RECREACIO

FILOSOFICA

4

RECREACION FILOSOFICA.

Schneider y Langrand, calle de Erfurth, 1.

RECREACION FILOSOFICA

Ó DIALOGO SOBRE

LA FILOSOFIA NATURAL,

PARA INSTRUCCION DE PERSONAS CURIOSAS

QUE NO HAN FRECUENTADO LAS AULAS;

OBRA ESCRITA EN PORTUGUES

POR EL P. D. TEODORO DE ALMEIDA,

De la Congr. del Oratorio de S. Felipe Neri,
y de la Academia de las Ciencias de Lisboa, socio de la real
Sociedad de Londres y de la de Viscaya.

traducida al castellano.

NUEVA EDICION,

CONSIDERABLEMENTE REFUNDIDA, AUMENTADA Y PUESTA AL NIVEL
DE LOS CONOCIMIENTOS ACTUALES,

POR D. PEDRO MATA,

Médico cirujano de la ciudad de Barcelona,
miembro titular y corresponsal del círculo médico de Montpelier,
miembro corresponsal de la sociedad médico-
cirúrgica de la misma ciudad, etc.

TOMO IV.

PARIS,
LIBRERIA DE ROSA.

1841.

ASTRONOMIA.

RECREACION FILOSOFICA.

TARDE DÉCIMATERCIA.

DE LOS CIELOS Y DE LOS ASTROS EN COMUN.

§ I.

Del color y figura del cielo.

SILV. — Amigo Eugenio, aquí me teneis despues de bien pocos dias de detencion. El deseo de volver á veros, y de la amena conversacion con que nos divertimos, hizo que me desocupase mas presto.

EUG. — Igualmente obligado os estoy por el gusto que vuestra compañía me causa, que por el provecho que me resulta de ella en la continuacion de nuestra recreacion literaria.

TEOD. — No os esperaba tan presto; pero á buen

tiempo habeis llegado, porque mañana tenemos un eclipse de luna, que Eugenio y yo teniamos dispuesto observar, y sentiamos que estuvieseis ausente.

SILV. —¿Pues qué, ya le habeis vuelto astrónomo en estos pocos dias que pasaron desde que yo falto?

TEOD. — No, pues aunque las hermosas y serenas noches que nos brindaban á dar largos paseos por la playa hasta muy tarde nos daban muchas veces ocasion de hablar de los cielos y de sus astros, con todo eso, aguardándoos á vos nos hemos abstenido de tratar cosa alguna metódicamente. Lo mas que haciamos era admirar la encantadora belleza del palacio del Omnipotente visto por la parte de afuera. Muchas veces veia yo á Eugenio casi absorto cuando ya con espíritu filosófico iba pensando y reflexionando sobre cada cosa separadamente.

EUG. — A la verdad no hay cosa que así me arrebate el alma, y recree suavemente la vista como una noche alegre y serena. Cáusame una especie de encanto ver aquella dilatadísima bóveda azul, tachonada por todas partes de hermosísimos diamantes, que sin orden, pero con una gracia inimitable, estan sembrados, ya mas juntos, ya mas apartados, y que unos mas pequeños y como hundidos dejan brillar á los otros, que siendo mayores y mas vivos parece que centellean. En algunos es la luz clara y serena que quiere competir con la de la luna : en otros un temblor é inquietud continua escita mas nuestra atencion, cuanto la vista mas se empeña en observar su belleza. Cuando la luna llena ya salien-

do por el horizonte con un grandor estraño, de color encendido como de fuego, que parece un sol ardiendo, no se puede negar que es hermosísima. Levántase, y como que entonces tenemos un dia nuevo y mas apacible, que no nos precisa á huir de su calor, como nos obliga el sol. Lo que mas agrada á nuestros ojos, y mas recrea el entendimiento, es ver el reflejo de su luz en las aguas del Tajo. Parece el rio de líquida plata, que brilla y resplandece como la misma luna; y acá en la playa, donde no es tan grande el reflejo, algunas olas dan una luz dispersa, como estrellas perdidas que imitan con bastante propiedad á las que resplandecen en el cielo. Confiésoos, Silvio, que me estaba sentado á la ventana horas enteras en alta noche, unas veces mirando al mar, oyendo el ruido que las olas hacian en la mansa arena, y viendo andar, saltando por la superficie del agua, los plateados peces, que festejaban á su modo la presencia de la luna: otras veces levantaba la vista al cielo, y la detenia ya en esta, ya en la otra estrella, ocultándose una con el mar, y apareciendo á cada paso otras de nuevo por el horizonte opuesto, las cuales recompensaban el disgusto que yo á veces sentia por las que veia desaparecer. Y frecuentemente concluia diciendo acá entre mí: si la tierra, que es la casa que Dios hizo para los hombres, á veces está cubierta de hermosas flores, y aparecen los campos tan vistosos, ¿qué mucho que sea bella y admirable la casa que Dios fabricó para sí?

SILV. — Y si tan bella y magestuosa es vista por fuera, ¡qué será mirada por dentro!

TEOD.—¿Pues qué diriais si á la hermosura que pueden percibir los ojos se juntase la que solo puede alcanzar el entendimiento, si viéseis el cielo, no solo con los ojos de cualquier hombre, sino con los de un astrónomo?

EUG. — Cierto que seria mi admiracion mucho mayor; pero eso queda reservado para despues de haberos oido hablar sobre esta materia, como lo habeis ejecutado sobre otras.

TEOD. — Pues ya que para mañana tenemos observaciones, entretengámonos hoy en desterrar algunos juicios anticipados y preocupaciones erradas, que desde la niñez se introducen en nuestro entendimiento, de las cuales he advertido que teneis algunas por lo que os he oido discurrir acerca de los cielos y de los astros. Lo primero juzgais que el cielo es una hermosísima bóveda azul, y no es así. ¿Qué decís á esto, Silvio?

SILV. — Yo le llamaria globo y no bóveda, que ya está desterrada la opinion vulgar de los pueblos antiguos, que imaginaban que la tierra era llana, y que sobre ella estaba sentada una bóveda redonda, que era el cielo; y hubo monjes tan encaprichados de este error, que tomaron sus báculos, y se pusieron en camino, esperando dar fin á su peregrinacion allá donde el cielo estuviese tan bajo que tocase con la tierra, y se juntase con ella.

EUG. — Gobernábanse solamente por los ojos, y no advertian que ocultándose el sol todos los dias por el horizonte, y apareciendo por la parte opuesta la mañana siguiente, era manifiesto indicio de que daba vuelta á la tierra, y así no podia el cielo ser

una bóveda que estuviese sentada sobre la tierra, así como en los relojes de faltriquera está asegurado el vidrio sobre la muestra ó esfera. No digo yo que el cielo es bóveda en ese sentido, sino un globo azul que todos los dias se mueve alrededor del globo de la tierra.

Teod. — Pues en eso mismo está el engaño, porque el cielo ni es globo ni es azul. Parece que Silvio se admira; pero vamos discurriendo por partes. Lo primero, ya hemos visto, tratando de la física, que el color azul del cielo pertenece al aire, ora lo deba á su naturaleza, ora al vapor de agua perfectamente formado que contiene. Si se me respondiere que solo es azul el último cielo, donde imaginan que estan engastadas las estrellas fijas, quisiera que me dijesen ¿cómo puede verse ese color tan vivo á tanta distancia, cuando innumerables estrellas (las cuales en realidad son como unos soles) por estar tan distantes absolutamente no se perciben sino con grandes telescopios? Si vos, á la otra banda del rio, no pudiéseis divisar una hoguera grande por estar ya muy distante, ¿cómo podriais percibir distintamente una manta azul, de suerte que no os quedase duda de que era de ese color? Las sierras de Cintra y Arrabida muchas veces estan vestidas de verde, y con todo eso cuando se ven desde muy lejos no se percibe en ellas un color claro ni vivo, sino un color pardo y oscuro. Eugenio, sabed que este espacio de los cielos, respecto de nuestra vista, es inmenso, y no tiene con ella proporcion alguna, de suerte que si no fuera por la luz del sol y de los demas astros que siempre le estan

iluminando, para nosotros seria enteramente negro, como lo es una casa á oscuras; pero como ese espacio siempre está alumbrado de la luz de los astros, que ó giran sobre nuestra cabeza, ó andan por debajo del horizonte, y por otra parte la luz de suyo es blanca, derramándose esta luz debil sobre un plano negro sale un azul celeste, al modo que cuando los pintores mezclan tinta blanca con negra sale un color ceniciento. De aquí proviene que de noche, cuando el espacio mas cercano á nuestros ojos está con una luz mas remisa, cual es la de las estrellas, el color del cielo parece azul oscuro que tira á turquí; pero á proporcion que por la mañana se va iluminando el aire con mayor porcion de luz se va volviendo de un azul mas claro.

SILV. — ¿Pues qué dudais que hay cielo? Eso es de fe.

TEOD. — Entendámonos, Silvio: nadie duda que hay cielo: lo que yo digo es que ese espacio inmenso que se estiende hácia todas las partes que miramos es lo que llamamos cielos. Quizá me direis que el cielo es un cuerpo sólido y como de cristal, eso luego lo ventilaremos: ahora quiero concluir lo que iba diciendo. Ya veis, Eugenio, como el cielo sin ser azul puede parecer azul: el cielo de suyo es invisible, y por consiguiente no tiene color alguno, ó á tenerle habia de ser negro, al modo que si en una pared blanca hay una tronera ó ventana abierta, visto de lejos el hueco parece negro, porque no se ve nada que corresponda á él.

SILV. — Pues de eso mismo se deduce claramente que vuestro discurso es falso: conforme á él ese

espacio de la ventana habia de representarse azul, y á todos nos parece que es negro; luego nosotros deberiamos ver negro el cielo, sin embargo de la luz que baña el aire intermedio, si de suyo no tuviese color alguno.

Teod. — Argüis muy bien; pero la razon por que no nos parece azul el hueco de la ventana, y se nos representa azul el cielo, viene á ser, porque alrededor de la ventana hay cuerpos que rechazan la luz, y esta luz intensa que resalta de todas partes deja totalmente imperceptible el reflejo que en las pocas partículas del aire intermedio puede hacer la luz que se derrama por él, lo cual no sucede mirando al cielo, porque ademas de ser mucho mayor la distancia, de suerte que en el aire intermedio puede reflectir luz que sea perceptible á los ojos, este espacio invisible no está cercado de luz fuerte, antes en el medio de inmensos espacios invisibles aparecen las estrellas que siempre le estan iluminando con su luz debil y remisa.

Eug. — Ya advierto la diferencia. Como la luz que convierte el negro en azul es la luz que está derramada por el aire, y que de él resalta á los ojos, cuando es corta la distancia no puede ser perceptible la reflexion hecha en las partículas del aire; pero mirando al cielo, una gran parte de esa inmensidad de partículas de aire que los rayos de luz encuentran rechazarán los rayos hácia abajo, y nos harán visible ese espacio; y como esa luz es clara y está derramada sobre un fondo negro, bien percibo como resulta el color azul.

Teod. — Ahora añadid que si esa luz que nos

viene del aire fuese pura, como se mezcla con el fondo negro del cielo, que es invisible, hará un color azul; mas si por cualquier refraccion tomare color, de ese mismo color aparecerá teñido el cielo; pero siempre será muy remiso y caido como regularmente decimos; porque no es luz que resalte de un cuerpo continuado y opaco, sino que viene muy desparramada, dejando muchos vacíos por el medio. Y aquí teneis la razon de una observacion que yo he hecho, y que algunas personas á quienes la he comunicado aseguran que no es ilusion de mis ojos. En los dias claros cuando el cielo está despejado observo en él, despues de puesto el sol, los siete colores principales por su orden. En el horizonte un color encarnado, que luego degenera en color anaranjado y amarillo, y estos dos son muy claros: despues se sigue un color de verdemar, que á veces es muy vivo; y preguntando en cuanto á esto á varias personas, no solo instruidas sino tambien ignorantes, y que como tales se fian mas de sus ojos, confiesan que es verde, este se percibe mejor cuando algun cerro encubre los colores encarnado y amarillo que estan mas cercanos al horizonte, y son mas fuertes. Lo restante del cielo está azul, y hácia la parte del oriente á veces se ven muy claros un color purpúreo y un violado muy agradables. Pero cuanto mas bajos son los colores, tanto mas dificultosamente se puede percibir su reflejo en las partículas del aire. Lleguémonos á la ventana, que ahora es tiempo oportuno, y veré si divisais estos colores. Los pintores que saben cuantos colores simples entran en la composicion de los mistos, y saben distinguir

con los ojos en las pinturas los colores simples que entraron en ellas, y que el vulgo confunde, tambien echan de ver con mas facilidad que los otros estos colores en el cielo.

SILV.—Yo sin ser pintor veo muy bien en el horizonte unas hermosas fajas de color encarnado y anaranjado, y me parece que diviso otra verde mucho mas ancha.

EUG. — El primer color que se ve en el cielo por la cima de aquel monte es un verde bajo, y ahora reparo que corre horizontalmente ese mismo color, y que siempre va apareciendo mas remiso.

TEOD. —Veis aquí lo que yo digo. Vamos ahora al corredor que está al oriente á ver si percibís el color violado.

EUG. — Sí, lo percibo, y bien se conoce que el color del cielo allí no es puramente azul, sino que tira á violado; pero el purpúreo no le echo de ver.

TEOD. — Ni yo tampoco; pero ese color como tiene mucha semejanza con el violado, así como el anaranjado con el amarillo, se confunde con él; y digo yo que le habrá llevado de la conjetura, supuesto que se ven todos los otros seis colores primitivos.

SILV. — ¿Y qué razon dais de estos diversos colores?

TEOD. — La tierra es un globo que está rodeado de aire por todas partes hasta cierta altura; por cuya razon tambien toda esta masa de tierra y aire alrededor forma cierta figura de globo; y como el aire es un líquido trasparente, produce en él la luz el mismo efecto que una bola de vidrio llena de

agua, la cual, como ya os espliqué, quiebra la luz que entra en ella oblicuamente. Por tanto, despues que el sol se pone, los rayos que entran en la region del aire, ó sea en *atmósfera*, comienzan á doblarse hácia abajo, esto es, hácia el centro del globo. Quebrándose la luz ya sabeis que se han de separar los colores que la componen; pues como espliqué hablando de los colores, el verde se dobla mas que el amarillo, y este mas que el encarnado. Sentado esto, para que me vengan del horizonte de la parte del poniente varios rayos de luz con color ó separada, es preciso que traiga muy poca refraccion, y venga casi derecho á los ojos aquel rayo encarnado de que se compone la luz que entra por cerca del horizonte, y que venga el rayo amarillo de la luz que entra por mas arriba; porque, como se ha de doblar mas que el encarnado, puede venir de mas alto. El rayo verde es el que compone la luz que viene todavía por mas arriba compensándose esta mayor altura del rayo verde con su mayor refraccion. Voy á haceros aquí un diseño con lapiz (Fig. 1); pero para evitar confusion no hablaré sino del encarnado y del amarillo, y lo que dijere de estos dos se debe entender de los otros por su orden. Supongamos

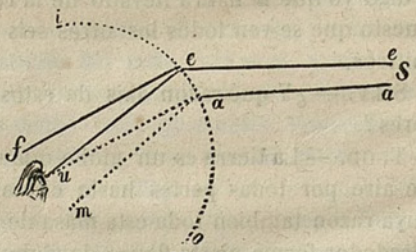


Fig. 1.

que del lugar donde está la letra S vienen dos rayos de sol casi horizontales : el inferior *aa* apenas entra en el globo de la region del aire (cuya porcion describo aquí con puntitos *ieoa*) ; como entra oblicuamente debe doblarse, y como el rayo encarnado que se encierra en ese rayo de la luz se dobla menos que el amarillo, viene á dar á *u*, y el amarillo á *m* : del mismo modo el rayo superior de luz *ee* luego que llega al aire se quiebra y se separan los rayos que le componen : el encarnado se dobla menos, y va á *f*, y el amarillo se dobla mas, y viene á *u*. Ya veis que el hombre que recibe el rayo amarillo de encima verá esa parte del cielo como amarilla ; y recibiendo el rayo de luz encarnada que viene por debajo, se le representará esa parte del cielo como encarnada ; y por la misma razon juzgará que es verde la otra que está mas arriba, y así de lo demas. No obstante, advierto que esta refraccion es muy torcida (permitid que me esplique así), porque el aire es mas denso al paso que se acerca mas á la tierra, y así siempre los rayos se vienen doblando, y hacen unas líneas muy curvas, especialmente los que son mas refrangibles, y por esta razon los rayos violados se dejan ver acá á la parte opuesta al poniente ; y aquí hay siempre su reflejo en las partículas del aire.

Silv. — Supuesto lo que nos habeis dicho en otro tiempo, todo eso que se observa es una consecuencia necesaria de la doctrina dada entonces.

Teod. — Ahora resta dar á Eugenio la razon por qué el cielo parece redondo y como una bóveda,

siendo en realidad un espacio invisible. Cuando nosotros, moviendo los ojos alrededor, vemos un cuerpo igualmente distante por todas partes, debemos figurarnos que forma una como bóveda, ó por mejor decir una media esfera cóncava, y que nosotros estamos en el centro de ella.

SILV. — Sin duda alguna.

TEOD. — Ahora pues como el cielo siendo realmente invisible se reviste de este color que se forma en el aire, el cual tambien es igual por todas partes alrededor, no nos podemos representar el cielo mas distante por un lado que por otro, y así debe figurársenos como una media esfera cóncava, y que nosotros nos hallamos en su centro. Ni os cause dificultad el que algunas veces está el cielo mas claro por una parte que por otra, porque una larga esperiencia nos tiene enseñado que eso es accidental, ocasionado de la cercanía del sol, y que pocas horas antes ó despues queda todo de un color igual, y entonces es cuando nos aseguramos de que es redondo, como la observacion vulgar nos lo persuade.

SILV. — No es esa observacion del vulgo solo. Muchos buenos astrónomos dicen que los cielos son unas esferas sólidas y cristalinas, unas menores y metidas dentro de otras mayores. Siempre me lo enseñaron así mis maestros, y citaban astrónomos de la primera clase.

§ II.

De la naturaleza de los cielos.

Teod. — Ahora examinaremos ese punto. Yo os confieso que muchos astrónomos fueron de esa opinion; pero ya en el dia nadie dice tal cosa, porque siempre cede á la razon y esperiencia toda la humana autoridad. Los cielos, Eugenio, no son sólidos y cristalinos como lo decian antiguamente muchos astrónomos. La razon que les hizo abandonar esta opinion es haber observado que los astros se movian por el cielo, y que si hoy estaban en un lugar mañana se veian en otro. Hablo de los planetas, para lo cual habeis de saber que los astrónomos hacen dos clases de los cuerpos celestes, una es de las estrellas fijas, otra de las errantes ó planetas. Las estrellas fijas se llaman así porque no mudan sensiblemente el lugar del cielo en que aparecen con respecto á las demas que las circuyen; las errantes ó planetas sí que le mudan. Mirad al cielo, ¿veis aquella estrella brillante que está elevada sobre el horizonte hácia la parte de poniente?

Eug. — Bien la veo, y es hermosísima: creo que ya me habeis dicho que se llamaba Vénus, y que era fiel compañera del sol: los labradores la llaman el lucero de la tarde.

Teod. — Esa misma es, y ahí teneis un planeta: las demas que ahora se descubren de aquí por la ventana en esa parte del cielo todas son fijas.

EUG. — Pero yo veo que de aquí á poco ya habrán desaparecido muchas de ellas, y que todas van corriendo hácia el horizonte como Vénus.

TEOD. — Es así; pero observareis que cualquiera de ellas al ponerse siempre se oculta por una misma parte del horizonte. Aquella que va por junto á la torre de Belen á buscar el mar, siempre la vereis esconderse en el horizonte por aquella parte misma; pero Vénus no es así; si hoy se mete en el horizonte por allí, mañana se esconderá por mas acá, y al dia siguiente todavía mas, y es tanto lo que varía en cuanto al sitio, que unas veces va detras del sol como ahora veis; pero otras va delante de él para salir tambien antes que él por la mañana, porque esta misma es la que llaman lucero del alba. Esta es cosa que nunca la observareis en las estrellas que llaman fijas.

EUG. — Ya percibo la diferencia: pasad adelante.

TEOD. — Si los cielos fueran sólidos, y los astros estuvieran engastados en ellos como los diamantes en las joyas, no podrian mudar de lugar ni aun moverse. Y nosotros sabemos de cierto que todos los planetas y las estrellas se mueven por el cielo, esto es, que ademas del movimiento comun á todos los astros de oriente á poniente, cada uno de ellos tiene un movimiento particular con que muda de sitio, de manera que da una vuelta entera dentro de determinado tiempo.

SILV. — Como cuando Dios formó los astros y los cielos ya les tenia arreglado ese movimiento, ¿qué dificultad hay en decir que los cielos estan abiertos

como canales y caminos, por los cuales los astros se van moviendo; y que como son cristalinos dejan ver los planetas que se mueven por dentro de ellos?

TEOD. — Muchos se quisieron evadir de esta dificultad por ese medio; pero no puede ser, porque el movimiento de los planetas es muy irregular, bien que siempre guarda determinadas leyes; mas como se varian las circunstancias, tambien para obedecer á ciertas leyes inviolables varian el movimiento: unas veces bajan mas, otras suben. Marte, que es uno de los planetas, á veces está mas cerca de nosotros que el sol, y á veces mucho mas alto; así que, si el sol tiene su propio cielo sólido y su canal por donde se mueve, Marte no lo podrá atravesar y pasar hácia abajo, ni de allí volver arriba.

SILV. — Puede ser que en el cielo del sol haya paso para Marte, ademas del que hay propio para el mismo sol.

TEOD. — Eso no puede ser, porque cuando Marte atraviesa el cielo del sol, no siempre lo ejecuta por una misma parte, antes acaso desde que el mundo es mundo no la atravesó segunda vez por donde pasó la primera: solo si este cielo estuviese todo agujereado podria darle paso pronto, y siempre habria el riesgo de encontrar alguna vez con las partes sólidas, que seria un gracioso chasco. Fuera de que los cometas (que son otro género de planetas, como os diré en su lugar) tambien tienen su movimiento regular y periódico, y este, respecto de los demas astros, es muy irregular. Muchos vienen de una altura incomparablemente mayor que la del planeta

mas alto, y atravesando todos los cielos vienen á ponerse mas bajos que el sol. ¿Y cómo podrian venir y volverse á ir, y despues dejarse ver á tiempos determinados, si los cielos fueran sólidos, por mas agujereados que estuviesen? Ademas de que la luz de los planetas superiores, al pasar al traves de esos cielos agujereados, padeceria mil refracciones, y haria ver sus colores, lo cual es falso.

EUG. — No es correspondiente á la sabiduría de Dios una obra tan rota, como me parece que serian esos cielos con tantos agujeros.

SILV. — Esta opinion que yo defiendo está fundada en la Escritura, que llama *firmamento* al cielo, y el mismo nombre de *firmamento* denota una naturaleza firme y consistente; ademas de que esta es la opinion de los santos padres, y así es preciso que sea para que el firmamento separe las aguas que estan allá arriba de las que hay acá abajo, segun lo que dice la misma Escritura.

TEOD. — No niego que la palabra *firmamento* parece que denota una cosa firme; pero no solo la razon, sino tambien la autoridad nos persuaden que no usa de ella la sagrada Escritura en ese sentido. El docto natal Alejandro [1] repara bien que la palabra hebrea que en la Vulgata se traduce *firmamento*, en la opinion de muchos sabios significa *estension*, lo cual se dice con propiedad de los cielos fluidos. Fuera de que el célebre Petavio quiere que conforme al sentido de la divina Escritura, lo mismo que se llama *cielo y firmamento* sea toda esta

[1] *Histor. eccl.* tom. I, disert. I, art. 3, ad prop. 1.

region del aire y las superiores, porque solo así se puede dar verdadero sentido á algunas frases del sagrado testo, como cuando dice *las aves del cielo*; siendo ciertísimo que los pájaros no pasan de esta region del aire: tambien dice que Dios *cubre el cielo con las nubes*, y tampoco estas pasan de la region del aire: que *el cielo está triste ó rubicundo*, y esto no se puede decir sino de la atmósfera de la tierra ó de la region del aire. Así Moises, escribiendo la historia de la creacion del mundo, llama cielo á todo este espacio, usando de las palabras en el sentido comun y vulgar[1]. S. Gerónimo favorece á esta opinion[2], y S. Agustin[3] refiere otra que dice: que esta region del aire, que media entre las aguas formadas en nubes, y las aguas del mar y de las fuentes que estan en la superficie de la tierra, es el cielo ó *firmamento* que la Escritura dice que separa aguas de aguas; y despues de referirla, resuelve que es muy digna de alabanza, que no tiene nada contra la fe, y que se puede seguir. Esta es la opinion que yo sigo, y que se conforma con la buena filosofía. Si allá arriba hubiese aguas en estado de gravedad semejante á las del mar, seria preciso un cielo sólido para sostenerlas; pero las aguas superiores que Dios separó de estas inferiores, aunque son de la misma naturaleza, estan en otro estado, y vienen á ser las nubes que nadan en esta region del aire, la cual se llama cielo, segun el sentido de las frases de la Es-

[1] Lib. I, *de Opif. sex dier.*, cap. I, n. 7.
[2] Epist. 83.
[3] Lib. II, *super Genes.* n. 7, *alias* cap. 4.

critura sagrada. No niego que muchos santos padres siguieron la opinion de los cielos sólidos; pero otros siguieron la sentencia de los cielos fluidos, como S. Basilio, S. Gregorio Niceno, S. Anselmo, el venerable Beda, Ruperto, Procopio etc., cuyas palabras espresas hallareis en Fortunato de Brixia .

SILV. — No puedo conformarme con eso; porque leo en el libro de Job, si no me engaño (pues yo no venia prevenido para esto), que los cielos son solidísimos, como si fueran fundidos de bronce[2]. Ved si puede haber espresion mas fuerte.

TEOD. — ¿Y quién dijo eso? ¿A quién se atribuyen esas palabras en la historia de Job?

SILV. — No me acuerdo; pero son palabras santas todas inspiradas por el Espíritu Santo.

TEOD. — ¿Y son tambien inspiradas por el Espíritu Santo aquellas palabras del salmo: *Non est Deus*: no hay Dios?

SILV. — Esas no; porque se ponen en boca de los impíos, y dice el salmo que el impío habia dicho en su corazon *no hay Dios*.

TEOD. — Pues asimismo quien dijo que los cielos eran solidísimos, como fundidos de bronce, fué Eliú, uno de los amigos de Job, que no consta que fuese ni grande astrónomo ni inspirado por Dios, ni salió de esa conferencia de Job con gran recomendacion, habiendo Dios preguntado á Job quien era aquel que estaba diciendo necedades[3]. Por tanto,

[1] Tom. III, n. 52, 48.

[2] *Qui solidissimi cuasi aere fusi sunt.* Job. 37, 18.

[3] *Quis est iste involxens sentiatas sermonibus imperitis?* Job. 38, 2.

Eugenio, hoy la opinion comunísima entre todos los astrónomos es que los cielos son el espacio inmenso por donde andan navegando millones de astros. La dificultad solo consiste en si estan totalmente llenos de materia que no deje hueco alguno, ó totalmente vacíos. Pero antes de pasar adelante decidme si estais persuadido de que no son sólidos.

§ III.

De los vórtices, remolinos ó turbillones de Descartes.

Eug. — Ya os he dicho que tengo comprendidas estas razones, y que me convencen. Proseguid.

Teod. — Descartes, aquel grande hombre que no tuvo igual en su siglo, y que con la belleza de sus ideas se llevó tras sí casi medio mundo literario; porque los tiempos no le ayudaron, ni tuvo la abundancia de instrumentos y multiplicidad de observaciones que despues acá se han hecho, no pudo darles la firmeza y estabilidad precisa para que se conservasen en la misma estimacion. Su sistema ha decaido considerablemente; y como nosotros no guardamos respeto á nadie, sino á la verdad, donde quiera que se descubre, si la llegamos á conocer, la abrazamos, volviendo las espaldas á todo lo demas. Este gran filósofo juzgaba que los espacios del cielo estaban llenos de una materia sutilísima, la cual se movia desde la creacion del mundo en un perpetuo *vórtice*, *remolino ó turbillon* (que todo esto quiere decir una misma cosa). Suponia que el sol era el

centro de nuestro vórtice, y que alrededor de él andaban los planetas, entre los cuales contaba tambien á nuestra tierra como un planeta semejante á los otros. La causa del movimiento de los planetas era el mismo vórtice que los arrebataba consigo; y como cuanto mas distaba del sol la materia era mayor su giro, forzosamente habia de gastar mas tiempo en dar una vuelta; y esta era la razon por que los planetas cuanto mas distaban del sol, tanto mas tiempo consumian en dar una vuelta alrededor de él. Mercurio, que es el primero, gasta casi tres meses: Vénus que es el segundo, ocho: la Tierra, que en su sistema es el tercer planeta, ocupa doce meses ó un año en dar un giro alrededor del sol: Marte, que es el cuarto planeta, gasta cerca de dos años; Júpiter, que es el quinto, gasta cerca de doce años; y Saturno no acaba su vuelta sino en casi treinta años [1]. Este sistema está hoy abandonado de los mejores astrónomos; y ved el fundamento. Siéntase ya como cosa cierta que los cometas son unos planetas como los otros, criados desde el principio del mundo, y que ya aparecen, ya desaparecen, porque unas veces se hallan mas cerca de nosotros, y podemos verlos, otras estan tan lejos que se escapan de nuestra vista; y esta es la diferencia que tienen con los demas planetas, los cuales nunca se apartan tanto de nosotros que se escondan á nuestros ojos. Esto supuesto, si en el espacio de los cielos todo está lleno (conforme al sistema de

[1] Herschell, el planeta últimamente descubierto y el mas lejano que se conoce del sol, hace su giro alrededor de este astro en ochenta y tres años cincuenta y dos dias cuatro horas y diez minutos.

Descartes), tambien los cometas en cualquier parte de su carrera han de nadar en algun fluido; y esta corriente que los arrebata y trae consigo debe tener la misma direccion que traen los cometas. Siendo esto así, cuando los cometas atravesaren las órbitas de los planetas (órbita, Eugenio, quiere decir la línea que el planeta forma cuando hace un giro entero): cuando los cometas, repito, atravesaren las órbitas de los planetas, ha de suceder en los cielos algun gran desorden, porque los cometas vienen algunas veces casi derechos al sol allá de una altura mucho mayor que la de Saturno; y siendo cada uno de estos torrentes de materia en sí densísima, si se encontrase un torrente con otro se perturbarian, ó á lo menos el torrente ó vórtice que trae al cometa, encontrando al planeta le haria mudar de rumbo cuando entrase en el vórtice de Júpiter, como en el de otro cualquier planeta. Pongamos un ejemplo: nosotros vemos que un barco cuando le lleva la corriente, si sucede que pasa de costado por el desembocadero de algun rio padece mudanza en su direccion. Lo mismo digo de los astros llevados por los torrentes de materia fluida que Descartes admite.

Eug. — No puede menos de ser así, porque por la misma razon que el vórtice de Júpiter, por ejemplo, arrebata á Júpiter, se llevará consigo á cualquier cometa que allí se hallare, si es que son, como decís, de la misma naturaleza.

Teod. — Por esta razon este sistema, bien que ingenioso, está abandonado. Lo que acabo de decir pertenece á nuestro vórtice ó turbillon, cuyo centro es el sol; pero cualquiera de las estrellas en el

sistema de Descartes se puede reputar por otro sol que sea centro de su diferente vórtice, y alrededor de ellas andarán tambien algunos planetas, como andan acá en nuestro vórtice alrededor del sol.

EUG. — ¿Y por qué no habian de verse esos planetas en caso que los hubiese, y anduviesen alrededor de las estrellas?

TEOD. — Para que no se viesen bastaba la distancia. ¿No comprendeis la diferencia que en el tamaño y en la luz hay de nuestro sol á nuestros planetas?

EUG. — ¿Cómo puedo dejar de percibir siendo tan notable?

TEOD. — Y no os admirais de que se perciba acá desde la tierra el sol de un modo muy diverso que sus planetas que le rodean; pues lo mismo debe suceder á los otros soles con sus planetas. La distancia á que estan de nosotros es tan grande, que siendo unos cuerpos luminosos é inmensos, tal vez mayores que nuestro sol, de aquí parecen tan pequeñitos; ¿y cómo quereis alcanzar á ver los planetas que rodean esas estrellas, debiendo ser tanto mas pequeños que ellas, cuanto nuestros planetas son menores que el sol?

EUG. — A lo menos con unos telescopios grandes ¿no podrian descubrirse?

TEOD. — Los mayores telescopios con que se ven muy bien los anillos y manchas de Júpiter, las sombras de Saturno, etc., cuando se vuelven hácia las estrellas, nada aumentan su tamaño aparente, y solo las representan como unos puntitos de luz muy brillantes. En su lugar os daré la razon de esto.

EUG. — ¿Y qué me decís acerca de sus planetas? ¿Hemos de decir que los hay ó no?

TEOD. — No hay mas razon para concederlos que para negarlos : como los telescopios no alcanzan allá, todo cuanto se dijere será adivinar. Dejando, pues, este punto, y considerando (como en realidad así es) que cada estrella es como un sol, las cuales por la inmensa distancia nos parecen tan pequeñas, siendo tantas las estrellas conocidas, y tantas mas las que no llegamos á ver sin telescopios, y siendo la distancia entre unas y otras tan grande, que se echa bastante de ver desde acá tan lejos, cuando apenas se deja percibir cada una de las estrellas, ved ¡cuán grande es ese espacio de los cielos! ¡qué grande el poder de Dios, y qué inmensa esa maravillosa máquina que estamos admirando con los ojos! Cada vez ireis formando mayor concepto de la grandeza de Dios y de su poder, cuanto mas fuereis conociendo las maravillas, que en esos cielos que vemos, estan manifiestas al entendimiento, bien que en parte escondidas á nuestros ojos. Vamos ahora á la opinion de Newton, que es diametralmente opuesta á la de Renato; porque Descartes quiere que todo esté lleno, y Newton asegura que todo está vacío, y el caso es que este tiene mucha mas razon.

§ IV.

Del vacío newtoniano en el espacio de los cielos.

SILV. — ¿Pues qué tenemos un vacío inmenso

desde nosotros hasta las estrellas? Eso es un imposible tan grande como el mismo espacio que llamais vacío, el cual no puede ser mayor. Pero yo ¿por qué me altero? Discurrid como mas os agradare.

TEOD. — Vos, Silvio, como criado en la escuela peripatética, teneis tal horror á esta palabra *vacío*, que os asustais en oyéndola. No seais tan asustadizo: yo no digo que todo este espacio que hay desde nosotros hasta las estrellas está vacío, sino que le falta poco para eso. No puedo decir que está totalmente vacío, porque lo veo lleno de luz, y sé que la luz es cuerpo, conforme á lo que ya os dije cuando traté de ella y sus efectos. Ya sea la materia sutil de Descartes, ya puro fuego, como dice Newton, siempre es cuerpo, y tiene las propiedades de cuerpo, reverberando de los demas, segun todas las leyes del movimiento. Pero esta materia es sutilísima y rarísima, de suerte que es increiblemente mayor el espacio que queda totalmente vacío que el que ella ocupa. Yo por ahora no hago cuenta del aire, porque naturalmente no se estiende sino á algunas pocas leguas de altura alrededor de la superficie de la tierra; y comparando este espacio con el inmenso que hay hasta las estrellas, es como si no fuera nada; pero si se me dijese que el aire se estiende á mucha mayor altura, como sabemos cuanto pesa una columna de aire entera, se infiere que ese aire precisamente ha de ser tan raro en comparacion del que respiramos, que pueda decirse de él lo mismo que decimos de esta otra materia de la luz.

SILV. — ¿Y qué fundamentos hay para decir eso?

TEOD. — Tan fuertes que, si yo pudiera, habia de decir que todo el espacio que se estiende desde la region del aire hasta las estrellas estaba enteramente vacío. El gran Descartes era de dictamen totalmente opuesto, porque decia que estaba enteramente lleno, y en su doctrina espacio vacío era una cosa absolutamente imposible, como el ser y no ser á un tiempo.

SILV. — Decia muy bien; y á ser yo moderno solo seria cartesiano: ¿y por qué no le seguís vos en eso siendo un hombre tan grande, como todos dicen?

TEOD. — Porque yo no sigo al hombre por grande que sea: sigo la razon del hombre. Oid, pues, los fundamentos, por los cuales los filósofos de mejor nota todos abandonaron á Descartes. Suponiendo nosotros un espacio enteramente lleno de materia, sin que haya vacío alguno por mínimo que sea, parece absolutamente imposible que por él se pueda mover libremente ningun cuerpo, por mas sutil y fluida que se considere la materia de que se supone lleno ese espacio. Cada partícula de esas debe tener su figura determinada; y como se supone mínima, esto es, que no consta de otras partes, debe creerse que no puede mudar de figura, pues la mudanza de figura parece que supone diversa situacion y movimiento de las partes que componen un todo. Esto no digo yo que sea evidente; pero me parece que se conforma con la razon.

SILV. — Sí, hasta ahí no dudo yo conceder.

TEOD. — Luego siendo esas partículas minimas

duras é inflexibles, pues teniendo figura determinada como concedeis no la pueden mudar, no podrian consentir que cuerpo alguno se moviese libremente por entre ellas á una ni á otra parte, sin que ellas para hacerle lugar dejasen á veces entre sí algunos pequeños huecos; y como espacio hueco es imposible en la opinion de Descartes, viene tambien á ser imposible el movimiento de cualquier cuerpo por ese fluido.

SILV. — Tan lisas podrian ser las partes mínimas, y tener tal figura, que pudiesen ir deslizándose unas por entre otras impelidas por el cuerpo que se movia, y venir detras de él inmediatamente otras tantas partículas á ocupar el espacio que habia de dejar á sus espaldas, del mismo modo que sucede cuando una bola se mueve por el agua.

TEOD. — Eso cuando mucho daria lugar al movimiento recto ó perfectamente circular; pero si el cuerpo en medio de la línea quisiese declinar hácia cualquiera parte ya le teniamos embarazado. Yo os pondré esto bien perceptible, Eugenio. Esas partículas, por pequeñas que sean, siempre han de tener alguna proporcion con el cuerpo que se mueve, v. g., supongamos que son ochocientos mil millones de millones de veces mas pequeñas, ó suponed allá el número que quisiéreis. Si nosotros, conservando su figura é inflexibilidad, suponemos aumentadas á proporcion tanto las partículas como el cuerpo, de suerte que cada partícula tenga un palmo de largo, y el cuerpo movible un grandor correspondiente, en este caso decidme, ¿podrá el cuerpo moverse libremente por entre ellas á una ó á otra parte y

por cualquier línea, sin que haya algun vacío pequeño?

EUG. — Ciertamente que no.

TEOD. — Quiero que responda Silvio.

SILV. — Lo mismo me parece á mí; pero eso es mera suposicion.

TEOD. — Poco á poco: si ese cuerpo grande no podria moverse por entre esas partículas que finjimos, sin que ellas moviéndose para darle paso franco dejasen algun hueco de tres ó cuatro dedos por ejemplo, tambien considerando que esas partículas y el cuerpo se disminuian á proporcion, hasta quedar en la mitad del tamaño que antes tenian, si conservasen la misma figura y dureza no podrian dar paso al cuerpo sin dejar entre sí algun vacío de dedo y medio ó dos. ¿No es así?

SILV. — Así parece.

TEOD. — Pues vamos poco á poco disminuyendo el tamaño de esas partículas y del cuerpo hasta llegar al verdadero grandor que ahora tienen. Como la figura es la misma y tambien la inflexibilidad, tampoco podrán dar paso libre al cuerpo sin que quede aquí un vacío, acullá otro, bien que mucho mas pequeños á proporcion del tamaño de las partículas.

SILV. — Tan pequeñas serán que absolutamente no podrá hacerse idea de ellas, ni deberán llevarse atencion.

TEOD. — Esperad: cuando hablamos de si una cosa absolutamente es imposible, importa bien poco que sea pequeña. Si me concedeis que una quimera de un dedo es posible, yo os haré posible otra

del tamaño del mismo sol. Fuera de que si vos juzgais digna de atencion cualquier pequeñísima partícula para decir que todo el espacio está absolutamente lleno, ¿por qué no habeis de hacer cuenta del pequeñísimo vacío que deja esa misma partícula, para decir que realmente el espacio no está del todo lleno?

SILV. — Pues diré que cada partícula, aun de las que se contemplan mínimas, es flexible, y puede mudar de figura.

TEOD. — Yo quiero prescindir ahora de eso, y no me empeño en averiguar si puede ser ó no. Mas supongamos que puede ser : no podeis negar que cuanto mas pequeño es un cuerpo, tanto mas duro es á proporcion y menos flexible : esa bengala que llevais en la mano si, quereis romperla por medio en la rodilla, fácilmente podreis; pero si despues quisiéreis quebrar del mismo modo cada una de las mitades os ha de costar mucho trabajo; y en fin, si la parte que quedare no tuviere mas que un palmo de largo, ciertamente que no la podreis romper en la rodilla.

SILV. — Todo eso es así.

TEOD. — Luego si el cuerpo para pasar por ese fluido necesita hacer mudar de figura á esas partículas mínimas, á fin de que no quede ningun vacío por pequeño que sea, siendo innumerables las partículas que se mueven, y que se han de mezclar unas con otras; y por otra parte siendo la rigidez é inflexibilidad de cada una de ellas á proporcion de su pequeñez, irremediablemente se sigue que para que el cuerpo movible diese cualquier paso

habia de padecer innumerables y grandísimas resistencias, pues obligaba á mudar de figura á las innumerables partículas mínimas del espacio por donde pasaba. ¿Y cómo puede ser esto verdad si no se conforma con la esperiencia ni en la tierra ni en los cielos? Nosotros vemos que un péndulo continua su movimiento por tiempo muy largo, y que los astros perseveran desde el principio del mundo, moviéndose sin que se estinga ni se retarde sensiblemente su movimiento, y esto aun atravesando unos el camino de los otros, como lo hacen los cometas. Luego es absolutamente imposible ese *lleno* de Descartes, y se debe perder el horror al *vacío* de Newton. Dejadme usar para Eugenio de una comparacion sensible, que esos son los mejores cálculos para quien no tiene la instruccion matemática que requiere un estudio fundamental sobre esta materia.

SILV. — Hasta en eso sirven las comparaciones para dar una admirable luz á cualquier asunto.

TEOD. — Bien facil es de dividir la arena fina de que usamos en la salvadera. Ahora, pues, llenad un cajon de esta arena, y apretadla bien, de suerte que si pudiere ser no quede ningun vacío por muy pequeño que sea, y clavad despues la tapa muy bien ajustada para que la arena quede apretada. Decidme ¿podrá moverse allá por dentro del cajon con libertad algun cuerpo perceptible, como por ejemplo una nuez?

SILV. — Juzgo que no.

TEOD. — Pues ese es el caso en que estamos: si todo este universo está absolutamente lleno de materia, es como un gran cajon lleno de arena finísi-

ma, y tan apretada, que las partículas de la materia absolutamente no admiten entre sí ningun vacío, ni aun el mas pequeño.

SILV. — Pero esa materia es fluida.

TEOD. — El que sea fluida prueba que se puede dividir mas fácilmente que la arena, así como la arena por ser fluida respecto de otros cuerpos gruesos se puede separar mas fácilmente que si fuera un monton de guijarros. Mas estando lleno todo el espacio es imposible que no hubiese una suma dificultad. La razon es, porque cuando un cuerpo sólido se mueve dentro de algun fluido, halla resistencia por varios principios: el primero es por haber de separar unas partes de otras, rompiendo aquel tal cual lazo que todas las partes del fluido tienen entre sí; pero yo supongo que en el caso de que hablamos las partes de ese fluido no tengan union alguna, si bien, ya sigamos á Newton, ya á Descartes, las partículas de esta materia precisamente habian de tener muy fuerte union entre sí, porque Newton pone y prueba atraccion entre todas las partes de materia, y mayor cuando se tocan, y mucho mayor cuanto menos vacíos tienen entre sí que las separen; y así esta materia que no admitia vacío alguno seria sumamente dificil de dividir; y Descartes afirma que los cuerpos no se unen entre sí sino por tocarse mútuamente; y como las partes mínimas de la materia no tienen en medio ningun vacío, habian de tocarse mutua y perfectísimamente, y unirse con una adhesion muy fuerte. Pero dejemos este principio de resistencia al dividir el fluido de que hablamos. El otro principio de resisten-

cia indispensable es el de mover las partes que el movil echa fuera de su lugar, y las otras á las cuales estas han de desalojar, y las terceras que han de ser espelidas por las segundas, etc. El último origen de resistencia tambien inevitable es el rozamiento de unas partículas con otras al tiempo de moverse; porque como tienen su tal cual figura, moviéndose una partícula por junto á otra, forzosamente la esquina de una ó ha de entrar en la concavidad que dejan dos entre sí ó atravesar por medio de una, ó rozarse con la esquina de otra : cuanto mayores son las partículas tanto mayores esquinas ó tamaño tienen, y por consiguiente mayores obstáculos presentan unas á otras cuando pasan por junto á ellas, especialmente si vienen tan apretadas que no puedan dejar entre sí el mas pequeño vacío. Por este principio, cuanto mas fina fuera la arena tanto mas fácilmente se dividirá, porque las partículas de menor tamaño tienen menores esquinas; y tambien cuanto mas suelta está la arena tanto mas fácilmente la cortamos, porque pudiendo las partículas ó granos dejar algunos vacíos entre sí, pueden desembarazarse unos de otros; y ved aquí por qué los fluidos se dividen con tanta facilidad aun respecto de la arena; y es que sus partículas son incomparablemente menores que las de aquella, y asimismo tienen innumerables poros entre sí. Supongamos pues un fluido, cuyas partículas sean incomparablemente mas pequeñas que las del agua; pero figurémonos que estan tan ajustadas unas con otras que es no solo dificultosísimo, sino absolutamente imposible, que haya entre ellas el mas pequeño va-

cío: para que un cuerpo se moviese por ese fluido forzosamente habia de emplear alguna fuerza en mover las partes del fluido que espele de su lugar, y en obligar á las otras á que le cediesen el suyo. Y aunque á la parte posterior dejaba el movil campo libre, sin embargo, para que este fluido inmediato al movil le rodease, era preciso que se rozase con todas las partículas de la superficie del cuerpo, y con todas las demas partes del fluido mas distantes. Rozándose con ellas, ó las habia de mover, y esas á las otras, etc., ó las habia de dejar quietas: como era imposible pues el que hubiese hueco entre partícula y partícula, al pasar unas y quedar quietas las otras, necesariamente las esquinas pegando unas en otras se habian de romper, y en esto se consume fuerza, ó se habian de amontonar hácia dentro, y tambien en esto se debe consumir. Luego es imposible que en este *lleno* se mueva cuerpo alguno sin un increible dispendio de fuerzas.

Silv. — No tendrán las partículas esquinas.

Teod. — Eso solo puede ser siendo esféricas ó redondas, y entonces por mas que se aprieten siempre han de dejar vacíos entre sí, y metiéndose un globo entre dos siempre tendria el mismo embarazo rozándose con ellos que si tuviera esquinas.

Eug. — Si apretamos en una mano muchos rosarios, y queremos sacar uno por una punta, no lo podremos conseguir sin aflojar la mano, porque tropezarán unas cuentas en otras, como habeis dicho de esos pequeños globos.

Teod. — Decís bien; y cuando las partículas pudiesen deslizarse hácia una parte, envolviéndose el

cuerpo á un lado ya tomaba una direccion contra su figura, y todo estaba perdido, ó las partículas, para dar vuelta, habian de volver la esquina hácia delante, y tendríamos hueco ó vacío, bien que pequeño, el cual se supone que es imposible.

SILV. — Veo que teneis razon; pero serán unos vacíos muy pequeños.

TEOD. — Ya que hemos tocado este punto, que es uno de los sustanciales del sistema de Descartes, quiero mostraros como es indispensable no cualquier vacío pequeño, sino, como he dicho, un medio casi vacío del todo para dar paso libre á los planetas: digo que es indispensable, á no ser que se admita que los planetas se mueven arrebatados de los torrentes de fluidos en que nadan, ó de los turbillones de Descartes, lo cual ya probé que era imposible. Pero sentado (como se debe sentar) que los astros se mueven sin ser arrebatados de fluido que los lleve, debe establecerse que el medio por donde se mueven está casi vacío para no retardar el movimiento de los planetas. Voy á formar al argumento.

SILV. — ¡Qué dificil sois de contentar! Vamos á ese argumento.

TEOD. — Estando totalmente lleno el medio por donde los planetas se mueven, y siendo el planeta una bola tambien enteramente llena sin poros algunos por donde pudiese pasar ese fluido (supongamos esto), no podria el planeta moverse sin que cuando hubiese andado diámetro y medio tuviese ya perdida la mitad de su velocidad. Esto se demuestra por cálculo infalible, que vosotros no ha-

beis de entender por falta de principios: pero creo que no lo pondreis en duda.

EUG.—¿Cómo lo podemos dudar diciendo vos que se demuestra matemáticamente?

TEOD. — Ahora consideremos que sin hacer mudanza alguna en el fluido formábamos del planeta otra bola mucho mayor, pero llena de grandes agujeros, para que el fluido pudiese pasar libremente. En este caso solo aquellas partes sólidas del planeta que encontraban con el fluido eran las que podian hallar resistencia, siendo cierto que por los vacíos pasaba él con libertad; pero como las partes sólidas, computándolas juntas, valen tanto como el mismo planeta en su figura antigua, síguese que por lo que mira á la cantidad de materia que ha de ceder su lugar al planeta, viene á haber la misma resistencia que en el primer caso; y así en habiendo andado diámetro y medio habrá perdido la mitad de su velocidad. Ahora añadid que en ese segundo caso el fluido que entraba por los agujeros ó poros del planeta habia de hacer su impresion en las partes sólidas laterales, y siempre la habia de retardar con el rozamiento, y por consiguiente tendrá ahora mucho mayor resistencia que en el primer caso. Esto supuesto, vamos á lo que sucede en realidad. Este fluido, de que quieren suponer lleno el espacio de los cielos, ó pasa por los poros del planeta, ó no: si no pasa, tenemos por el cálculo que dije, que el planeta, antes de correr un espacio igual á diámetro y medio de su volumen, pierde la mitad de la velocidad; si el fluido lo atraviesa, con mas razon se ha de retardar el movimiento que si

toda esa materia se juntase en un volumen sólido, y por eso menor, y de cualquier modo á los dos pasos tendriamos al planeta casi parado.

EUG. — Ese argumento no tiene respuesta.

TEOD. — Luego si vemos que los planetas, haciendo sus giros de seis á siete mil años á esta parte, no se han retardado sensiblemente, es cierto que el fluido que hay en esos inmensos espacios por donde se mueven es tan raro, que casi se pueden reputar vacíos. El cálculo se forma de este modo. La resistencia que los planetas esperimentan es conforme á la densidad del medio; la resistencia es ninguna ó casi ninguna, porque ningun astrónomo la percibió hasta ahora, comparando las observaciones antiquísimas con las modernas: luego la densidad del medio ó es ninguna ó casi ninguna; ó por otros términos, esos espacios estan totalmente vacíos ó casi vacíos. Y con esto se desvanece todo el horror al vacío con que los filósofos antiguos nos criaron. A mí lo que me estorba persuadirme á que los cielos estan totalmente vacíos es lo que ya os he dicho. Vemos todo el espacio de los cielos lleno de luz, y esta es sustancia aun en la opinion de Newton, el cual dice que es una llama tenuísima; luego no estan totalmente vacíos. Pero para que acabeis de conocer la incomparable raridad de este fluido haced este cálculo. El aire, segun lo que tiempos pasados os demostré, es tan raro, que si Dios juntase las partículas que en su estado natural ocupan diez y ocho mil palmos, todos cabrian en un palmo de espacio; y no obstante esa raridad, ya sabeis cuanto movimiento hace perder la resistencia

del aire. Al contrario, el movimiento de los planetas há seis mil años que dura, y no tiene la menor diminucion sensible: ¿cuál será pues la raridad de ese fluido que ocupa los espacios de los cielos?

EUG. — Decís bien; que si ese fluido no es nada es casi nada.

TEOD. — Examinado el inmenso espacio de los cielos, vamos ahora á considerar los cuerpos celestes que por él se mueven, para que formeis justa idea de esta portentosa máquina.

§ V.

De la opacidad de los planetas y sus fases, en especial de las de la luna.

SILV. — Yo me admiro de la bella docilidad de Eugenio, y le tengo envidia, porque luego se aviene: él todo lo cree, para él todo es claro, y ninguna fatiga ni trabajo tiene su entendimiento. Vamos pues á navegar por ese vacío inmenso, Teodosio, y hagamos una visita á los planetas.

TEOD. — Vos como teneis que romper un fluido densísimo que no tiene poros algunos, no he acertado á esplicarme; como teneis que atravesar unas masas sólidas como de bronce fundido, llegareis muy tarde á los planetas; pero nosotros no ocuparemos tanto tiempo por tener el camino desembarazado. Mas no perdamos tiempo en esto. Los pla-

netas, Eugenio, son unos cuerpos sólidos, de figura sensiblemente esférica, pero todos de suyo son oscuros; mas como tambien son opacos reflecten la luz del sol que los ilumina, y este es el modo como brillan y resplandecen, porque de suyo no tienen mas luz que una piedra ó pared, la cual dándole el sol reflecte la luz, y á veces en tanta abundancia que molesta los ojos ó deslumbra.

Eug. — Si no estuviera yo acostumbrado á conocer los errores que desde la niñez he venerado, creyendo con una total firmeza lo que despues hallé que era un error craso, me habia de costar mucha dificultad el creer que la luna y Venus y otros planetas no tenian luz propia.

Teod. — La luna, que era la que mas os hacia creer que los planetas eran luminosos por su naturaleza, es la que os ha de desengañar para los demas. Nosotros vemos á la luna en parte oscura y en parte iluminada, que esto es lo que los filósofos llaman *fases* de la luna; unas veces está llena, otras menguante, otras casi no la vemos. Voy á esplicaros en qué consiste eso. Como la luna de suyo es un cuerpo oscuro y opaco, solo puede estar clara por donde el sol la dé: ahora pues bien veis que el sol cuando da en una bola opaca no puede alumbrar sino la mitad, quedando la otra á oscuras; y la diferencia que nosotros advertimos en la luna solo procede del diverso modo con que la miramos. Aquí os puedo hacer una esperiencia clara. Suponed que aquella vela encendida A (Fig. 2) es el sol, y esta bola sea la luna: voy á colgarla enfrente de la llama. Decidme, ¿esta bola no tiene siempre la mitad ilumi-

nada y la mitad oscura, por mas que yo la mueva alrededor de vuestra cabeza?

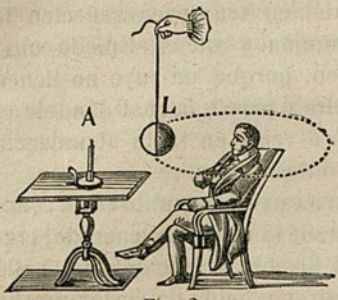


Fig. 2.

EUG. — Quien lo duda.

TEOD. — Pero nunca podreis ver sino la mitad de la bola : en esta postura en que está L está la parte iluminada vuelta hácia la haz; y como vos estais á la parte opuesta, solo podeis ver la luz oscura : ahora voy á dar un giro con la bola alrededor vuestro, y así ireis viendo parte del lado iluminado.

EUG. — Es así : cada vez voy viendo mayor porcion de él; parad ahí : ahora veo yo la mitad de la haz oscura, y la mitad de la iluminada.

TEOD. — Pues así sucede en la luna cuando es cuarto creciente. Cuando estaba entre nosotros y el sol, tenia vuelta la parte oscura hácia nosotros, pues la que mira al sol siempre ha de estar iluminada : despues segun va dando vuelta alrededor de la tierra, ya va tambien dando lugar á que se vea parte de la cara iluminada ; y cuando se ve la mitad de la una y la mitad de la otra, entonces decimos que es cuarto creciente. Ahora tened cuidado, porque voy á continuar el giro alrededor de vuestra cabeza.

EUG. — Ahora ya veo mucha mayor porcion de la haz clara que de la oscura.

TEOD. — Cuando yo llegare á tal sitio, que vuestra cabeza esté derechamente entre la bola y la luz, entonces así como la haz clara estará vuelta enteramente hácia la luz, tambien se verá enteramente vuelta hácia vos : mirad si es así.

EUG. — Es imposible que no lo sea. Eso supongo yo ahora que es la luna llena.

TEOD. — No os engañais. En la luna llena estamos nosotros entre el sol y la luna : por eso la luna cuando está llena siempre sale al anochecer, porque á esa hora se puso el sol, y deben quedar encontrados los dos astros, para que la misma haz resplandeciente, que la luna tiene vuelta hácia el sol, se nos dé á ver enteramente. Prosigo con el giro : ahora ya vereis parte de la haz oscura.

EUG. — Es así..... ya en ese sitio veo otra vez la mitad de la haz oscura y la mitad de la otra iluminada.

TEOD.—Ahí teneis lo que en la luna llaman *cuarto menguante*. Ultimamente ha de ir siendo cada vez menor la parte iluminada, y mayor la oscura hasta que se vea la luna nueva. Aquí teneis lo que llaman *luna nueva* representada en esta bola, y sucede cuando la bola está entre vos y la luna, así como la luna se llama *nueva* cuando se halla entre nosotros y el sol ; pues mirando hácia él toda la cara iluminada, está vuelta hácia nosotros toda la oscura. Esto solo sucede en todo rigor cuando la luna pasa por la misma línea que va de nuestros ojos al sol, lo que acontece en los eclipses de sol ; mas no

en todas las lunas nuevas tenemos eclipses, porque la luna pasa ó por mas arriba ó por mas abajo de esa línea; y así siempre deja ver alguna orilla de la cara iluminada, la cual va creciendo á proporcion que la luna se va alejando del sol. Y aquí teneis lo que son *fases de la luna*. Creo que lo habreis comprendido; sin embargo ahí va esta figura que os dará de una ojeada una idea clara de lo dicho (Fig. 2).

Eug. — Ninguna cosa he entendido mas perfectamente. ¿Qué me decís, Silvio?

Silv. — ¿Qué he de decir? Eso es una cosa evidente, ni mi escuela dudó jamas de ello. Pero ahora, Teodosio, lo que yo no sé distinguir en el cielo es cuando es *cuarto creciente*, ó cuando es *menguante*, sin que me sea preciso acordarme de si en los dias precedentes fue *luna llena ó nueva*.

Teod. — Fácilmente lo conocereis, observando hácia qué parte tiene la luna vuelta la espalda ó parte convexa, porque de esa parte la mira el sol, y en eso se conoce si en los dias antecedentes fue nueva ó llena: si tiene vuelta la espalda hácia el oriente, es cuarto menguante, porque va para la luna nueva: si la espalda iluminada está vuelta hácia el poniente, es cuarto creciente, porque va para luna llena.

Eug. — Tambien me alegro de saber eso para mis sementeras, sin que me sea preciso mirar el calendario.

Teod. — Para eso ni aun es menester saber los cuartos de la luna, á su tiempo lo tocaremos, aunque de paso; dejadme ahora concluir lo que iba di-

ciendo de los planetas. Todos ellos son como la luna, de suyo totalmente oscuros, y solo claros y resplandecientes por aquella cara donde les da el sol; y por eso no hay ningun planeta que no tenga la mitad á oscuras, porque son opacos, y no los puede traspasar la luz. La diferencia que hay entre ellos es que por las diversas alturas y situaciones en que estan, unos dejan ver mas que otros esa haz. Venus la deja ver muy claramente; pero es preciso que la miremos con telescopio, pues sino el resplandor de la parte iluminada con los rayos que despide perturba su figura, y á una grandísima distancia no advierten nuestros ojos diferencia en ella, como la echan de ver en la luna, porque la tenemos mucho mas cercana incomparablemente. Mañana os lo mostraré por el telescopio, y os pasmareis de ver su figura.

Eug. — ¿Y los demas planetas tienen tambien crecientes y menguantes, como la luna y Venus, segun lo que acabais de decir?

Teod. — Como todos son opacos solo tienen una cara iluminada del sol, y asimismo todos padecen alguna mudanza en la figura aparente; pero esta variacion solo es sensible en Mercurio, Venus y la luna. Los dos planetas *inferiores*, que son Venus y Mercurio (llámanles inferiores porque á veces pasan por debajo del sol: á Marte, Vesta, Juno, Ceres, Palas, Júpiter, Saturno y Urano los llaman superiores, porque nunca pasan por entre el sol y nosotros); los dos planetas inferiores, vuelvo á decir, como en sus giros pueden pasar por entre nosotros y el sol así como la luna, tambien pueden como ella volver

hácia nosotros la haz oscura, pues la iluminada siempre mira hácia el sol; y esto mismo manifiesta que pueden tener menguantes y crecientes como la luna. Pero los planetas superiores Marte, Vesta, Juno, Ceres Palas, Júpiter, Saturno y Urano, como por el lugar en que giran y movimiento que tienen, nunca pasan por entre nosotros y el sol, tampoco pueden volver del todo hácia nosotros la haz oscura. Haced reflexion sobre lo que digo: si ponemos aquí una vela encendida y anda un criado con una bola alrededor de la luz á la distancia de diez palmos por ejemplo, siempre la haz iluminada de la bola ha de estar vuelta hácia la vela, pues la luz es quien la ilumina. Hasta aquí no hay dificultad: pasemos adelante. Nosotros ó hemos de estar dentro de este círculo que la bola hace alrededor de la luz ó hemos de hallarnos fuera: si estuviéremos fuera del círculo, unas veces hemos de ver la haz oscura de la bola, y otras la iluminada.

Eug. — Es evidente que así debe ser.

Teod. — Pero si nos metiéremos dentro del círculo, siempre hemos de ver la haz alumbrada; porque como esta siempre está vuelta hácia el centro del giro que es la luz, tambien está siempre vuelta hácia nosotros, que estamos dentro del círculo. Solo habrá alguna diferencia, que consistirá en ver de lleno toda la haz iluminada, cuando la luz, nosotros y la bola estuviéremos en línea recta, ó en ver tambien algun borde de la parte oscura, como cuando nosotros, la luz y la bola no nos halláremos en línea recta, porque entonces teniendo la bola ó el planeta vuelto derechamente hácia la luz la haz ilu-

minada, nosotros acá de la otra banda alguna parte de la haz oscura hemos de descubrir ; mas eso es poco perceptible. Lo que acabo, pues, de decir de la bola movida alrededor de la luz, digo de los planetas que giran alrededor del sol. Si hablamos de Marte y Vesta etc., siempre estamos dentro del círculo que forman alrededor del sol, y siempre veremos su haz iluminada. Pero ya es tiempo de daros noticia del número de los planetas, y de la diferencia que hay entre ellos. Perdonad, Silvio, si os desagrada el que en esta instruccion no se guarde el órden con que estas materias se tratan en los libros, porque yo hablo con quien no tiene mas principios para la inteligencia de estas materias que los que ahora voy dando, y me es preciso buscar el orden mas acomodado á la inteligencia de los oyentes.

SILV. — Ese será siempre el mejor método.

§ VI.

De los planetas, cometas y estrellas en comun.

TEOD. — Los planetas constantemente visibles, ya á la simple vista ya con el telescopio, que tenemos en los cielos, son en todo veinte y nueve; ademas de esos hay otros que son visibles en un tiempo é invisibles en otro, á los cuales llaman cometas, y de estos trataremos separadamente. Pero de los veinte y nueve planetas, unos se llaman *primarios*, otros

secundarios, como si dijéramos de primera y de segunda clase. Dícense *primarios* los que giran alrededor del sol que es su centro, y *secundarios* los que giran alrededor de un primario, como la luna que gira alrededor de la tierra. Los planetas de la primera clase son once, entre los cuales hay cuatro que se llaman telescópicos porque solo se ven con el telescopio. Los primarios que se ven ó simple vista son; *Mercurio*, *Venus*, *Tierra*, *Marte*, *Júpiter* y *Saturno*: algunos cuentan al *Sol* en lugar de la *Tierra*; pero no parándonos en nombres, este modo de contar de que yo uso es mas conforme á la nocion ó idea que damos del planeta, siendo la de *un cuerpo opaco que recibe luz de otro, y es una pieza principal en este sistema ó fábrica del universo*. El sol, siendo cuerpo de suyo luminoso, mas debe pertenecer á la clase de las estrellas fijas. Pero cuenten como quisieren, no formemos sobre eso cuestion: yo sigo á los astrónomos de mejor nota. Los planetas telescópicos son *Vesta*, *Juno*, *Ceres*, *Palas* y *Urano*. Antes de tratar del movimiento de los planetas es preciso advertiros, que yo no hablo del movimiento que llaman comun y que todos ven, con el cual toda esta máquina de los cielos se revuelve en 24 horas del oriente al poniente. Este movimiento le esplicaré á su tiempo; por ahora solo hablo de los movimientos propios y particulares que cada planeta tiene de por sí: v. g. la luna hoy veis que está junto á aquella estrella, pues mañana ha de estar mucho mas acá hácia el oriente, y notablemente desviada de la misma estrella, y al dia siguiente estará mucho mas apartada, hasta que dé

una vuelta á todo el cielo, y vuelva á juntarse con la tal estrella. Ahora bien, lo mismo hacen los demas planetas : si hoy aparecen cerca de una estrella, mañana se ven lejos de ella, retirándose siempre hácia el oriente ; de estos movimientos propios hablo ahora : tened cuidado, que del movimiento comun á todos los astros trataré á su tiempo. Sentado esto, Mercurio es el mas cercano al sol, y anda alrededor de él : síguese Venus que en mayor distancia hace tambien su giro alrededor del sol. La Tierra dista mas ; y aquí se dividen los astrónomos en dos clases, unos con Tico-Brahe dicen que está fija, y el sol es el que se mueve alrededor de ella, como nuestros ojos nos persuaden : otros con Copérnico, Descartes, Newton etc., afirman que estando el sol efectivamente quieto en el medio del universo, se mueve la Tierra alrededor de él como cualquier otro planeta ; pero de este punto hablaremos cuando esteis mas adelantado para poder entenderlo. Síguese Marte, que tambien anda alrededor del sol, despues de Marte viene Vesta, Juno, Ceres, Palas despues Júpiter, y todavía á mayor distancia Saturno ; por último se presenta Urano. Siendo el sol luminoso astro como el centro sensible de los movimientos de todos ellos, de suerte, que aun suponiendo que la Tierra está quieta, y que el sol gira alrededor de ella, no tiene la menor duda que los giros que los planetas hacen con sus movimientos propios tienen por centro no á la Tierra sino al sol. Sosegaos, Silvio, no os altereis que yo soy católico romano como vos, y al cabo hemos de convenir en el dictamen.

SILV. — Yo no digo nada : el mostrar admiracion y estrañeza al oir algunas cosas que os oigo son movimientos naturales, y á veces indeliberados : proseguid.

TEOD. — Estos planetas fácilmente se pueden distinguir en el cielo de las estrellas fijas si reparais en su luz, hablo de los que no son telescópicos. Esta luz suele ser clara, pero quieta y como muerta, y no tiemblan ni centellean como las estrellas, escepto cuando estan cerca del horizonte, porque entonces el aire ó sea la atmósfera agitada hace que sus rayos se interrumpan, y tiemblen centelleando.

EUG. — Mostradme ahora en el cielo algunos planetas.

TEOD. — A Venus ya le conoceis, y allí le teneis casi ocultándose por el horizonte, porque ahora sigue al sol y anda tras él : ese bien conocido es. Volved ahora los ojos al oriente, y vereis á Júpiter ya bastante elevado sobre el horizonte : allá le teneis.

SILV. — La luz que despide de sí es harto distinta de la de las demas estrellas.

TEOD. — Distinta por su viveza, y por no temblar ni centellear.

EUG. — Es así : á estos dos ya los conozco ; dadme á conocer á Mercurio.

TEOD. — Ahora ya no puede ser : ¿no veis que Venus se está ocultando por el horizonte? Pues Mercurio como anda aun mas cerca del sol, forzosamente se ha de haber puesto gran rato há. Fuera de eso, no es facil verle sin anteojo ; porque como anda muy cerca del sol y es pequeño, la luz de

sol le confunde. Pero á la vista teneis á Marte: ahí está sobre vuestra cabeza: su luz tira á encarnada.

EUG. — Así es; pero mucho menos viva que la de Júpiter.

TEOD. — Tambien su cuerpo es mucho mas pequeño. Ahora dejadme ver si descubro á Saturno..... Allí le teneis muy por encima de la torre de Belen.

EUG. — Ya la veo: ¡qué debil y pálida es su luz!

TEOD. — Así es siempre, y hay mucha razon para que así sea, por la gran distancia á que está, porque es el mas distante de todos los planetas; y como no tiene luz propia, forzosamente le hemos de ver amortiguado, pues es preciso que los rayos del sol anden un espacio inmenso hasta él, y de allí reverberen hácia nosotros, caminando otro espacio aun mayor, y vemos que la luz cuanto mas espacio anda, tanto mas se debilita, porque los rayos siempre van haciéndose mas divergentes. Cuando supiéreis la distancia á que está Saturno, habeis de admiraros de que llegue á verse aun de ese modo que le vemos.

EUG. — Reparo que no habeis contado á la luna en el número de los planetas: y que de los veinte y nueve que habeis dicho que hay solo habeis nombrado once.

TEOD. — Aunque la luna es planeta, no es de la clase de los *primarios* ó del primer orden; es de los *secundarios* ó satélites, que quiere decir lo mismo que guardia de otro. Algunos de los planetas

primarios tienen su guardia alrededor de sí, como de archeros que nunca los dejan solos. Saturno tiene siete satélites que le acompañan, á los cuales podemos llamar siete lunas: Júpiter tiene cuatro, la Tierra uno, que es el que estamos viendo, y Urano tiene seis. Así que, Eugenio, no fue olvido el no haber metido á la luna entre los planetas principales, porque ella es de los del segundo orden, sin embargo de que á nuestros ojos sea tan visible y tan grande como el mismo sol, y no les dí nombres porque no los tienen, esceptuando la luna.

Eug. — Mostradme las lunas ó satélites de Júpiter.

Teod. — Mañana os lo mostraré con el telescopio, porque sin él no se pueden ver á causa de su gran distancia, y porque son mucho mas pequeños que el mismo Júpiter, bien que yo no dudo que sean mayores que nuestra luna, y tal vez que la tierra. Lo mismo digo de los satélites de Saturno, de los cuales por mucho tiempo solo se conocieron cuatro y de los de Urano; pero por ahora es preciso que sepais que todos ellos son de la misma naturaleza de los planetas primarios, esto es, opacos y oscuros de suyo, y por esta razon á veces repentinamente desaparecen de nuestros ojos, otras de repente aparecen.

Eug. — ¿Y por qué sucede eso?

Teod. — Como Júpiter es opaco, dándole el sol por una cara, forzosamente ha de haber sombra en la otra; y como los satélites andan alrededor de Júpiter á veces se meten en su sombra, y queden á oscuras; porque no pueden recibir la luz del sol que

el cuerpo de Júpiter les impide : y quedando á oscuras ¿como se han de ver? De aquí se prueba que son planetas, y no estrellas pequeñas, porque las estrellas, como tienen luz propia, siempre brillan y se dejan ver; pero los satélites, no teniendo mas luz que la del sol, cuando pasan por detras de Júpiter es preciso que queden á oscuras é invisibles, y cuando salieren de la sombra de repente los bañará la luz del sol, y entonces los percibirá la vista.

Eug. — ¿Y tambien su luz es clara y quieta como la de los otros planetas, ó centellean como las estrellas?

Teod. — En todo siguen la regla de los planetas primarios, y quien los mira con telescopio no puede confundirlos con las estrellas, porque la diferencia es manifiesta.

Silv. — ¿Tendrán tambien sus fases y sus eclipses como vemos en los otros de la primera clase?

Teod. — En los satélites de Júpiter son frecuentísimos los eclipses, porque los giros que dan alrededor de él son muy repetidos; pero sus *faces* ó diversas apariencias de la haz iluminada son totalmente imperceptibles, porque si en Júpiter no hay sensible mudanza en la apariencia por la gran distancia á que está del sol, de suerte que comprende á la tierra en sus giros, ¿cómo ha de ser perceptible en los satélites que tienen la misma altura? Mas en el satélite de la tierra, que es nuestra luna, son bien perceptibles las fases, como todos saben, y los eclipses son menos frecuentes, porque mientras la luna hace un giro alrededor de la tierra los satélites

de Júpiter hacen muchos, pues el primero da una vuelta en mas de 24 horas, y los otros á proporcion. Ademas de esto, los satélites de Júpiter como andan muy cerca de él no pueden escapar de su sombra cuando voltean por la parte de atras, y la luna muchas veces deja de caer en la sombra de la tierra, que por eso no siempre hay eclipse de luna en los plenilunios ó lunas llenas, aunque ella de su naturaleza, como todos los demas planetas, no tenga luz alguna.

SILV. — No puedo aquietar mi entendimiento cuando os oigo negar toda luz propia á la luna.

TEOD. — Cuando mañana la viéreis oscura por entrar en la sombra de la tierra, entonces os desengañareis de que no luce por sí, y que toda la luz con que resplandece es prestada. De otra suerte, si ella tuviese de suyo alguna luz, como por ejemplo una vela encendida, cuando estuviese metida detras de la tierra sin que le diese el sol, siempre habia de brillar, y entonces mas, al modo que una vela encendida no brilla nada si está á vista del sol, y puesta á la sombra resplandece.

EUG. — Aquella razon no tiene réplica.

SILV. — Mañana me desengañaré.

TEOD. — En conclusion tenemos que son diez y ocho los satélites ó planetas secundarios, siete en Saturno, cuatro en Júpiter, uno en la Tierra y seis en Urano. En Marte y Mercurio no se han advertido hasta ahora : en Venus ya se ha visto uno por cuatro veces; pero aun no se dan por ciertas y exactas las observaciones. Y juntos los diez y ocho secundarios con los once primarios hacen, como yo os

decia, veinte y nueve planetas, y con el sol treinta astros, que pertenecen á este sistema solar. Ademas de estos hay otros planetas irregulares, que tambien corresponden á esta máquina, y son los cometas: llámanles planetas irregulares, no porque realmente lo sean, sino porque su movimiento no es tan conocido como el de los treinta de que tratamos. De ellos os hablaré mas largamente en su lugar; pero para que no quede truncada esta idea que os doy de la fábrica del universo, tambien os daré una noticia general de los cometas. En el dia, despues del famosísimo cometa del año de 59, nadie duda que los cometas son unos astros criados al principio del mundo juntamente con los otros planetas: la mayor diferencia que los separa en clase diversa está en que los planetas andan alrededor del sol en círculos perfectos ó elipses, que se acercan mucho á círculos. No sé si ya os espliqué qué cosa era *elipse*. Dáse este nombre á lo que llamamos figura oval; y para que esto quede desde luego establecido, porque nos ha de servir en adelante, el modo facil de describir esta figura no es usando del compás, sino de dos clavos, uno aquí en *a* (Fig. 3), otro allí en *b*: atemos un cordel muy flojo de un clavo á otro, y con un puntero ó palillo en la mano pongo tirante la cuerda, y voy corriendo alrededor de una parte y de otra, y la raya que queda señalada con el puntero es una *elipse*, y los dos clavos son sus focos. Cuando quiero, pues, hacer una elipse muy larga,

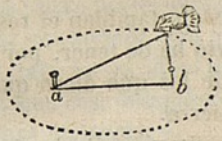


Fig. 3.

no tengo mas que poner dos clavos muy distantes, y cuando la quiero formar casi circular pongo los dos clavos casi arrimados el uno al otro.

EUG. — Estoy enterado : ya sé lo que es elipse.

TEOD. — Los cometas se mueven alrededor del sol describiendo elipses, mas de suerte que el sol caiga en uno de sus focos. Estas elipses son muy largas, y por eso los cometas no se ven de continuo sino de tiempo en tiempo, porque mientras andan por aquella porcion de elipse que está arrimada al sol podemos alcanzarlos con la vista; pero cuando van corriendo por la elipse adelante, se ponen á tan gran distancia, que no se pueden ver ni con los mejores telescopios, hasta que pasados los años determinados para su período ó revolucion vuelven á acercarse al sol, y se dejan ver de los hombres. Los planetas tambien se mueven en elipses; pero son muy cortas y casi como círculos : por eso nunca se sustraen á nuestra vista. En lo restante hemos de juzgar que así los cometas como los planetas son unos cuerpos esféricos y opacos, invisibles por su naturaleza, y solo visibles por la luz que reflecten del sol. Lo demas que hay que decir acerca de sus colas, movimientos y periodos, queda para su lugar, como tambien el responder á varias dudas que Silvio ha de tener, por cuanto creo seguirá la opinion de los que dicen que son vapores levantados de la tierra.

SILV. — En lo cual no tengo la menor duda, y está espreso en Aristóteles si no me engaño.

TEOD. — De todo eso ya hablaremos despacio cuando el buen orden nos condujere á tratar de

estos astros en particular, que hoy os quiero dar una idea de los astros en comun.

EUG. — Ahí temo ya armada la pendencia, mayormente porque Silvio irá á prevenirse á casa para ella.

TEOD. — Ultimamente, Eugenio, ademas de estos cuerpos opacos que rodean al sol, tenemos otros muchos luminosos, que son las estrellas, las cuales á nuestro modo de hablar no tienen que ver con el sol, ni andan alrededor de él. Llámanlas estrellas fijas: estas asientan todos que tienen luz propia, porque estan á una distancia tal, que seria imposible que la luz del sol llegase allá con fuerza capaz de reverberar para nosotros, pues la distancia de las estrellas es incomparablemente mayor que la de Saturno. Estas estrellas no estan fijas y engastadas en algun cuerpo sólido, como el vulgo imagina, porque unas estan á distancia mucho mayor que las otras: cada una de ellas es como un sol, y parecen tan pequeñas á causa de la inmensa distancia á que nos hallamos respecto de ellas. La *via lactea* que estais viendo, ó, como el vulgo la llama, el *camino de Santiago*, no es otra cosa que una incomprensible multitud de estrellas menudas y juntas, que no se distinguen entre sí con los ojos; pero los telescopios nos dan á conocer que esa luz continuada que parece una nubecilla blanca y rala no es sino una coleccion de muchas estrellas, que casi desaparecen de nuestros ojos por su inmensa distancia.

SILV. — Prosigamos la conversacion; pero si no os incomoda entrémonos adentro, que aquí ya la luna nos causa daño.

TEOD. — Entremos; pero no tengais recelo de que la luna os perjudique á la salud.

SILV. — Es cosa constante que así como es util á muchas plantas, es nociva á los hombres.

EUG. — Yo siempre lo tuve entendido.

§ VII.

Del influjo de los astros en los cuerpos terrestres.

TEOD. — Tambien yo estuve muchos años en esa persuasion; mas por último he venido á conocer, despues que adquirí alguna mas instruccion por medio de la lectura y esperiencia, que en ese particular habia grandes errores y preocupaciones de la niñez.

SILV. — Es principio para mí certísimo que todos los astros influyen en los cuerpos *sublunares*, y que unos tienen influjo benigno otros maligno. Y siendo el influjo del sol bueno, ¿por qué no será malo el de la luna?

TEOD. — En el influjo del sol no tengo duda; porque es innegable el calor que causa en los cuerpos terrestres, y este calor junto con la luz es el que da vigor á las plantas, y como alma y vida á todo el mundo. Del influjo de la luna en parte dudo y en parte no; tengo por cierto que las mareas proceden de ella, y asimismo muchos vientos y otras muchas mutaciones en esta próxima region del aire: si concedemos á la luna la fuerza de atraccion que

está casi evidentemente probada entre todos los cuerpos celestes, con ella puede mover las aguas del Océano, y la tenue masa del aire, y con esto causar notables alteraciones en la economía de la naturaleza. En cuanto á estos puntos no tengo duda, y hablaremos de ellos á su tiempo; ahora por lo que toca al influjo sobre las sementeras y mariscos, y sobre nuestros cuerpos, me ocurren bastantes dificultades, y muy fundadas: últimamente, acerca del daño que podemos padecer estando espuestos á la luna, estoy cierto de que es miedo vano, y sin el menor fundamento. Vamos discurriendo por partes. Si la luna hiciera daño á los humores de un hombre que con la cabeza descubierta se pone á ella, tambien lo causaria al otro que con la cabeza abrigada debajo de las mantas está durmiendo en un aposento bien cerrado. La luna solo puede obrar por virtud de esta atraccion que he dicho; y si con ella puede perturbar los humores del cuerpo humano lo ejecutará igualmente en cualquier lugar; pues yo veo que del mismo modo revuelve el agua de la superficie del Tajo que la que está en el fondo del mar, y que llega á hacer efecto en la porcion de agua que corresponde á los antípodas, atravesando su virtud todo el grueso de la tierra, sin que eso la estorbe ni disminuya su fuerza de obrar, como lo veremos al hablar de las mareas; no porque haya espíritus, efluvios ó algunos cuerpos sutiles, que para ese efecto atraviesen la tierra de parte á parte, sino porque la ley de la gravedad ó atraccion obra de otro modo, como ya os dije al tratar de la gravedad de los cuerpos terrestres. Esto supuesto, el

que dijere que la luna por la fuerza de su atraccion mueve los humores de quien está puesto á su luz, no debe decir que esa atraccion sea tan debil que un pañuelo ó sombrero puesto en la cabeza la frustre, ni aun el tejado de nuestras casas; porque si el grosor de toda la tierra no defiende de la atraccion de la luna al agua de nuestros antípodas, que está á la otra parte del globo terráqueo, ¿qué podrá hacer la pared mas gruesa? Esto en cuanto á ser la luna nociva ó no. Ahora vamos á las sementeras.

SILV. — Esperad; ¿pues qué solo por virtud de la atraccion puede obrar la luna?

TEOD. — Sí.

SILV. — ¿Y el sol no obra por otros medios sin que sea el de la atraccion?

TEOD. — El sol sí, porque obra con el calor y con las partículas de fuego, que siendo de su misma naturaleza sabemos que se introducen en los cuerpos terrestres; y este calor puede causar grandes mutaciones y efectos en los cuerpos: al contrario, la luz de la luna por mas esperiencias que se han hecho con ella ninguna alteracion sensible induce en los cuerpos. El descubrimiento del Daguerreótipo únicamente ha dado pruebas del influjo de su luz; pues llega á afectar las chapas metálicas, de suerte que Arago espera por este medio tener mapas de la luna mucho mas exactas que las que se han grabado hasta ahora; mas esto es solo con respecto á la luz. Los mayores y mas activos espejos ustorios que puestos al sol derriten prontamente los metales y petrifican muchas materias, no serán capaces de

hacer subir medio grado al termómetro mas facil en obrar que se les ponga en el foco, aunque esten espuestos por mucho tiempo á los rayos de la luna. Hanse hecho exactas diligencias para ver si se notaba alguna diferencia en el termómetro con la luz de la luna; pero siempre en vano, de que resulta que por medio del calor no puede la luna hacer mal ni bien á los cuerpos terrestres.

SILV. — ¿Y qué me direis de la constante esperiencia de los enfermos, los cuales uniformemente se quejan en las lunaciones, aun sin saber que son dias de eso?

TEOD. — Ese ya es otro punto, en que yo no tengo toda la certeza necesaria; pero en todo caso quiero deciros mi pensamiento y contaros una historia. Tuve en mi casa algunos años un huésped, hombre de pocas letras, y muy tenaz en el dictamen que una vez formaba; este habia tomado tal aversion á los viernes, que queria persuadirnos que en ese dia todo sucedia mal, y que era dia terrible, y formaba un largo catálogo de desgracias suyas y agenas sucedidas todas en viernes. Intenté disuadírselo, atribuyendo á casualidad lo que él juzgaba ser influjo del dia, mas no pude: mostrábale como las voluntades libres de las personas, de las cuales pendian gran parte de aquellas desgracias, no podian ser movidas por algun oculto influjo del dia de la semana, y que este no es cosa capaz de influir, pues el sol que le forma forma todos los demas, etc.; mas nada bastó, porque se defendia con su esperiencia. Tomé el partido de callar, y por una temporada fuí anotando todo cuanto sucedia con espresion de los

dias. Al cabo de dos meses volví á mover la cuestion, y despues que él refirió, segun costumbre, la serie de sucesos infaustos acaecidos en aquel dia, salí yo con otra mucho mayor de acontecimientos felicísimos, tanto pertenecientes á él como á otros, sucedidos en viernes; y despues referí otra serie de sucesos desgraciados que habian acontecido en diferentes dias de la semana, señaladamente en el miércoles, que él llamaba dia feliz. Y solo con este argumento logré convencerle. Lo mismo digo en el presente caso; en estando nosotros preocupados de una cosa, todo cuanto sirve para confirmar esa idea se deposita en la memoria con particular cuidado, porque todos se alegran de acertar, y tambien hacen aprecio de aquellas cosas que nos persuaden que acertamos: al contrario, todo lo que no favorece ó desmiente nuestra idea, como no se estima, no se deposita en la memoria, y así se olvida. Vos mismos habeis de tener una esperiencia propia que confirme este discurso mio, del mismo modo que todos los buenos médicos curais á muchos enfermos; pero tambien otros muchos se os mueren en las manos, y oireis en las juntas que los médicos forman un largo catálogo de los que tuvieron buen éxito con aquel remedio, y conservan en la memoria los nombres, calles, oficios, etc.; pero de los que murieron no forman relacion, ni aun conservan memoria sino de algunos mas notables.

SILV. — ¿Y para que se ha de conservar una memoria triste?

TEOD. — Pues lo mismo sucede en innumerables casos. Vos solo haceis mencion de los enfermos que

se quejan en dias de lunacion; pero no haceis cuenta de los que se quejan en otros dias. Si hicierais igual reflexion sobre unos y otros, tal vez hallariais que la luna tenia poco influjo sobre los enfermos. Esto para mí es muy probable en las lunas llenas y nuevas; pero todavía lo es mas en los cuartos, porque en esos dias no hay razon alguna ni aun aparente. En las lunas nuevas y llenas, como la atraccion de la luna y del sol obran por una misma línea, causan efecto sensible en las mareas, y podrá alguno fundarse en esa atraccion para afirmar que la luna altera los humores; pero en los cuartos, aunque la luna tuviera influjo y despidiera efluvios hácia acá, no habia apariencia de razon para que en ese dia fuesen mas que en cualquier otro entre la luna nueva y la llena. En estos dos dias dicen algunos que la luz del sol pasando por la luna, ó dando en ella y reverberando totalmente hácia la tierra, trae consigo grande abundancia de efluvios malignos, etc.; pero en los cuartos no sé qué apariencia de razon pueda haber para creerlo. ¿Qué conexion tienen los humores del cuerpo humano con que nosotros veamos solo un cuarto de la luna claro y el otro se quede oscuro?

SILV. — Teodosio, dejaos de impugnar eso, que es una heregía médica lo que decís. ¿No puede la luna influir en los vientos, en las lluvias, etc.? Luego tambien podrá influir en los cuerpos enfermos; quede esto sentado, y pasemos á otra cosa.

TEOD. — En los vientos ó lluvias, y en toda la atmósfera ó region del aire y vapores que nos rodean, puede la luna influir así como en los mares

por virtud de la atraccion, como diré á su tiempo; y esta sola atraccion basta para motivar esas mutaciones de tiempo, las cuales por la misma razon mas se gobiernan por las lunas nuevas y llenas que por los cuartos. Pero no sé cómo la fuerza de la atraccion de la luna obra en los enfermos, y esa es la razon por que digo que en este punto tengo muchas dudas, y no lo doy por cierto. Solo sí confieso que puede la luna manifiestamente causar novedades en los enfermos *indirectamente* como dicen, en cuanto induce alteracion en los vapores y vientos, y estos tienen gran dominio sobre los dolientes.

SILV. — Sea del modo que quisiéreis, con tal que sea como la esperiencia nos enseña.

TEOD. — Vamos ahora á las sementeras, que esto pertenece á Eugenio, segun lo que poco há le he oido. Eugenio, no os canseis en andar observando la luna, ni mirando el almanak para hacer los injertos ó sementeras que quisiéreis. Daréos, para desengaño de esa general preocupacion, dos testigos los mas abonados que se podrán hallar en esta materia. Aquí los he de tener registrados en un libro desde que los encontré [1]. Aquí estan: el primero es Mr. Normand, director de los frutales y huertas del rey de Francia, el cual traducido del frances dice así: *Entre un grandísimo número de esperiencias hechas con la mayor exactitud en diferentes años sobre cada una de las operaciones de la agricultura, no he hallado ninguna que favorezca á la servil su-*

[1] *Espect. de la natur.*, tom. II, p. 145.

jecion de nuestros antiguos á los diversos aspectos de la luna. El otro testigo es Mr. de la Quintinie, su predecesor, el cual dice que no hay cosa mas frívola que cansarse en observar el dia de la luna cuando se quiere plantar ó cortar, etc.; que es preciso hacer cada cosa en su sazon, escogiendo el tiempo propio, y atribuir el éxito al sol, al temple del aire, etc. Esta preocupacion general está tanto mas arraigada cuanto es mas antigua, y cuanto la gente del campo es mas asida á los dictámenes de sus padres, dando mucho menos al discurso que á su autoridad. Los antiguos ya fueron culpables en esto, y creo yo que fue esta la causa. Como la gente del campo no tenia almanakes, se gobernaban por las lunas para distinguir las diversas partes del año: los meses eran lunares, y corria entre ellos como cosa cierta que tal grano debia sembrarse en cuarto mes de la luna, cuando estuviese á la mitad, y esto venia á ser luna llena: que la otra planta era conveniente disponerla en el séptimo mes por ejemplo, ya casi al acabar, y esto venia á ser cuarto menguante: la otra en el octavo mes al principio, lo cual venia á ser luna nueva. Cada revolucion de la luna era su mes, y la cuarta parte de esta revolucion era una semana: miraban á la luna para saber en qué altura estaba el mes, ó qué semana del mes era, y tambien para saber si era el tiempo propio de sembrar ó plantar; y como los hijos criados con sus padres veian desde pequeños mirar á la luna, y que sus padres se guiaban por ella, no preguntaban el por qué, antes ciegamente iban creyendo que la luna en aquel cuarto influia en las simientes, y

las hacia salir bien, etc. Así que, Eugenio mio, el sol, las lluvias, los vientos y la estacion del año es á lo que se debe atender, porque solo esto puede conducir al buen ó mal éxito de las sementeras. Y baste de conferencia, que para el primer dia ha sido bastante larga.

Eug. — Resta que digais algo sobre el influjo de los demas astros, porque siempre he oido decir nació debajo de buena estrella, y en los repertorios ordinarios leo muchas veces que en este mes predomina Marte, en aquel otro Saturno, etc., y atribuyen á esto el que los que nacen bajo el dominio del astro sean melancólicos ó coléricos, ó de estatura grande ó de nariz larga por ejemplo, y tambien de costumbres disolutas. Decidme lo que entendeis sobre esto.

Teod. — Lo que yo entiendo es que los magistrados debieran prohibir todos estos papeles, que no sirven sino de desacreditar á la nacion por donde circulan, y llenar de errores la cabeza del vulgo, que los lee casi con tanta fe como si fuera el mismo evangelio. Nacer debajo de buena ó mala estrella es una cosa que no se puede entender. Las estrellas del cielo á causa de su inmensa distancia ningun influjo pueden tener en la tierra.

Eug. — Acuérdome de que hablando de la luz dijísteis que gastaba muchos años en venir desde las estrellas hasta nosotros.

Teod. — Pues ahí vereis cuanto gastaria en venir ese influjo para hacer mal ó bien á la criatura que nacia. Pero supongamos que vengan esos influjos como quisieren : todas las estrellas del cielo estan

á una inmensa distancia de la tierra, la cual es como un puntito nadando en medio de un espacio vastísimo é inmenso. Si una estrella influye, ¿por qué razon no han de influir todas las que estan en el cielo? Y si influyen hoy, ¿por qué no han de influir todos los dias, siendo en ellas siempre una misma la distancia, y pasando todas por encima de nosotros dentro de 24 horas? Mas: si influyen en un pais, ¿por qué no han de influir en todos, siendo el globo terráqueo un punto en comparacion de las estrellas? Lo mismo digo de los planetas: quisiera que me esplicaran esto: si para nacer debajo del dominio de Marte basta que él esté entonces sobre el horizonte, siendo así que en 24 horas da una vuelta entera alrededor de la tierra, la mitad de los niños que naciesen le alcanzarian sobre el horizonte, y la mitad debajo: lo mismo digo de los demas. ¿Qué clase, pues, de observacion se puede hacer en una cosa necesariamente general á la mitad de los hombres?

SILV. — Tal vez querrán decir que el tal planeta estaba á plomo sobre la tierra al tiempo del nacimiento.

TEOD. — Eso no puede ser sino en la zona tórrida, y siete grados y medio fuera de ella, porque nunca puede ningun planeta salir fuera del zodiaco, ni pasar á plomo acá por encima de nosotros. Ademas de que si Júpiter, v. g., pasara bien á plomo por sobre nuestras cabezas al tiempo del nacimiento del niño, ¿tan encañonados habian de venir esos influjos, que saliendo de todo el cuerpo de Júpiter, que es mucho mayor que la tierra, solo lle-

gasen acá al puntito de la casa en que nació la criatura, y no se esparciesen por todo el globo de la tierra, ó á lo menos por todo el reino en contorno? Y si á todos llega ese influjo, ya respecto de ellos no pasó á plomo; y si esto no es preciso, todos los demas planetas que siempre estan mirando á la tierra ya á plomo, ya oblicuamente, estarán influyendo sobre ella, y nada se podrá atribuir mas á este planeta que á los otros.

SILV. — Yo no entiendo de astronomías; pero siempre oí decir que la diversa conjuncion de los astros tenia algun dominio sobre los cuerpos terrestres. Ahí teneis una cosa constantemente observada por los médicos, que cuando el sol entra en la canícula no es conveniente ponerse en cura ni tomar remedio mayor: esto no lo habeis de negar.

TEOD. — No puedo concederlo. Sé que esa es la costumbre de algunos médicos que se guian por las doctrinas de antaño; pero sé tambien que los que siguen el movimiento del arte no sueñan semejante cosa y curan cuando la enfermedad reclama curar, sin atender á otra cosa que las circunstancias en que se halla el individuo. ¿Qué tiene que ver el sol con las estrellas, que estan mas de setenta mil millones de leguas distantes de él? Y ¿qué tienen que ver ellas acá con nosotros para perturbarnos los remedios? Entrar el sol en la canícula quiere decir que en estos dias el sol mirado desde la tierra corresponde en el cielo á estas estrellas, al modo que mirando nosotros á la torre del Bugio en la barra, nos corresponde á aquella estrella brillante que va á ocultarse; pero si se mirare al sol en esos dias de

otra parte fuera del globo terráqueo se verá la constelacion muy distante, así como al que ahora mirase desde Cascaes á la torre del Bugio le habia de parecer enfrente de alguna estrella del oriente. Luego en esos dias caniculares tanta conexion tiene el sol con la canícula como con cualquier otra constelacion. Es verdad que decimos que está en ella; pero eso no es porque realmente lo esté, sino porque mirándolo de acá, corresponde á ese lugar del cielo, y sin embargo está tan lejos de esa constelacion como de todas las otras. Por lo cual para saber cuando empiezan los caniculares no habeis de consultar al almanak, sino observar las calmas y otras disposiciones del tiempo y sobre todo las circunstancias individuales del enfermo y la naturaleza de su enfermedad, á fin de hacer juicio de si conviene ó no entrar en cura. Esto es lo que yo entiendo: vos seguid lo que mejor os pareciere, y gobernaos allá, pues sois médico de profesion.

SILV. — Como me crié médico peripatético pienso morir con todos esos abusos, y en la canícula solo en caso de grave necesidad haré remedio mayor.

EUG. — Es una constancia loable.

TEOD. — Los hombres no han de ser fáciles en variar. Insensiblemente hemos alargado la conversacion mucho mas de lo que yo quisiera, atendiendo á que Silvio aun no ha descansado de su viaje.

SILV. — Fue corto, y hecho con comodidad; pero ahora es preciso retirarme á casa: mañana vendré á ver el eclipse. Quiera Dios que de la luna de esta noche no me resulte algun daño.

TEOD. — Id sin susto, que la luna no es ningun basilisco, ni hace mal de ojo : venid temprano para que cuando empiece el eclipse tengamos acabada la conferencia.

SILV. — Obedeceré como debo.

TARDE DECIMACUARTA.

DEL SOL Y LA LUNA EN PARTICULAR.

§ I.

Del sol y de su naturaleza, figura, grandor, peso, densidad, manchas y atmósfera.

SILV. — Contra la esperiencia no sirven argumentos.

TEOD. — ¿Pues qué, qué es eso, Silvio? ¿Qué os ha sucedido?

SILV. — Ahora vengo de casa de nuestro amigo el comendador, el cual queda muy malo con una apoplejía que le dió esta mañana: es dia de luna llena, y ademas de eclipse, que dicen será muy grande: ¿y todavía direis que los eclipses y las lunas no influyen en los cuerpos?

TEOD. — Mal estamos nosotros, Eugenio, que hemos de aguantar por entero toda la maligna influencia de la luna mientras dure el eclipse: ¡desdicha-

dos de los astrónomos, que hoy caerán apopléticos mas de tres mil en todo el mundo! Decidme, Silvio, ¿y habeis tenido cuidado de preguntar qué cenó anoche ese enfermo, qué modo de vida tenia, y en qué disposicion se hallaba algunos dias antes del insulto?

SILV. — Ya andaba amenazado algunos dias habia con unos vahidos muy pesados, y es de notar que el primero le dió dos dias despues de la luna nueva. ¿Veis como á la luna se le debe imputar todo el daño? Y ayer tuvo una grande indigestion ocasionada de desorden en el comer.

TEOD. — Ahí teneis el verdadero eclipse que le hizo mal.

EUG. — Siempre el eclipse es mas activo que la luna nueva, porque esta solo le causó repentinamente una apoplejía.

SILV. — No repareis en eso, Eugenio, porque es cosa sabida que las lunas obran aunque sean tres dias antes ó tres despues; con que bien podemos sin escrúpulo atribuir á la luna nueva el primer vahido.

TEOD. — Pues por esa regla todos los demas vahidos, y cuantas puñaladas se dan, cuantos hurtos se hacen, y cuantos males suceden, los podeis atribuir á la luna; porque como hay luna cada siete dias, en acabándose los tres despues de la luna nueva, en que ella tiene jurisdiccion, entran los tres dias antes del cuarto creciente, en los cuales ya ella vuelve á dominar, y tenemos todos los dias ocupados con la jurisdiccion de la luna. ¡Terrible astro!

SILV. — Dejémonos de eso, y veamos qué hay que discurrir esta tarde para la inteligencia del eclipse.

TEOD. — Ayer hablamos de los cielos y astros en comun: algunos ya los conoceis por sus nombres y figuras: sabeis que todos los planetas son de suyo oscuros y opacos; que el sol es el que les comunica la luz con que resplandecen; pero todavía esto no basta, mucho mas es menester: vamos hoy considerando en particular esos mismos astros para que conozcais la causa de los efectos que de ellos vemos. El primer lugar le tiene el sol. Este es un cuerpo luminoso y brillante: mas ¿es el sol un cuerpo en combustion?

EUG. — Así parece en efecto, puesto que arroja luz y fuego como haria una hoguera; como esta, calienta, quema y alumbra, y si reunimos sus rayos en el espejo ustorio, hallamos enteramente los mismos efectos que en el fuego terrestre.

SILV. — En esto no cabe la menor duda; el sol es un cuerpo en combustion, es fuego puro, y dudar de esto es dudar de la verdad mas patente.

TEOD. — Algunos han imaginado, en efecto, que el sol es un cuerpo que está ardiendo, y que las manchas oscuras que presenta, de las cuales y de lo que se llama *fáculas*, os hablaré luego, son una especie de escorias que flotan en la superficie de esta materia derretida y ardiente, y esplican las *fáculas*, esto es, manchas luminosas, diciendo que se deben á erupciones volcánicas de aquella masa en fusion. Mas semejante suposicion no se aviene con los fenómenos observados, y los astrónomos se han

visto precisados á abandonarla. Hé aquí como se considera hoy dia la naturaleza ó constitucion física del sol. Mírase este astro como compuesto de un núcleo oscuro y sólido, envuelto con dos atmósferas, una oscura, otra luminosa. En esta suposicion se esplican las manchas oscuras por unas sesgaduras producidas en ambas á dos atmósferas, por entre las cuales se deja ver el núcleo oscuro del sol; la penumbra es la estremidad de la atmósfera oscura menos escitada en lo ancho que la atmósfera luminosa que se percibe alrededor de la abertura que deja ver el núcleo.

SILV. — Muy estrambótica es la tal suposicion.

TEOD. — Por estraña que os parezca tiene la ventaja de esplicar perfectamente todos los fenómenos, y adquiere un fuerte grado de probabilidad, cuando se considera que la materia incandescente del sol no puede ser sólida ni líquida, sino necesariamente gaseosa. En efecto, los rayos luminosos, dimanados de una esfera sólida ó líquida en incandescencia gozan de las propiedades de la polarizacion; mientras que los que se escapan de los gases incandescentes no las presentan. La aplicacion de este principio á los esperimentos hechos sobre el sol, ha conducido á la consecuencia que hemos sentado.

SILV. — ¿Y qué esperimentos son estos?

TEOD. — Por medio de un anteojo provisto de un pedazo de cristal y que dé en él su foco, cuando se mira el sol, dos imágenes coloradas, se hacen los tales esperimentos. Un mecanismo muy facil permite alejar ó acercar una ú otra de estas imágenes, y hasta sobreponerlas en todo ó en parte. Este an-

teojo sirve para reconocer que la luz de los bordes del sol es tan intensa como la del centro ; porque si se sobreponen las imágenes del sol, de modo que el borde de la una coincida con el centro de la otra, se producirá, en los puntos de coincidencia, una luz perfectamente blanca. De lo cual resulta 1° que los bordes del sol tienen una luz tan intensa como el centro ; 2° que los colores de ambas á dos imágenes, producidas por el anteojo, son complementarios el uno del otro.

Eug. — Esto bien parece sostener la dicha suposicion.

Teod. — Otra consecuencia resulta de que la luz de los bordes del sol es tan viva como la del centro : y es que el sol no tiene atmósfera mas allá de la materia luminosa, porque si fuese de otro modo, la luz de los bordes, como tendria una capa mas fuerte que atravesar, se hallaria mas debilitada. Cuando hablamos de la luz ya vimos que habia el sistema de la emision y el de las undulaciones, el mas comunmente seguido. Ya os he indicado tambien en varias partes la analogía que existe entre la causa que produce los fenómenos eléctricos y la que produce la luz. Si no me engaño, os dije tambien que, haciendo pasar una corriente electrico-galvánica al interior del recipiente de la máquina pneumática, y reuniendo ambas electricidades en un pedazo de carbon, se desarrollaba una luz vivísima sin que el carbon ardiese.

Eug. — No tengo olvidado ninguno de estos fenómenos.

Teod. — Pues ¿y si supusiésemos que el sol y

demas astros que brillan con luz propia son otros tantos puntos donde se reunen corrientes colosales de electricidad, cuya reunion los vuelve tan sobre manera luminosos, sin que su núcleo se gaste por ninguna combustion, puesto que el carbon en el esperimento citado no se gasta tampoco, y sin que esta luz se acabe puesto que las corrientes de electricidad son inagotables; seria semejante modo de pensar tan fuera de propósito?

Eug. — Por mas que me diga Silvio que á todo me acomodo, no veo nada que pueda combatiros esta idea como un absurdo. Vos mismo me dijisteis que la luz brillante de las auroras boreales no se debe sino á corrientes magnéticas que se reunen allá en el cielo: ahí teneis que si los habitantes de la luna, supongo que los hubiese, pues no sé si los hay ó no, se hallasen á una debida distancia para poder ver la luz de una aurora boreal, verian brillante el punto de la tierra correspondiente, siendo así que no les enviaria la luz del sol reflejada, puesto que el sol se halla en tales casos en el hemisferio opuesto.

Teod. — Discurrís acertadamente: hechos para probar la posibilidad de que la luz de un astro es una reunion de dos corrientes de electricidades opuestas los tenemos en el carbon de la máquina pneumática, de un modo positivo, y en la aurora boreal de un modo mas que probable. Con todo yo me limito, por ahora, á indicaros esta sola idea, porque no tengo todavía suficientes datos para arriesgarlo aun como nueva teoría. Veamos pues, dejando á parte esta cuestion, si es posible saber cual es la

temperatura de los rayos solares. M. Pouillet ha imaginado y practicado un esperimento que es el siguiente. «Supongamos, dice, una esfera de hielo, taladrada en la superficie para que permita la introduccion en el centro de un termómetro que se mantendrá á cero. Supongamos ahora que se haga llegar rayos luminosos hasta el termómetro; este se calentará y subirá cierta cantidad. Si se conoce la distancia que hay del cuerpo luminoso al termómetro, la relacion de la abertura por la cual los rayos luminosos hayan penetrado con el de la circunferencia entera de la esfera y la cantidad que habrá subido el termómetro, se podrá calcular la cantidad de calor que habrá lanzado el cuerpo incandescente. Cualquiera que sea la distancia, con tal que sea conocida, será siempre facil de llegar á determinar la cantidad de calor enviado por medio del termómetro.»

EUG. — ¿Y cual fué el resultado del esperimento de este físico?

TEOD. — Halló que su termómetro, colocado en estas condiciones, no subia nunca mas allá de 7° y medio, y nunca bajaba mas allá de 6°, lo cual le dió unos 1200°, como término medio de la temperatura de los rayos solares.

EUG. — Mas decidme, Teodosio, ¿es muy grande el sol?

TEOD. — El sol es mas grande que todos los planetas juntos, y 1,500,000 veces mayor que la tierra. Si suponeis á la tierra un diámetro como uno, el sol tiene un diámetro como ciento y nueve enteros y noventa y tres centésimos. El diámetro de la tierra

como veremos es de 2865 leguas, cada legua de 2280 toesas; así el sol tiene de diámetro trescientos catorce mil, novecientos cuarenta y nueve leguas, y cuarenta y cinco centésimas partes de legua. Vamos ahora á determinar el volumen del sol. Suponed tambien el de la tierra uno, el del sol es un millon, trescientos veinte y ocho mil cuatrocientos sesenta.

EUG. — No me admiro de esa variedad; lo que sí me causa admiracion es que se pueda saber tanto.

TEOD. — En el discurso de estas conferencias tal vez llegareis á hacer concepto del modo con que se saben estas cosas. Conocido el tamaño del sol, vamos á determinar su peso y densidad.

EUG. — Eso nunca esperé yo que los hombres tuviesen la felicidad de haberlo conseguido.

SILV. — Ni yo que tuviesen el atrevimiento de intentarlo. Decidme, pues, Teodosio, ¿y de qué balanza se sirvieron los hombres para pesar el sol?

TEOD. — De la de la razon, que á quien la sabe manejar le sirve de mucho. En uno de estos dias que vienen os diré el modo cómo se puede averiguar el peso de los astros. Ahora no os lo digo, por no pervertir el orden que pienso seguir en esta esplicacion : permitidmelo, Eugenio. Continuando, pues, lo que decia del peso absoluto ó de cantidad de materia que hay en el sol, se le da por las observaciones y cálculo el peso ó cantidad de materia, siguiente : siendo la tierra uno, el sol es trescientos treinta y siete enteros y ochenta y seis centésimos. La densidad del sol es, siendo la tierra uno 0,25624,

así ya veis que es específicamente mas ligero. Yo os esplicaré á su tiempo el modo de examinar el peso y la densidad de los planetas.

EUG. — No me olvidaré de traeros á la memoria el que nos hagais una esplicacion mas estensa de ese modo de examinar y hacer anatomía (digámoslo así) de los astros del cielo.

TEOD. — Por lo que pertenece á la figura es esférica ó redonda, aunque á la vista parece un cuerpo chato ó llano; y el fundamento porque se cree que tiene figura de globo ó esfera viene á ser este. Si el sol fuera de cualquier otra figura diversa de la globosa, cuando fuese dando vuelta, como la da sobre su eje, no siempre nos habia de presentar una haz circular, cual testifican que siempre se representa á nuestros ojos.

SILV. — ¿Y por dónde nos consta á nosotros que el sol da vuelta alrededor de sí mismo?

TEOD. — Porque se descubren en él algunas manchas unas oscuras otras luminosas, que se llaman como os he dicho *fáculas*, las cuales siempre van pasando de una parte á otra, y al cabo de algunos dias vuelven á pasar. Este movimiento manifiesta que el sol se revuelve sobre su eje á manera de cigüeña. Y todas las circunstancias de este movimiento concuerdan con el de una esfera sobre sí, porque no siempre estas manchas aparecen en la haz del sol, guardando entre sí una misma distancia: cuando estan en el medio, siempre tienen mayor distancia aparente que cuando estan hácia el borde ú orilla del sol (reparad en estos nombres porque son términos propios de la materia). Sien-

do, pues, el sol una bola que tuviese varias manchas siempre á igual distancia, las que nosotros viésemos de frente, las habíamos de ver con mayor separacion, y mas grandes que las que viésemos de lado; porque habian de parecer mas estrechas y mas arrimadas unas á otras, como es manifiesto. Pues así sucede en el sol; y por la misma razon las manchas que pasan por el medio corren con mas velocidad que las que pasan por mas arriba ó por mas abajo del medio; porque como han de dar mayor vuelta á causa de la mayor circunferencia, y siempre ha de ser esto al mismo tiempo en que todas voltean, forzosamente deben andar mas apriesa.

Eug. — Todo debe ser así supuesto que el sol sea esférico, y que se mueva alrededor de sí mismo.

Silv. — ¿Y no podrán esas manchas ser engaño de la vista, ó provenir de algun polvo de los telescopios?

Teod. — Venid á cercioraros por vuestros ojos antes que el sol se ponga, porque esta mañana he visto yo en él siete manchas bien distintas, y creo que aun se verán.

Eug. — ¿Tantas? ¿y son siempre unas mismas?

Teod. — A veces aparecen muchas, otras menos, otras ninguna. Este año el dia 20 de abril le conté yo cincuenta y una, y algunas eran bastante grandes: nunca hasta entonces lo habia visto tan manchado. Venid á desengañaros, Silvio.

Silv. — Siempre me queda el escrúpulo de si serán manchas del vidrio, y que parezca que estan

en el sol; y me confirmo mas en este recelo con lo que decís de que no siempre son unas mismas.

TEOD. — Aquí teneis el telescopio encarado y defendido con un vidrio verde, que es el mejor modo que hay para observar el sol... ¿Véislo?

SILV. — Sí, lo veo clarísimamente, y percibo en él como unas tres manchas.

TEOD. — Reparad bien, que esa de mas arriba son dos juntas, y la de mas abajo de todo son cuatro pequeñitas, que se confunden en una... Ahora las vereis mejor, porque os puse el telescopio en el punto que vuestra vista requiere.

SILV. — Ya percibo que son dos montecillos de manchas mas pequeñas; pero no distingo cuantas son: ¿y quién me asegura que esto no es del anteojo?

TEOD. — Si son del anteojo, en moviéndole tambien ellas se han de mover; movedle, pues, ligeramente para no perder de vista al sol.

SILV. — Ellas no se menean, ya veo que no son del anteojo; mirad, Eugenio.

TEOD. — Amigo, cuando estas cosas se dan por ciertas, no es sobre conjeturas. ¿Las veis, Eugenio?

EUG. — Muy bien las veo.

TEOD. — Basta, entrémonos acá dentro, y sigamos hablando de estas manchas; algunas tienen por lo comun un minuto de diámetro, y como la tierra no es vista del sol sino bajo un ángulo de 17 segundos, estas manchas igualan tres veces el area de la tierra. En 1779 y 1795 aparecieron manchas que tenian de 6 á 12 mil leguas de diámetro: una de ellas

era de 4 á 5 veces mayor que nuestro globo. El dia 28 de agosto de 1805, se reunieron diez manchas en una sola que tenia 20,000 leguas de ancho. Estas manchas no estan fijas en el disco del astro; véselas pasar y atravesar en cosa de catorce dias, desaparecer y luego volver al cabo de otros catorce dias por el lado opuesto. A veces se apagan de repente ó desaparecen de una manera súbita; se forman otras, pues es variable su número; de modo que nunca se ha visto una que durase mas de 70 dias, y se presentan con una irregularidad perpetua; siendo solo constantes en su marcha. Dícese que por los años 555 la luz del sol quedó disminuida durante catorce meses, y que en 626 se oscureció la mitad del disco durante todo el verano. A veces se han contado hasta unas 50 manchas que al cabo de cierto tiempo acababan estas por desaparecer completamente. Lo mas comunmente estan comprendidas en una zona que no se estiende mas que á 31 grado del ecuador solar. Todo esto es por lo que toca á las manchas oscuras. Ya os he dicho que habia otras luminosas llamadas fáculas, á las cuales debemos la luz que nos alumbra. Algunos creen que las manchas del sol influyen sobre la tierra, y opinan que hay relacion entre ellas y nuestra temperatura, otros dicen que los hechos citados en comprobacion de este modo de pensar son meras coincidencias. Ya os he indicado tambien que no estan acordes los astrónomos acerca de la naturaleza de estas manchas. Laplace creia que era el sol una masa abrasada que esperimentaria inmensas erupciones volcánicas : así las manchas serian cavi-

dades de donde saldrian á intervalos torrentes de lava. Galileo las creia compuestas de humo y escorias que nadarian encima de la materia fundida. Herschell ha emitido la opinion que he establecido poco hace, hablando de la constitucion física del sol. Algunos han dicho que habia entre el núcleo sólido de este astro, y su atmósfera gaseosa inflamada otra atmósfera densísima que disminuia su ardor y resplandor, de suerte que permitia que aquel fuere habitado. Ocioso es deciros cuan conjetural es todo esto. Dejemos pues este punto y pasemos á otros mas positivos.

§ II.

De los movimientos del sol y de su distancia de la tierra, de los eclipses de sol.

Eug. — Del movimiento del sol pueden dar testimonio todos los que tienen ojos, porque bien notorio es que en 24 horas se mueve de oriente á poniente.

Teod. — Ese es el primer movimiento que los astrónomos consideran en el sol, y es comun á todos los astros, los cuales con los cielos sensiblemente dan una vuelta en el espacio de un dia. Pero este movimiento dicen los copernicanos que solo es en la apariencia, y que en realidad el sol está quieto, y la tierra es la que se mueve alrededor de su eje. Y así como cuando vamos embarcados nos parece que los peñascos van retirándose hácia atras, siendo

cierto que ellos estan inmobles, y somos nosotros los que vamos andando hácia adelante; esto mismo dicen los copernicanos que sucede entre la tierra y el sol. La tierra dicen que es como un grande y universal navío que se mueve de poniente á levante en 24 horas, y los hombres juzgan que los cielos y astros todos se mueven de levante á poniente. Pero de este punto hablaremos otro dia largamente. Ademas de ese movimiento comun, que se llama *diurno*, porque se completa en un dia, tiene el sol otro movimiento propio, que es de poniente á oriente, corriendo los doce *signos*, que son doce constelaciones del cielo á que él sucesivamente va correspondiendo. De suerte, que si hoy el sol al salir corresponde en el cielo á una estrella determinada, por ejemplo de la constelacion de *Géminis*, mañana ya nacerá despues que haya salido esa estrella del horizonte, porque entre tanto anduvo el sol hácia oriente casi un grado: de aquí á 30 dias ya ha de corresponder á otra constelacion, que se llama *Cáncer*, y así por las doce constelaciones que llaman *signos*. Estas doce constelaciones juntas forman una faja ó cinta que rodea todo el cielo, y se llama *zodiaco*; y de este modo en 365 dias, 6 horas, 9 minutos y 14 segundos, ha corrido el sol con su movimiento propio todo el cielo en redondo. Si ahora no me entendeis perfectamente, en el discurso de estas conferencias me entendereis mejor, pues aun hemos de volver á hablar de este movimiento. Este tambien es aparente en la opinion de los copernicanos, porque dicen que el sol está fijo, y que la tierra (ademas de revolverse como una cigüeña sobre su eje en 24 horas), tam-

bien da un paseo bastante despacio alrededor del sol en el discurso de un año entero. Como esto pueda ser os lo esplicaré de intento cuando hablaré de este sistema, esponiéndoos el admirable juego de los astros entre sí. Ahora solo es mi ánimo tratar de cada uno en particular.

Eug. — Como sabeis lo que me habeis de decir, dais el mejor orden á las doctrinas, reservándolas para el lugar mas oportuno.

Teod. — Ademas de estos dos movimientos tiene el sol el tercero, que se llama de vértigo ó rotacion; y en cuanto á este convienen todos en que es verdadero, y que en realidad el sol se mueve alrededor de su propio centro. Este movimiento, que, como poco há he dicho, se conoce por las manchas que van siempre pasando de una parte á otra, gasta 25 dias y medio. Advierto no obstante que el eje del sol (esto es la línea que se considera pasar por su centro, y terminar en los dos polos sobre que se revuelve) no está á plomo respecto del plano de la *eclíptica*; yo me esplicaré. Si en el medio de esta mesa redonda ponemos la tierra, y consideramos por su orilla los doce signos, por los cuales el sol se mueve en el espacio de un año, para representar bien su movimiento hemos de traspasar con un alambre una naranja ó cualquier bola, y al paso que fuéremos llevándola por el borde de la mesa, hemos de ir revolviendo el alambre entre los dedos para que la naranja dé vuelta sobre su propio eje. Digo pues que este alambre no debe andar á plomo sobre la mesa sino un poco inclinado, de suerte que haga con ella (lo cual corresponde al que los astró-

nomos llaman *planos de la eclíptica*) un ángulo de 88 grados y medio. Esto es lo que al presente podreis saber sobre el movimiento del sol; ahora pasemos á su distancia.

EUG. — Creo que ha de ser enormemente grande.

TEOD. — Acerca de la distancia de los planetas no puede haber tanta certeza como sobre sus movimientos, pero os diré la opinion que tengo por mas segura, y advertid que esta distancia no siempre es la misma; porque la tierra no está en el centro de la elipse por donde el sol se mueve, ni el sol en el centro de la elipse por donde se mueve la tierra (hablando segun el sistema de los copernicanos). En su perigeo, esto es, en el punto de su órbita menos distante de la tierra, dista 23,580 rayos ó semidiámetros terrestres; ó sea 33,780,420 leguas de 2,280 toesas cada legua. En el *apogeo* que es el punto mas distante de su órbita dista 24,388 rayos terrestres ó 34,938,540 leguas. La distancia media es 23,984 rayos, ó 34,359,470 leguas. La de su gran diámetro es 47,969 rayos, ó 68,720,370 leguas.

EUG. — Bien decia yo que habia de ser enorme esta distancia. Esta distancia ó del sol ó de la tierra al verdadero centro de la órbita del planeta, que gira conforme á los diversos sistemas, se llama *escentricidad;* y eso vale lo que se aumenta la distancia del sol á la tierra cuando es máxima, y lo que se disminuye de la media cuando es mínima. Pero si quereis comparar la distancia mínima con la máxima, la diferencia importará dos escentricida-

des. Y basta de medidas. Vamos á los eclipses del sol.

SILV. — Si lo pudiéseis medir á palmos no andariais con mas menudencias.

TEOD. — El eclipse que llaman del sol verdaderamente es eclipse de la tierra, porque si eclipse es oscuracion, la tierra es en realidad la que la padece, pues cae en ella la sombra que le hace la luna cuando se mete entre el sol y nosotros. Ya sabeis qué cosa es luna nueva, y qué sucede cuando la luna está entre nosotros y el sol, teniendo vuelta hácia él su haz iluminada, y hácia nosotros la oscura.

EUG. — Bien me acuerdo de que ayer nos lo dijisteis, y de la esperiencia de la bola colgada que hicísteis andar alrededor de mi cabeza enfrente de la vela encendida que representaba el sol.

TEOD. — Suponed ahora que estando nosotros mirando al sol pasase la luna por entre nosotros y él : ya se ve que nos habia de quitar la vista del sol ; pues esto es el eclipse. Si nos impidiera la vista de todo el sol, á este eclipse le llamariamos total, si permaneciese algun tiempo el sol todo oscurecido, el eclipse seria total con demora ó detencion ; pero si apenas llegase la luna á encubrir la última orilla del sol se descubriese la primera á la otra parte, seria total sin demora ; si la luna no pasase bien por el medio, sino que encubriendo una parte del sol dejase siempre descubierta la otra, llamariamos á ese eclipse parcial. Todo esto es facil de entender.

EUG. — Y muy facil.

Teod. — Vamos ahora esplicando esto por menor. En primer lugar no puede haber eclipse de sol sino en luna nueva, porque solo en la luna nueva es cuando ella tiene vuelta hácia nosotros la haz oscura, y solo entonces puede suceder el que la luna pase por entre el sol y nosotros. Ved aquí de lo que san Dionisio Areopagita, segun se dice, siendo aun gentil infirió la muerte del Criador; pues sin tener noticia alguna de lo que pasaba en Jerusalen cuando Cristo nuestro Señor padecia, esclamó diciendo: *O todo el mundo se deshace, ó el autor del universo padece;* porque vió un eclipse total del sol en dia de luna llena, lo cual no podia ser sin que se hubiese desconcertado el universo, ó por efecto milagroso, en demostracion de que padecia el Autor de la naturaleza.

Eug. — Discurria bien, porque él esperaba á la luna de una parte y al sol de la otra, como suele suceder en todas las lunas llenas, que cuando se pone el sol entonces sale la luna, y hallando á la luna oscureciendo al sol tenia razon para admirarse. Pero de este modo creo yo que todas las lunas nuevas habrá eclipse de sol.

Teod. — No sucede eso así, porque la luna se desvia unas veces por una parte y otras por otra; y solo cuando pasa perfectamente por entre nosotros y el sol, es cuando nos le encubre, y tenemos eclipse. Luego os daré mas luz sobre este punto. Vamos á las demas circunstancias. La otra que debeis observar en los eclipses del sol es que no son iguales en todas las regiones, ni á un mismo tiempo, ni tampoco generales. A veces tenemos eclipse de sol en

España, mas no en Africa; otras veces es total en Galicia y parcial en Lisboa; y cuando lo vemos aquí aun no empezó en otras partes.

EUG. — Quisiera saber la razon de todas esas circunstancias.

TEOD. — La luna es un cuerpo opaco y hace sombra, al paso que ella va andando va pasando la sombra, y cuando esta da en la tierra va corriendo sucesivamente por las ciudades que encuentra en el camino que sigue, y primero ha de pasar por una, despues por otra, etc. La ciudad donde diere la sombra que la luna hace no puede ver al sol entre tanto, y para ella estará eclipsado ese tiempo; pero todavía se verá desde otra ciudad mas adelante adonde aun no llegó la sombra de la luna; por eso oireis decir que el eclipse de sol empezó á las ocho en esta ciudad, y á las ocho y media en la otra.

EUG. — Eso es evidente.

TEOD. — Tambien de aquí se infiere que el eclipse total del sol solo por milagro puede ser general en toda la tierra; porque así la tierra como el sol son mucho mayores que la luna. Esto supuesto, póngase la luna donde quisiere, nunca ha de impedir que pasen rayos del sol á la tierra, si no dieren en una parte han de dar en otra, porque siendo un cuerpo muy pequeño metido entre dos mucho mayores que él, no puede estorbar el que se vean, y en pudiéndose ver el sol desde la tierra ya está iluminada aquella parte. Tampoco puede jamas ser general en toda la tierra el eclipse parcial del sol, á causa de la pequeñez de la luna respecto de la tierra, y estar muy

cerca de ella. Por la misma razon los eclipses del sol no son iguales en todas las partes donde los hay; porque supongamos que la luna está puesta de tal suerte entre nosotros y el sol que lo encubra todo, y cause un eclipse total; los que estuvieren treinta leguas de aquí hácia el norte ya podrán ver alguna parte del sol por aquel lado, y los que estuvieren á la distancia de cuarenta leguas hácia el norte descubrirán mucha mayor porcion de él, y tanto podrán distar de nosotros que desde sus tierras descubran todo el cuerpo del sol. Y veis aquí como el eclipse del sol no es igual en todos los lugares donde lo hay.

Eug. — Ahora me ocurre una comparacion, que tal vez no será impropia. Cuando andan por el aire algunas nubes sueltas acontece estar el sol encubierto para nosotros, y verse al mismo tiempo bañados de su luz los montes que estan á la otra parte.

Silv. — A veces observamos eso aun en menor distancia. Frecuentemente veo yo el campo cercano á mi quinta con un sol muy claro, y mi casa á la sombra de la nube, la cual brevemente pasa, y me deja volver á ver el sol.

Teod. — Ahí teneis un eclipse tan verdadero como el de la luna, pero irregular y sin periodo determinado: la diferencia solo está en ser la luna ó ser una nube la que encubre el sol; y esa misma comparacion manifiesta que el eclipse no sucede á un mismo tiempo en todas partes de la tierra, porque la sombra de la luna va corriendo del modo que va corriendo la sombra de la nube. Pero advertid, que así como donde da la sombra de la nube no

se ve nada del sol encubriéndose todo, tambien donde da la sombra de la luna todo el sol se eclipsa.

EUG. — ¿Y cómo sucede el eclipse parcial?

TEOD. — Fórmase por la *penumbra* del sol. Ya os dije qué cosa es *penumbra*; pero dejad que os dibuje aquí una figura para que me entendais mejor. Aquí teneis esta (Fig. 4): en lo alto está el sol S, en el medio la luna H, y como el sol es mucho mayor que la luna, la sombra que esta causa hácia acá abajo ha de ser piramidal, y tanto será mas estrecha cuanto mas distare de la luna. Suponed que la línea *fp*R*q* es un campo por donde un hombre va pasando; mientras caminare de *f* hasta *p* ha de ver todo el sol, porque ve desde el borde *g* hasta la orilla *b*, y solo cuando el hombre pase de *p* adelante es cuando la luna le ha de encubrir parte del sol, y tanto mayor cuanto se acercare mas á R; en llegando á ese punto ya no ve nada del sol, y tenemos eclipse total; pero en pasando de R adelante ya descubrirá la orilla *b*, y cada vez ha de ir viendo mayor porcion del sol, hasta que llegando á *q* descubrirá el borde *g*. ¿Está claro esto?

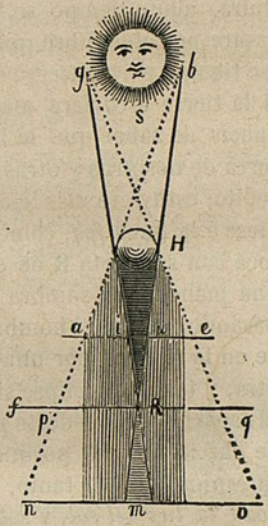


Fig. 4.

Eug. — Como la misma luz del sol.

Teod. — Aquí teneis pues con que poder entender todo lo que os tengo dicho. La sombra de la luna va desde H hasta R; todo lo que entrare en ese espacio quedará en un eclipse total: si la tierra estuviere en la línea *aiue* ha de haber eclipse total con detencion, porque como ahí tiene la sombra su anchura, algun tiempo se ha de gastar mientras ella pasare por el hombre que estuviere quieto; y todo ese tiempo permanecerá el sol en eclipse total. Pero si la tierra estuviere mas lejos de la luna (porque habeis de saber que la luna unas veces anda mas cerca de nosotros y otras mas distante): si la tierra, repito, estuviere mas lejos de la luna, y correspondiese á la línea *fpq*, como la pirámide de la sombra toca con su punta R en esa línea, hará en la tierra una mancha de sombra muy pequeña; y como va pasando, apenas el hombre que observa al sol entrare en la sombra por una parte saldrá de ella por la otra, y tenemos eclipse sin detencion; pero en todo el espacio que hay deste *p* hasta *q* ha de haber eclipse parcial del sol, porque todo él está ocupado de la *penumbra*. Por tanto, *sombra del sol es falta de toda la luz del sol,* y solo da en todos aquellos lugares donde no se ve nada de él. *Penumbra* del sol es falta solamente de alguna luz que sale de algunas partes del sol, mas no de la luz toda, y da en aquellos parages de los cuales se ve parte del sol, mas no todo su cuerpo, como por ejemplo desde *p* hasta R ó desde R hasta *q*; porque de ninguno de estos sitios se ve todo el sol, y así no puede estar tan claro ese terreno como aquel adonde fueren á pa-

rar los rayos que salen de cualquier punto del sol.

EUG. — En vista de eso, hablando propiamente, cuando hay eclipse parcial de sol no estamos en la sombra de la luna, sino en su penumbra.

TEOD. — Decís bien, aunque muchas veces los astrónomos no hablan en todo rigor, y llaman *sombra* á la misma *penumbra* que la luna causa. Falta esplicar el eclipse de sol, que se llama *anular*, esto es, cuando el sol queda como un anillo de luz negro por en medio.

EUG. — Nunca ví ninguno de esos.

TEOD. — Con efecto, son muy raros; y suceden cuando la luna está perfectamente en la línea que va de nosotros al sol y no lo encubre todo, sino solamente lo del medio, dejando las orillas todo alrededor descubiertas, como en esta figura que aquí hago (Fig. 5.).

EUG. — Admírome de que estando la luna en correspondencia perfecta al centro del sol no encubra todo su cuerpo, así como cuando hay eclipse total.

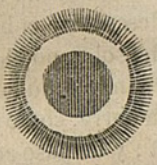


Fig. 5.

TEOD. — Con razon os admirais. Pero reparad, un cuerpo que se os pone delante de la vista os encubre los objetos que estén derechamente en la misma línea que está enfrente de vuestros ojos; v. g., este sombrero puesto entre mi cara y la vuestra hace que no me veais el rostro; si lo llegais mas á vos, cuanto mas le fuereis acercando mayor ha de ser el espacio de pared que oculte á vuestra vista, y tanto lo po-

dreis acercar á los ojos que no os deje ver nada de esta pared á que yo estoy arrimado.

Eug. — Todo eso es así.

Teod. — Pues lo mismo sucede con la luna: cuando está entre nosotros y el sol siempre nos encubre alguna parte de él: si está muy cerca de nosotros nos le oculta todo, y ademas gran parte del cielo alrededor, tanto que es necesario que pase algun tiempo para volver á verle: si está mas apartada tambien encubre todo el sol, pero casi sin que sobre nada; y así á poco que ella se mueva ó el sol nos dejará ver alguna orilla; pero si está muy lejos de nosotros parece muy pequeña, y no puede ocultar todo el sol, solo encubre su centro, y deja ver las orillas. En esa misma (Fig. *4*) que os he mostrado, os quiero señalar el sitio en que ha de haber eclipse anular. Estando la tierra muy distante de la luna, por ejemplo en esta línea *nmo*, el que estuviere en *m* ha de ver el sol como un anillo, porque descubrirá el borde *b*, y al mismo tiempo la orilla *g* del sol, y no el centro; pero estos casos solo suceden cuando la luna va tan alta que su sombra no llega á la tierra, como en este caso, en que veis que para en R; y de paso advertid una cosa, que la sombra de la luna cuanto mas dista de ella tanto mas estrecha es; pero su penumbra entonces se ensancha mas, como lo veis evidentemente. Esto puede servir para desvanecer alguna equivocacion.

Eug. — Habeis hecho bien en advertirlo, y conozco que así es.

Teod. — Lo que por ahora falta que decir sobre los eclipses es el modo de averiguar cuantos dígitos

del cuerpo solar se han de oscurecer en este ó en aquel eclipse determinado. *Dígito* del sol es la duodécima parte de su diámetro. Acostumbran los astrónomos á dividir tanto el diámetro del sol como el de la luna en doce partes iguales, y á cada una de ellas llaman *dígito*. Por tanto, para saber cuantos dígitos del sol se han de oscurecer es preciso dar primero algunas noticias, las cuales se reservarán para su tiempo. Ahora vamos á tratar de la luna.

§ III.

De la luna, su tamaño, peso, densidad, y de sus montes, atmósfera y habitantes.

EUG.— La luna, por lo que teneis dicho, ya sé que es un globo opaco, y mucho menor que la tierra, siendo así que á juzgar por los ojos cualquiera creeria que era del tamaño del sol, el cual ya habeis dicho que era 1,500,000 y pico veces mayor que nuestra tierra.

TEOD. — La gran diversidad de la distancia á que estan esos astros es la causa de que parezcan de un mismo tamaño, siendo en sí tan desiguales.

EUG. — Así debe ser precisamente.

TEOD. — Sin embargo, el grandor de la luna es muy inferior al del sol, y aun al de la tierra. Comparando los diámetros de la tierra y de la luna, se halla que siendo la tierra uno, el de la luna es veinte y siete centésimos, es decir que el diámetro de la

tierra es setenta y tres veces mayor que el de la luna. Su volumen, siendo uno el de la tierra, el de la luna es 0, 02, esto es, dos centésimas partes. La masa viene á ser unos 17 milésimas partes de lo que es la de nuestro globo, y la densidad unas setecientas quince mil setenta y seis millonésimas partes.

Yo os diré á su tiempo cómo se hacen estas cuentas, y vereis que no son arbitrarias, sino hechas por un cálculo admirable; así vos tuviérais la instruccion necesaria para entenderme en los términos propios. Hablemos ahora de la sustancia de la luna. Ya os he dicho que era opaca y oscura, no obstante haber opinado algunos filósofos antiguos, que era de la naturaleza del fuego, pues estos ó no reparaban en los eclipses, ó no discurrian bien. Verdad es que algun fundamento tenian para darle una luz amortiguada y muy funesta, pues cuando la luna entra totalmente en el eclipse ó sombra de la tierra todavía se percibe bastante bien, y á la vista parece á veces que tira un poco á encarnada, y en los dias próximos al de la luna nueva se ve, á lo menos con el telescopio, que su haz oscura está bañada de una luz oscura y debil.

SILV. — Bien decia yo que ella alguna luz tenia de suyo, y ahí se ve manifiestamente.

TEOD. — Aguardad, Silvio: esa luz oscura, que se ve en la luna eclipsada, no proviene de que ella tenga luz propia, nace de otros principios. Por lo que mira á la luna aquella luz pálida que se ve en su haz oscura cuando está próxima al dia de la luna nueva proviene del reflejo de los rayos del sol que dan en nuestra tierra. Suponed que el sol está aquí sobre noso-

tros: la luna si está próxima al dia en que se llama nueva no puede distar mucho del sol hácia los lados: esta tierra tambien es opaca, y todo cuerpo opaco rechaza la luz ya mas ya menos segun su naturaleza: dando, pues, el sol de plano en la tierra han de reverberar los rayos en gran parte hácia arriba, y como en esa línea encuentran á la luna, precisamente la han de bañar de alguna luz remisa; así como en la luna llena los rayos del sol que dan de plano en la luna reverberan hácia nosotros. Ved la misma (Fig. 4), que sirvió para esplicaros el eclipse del sol, el cual siempre sucede en luna nueva. Si la tierra estuviera en la línea *nmo*, los rayos del sol S que vienen de arriba dan en la tierra, y reverberan á lo alto; y como encuentran la haz de la luna totalmente á oscuras, porque el sol da su luz por la otra, la dan una luz perceptible; de suerte que entonces quien estuviere en la luna, y mirase acá hácia la tierra, sin duda la veria *llena* y bañada de luz.

Eug. — Por ese discurso vengo yo á inferir que tambien la tierra vista desde la luna ha de tener sus fases y cuartos crecientes y menguantes por la misma razon.

Teod. — Es así, y nos aseguramos de que esta luz remisa que entonces se descubre en la luna proviene del reflejo de los rayos del sol en la tierra, porque en los cuartos de luna ya la parte oscura no se ve con esta luz, y es que la tierra le cuadra de costado, y no puede la luna recibir tanta luz refleja de ella. Ahora resta decir de donde proviene la luz de que se ve bañada la luna en su eclipse total. Eso procede de que la luna aun en el eclipse total nunca

entra realmente en la sombra de la tierra, sino en la sombra de la atmósfera de la tierra segun Gravesande [1]. Luego os esplicaré yo esto. Tratemos primero de la figura de la luna, y para eso quiero que la veais con vuestros ojos antes que yo os diga nada de ella. Vamos á verla con el telescopio.

SILV. — Bien es que la veamos antes que se eclipse, para que despues viéndola oscurecida advirtamos mejor la diferencia.

TEOD. — Ahí teneis el telescopio encarnado: miradla bien, y reparad en su figura.

EUG. — ¡Qué cosa tan nueva! Yo veo una grandísima bola que parece de plata, pero toda llena de manchas. No tiene semejanza alguna de ojos, narices ni boca como se representa á la simple vista. Mirad, Silvio (Fig. 6).

SILV. — Manchas tiene y muchas: no se puede negar; está hermosísima: su luz es tan fuerte que me ofende la vista.

TEOD. — Aguardad: aquí teneis este vidrio de que esta noche me he de valer para observar el eclipse, siguiendo el descubrimiento de nuestro gran Barrós, que así como felizmente halló que el vidrio verde junto con otro sin color era el mas á propósito para observar el sol, del mismo modo quiere que el azul sea el mejor para observar la luna. Usándose de esta cautela no molesta á los ojos.

SILV. — Así es...: ya la he visto.

TEOD. — Aun no habeis visto bien sus montes y profundidades, ni tampoco los podreis ver clara-

[1] Número 3851.

mente sino de aquí á algunos dias cuando su haz

Fig. 6.

1. Grimaldus.
2. Galilæus.
3. Aristarcus.
4. Keplerus.
5. Gassendus.
6. Ichikardus.
7. Harpalus.
8. Heraclides.
9. Lansbergius.
10. Reinoldus.
11. Copernicus.
12. Helicon.
13. Capuanus.
14. Bulialdus.
15. Eratostenes.
16. Junoe Laris.
17. Plato.
18. Arelimedes.
19 Insula Sinus medii.
20. Gnatus.
21. Pyclo.
22. Eudoxus.
23. Aristoteles.
24. Manilius.
25. Menelaus.
26. Hermis.
27. Possidonius.
28. Dionysius.
29. Plinius.
30. Catharina Cyrill Gleoplitus.
31. Fracastorius.
32. Fromont acutum.
33. Messala.
34. Fromont sonmii.
35. Groclus.
36. Cleomedes.
37. Snellius et Turnerius.
38. Gelavius.
39. Langrenus.
40. Pasuntius.

A. Mare Humorum.
B. Mare Nubium.
C. Mare Imbrium.
D. Mare Nictaris.
E. Mare Tranquillitatis.
F. Mare Serenitatis.
G. Mare Fæcunditatis.
H. Mare Crisium.

iluminada se vaya volviendo de lado, porque así como en la tierra vemos distintamente los montes de costado, pero si volásemos como un pájaro, y nos pusiésemos en el aire sobre un monte, no los percibiríamos bien por mirarlos desde arriba y desde gran distancia, de la misma manera sucede en la luna.

Eug. — Silvio no puede contener la risa cuando oye hablar de montes en la luna.

Teod. — No importa : el tiempo desengaña mucho. Atendedme : la superficie de la tierra ya sabemos que no es lisa, sino que tiene montes altísimos; pero estos montes cuanto mas á lo lejos los vemos tanto menores parecen. Supongamos que los viésemos desde la luna, nos parecerian como unos pequeños granitos de los que nacen en la cara sembrados en la dilatada bola de la tierra; porque si viendo nosotros la luna desde acá abajo nos parece tan pequeña, sin embargo de tener 565 leguas de diámetro con corta diferencia, ¿cuán pequeños no nos parecerian los montes de la tierra vistos de allá arriba?

Eug. — Decís bien que parecerian granos ó berrugas.

Teod. — Ahora refiramos el caso á la luna : vos la habeis visto poco há casi llena : cuando ella estuviere en menos de *cuarto*, entonces os convido para que la volvais á ver, y os quedareis pasmado, porque habeis de observar muchas cosas que no esperabais, y yo quiero irlas diciendo, porque pertenecen á este lugar. Lo primero la línea que divide la haz oscura de la iluminada, y es corva á modo de hoz, no es lisa, sino muy tortuosa, y tiene se-

mejanza con los dientes de una sierra ú hoz, bien que sin regularidad; ademas de eso en la haz oscura aparecen algunas manchas muy brillantes como islas de nieve en mar de tinta, y en la parte iluminada se echan de ver algunas manchas negras, todo lo cual proviene de los montes y valles de la luna. Habeis de suponer que la division en la luna entre la haz clara y la oscura es como en la tierra cuando el sol sale ó se va á poner, que entonces veis una parte iluminada y la otra oscura; pero como la superficie de la tierra no es lisa tampoco es regular la línea que divide el hemisferio de la sombra de aquel donde da el sol. Allí aparece la cima de un monte ya dorada por el sol, cuando junto al monte está un valle todavía sombrío y oscuro. Ved aquí lo que son aquellas manchas blancas que aparecen junto á los bordes de la haz oscura de la luna: son montes muy altos, que con sus cimas aun alcanzan los rayos del sol, los cuales no dan en los valles que estan en medio. Y se ve que esto es así, porque al dia siguiente si la luna va creciendo, como cada vez se va aumentando mas la haz iluminada, la mancha cada vez es mayor, y la oscuridad que está en medio menor; así como acá en la tierra la luz del sol cuando sale va bajando por el monte abajo, hasta que poco á poco llega á iluminar todo el valle. Del mismo modo algunas manchas oscuras que se veian en la orilla de la haz iluminada de la luna se van disminuyendo hasta desaparecer del todo, y eran la sombra que hacian en los valles los altos montes que entonces recibian la luz de costado, así como la hacen en los campos los montes que caen hácia

oriente cuando el sol sale, los cuales á proporcion que el sol va subiendo van haciendo mas corta esta sombra, que se estendia por los campos á la parte opuesta, hasta que llegando á las diez de la mañana ya no hay sombra considerable. ¿No me habeis dicho ya que el que observase nuestra tierra desde la luna habia de ver crecientes y menguantes, etc., pues estando la tierra llena de montes habia de ver aparecer de repente la cima de uno de ellos bañada de la luz del sol y los valles á oscuras; despues poco á poco veria ir iluminándose los valles hasta quedar todo lleno de luz, esto es, cuando creciese; y cuando menguase primero habia de ver una sombra en los valles, y quedarian separadas del resto las cimas de los montes iluminadas, é irian poco á poco perdiendo la luz hasta quedar enteramente á oscuras? Pues eso que sucederia á quien observase la tierra desde la luna, nos sucede á nosotros observando la luna desde acá abajo; y por eso ningun astrónomo duda de los montes de la luna.

Silv. — Yo dudaba de ellos, no porque hubiese estudiado lo contrario, sino porque me parecia una cosa dicha sin fundamento, y que eso se dirigia á decir que la luna estaba habitada de vivientes, que para eso tenia mares, lagunas y montes, etc.

Teod. — Ese es punto muy diverso; pero para concluir lo que toca á los montes de la luna, Galileo y Keplero, insignes astrónomos, quieren que sean mas altos que los mas altos montes de la tierra, no solo á proporcion de su tamaño, sino absolutamente, pues le dan cuatro millas de Italia de altura perpendicular. Con todo, en sus lecciones, dice Arago

que no son tan altos como los picos de la Hymalaya. Pasando adelante, de esto mismo se infiere que Venus y los demas platenas tendrán sus montes.

SILV. — Teniéndolos la luna, y siendo Venus un planeta opaco como ella, ¿qué dificultad puede haber en que tenga montes altísimos?

TEOD. — En cuanto á los mares hay diversidad de opiniones entre los astrónomos. Muchos con Wolfio [1] (y esta opinion he llevado yo mucho tiempo) dicen que aquellas manchas mas oscuras que ayer visteis son mares ó lagunas, porque el mar visto de lejos es mas oscuro que la tierra; pues teniendo la superficie mas lisa, reflecte como un espejo la luz mas ordenada hácia una parte solamente, y queda mas oscuro mirado de otros parages, y esto es lo que sucede en la luna. Pero Keil [2] testifica que con los mejores telescopios se descubren profundidades y grandes irregularidades en esas mismas manchas oscuras, lo cual no seria así si fueran mares. Quede, pues, este punto en esta duda. Otro hay aquí tambien dudoso sobre la atmósfera de la luna. Unos dicen que ella tiene alrededor de sí una cosa que se parece á nuestro aire, que es lo que llamamos atmósfera de la tierra, y la rodea por todas partes. Woffio [3] pretende que la luna tiene atmósfera, y que hay en ella lluvias, rocío y relámpagos; á favor de cuya opinion estan muchos astrónomos antiguos, como son Keplero, Longomontano, Galileo y otros;

[1] *Elem. astron.* § 479.
[2] *Introduct. ad veram philosoph.*, sect. 9.
[3] *Elem. astron.* § 486.

pero de los modernos creo que casi todos siguen la opinion contraria, y con grave fundamento; porque si la luna tuviere atmósfera, seria esta diáfana, como lo es la de la tierra, y habia de tener diversa densidad que el resto del espacio de los rayos del sol cuando la penetrasen de lado; y cuando la luna nos encubriese con su cuerpo alguna estrella, habia de oscurecerla antes algun tanto con su atmósfera, y ofuscaria la estrella, no dejando venir su luz á nuestros ojos sino despues de atravesar la atmósfera. Ahora bien, esta luz de la estrella al atravesar un diáfano esférico de diversa densidad habia de temblar ó quebrarse, ó tomar color ó padecer alguna mutacion notable, segun lo que ya os dije de la luz y de los colores, y nada de esto se observa. Aun cuando Venus se oculta detras de la luna (como señaladamente se observó en 31 de diciembre de 1720), no se nota mudanza alguna en su luz antes de entrar ni despues de salir del eclipse ú ocultacion, y no es creible que la atmósfera de la luna, si la hubiera, dejase de causar en la luz de Venus alguna mudanza. Por lo cual me parece que no tenemos allá nubes, ni rocío, ni tronadas.

SILV. — ¿Y para qué eran precisas esas cosas no habiendo allá habitadores?

TEOD. — Wolfio quiere que los haya, y tiene á su favor buenos votos. Huygens, grande astrónomo, lo dijo antes de Wolfio ademas de algunos antiguos, y á la misma opinion se inclinan Keplero y el cardenal de Cusa [1]. Esta misma razon de la analogía y

[1] *L. 2, de docta ignorantia*, cap. 12.

semejanza de la tierra con los planetas en orden á tener habitantes, tambien se estiende á Júpiter, Saturno, Marte, etc.; y las razones que ellos dan no son para despreciadas, ni tampoco para seguidas en una materia tan grave y tan dificil de averiguar, porque por grandes astrónomos que ellos sean, como á los habitantes de los astros ni los vieron con telescopios, ni los deducen de alguna demostracion fundada sobre lo que vieron ellos, no pasa su opinion de mera conjetura; y á mi entender solo prueban que puede ser así; pero este punto es de la clase de aquellos que en vano pretenden averiguarse, porque es imposible (á no ser que Dios lo diga) el que haya fundamento convincente por una parte ni por otra. Una cosa hay cierta, y es, que si hubiese habitadores en los planetas, no habian de ser hijos de Adan, ni redimidos con la sangre de Jesucristo. Lo que yo digo en esta materia es que los fines con que Dios formó toda la fábrica del universo son tales, que no caben en la limitadísima comprension de los hombres; y es temeridad juzgar que para estos fines (que no sabemos cuales fueron) es preciso que estén habitados todos los planetas. Digo mas: que el querer persuadir que estas criaturas habitadoras de los planetas han de ser hombres, es querer hacer á la omnipotencia é infinita sabiduría de Dios hija de nuestra idea, ó á lo menos encerrarlas en sus cortísimos límites. Dios puede producir mayor diversidad de criaturas de lo que todos los hombres pueden comprender. Pasemos á otro punto, y no queramos apurar lo que por ningun medio prudentemente se puede saber.

§ IV.

De los movimientos de la luna, y de su distancia.

Silv. — Tan loable es en los hombres la curiosidad y deseo de saber lo que se puede saber naturalmente, como digno de vituperio el temerario apetito de querer adivinar aquellas cosas que Dios quiso poner totalmente fuera de la esfera de nuestra comprension.

Teod. — Vamos á los movimientos de la luna. Ya sabeis que se mueve alrededor de la tierra, como los satélites de Júpiter alrededor de él: en este movimiento ó período gasta 27 dias, 7 horas y 43 minutos.

Silv. — Yo estaba en la inteligencia de que eran 29 dias y medio, y creo que os equivocais.

Teod. — No me equivoco; pero yo me esplicaré, porque ya sé en que consiste vuestra duda. El mes de la luna es de dos maneras, y tiene dos nombres: uno se llama *sinódico*, otro *periódico*. El mes periódico es el intervalo de tiempo que gasta en dar una vuelta perfecta alrededor de la tierra, de suerte que vuelva á corresponder al mismo lugar del cielo á que correspondia al principio de esa revolucion, y en esto consume la luna los 27 dias, 7 horas y 43 minutos: esto es lo que se llama *mes periódico*; pero el *mes sinódico* es el intervalo que hay de una luna nueva á otra luna nueva, ó de la luna llena á

la luna llena siguiente; y este espacio es de 29 dias y medio, como vos deciais.

EUG. — ¿Y cuál es la razon de ese aumento y diferencia de tiempo?

TEOD. — Voy á dárosla. Suponed que hoy es luna nueva, y que está la luna á plomo sobre nosotros y debajo del sol (Fig. 7). En ese momento, en que

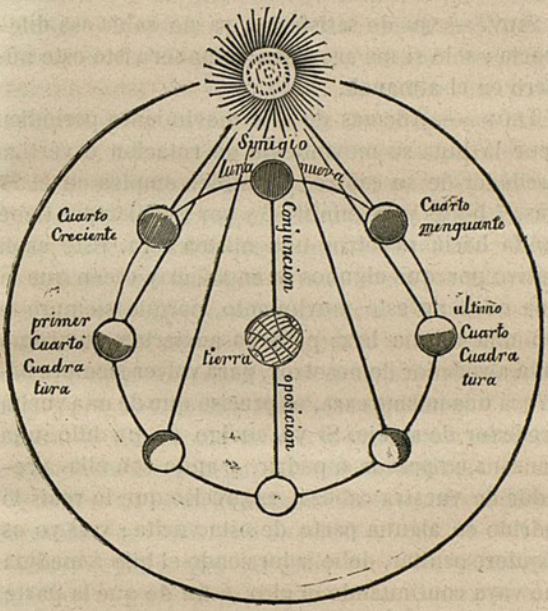


Fig. 7.

la luna es verdaderamente nueva corresponde á un determinado lugar del cielo; de aqui á 27 dias y tantas horas vuelve á pasar por el mismo lugar, y

concluyó su periodo ó mes periódico; pero como ya no encuentra allí al sol, porque este fue andando entre tanto, es preciso que la luna gaste dos dias mas en alcanzarle para que se halle otra vez á plomo debajo de él, y que vuelva á ser luna nueva. Ved aquí por qué la luna gasta en una revolucion 27 dias, y de luna nueva á luna nueva 29 y medio.

