio del tacto. Sin multiplicar los ejemplos, todos saben por esperiencia esta transformacion mecánica del movimiento en calor.

Ahora bien, si por una causa cualquiera se suspendiese instantáneamente el movimiento múltiple que anima á nuestro globo, este movimiento experimentaria la transformacion de que acabamos de hablar. La Tierra se calentaria de repente; ¿y se quiere saber hasta qué grado? La cantidad de calor engendrada por la detencion del globo terrestre equivalente á un choque colosal, bastaria, no solamente para fundir la Tierra entera, sino tambien para reducir la mayor parte de ella á vapor.

Esta consecuencia domina á todas las precedentes y las absorbe. La Tierra no sería ya un planeta; su masa, su volumen y su densidad, cambiados de todo en todo, no permitirian ya las aplicaciones que señalamos hace poco sobre el movimiento desordenado de los cuerpos en su superficie, ni podrian verterse los mares, ni caer la Tierra en el Sol; todos esos elementos, resultados de las leyes de la mecánica, serian modificados segun el modo mas ó menos rápido con que se efectuase la detencion del movimiento de la Tierra.

Si esta detencion no fuese sino progresiva, y tardara en realizarse algunos instantes, en vez de ser momentánea, la Tierra se calentaria aun lo bastante para que todos los seres vivientes que existen en su superficie murieran de repente.

Terminaremos estas reflexiones como las hemos comenzado, diciendo que la cuestion es mas curiosa que importante, y que sin duda podemos dormir tranquilos desechando todos los temores imaginarios que pudiera haber suscitado momentáneamente en nuestro animo.

Por lo demás, nuestro globo no tiene grande importancia en el universo, y su desaparicion sería poco notada. No es mas que una insignificante bola de jabon, como decia Beranger celebrando la noche de su ascension aerostática: