

Así pues, trasportar á la Luna, á Marte, al Sol, los hombres y las cosas de aquí abajo, es equivocarse sobre el principio de la generacion de los séres. Al que viese á Vénus en sueño, se le descubria un nuevo Mundo, mucho mas nuevo que lo fueron las islas Australes para Marco Polo. Los espíritus superficiales son los que se entretienen en poblar los astros de colonias terrestres. Mas vale para nosotros estudiar la naturaleza en la realidad de su accion omnipotente, y de esa manera aprender á conocerla cada vez mas que no perdernos en conjeturas. Conviene no perder nunca de vista este conocimiento, ya lo estudiemos directamente en sí mismo, ó como vamos á hacerlo pronto, reflejado en el espíritu de los hombres.

CAPITULO XIII

DE LA PESANTEZ Y DE SUS EFECTOS

EN LOS OTROS MUNDOS Y EN PARTICULAR DE ALGUNOS RESULTADOS

CURIOSOS DE LA FUERZA CENTRIFUGA EN LOS PLANETAS

DE ROTACION RÁPIDA

1. — *Pesantez de los cuerpos en la superficie de los astros.*

No es necesario remontarse mucho en la historia de la ciencia para hallar acreditadas las ideas mas falsas sobre la naturaleza de la pesantez, habiendo sido mirada la Tierra en que estamos durante mucho tiempo como el centro absoluto del universo, como un punto fijo al cual debian referirse todos los elementos de la cosmografía.

La historia de la Pluralidad de Mundos está, bajo este punto de vista, llena de apreciaciones singulares y curiosas, que pueden servir para demostrar cuán fácilmente yerra el hombre cuando cree raciocinar rigurosamente y basar sus deducciones sobre hechos en apariencia bien sentados. Por eso se lee en Plutarco, ademas

de los temores de ciertos pueblos relativamente á la *caída de la Luna*, conjeturas bastante extravagantes sobre la *razón*, por la cual los habitantes de aquel astro no nos caen encima de la cabeza. También son debidas á una idea falsa de la pesantez las soberbias reflexiones del elocuente Lactancio, y las de San Agustín, conviniendo ambos en llamar tontos, ignorantes, ridículos y necios á los que creen que en los antípodas « los hombres pueden caminar con la cabeza abajo, los pies para arriba, que el granizo, la lluvia, y la nieve caen de abajo arriba, » etcétera. Sería largo de referir cuanto sobre esto han propalado seriamente graves personajes.

El testimonio de los sentidos y la fuerza de inercia moral tienen tal influencia sobre nosotros, que desde luego nos es muy difícil librarnos de las ideas comunes sobre lo *alto* y lo *bajo*, y de convencernos que estas dos expresiones son puramente relativas, que nada significan fuera de la aplicación que podemos hacer de ellas en la esfera de atracción de un astro, que no hay ni alto ni bajo en el universo, y que elevándonos (como se dice) á la altura de una de las estrellas fijas, no estaríamos mas altos que aquí ó que á cien millones de leguas debajo de la Tierra. Sí, esto nos es difícil, diariamente estamos oyendo también expresiones como estas: ¡ Si se cayesen las estrellas!... ¿no está escrito que caerán del cielo al fin del mundo? Decís que la Tierra está arrojada, aislada, y sin punto de apoyo en el espacio: ¿cómo es que no cae?... Todas estas palabras *alto*, *bajo*, *caer*, *bajar*, *subir*, no tienen mas que una significación estrecha y relativa y no expresan nada de absoluto.

El centro de gravedad de una esfera, el punto hácia el cual son atraídos todos los demas en virtud de la gravitación universal, este punto es aquel á que tienden los cuerpos, adonde caen, si se quiere: este es « lo bajo »; no hay otro. El centro de la Tierra es lo bajo para nosotros, Terrígenas; el centro de la Luna es lo bajo para los Selenitas; el centro de Júpiter es lo bajo para los Jovianos. En mayor escala y astronómicamente hablando, la Tierra es lo bajo para la Luna. El Sol es lo bajo para la Tierra, y aún estas relaciones no tienen ellas mismas

nada de absoluto, puesto que en definitiva dependen de fuerzas que modifican incesantemente su mutua acción.

Refiriéndonos á nuestros sentidos, nos imaginamos que los objetos situados encima de nuestras cabezas están arriba, y que si abandonasen el lugar que ocupan caerían aquí. Bien poco nos sorprendemos cuando una supuesta noticia americana nos anuncia que un habitante de Marte ha caído en el agua. — queremos decir en una capa geológica, — y en el último otoño se leyeron varios números del *Pays* con cierto interés y credulidad. Podría igualmente anunciárenos que el pié de la Osa mayor ha caído en el Océano, sin que esto nos pareciese rigorosamente imposible. Sin embargo, un habitante de Venus no puede caer sobre la Tierra, así como tampoco nosotros podemos caer sobre el planeta precursor del día, y, de seguro, sería posible que la Tierra cayese en una estrella (en el sol, por ejemplo), mientras que es imposible que una estrella caiga sobre la Tierra.

Pero no debe olvidarse que todos los seres pertenecientes á un globo están ligados á él por la ley de atracción, y que cada globo tiene su individualidad, su propiedad, su poder personal é inalienable sobre las cosas que le pertenecen. La superficie de cada Mundo es un íman para los que le habitan; todo astro tiene su esfera de atracción, en la cual están aprisionados todos los seres originarios y tributarios de este astro. Pero ahora, ¿con qué intensidad obra la pesantez en la superficie de las otras esferas? ¿cuál es el *peso de los cuerpos* sobre los planetas de nuestro sistema? veámoslo:

Ni la fuerza ni la pesantez son nada por sí mismas; dependen enteramente de la cantidad de materia contenida en el volumen del planeta en que residen. La masa del planeta es la que determina el peso de los cuerpos en su superficie. Si se considera por una parte, que una esfera material atrae como si toda su masa estuviese condensada en su centro; y, por otra, que la atracción decrece en razón del cuadrado de la distancia, que no es otra cosa aquí sino el radio del astro; se ve fácilmente que para obtener el estado de la intensidad de la pesantez en la superficie de un astro, basta dividir la masa por

el cuadrado del radio. Para operar rigurosamente, sería preciso tener en cuenta el aplanamiento polar del esferoide, y la influencia contraria de la fuerza centrífuga; la primera de las causas es insignificante; la segunda nos ha parecido digna de investigaciones especiales, que nos han dado los descubrimientos expuestos en la segunda parte de este artículo.

Conociendo, por una parte, las masas de los cuerpos planetarios, y por otra sus volúmenes, se ha podido establecer la intensidad de la pesantez en su superficie. Véanse estos elementos, calculados para el Sol, para los planetas y para la Luna. La primera columna de la tabla siguiente da la intensidad de la pesantez *comparada á la de la Tierra*; la segunda da esa intensidad real, es decir, el espacio, en metros, *recorrido durante el primer segundo de caída* en la superficie de estos diferentes Mundos.

El Sol.	29,37	143 ^m ,91
Mercurio.	1,13	5 ,63
Vénus.	0,95	4 ,64
La Tierra.	1,00	4 ,90
Marte.	0,40	2 ,16
Júpiter.	2,53	12 ,49
Saturno.	1,09	5 ,34
Urano.	1,11	5 ,44
Neptuno.	1,02	5 ,00
La Luna.	0,22	1 ,08

De modo que un cuerpo que cae, recorre en el Sol 143 metros 91, durante el primer segundo de caída, 4 metros 90 en la Tierra, y solamente 1 metro 08 en la Luna. En los pequeños planetas, la intensidad es mas débil, y los cuerpos caen mas lentamente todavía.

Se concibe que estando el peso de los cuerpos enteramente ligado á esta intensidad, ó por mejor decir estando constituido por esta misma intensidad, resulta de aquí una gran diversidad en la comparacion de los diferentes Mundos. Así es que (y en esto no han pensado los via-

jeros celestes) un hombre mediano, que pese 60 kilogramos en la Tierra, se encontraría que no pesaba mas que 13 al llegar á la Luna, mientras que pesaría 1,762 al llegar á la superficie del Sol.

La diversidad necesaria causada por estas relaciones en la estructura, la forma y magnitud de los habitantes de los astros viene á confirmar bajo un nuevo aspecto las ideas que hemos expuesto en nuestro capítulo sobre el *tipo humano* en los Mundos; y opone á los inventores y á los pintores de hombres planetarios obstáculos muy difíciles de vencer. Por eso, decia un crítico, como el Sol tiene un diámetro igual á 112 veces el de la Tierra, se le suponian habitantes de una estatura 112 veces la nuestra, lo cual daba á los hombres solares una altura de 200 metros, es decir casi 3 veces las torres de Nuestra Señora de Paris; pero como la pesantez es en la superficie del Sol cerca de 29 veces mayor que en la Tierra, y un habitante de la Tierra se encuentra en aquel vasto globo como si llevase sobre sus hombros el peso de 29 de sus semejantes, y que por consiguiente, no podría sostenerse de pié, fué necesario reducir á los indígenas solares, y de gigantes que se les habia creído, hacerlos pigmeos. En vez de titanes construyendo cúpulas de la altura del Monte Blanco, eran hombres de la talla de nuestras ratas, arrastrándose trabajosamente hácia edificios pequeños laboriosamente contruidos; en una palabra, era todo lo contrario de la primera idea.

Si el peso de los cuerpos varia de ese modo de un astro á otro, segun la diversidad de acción de la pesantez, es preciso deducir de aquí inevitablemente que el sistema muscular del animal varia en potencia, y en las mismas proporciones. Observemos por ejemplo, lo que sucedería si la masa de la Tierra llegase á ser de repente doble, triple, décupla, ó dos veces, tres veces, diez veces mas débil; ó si el globo adquiriese un volumen menor ó mayor; que el peso de los animales fuese en el primer caso doblado, triplicado, decuplicado: las fuerzas locomotoras, no recibiendo por esto un grado de aumento proporcional, llegarían á ser relativamente inferiores ó incapaces de sostener la vida activa del animal. Lo

contrario sucedería en el segundo caso. Es menester pues admitir, como lo han sentado ya el doctor Plisson y el doctor Lardner, que, para que la locomoción pueda efectuarse libremente, es indispensable que el desarrollo de las fuerzas del animal esté en relación con el peso de su cuerpo, variable según la cantidad de materia y el volúmen del planeta á que permanece fijado.

La conclusión de las observaciones precedentes es que cada tierra tiene su sistema de pesantez especial, que el peso de los cuerpos difiere esencialmente de un astro á otro, y que la estructura y la fuerza muscular de los seres vivientes varían en proporción á los elementos propios de cada una de las esferas habitadas.

II. — La fuerza centrífuga y el peso de los cuerpos en los Mundos de rotación rápida.

De antemano pedimos á nuestros lectores nos perdonen algunas fórmulas y algunos cálculos que estamos obligados á presentar aquí directamente, á pesar del deseo que tenemos de no ofrecer, según nuestra costumbre, mas que los resultados de nuestro trabajo. Las páginas de la mecánica racional no pueden ser siempre literarias, y esta, en particular, necesita absolutamente el uso de las formas matemáticas. Pero, en cambio, nos prometemos ser breves y legibles para el mayor número posible, y tal vez los resultados á que llegaremos serán bastante curiosos para hacer olvidar el esfuerzo intelectual que hayan exigido estas investigaciones.

El peso de los cuerpos no depende exclusivamente, como hemos hecho notar, de la atracción de la masa terrestre, y los números establecidos precedentemente sobre la intensidad de la pesantez calculada por la masa y el radio de los planetas, no son la expresión rigurosa de esta intensidad. Es necesario suministrar al cálculo un elemento de que no hemos hablado aún.

Se sabe que la Tierra, girando sobre sí misma en veinticuatro horas hace describir alrededor de la línea de los polos á su ecuador, una circunferencia de 9,000 leguas por día; en otros términos 1,671 kilómetros por hora, 464 metros por segundo. Como todo movimiento de rotación engendra cierta *fuerza centrífuga*, de lo que se ve todos los días una prueba en la piedra lanzada por la honda, resulta de aquí que en las regiones ecuatoriales de la Tierra esta fuerza centrífuga adquiere una intensidad sensible.

Decimos en las regiones ecuatoriales; y en efecto hasta la atención mas ligera, para comprender al primer golpe de vista, que en una esfera que gira sobre sí misma, los puntos de la superficie en que el movimiento es mas rápido son los que se encuentran mas lejanos de la línea de los polos, alrededor de la cual se efectúa el movimiento. En los dos polos, sitios en donde se termina el eje de rotación, el movimiento es insignificante; pero los puntos mas lejanos del eje polar son evidentemente los del ecuador; cuanto mas se aleja uno de los polos para elevarse hácia el gran círculo del ecuador, mas rápido se hace el movimiento puesto que en el mismo espacio de tiempo debe haberse recorrido mayor camino por la superficie. En el mismo ecuador, el mayor de todos los círculos perpendiculares al eje de rotación, el movimiento adquiere su máximo. Así es que, en Reikiawitz, en Islandia, latitud polar, la celeridad de rotación no es mas que de 202 metros por segundo; en Paris, es de 305 metros; en Quito, ecuador, es de 464.

El hecho siguiente indica un efecto de la fuerza centrífuga. Supongamos una torre de 200 metros de altura: en la cima de esta torre, la fuerza centrífuga en el ecuador debida á la rotación de la Tierra será mayor que en su pié. Si se fija en esta cima una plomada cuyo peso descienda hasta la superficie del suelo, la dirección de esta plomada dependerá de la dirección de la pesantez combinada con la fuerza centrífuga medida *al pié* de la torre. Si en seguida se fija á una pequeña distancia al Este de la primera, una segunda plomada cuyo peso

estuviera poco mas abajo del punto de atadura, la direccion de esta segunda plomada dependerá de la direccion de la pesantez (que es la misma que para la primera) combinada con la fuerza centrífuga medida en la cima de la torre. La direccion de estas dos plomadas no será pues la misma, la prueba se tendrá si se quema el hilo de la segunda : continuando la pesa en su descenso la direccion que tenia cuando se hallaba tirante, caerá á 22 milímetros al Este de la perpendicular de su punto de atadura. Si por ejemplo, se hubiesen atado las dos plomadas á 30 milímetros una de otra, la segunda, en vez de caer á 30 milímetros de la primera, cuya pesa descendiese hasta la superficie del suelo, hubiera caído á 52 milímetros de distancia.

Se puede ver al mismo tiempo que la direccion de la plomada, la *vertical* de un lugar cualquiera, no va precisamente hácia el centro de la Tierra, porque es la resultante de la atraccion y de la fuerza centrífuga. Pues bien, la direccion de esta fuerza forma siempre un ángulo mayor ó menor con la direccion de la atraccion, puesto que esta se dirige hácia el centro de la Tierra, miéntras que la fuerza centrífuga se dirige siguiendo la prolongacion del radio del círculo que el cuerpo describe perpendicularmente al eje del mundo. Solo en el ecuador y en los polos no está modificada la direccion de la vertical por la fuerza centrífuga.

Examinemos ahora cuál es el valor de la fuerza centrífuga.

El movimiento de un cuerpo m en reposo relativo á la superficie de la Tierra es un movimiento circular y uniforme; nada hay tan simple por consiguiente como la fuerza centrífuga correspondiente á este movimiento. Si tomamos la masa del cuerpo m por unidad, si designamos por ω la celeridad angular, por segundo, de la Tierra en su movimiento de rotacion, y por r la distancia del cuerpo al eje del mundo, alrededor del cual se opera el movimiento, la fuerza centrífuga, acelerándose en razon del cuadrado de la velocidad tendrá por valor :

$$m\omega^2 r$$

Componiéndose el dia sideral de 86,164 segundos, la celeridad angular ω en la unidad de tiempo se obtendrá dividiendo la circunferencia terrestre por este número; y tendremos :

$$\omega = \frac{2\pi}{86164} = 0,000072\epsilon$$

Radio ecuatorial de la Tierra = 6376821 metros.

$$\begin{aligned} \text{Log } \omega^2 + \text{log } r &= 2,5300 \\ \text{De donde } \omega^2 r &= 0^m,0339 \end{aligned}$$

Por otra parte se sabe que la aceleracion debida á la intensidad de la pesantez, habitualmente designada en física por la letra g , es igual : á 9^m,8088.

Tenemos pues, para la relacion debida á la fuerza centrífuga á la aceleracion debida á la pesantez :

$$\frac{\omega^2 r}{g} = \frac{0,0339}{9,8088} = \frac{1}{289}$$

Un 289°. De modo que la fuerza centrífuga en el ecuador terrestre no opone al peso de los cuerpos mas que una influencia insignificante, puesto que esta influencia es casi una trecentésima de su peso. Un objeto que pese 289 kilogramos en el polo no pesa mas que 288 en el ecuador; es una leve diferencia. Notemos sin embargo que, como la fuerza centrífuga se aumenta en razon del cuadrado de la velocidad, siendo 289 el cuadrado de 17 (17 × 17 = 289), si la Tierra girase 17 veces mas aprisa, los cuerpos no pesarian nada en el ecuador : los objetos levantados del suelo no volverian á caer en él, se parecerian á esas ligeras hojas secas que una ráfaga levanta y arrebatá en el espacio.

La curiosidad nos ha conducido á investigar si no ha-

brá Mundos en donde esto suceda, ó por lo ménos en donde la influencia de la fuerza centrífuga sea tal, que se acerque á este límite. ¿ No sería verdaderamente interesante saber si en la superficie de ciertas regiones planetarias, la inadherencia pudiera existir en proporciones tales que fuese imposible tenerse en ellas de pié? Si existiera este estado en alguna parte, á pesar de la mejor voluntad del mundo, ¡no habria medio de hacer habitar semejantes regiones sino por almas! Pero volvamos á nuestros cálculos.

Júpiter y Saturno son planetas inmensos, al lado de la Tierra; además giran muy rápidamente sobre sí mismos. El primero es 1,414 veces mas grueso que el globo terrestre y no emplea mas que 9 horas 55 minutos en efectuar su movimiento de rotacion; el segundo nos supera en 734 veces y ejecuta su movimiento diurno en 10 horas 16 minutos. Habia pues razon de esperar que encontraríamos en la superficie un fenómeno interesante para la cuestion pendiente.

Como el sistema de cálculos es el mismo que en el caso anterior, nos contentaremos con reproducir los números principales, sirviéndonos de los mismos símbolos.

En Júpiter :

$$\begin{aligned} \omega &= \frac{2\pi}{35672} = 0,000,170 \\ r &= 71\ 584\ 000^m \\ \text{Log } \omega^2 + \text{log } r &= 0,3438 \\ \omega^2 r &= 2^m,217 \\ g &= 23,012 \\ \frac{\omega^2 r}{g} &= \frac{1}{11} \end{aligned}$$

En el ecuador de Júpiter, la fuerza centrífuga es casi igual, como se ve, á la undécima de la pesantez. (Hacemos abstraccion del aplanamiento.) Un cuerpo que pese 110 kilos en las regiones polares casi no pesa mas que 100 en el ecuador; y si Júpiter girase poco mas de tres

veces mas aprisa, los cuerpos bajo los trópicos *no tendrían peso* (1).

En Saturno, la influencia de la fuerza centrífuga relativamente á la intensidad de la pesantez es todavía mayor, en razon á la debilidad de esta, que apenas excede á lo que es en la superficie de la Tierra.

Así encontramos para el Mundo Saturniano :

$$\begin{aligned} \omega &= 0,000170 \\ \omega^2 r &= 1^m,639 \\ g &= 10,68 \\ \frac{\omega^2 r}{g} &= 0,1534 = \frac{1}{6,43} \end{aligned}$$

Poco ménos de un sexto. Por consiguiente, los números inscritos en la segunda columna de la tabla formulada en la primera parte de este estudio (pág. 132), que representan el espacio recorrido durante los primeros segundos de caída en la superficie de los planetas, deberán ser disminuidos en esta fraccion. En lugar de 12^m, 49 para Júpiter y de 5^m, 34 para Saturno, tenemos para el primero 11^m, 36, y para el segundo, 4^m, 51 solamente. Bastaria que Saturno tuviese un movimiento dos veces y média mas rápido, para que su fuerza de atraccion no tuviese ya influencia ninguna en el ecuador.

Al aspecto singular de este resultado, se ve uno inclinado á no detenerse en la superficie de Saturno, y á levantar los ojos mas arriba, hácia ese gigantesco apéndice de Anillos que giran por encima del ecuador á mas de 8,000 leguas de elevacion, con una rapidez poco inferior á la del planeta mismo (10^h 32^m). El diámetro exterior del Anillo interior es de 61,000 leguas, el del Anillo exterior es de 71,000. ¿Cuál es la influencia de

(1) Para el Sol, el cálculo indica que, á pesar de la magnitud del radio, la influencia de la fuerza centrífuga debida al movimiento de rotacion apenas pasa de la cienmilésima parte de la intensidad de la pesantez.

la fuerza centrífuga al borde de estas ruedas espantosas? Véanse aquí tres números que representan : el primero, la aceleración debida á la fuerza centrífuga en la superficie del planeta, expresada anteriormente; el segundo, esa misma fuerza sobre el Anillo interior; el tercero, esa fuerza sobre el Anillo exterior.

1^o, 639

3^o, 232

3^o, 779

No teniendo todavía ningun elemento positivo sobre la masa de los Anillos, no podemos aquí componer las dos fuerzas centrípeta y centrífuga; pero se ve que el peso de los cuerpos en la superficie de los apéndices debe estar esencialmente compuesto sobre la combinación de las dos fuerzas; que la influencia del movimiento de rotación está lejos de ser despreciable como lo es sobre la Tierra, y que la estructura y la forma de los séres, que habitan aquellos medios, originaria y perpetuamente sometidos á las fuerzas naturales en acción, pueden considerarse *a priori* como completamente extrañas á la forma y á la estructura de los séres que habitan nuestro globo.

CAPITULO XIV

DEL MOVIMIENTO EN EL UNIVERSO

Quando nos rodea una noche profunda y silenciosa, cuando nuestras miradas vagando de una estrella á otra dejan á nuestra alma contemplativa mecerse en el espacio, y el sueño de la naturaleza produce en derredor nuestro la calma y la paz, parece que nos cubren la inmovilidad, la inactividad y el reposo absoluto. Parece que la esfera estrellada gira con lentitud sobre el eje del mundo; este movimiento permanece insensible para la mirada; la misma Luna sueña en su cuna aérea, las estrellas fijas duermen en los cielos. Ninguna hora del día pudiera ofrecernos una calma mas grande; ninguna ciudad humana podria, en su mayor reposo, acercarse á este. Nuestro espíritu mismo, sufriendo la impresión exterior, se siente impregnado de paz y de silencio.

Sin embargo, mientras soñamos en el seno de esta calma profunda, y de este apacible universo, hay en el espacio cierto globo de 3,000 leguas de diámetro, aislado por todas partes, y suspendido solitario en el seno de un vacío infinito. Este globo no está inmóvil, sino