SILV. — Quedo satisfecho, ya no sabia esa diferencia; solo sí me acordaba de haber visto este número en el almanak.

TEOD. — Ademas de este movimiento periódico tiene la luna su movimiento de rotacion ó vértigo alrededor de su centro, y tambien emplea en él 27 dias, 7 horas y 43 minutos, y por eso siempre tiene vuelta hácia nosotros una misma cara. Este es el motivo por que algunos se engañan y creen que la luna no tiene este movimiento, porque siempre le ven una misma haz; pero no advierten que como anda alrededor de nosotros, para volver siempre hácia acá una misma cara, es preciso que dé una vuelta alrededor de su eje. Si yo cuelgo de un hilo una manzana empezada á podrir, y ando con ella alrededor de vuestra cabeza, es preciso que le veais lo podrido en alguna parte de esta vuelta; y si yo os lo quiero ocultar, debo ir torciendo el hilo á medida que vaya continuando el giro, á fin de que la parte sana siempre esté vuelta hácia vos, y al remate de la vuelta ó período habré tambien hecho dar á la manzana una vuelta alrededor de su eje. Pues aquí teneis un ejemplo del movimiento de la luna. Pero debo advertir que este movimiento de rotacion es

ecuable; esto es, siempre igual á sí mismo, de manera que nunca se acelera ni se retarda; y de aquí nace otro movimiento de la luna, que se llama de *libracion;* y es decir que la luna, aunque siempre tiene vuelta hácia nosotros una misma haz, con todo eso unas veces la deja ver un poco mas del lado derecho, y otras del izquierdo.

EUG. — ¿Y de qué procede eso?

TEOD. — Procede de que la luna en su movimiento alrededor de la tierra no anda siempre con movimiento igual: ya se acelera, ya se retarda, porque unas veces anda mas cerca de la tierra y otras mas lejos; y es regla general, que cuando un cuerpo se mueve alrededor de otro, entonces se mueve con mas velocidad cuando es menor la distancia, y como por otra parte el movimiento de rotacion siempre es igual, se sigue que la luna no va escondiendo su haz oculta á proporcion que se mueve alrededor de nosotros; y así como no guarda exactísimamente esta proporcion, unas veces descubrimos un poco de su parte izquierda y otras de la derecha.

EUG. — Admírome de ver la prolijidad con que se examinan los movimientos de los astros.

TEOD. — La luna, como nos está muy cerca, da lugar á observaciones mas exactas.

EUG. — ¿Y á qué distancia de nosotros está la luna?

TEOD. — Dista de la tierra 80 mil y tantas leguas, de modo que con un telescopio que aumente mil veces un objeto se la ve como se veria si no distare mas que ochenta leguas. Pero no siempre es una misma la distancia entre nosotros y la luna: ya

se aumenta, ya se disminuye, porque la línea por donde se mueve es una elipse y la tierra no está perfectamente en el centro, sino desviada de él algun tanto. Pero cuando absolutamente se habla de la distancia de la luna se entiende la media, esto es, la que se halla entre la mayor y la menor de todas, y esta vale lo que ya os llevo dicho.

EUG. — ¿Qué mas resta saber de la luna?

TEOD. — Su órbita ó camino no coincide con el del sol, que llaman *eclíptica*, sino que hace con ella un ángulo de cinco grados; pero esto luego lo esplicaré mejor. Solo resta decir que el eje de la luna, sobre el cual ella se revuelve en 27 dias y medio, no está á plomo y perpendicularmente sobre el plano de su órbita, sino que tiene alguna inclinacion. Quiero decir, que si la tierra estuviese en medio de esta mesa en que tomamos el *chá*[1], y yo atravesara una naranja, por ejemplo, con un alambre para representar la luna, cuando quisiese traerla por el borde de la mesa para imitar su movimiento alrededor de la tierra, no habia de poner el alambre á plomo sobre la mesa, sino con un ángulo de 82 grados y medio.

SILV. — ¿Y para qué sirve tanta prolijidad en esas cuentas?

TEOD. — Para saber la razon de lo que observamos en la luna. Nosotros unas veces descubrimos mas del polo superior y menos del inferior: otras es al contrario; y procede esta diferencia de la incli-

[1] Especie de té usado en el japon. Véase el *Diccionario del P. Terreros.*

nacion del eje de la luna ó del alambre de la naranja: cuando el eje se inclinare hácia nosotros hemos de ver el polo de encima mas que el de abajo; y cuando el eje se inclinare hácia allá, hemos de ver mas el polo de abajo que el de arriba. Ahora no falta mas que esplicar los eclipses de la luna.

§ V.

De los eclipses de la luna.

SILV. — Vamos á saber lo que son esos eclipses antes que en realidad llegue el que esperamos.

TEOD. — El eclipse de la luna nunca puede suceder sino en luna llena, porque solo se eclipsa cuando se mete en la sombra de la tierra, estando nosotros entre ella y el sol, v. g. la luna en el oriente y el sol en el poniente, ó la luna en el medio del cielo á la parte de arriba, y el sol en el otro medio á la de abajo. Solo en estos casos puede la luna sumergirse en la sombra de la tierra, la cual le estorba la vista del sol; pero antes y despues de llegar la luna á la sombra de la tierra, bien veis que tiene vuelta hácia nosotros la misma haz que está iluminada por el sol; y esto es estar la luna llena como ahora lo está, y sucede el eclipse en la perfecta plenitud de la luna.

EUG. — ¿Y por qué no tenemos eclipse de luna en todas las lunas llenas?

TEOD. — Porque no siempre la luna pasa perfec-

tamente por detras de la tierra enfrente del sol: unas veces pasa mas por un lado, otras por otro; pero otras entra derechamente por la sombra adentro, de modo que corresponde un centro con otro, y entonces es cuando hay eclipse total, porque toda la luna se oculta al sol; pero en otras ocasiones toca la sombra por un lado, y segun la parte de la luna que entra por la sombra adentro, así es el eclipse, ya mayor, ya menor. Tambien es preciso saber que la tierra, á causa de ser mucho mas pequeña que el sol, hace una sombra piramidal. Mirad esta (Fig. 8) que hago aquí con la pluma. Aquí tenemos el sol S y la tierra T como ahora está, esto es, iluminada por la parte ó hemisferio inferior donde es de dia, y oscura por la parte superior en que habitamos, donde ahora es de noche. La luna L en su círculo *mnr* se mueve alrededor de la tierra, teniendo vuelta hácia nosotros la haz iluminada, y la oscura hácia arriba porque es luna llena: luego que llegare á la sombra *n* ha de eclipsarse: si entrare por la sombra donde esta es mas ancha, metiéndose por el centro tendrá detencion en el eclipse, porque siendo la sombra mas ancha que la luna gastará algun tiempo en salir

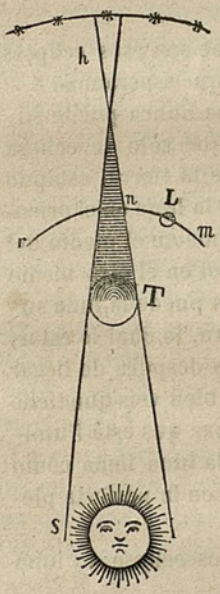


Fig. 8.

de ella; pero si la luna anduviese mas alta, y atravesare la sombra por donde esta es mas angosta, durará menos tiempo el eclipse, porque la luna saldrá mas apriesa de la sombra.

Eug. — Lo que reparo aquí en esta figura es que la sombra se acaba á determinada altura, y yo entendia que la sombra de la tierra, cuando el sol andaba allá por debajo, se estendia por todo este espacio hasta el cielo.

Teod. — Ya os dije, hablando de los eclipses del sol. que la sombra de la luna era piramidal, porque el sol es mucho mayor que la luna. El sol, pues, tambien es mucho mayor que la tierra, y por eso tambien es piramidal la sombra que la tierra hace, y cada vez ha de ser mas estrecha. Pongamos un ejemplo: si recibís en un papel junto á la ventana la sombra que hace la celosía al entrar el sol por ella, vereis que la de cada vareta es casi tan ancha como la misma vareta; mas si os apartais algunos pasos hácia dentro hallareis que la sombra de las veretas va siendo mas estrecha, y tanto os podreis apartar que no llegueis á percibir con bastante distincion la sombra de cada una, y solo vereis una luz confusa.

Eug. — Eso lo tengo yo observado muchas veces en el mismo pavimento de mi casa. Cuando el sol anda bajo y entra muy adentro, la sombra de los marcos ó bastidores de las vidrieras va siendo mas estrecha cuanto mas dista de la vidriera.

Teod. — Así debe ser porque el sol es mayor que los marcos. Pero la luz de la vela no hace sombra de ese modo sino al reves, v. g. la sombra que haceis ahora que estais frente á la vela será mayor

cuanto mas distante de vos estuviere. Mirad que alto sois en la pared donde va á dar la sombra que haceis, y la mia que luego da en la pared que está cerca de mí no es tan grande. Pero todo debe ser así: la luz de la vela es mucho menor que vuestro cuerpo, y cuando el cuerpo opaco es mayor que el luminoso, la sombra cada vez es mas abultada, porque los rayos que la terminan, saliendo del cuerpo luminoso, y rozándose con el opaco por ambos lados, forzosamente se vuelven divergentes, y cada vez se apartan mas: al contrario, cuando el cuerpo luminoso es mayor que el opaco la sombra es piramidal, porque los rayos que vienen de las orillas del luminoso, y pasan por los lados del opaco, que es mas pequeño, por el mismo caso vienen á ser convergentes, y cada vez se estrechan mas hasta llegar á juntarse. Para ahora sirve lo que os dije hablando de la óptica.

Eug. — Sirve tanto, que ahora ya percibo esto mejor. Pero el que estuviese en el cielo bien enfrente de la sombra de la tierra, y tan lejos que ella no llegase allá, ¿veria el sol ó no?

Teod. — Veríalo con eclipse anular, así como nosotros lo vemos cuando la luna se atraviesa entre nosotros y él; mas va tan alta que no llega acá su sombra. Volved á ver la figura del eclipse del sol, pues aun ha de estar aquí el papel en que estaba dibujada. Aquí está (Fig. 9): el que estuviere en *m* no verá el centro del sol sino todas las orillas alrededor: lo mismo sucederia á uno que estuviese acá en esta otra (Fig. 8), en *h* tan lejos de la tierra, que no llegase allá la sombra que ella hace.

SILV. — En vista de eso, si la luna ahora pasare tan alta que se escape de la sombra de la tierra, no padecerá eclipse alguno.

TEOD. — Nunca puede ir tan alta como decís, y á no ser que se sustraiga de la sombra de la tierra por los lados, por encima no se puede librar del eclipse. Esto es hablando de la sombra de la tierra en el sentido comun de los astrónomos, tomando por tierra para este efecto este globo en que estamos juntamente con su atmósfera, porque si tomamos por tierra solo este globo sólido, entonces siempre se liberta la luna de su sombra, porque la sombra de la tierra nunca llega allá. Hagamos una figura para que me entendais bien. Aquí teneis (Fig. 9.) el globo de la tierra T rodeado de su atmósfera *s o e* : el sol la ilumina por el hemisferio inferior, y si la tierra no tuviera atmósfera no llegaria su sombra piramidal sino á *r*. Tambien es cierto que si la atmósfera fuera totalmente opaca haria una sombra oscura, que llegaria en forma piramidal hasta A; pero como es trasparente, bien que mas densa que lo restante del espacio de los cielos, y ademas tiene forma de esfera, los rayos *gt* que vienen del sol paralelos apenas entran en la atmósfera *s* empiezan á doblarse hácia dentro, y han de apartarse uno de otro, porque el rayo *g* que pasa por el remate de la atmósfera, donde esta está muy

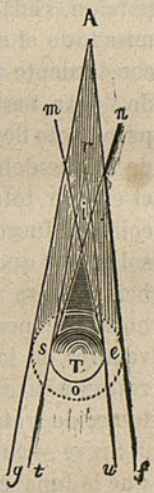


Fig. 9.

rara, debe doblarse muy poco ó nada al parecer, y así va hasta A; pero como el aire cuanto mas cerca está de la tierra tanto es mas denso, tambien los rayos del sol que atraviesan la atmósfera cuanto mas cerca vayan de la tierra tanto mas se han de doblar, y deben irse separando por todo el espacio que hay desde A hasta *n*, quedando ese espacio iluminado con la luz del sol que se quebró en la atmósfera. Esta luz es muy inferior en claridad á la que pasa libremente por fuera de la atmósfera. Por la misma razon el rayo *f* de la otra parte pasa sensiblemente derecho hasta A; pero el rayo *u* como atraviesa la atmósfera ya muy espesa debe doblarse mucho hácia adentro, y va á dar á *m*, quedando con los rayos intermedios, que se van quebrando á proporcion, cada vez menos iluminado con esa luz remisa todo el espacio que hay desde *m* hasta A. Por consiguiente la sombra de la tierra, de suyo capaz de llegar hasta *r*, porque la cortan de una y otra parte, solo llega hasta *i*, quedando mucho mas corta de lo que debia ser. Ved aquí por que la luna en el eclipse total no queda invisible, y aparece de color de fuego, porque queda bañada de la luz del sol que se quebró en la atmósfera, la cual bien sabeis que tira á encarnada, y por eso la luna en el horizonte nos parece como encendida, porque los vapores de la atmósfera quiebran y dan color á los rayos de luz, conforme á la doctrina que quedó establecido tratanda de los colores.

SILV. — Supuesta esa doctrina, me admiro de que la luna en el eclipse total quede tan oscura, y que la atmósfera haga una sombra tan perceptible.

TEOD. — Es tan perceptible, porque la atmósfera se atraviesa de parte á parte, y la luz se compara con la que la luna suele recibir fuera del eclipse, la cual es muy viva, porque recibe los rayos del sol puros y de lleno, todo lo cual causa una gran diferencia. No obstante advierto que esta que verdaderamente es sombra de la atmósfera, y mas comunmente se llama sombra de la tierra, está rodeada de otra medio sombra, á la cual llaman *penumbra*. Esta penumbra se estiende alrededor de la sombra por todo aquel espacio adonde llegan algunos rayos del sol, aunque no todos; y la sombra solo la hay adonde no llegan ningunos rayos del sol. Por eso antes que la luna entre en la sombra verdadera empieza á oscurecerse un poco con la penumbra de la tierra, la cual es tanto mas oscura cuanto mas cercana está á la sombra verdadera. Aquí viene bien lo que dijimos de la sombra y penumbra de la luna en los eclipses del sol. Ahora falta enseñaros, Eugenio, de qué modo se conoce si el eclipse de la luna ha de ser total ó parcial, y lo mismo se puede aplicar á los del sol.

EUG. — Quiera Dios que yo lo entienda.

TEOD. — Sí, lo entendereis, y con facilidad. El sol hace un giro alrededor de nosotros dentro de un año corriendo los signos, como os espliqué en su lugar. La luna tambien forma un giro alrededor de nosotros dentro de un mes; pero estos dos círculos no son paralelos ni coinciden, sino que se cruzan en dos puntos. Juntamente sucede lo mismo que si tomando dos aros de pipa, y metiendo el uno dentro del otro, los abriésemos un poco de manera que no

coincidiesen. En este caso es claro que los dos aros ó círculos se habian de cruzar en dos puntos.

EUG. — No tiene duda.

TEOD. — Pues así habeis de suponer que se cruzan los círculos, que el sol y la luna describen alrededor de la tierra, y esos dos puntos en que se cruzan se llaman *nodos*.

EUG. — ¿No habeis dicho que el sol andaba siempre mucho mas alto que la luna? ¿Cómo pues han de cruzarse esos caminos uno con otro?

TEOD. — Crúzanse respecto de nuestra vista, al modo que esta bengala puesta en el aire así horizontalmente os parecerá que coincide con el marco de aquel cuadro; pero si os la pongo así inclinada, ya respecto de vuestros ojos se ha de cruzar con el marco, y por una punta estará mas alta, y por otra mas baja que él.

EUG. — Ya lo entiendo.

TEOD. — La comparacion de los aros de pipa resultará muy propia si sentando en el suelo un aro grande, que represente el círculo del sol, colocamos en el medio otro mas pequeño que represente el círculo de la luna, y ponemos en el centro de ambos una naranja que figure la tierra. Mas para hacer que un círculo no coincida con el otro, atravesad un alambre por los dos aros de una parte á otra (Fig. 10), y tambien por la naranja, y despues levantadlos del suelo y abridlos un poco, de suerte que hagan un ángulo de cinco grados;

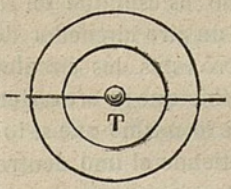


Fig. 10.

y entonces tendreis representada bien perceptiblemente la *órbita* de la luna cruzada con la del sol, *Orbita*, Eugenio, quiere decir la senda que forma el planeta al hacer el giro. En este caso el que desde la naranja mirase á los círculos en la parte que estan agujereados por el alambre, los veria juntos y sobrepuesto el uno al otro, aunque en realidad distarian bastante entre sí; pero fuera de esos dos nodos ó encruzamientos los veria abiertos y separados uno de otro.

EUG. — Bellamente lo percibo.

TEOD. — Ahora hagamos una (Fig. 11). Estas dos

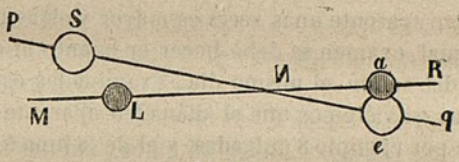


Fig. 11.

líneas que se cruzan en N representan los dos caminos por donde van el sol y la luna cerca de los *nodos*. Supongamos que PQ es el camino del sol S, y MR el de la luna L: como la luna anda mucho mas apriesa que el sol, pues da doce ó trece vueltas mientras el sol da una, repetidas veces empareja con él y pasa adelante; pero es menester saber en qué lugar de su órbita pasa en correspondencia con el sol; porque si pasare por enfrente de él en N, forzosamente ha de pasar toda por delante del sol, y habrá eclipse total de sol ó anular; pero si la luna pasare por el sol á mayor distancia del *nodo*, como

por ejemplo aquí en *ae*, ya el eclipse ha de ser parcial; porque la luna *a* solo puede ocultar una orilla del sol *e*. Esto supuesto, para saber yo si ha de haber eclipse de sol en una luna nueva determinada, y si será grande ó pequeño, es preciso averiguar al punto de la luna nueva en qué sitio de su órbita se halla la luna correspondiente al sol en la suya, despues se debe examinar cuánto dista en apariencia ese punto de la órbita de la luna del punto de la del sol, y supongamos que son cinco pulgadas. Tambien se debe saber cuánto es el diámetro aparente de la luna en ese dia, porque como unas veces anda mas cerca de nosotros que otras, su diámetro aparente unas veces es mayor y otras menor; é igual examen se debe hacer en cuanto al diámetro del sol en el mismo dia. Examinadas estas tres cosas, si viéremos que el diámetro aparente del sol son por ejemplo 8 pulgadas, y el de la luna 6, indispensablemente habrá un eclipse equivalente á dos pulgadas. Mirad á la figura: suponemos que del centro del sol *e* al de la luna *a* solo hay 5 pulgadas de distancia: como la luna tiene 6 de diámetro, tres se hallan de la línea MR hácia fuera y otras tres hácia dentro; y ya estan ocupadas con el cuerpo de la luna tres pulgadas del espacio que hay entre ella y el sol. Por otra parte el sol en ese dia tiene un diámetro aparente de 8 pulgadas, de las cuales deben tambien aparecer 4 de la línea PQ hácia adentro; porque el centro del sol no se desvía de su línea; y como no quedaron libres sino dos dedos de ese espacio, los otros dos quedan encubiertos con la luna. Aquí teneis en suma como se conoce el gran-

dor del eclipse. Debo juntar medio diámetro del sol y otro medio de la luna; y si la suma fuere mayor que la distancia que hay entre los dos puntos de la órbita en que estos astros se encuentran, todo el esceso de la suma de los semidiámetros sobre la distancia viene á ser el grandor del eclipse; pero si la distancia fuere igual ó mayor que la suma de los dos semidiámetros, ya no hay eclipse alguno; pasa la luna por el sol sin encubrirlo. ¿Me habeis entendido?

EUG. — Y con mucha facilidad.

TEOD. — Veis aquí por que solo junto á los nodos puede haber eclipse, porque solo ahí como estan las dos órbitas mas juntas y el camino es estrecho, es donde puede un cuerpo encubrir al otro cuando pasa por delante de él.

EUG. — Ya entiendo los eclipses del sol; pero los de la luna ¿cómo ha de saber cuando sucederán y de qué tamaño han de ser?

TEOD. — Del mismo modo. Cuando el sol va por su órbita alrededor de la tierra por una parte, la sombra de la tierra va andando por la opuesta; pero por la misma órbita, estando siempre en línea recta estas tres cosas, sol, tierra y sombra de la tierra. Esta sombra, si se recibe en cualquier plano, hace una mancha redonda, la cual es mayor cuando se recibe en un cuerpo que está mas cercano á la tierra, y mas pequeña cuando se recibe un cuerpo que está mas lejos. Suponed ahora que junto al nodo N de la figura que habeis visto (Fig. 11) se encuentran la luna L y la sombra de la tierra S; si cupiesen holgadamente, y pudiese la una pasar

por la otra sin que la luna entre por la mancha de la sombra no habrá eclipse; pero si no cupieren por ser la distancia de los dos puntos en que emparejan menos de lo que importa la mitad de la luna y la mitad de la sombra de la tierra, entonces entrando la luna por la sombra, forzosamente ha de haber eclipse; y el esceso que va del semidiámetro aparente de la luna junto con el semidiámetro de la sombra, sobre la distancia de las órbitas en esos puntos, es la cantidad de la parte eclipsada.

Eug. — Bien lo percibo: lo que se dice del diámetro aparente del sol en sus eclipses se debe decir del diámetro de la sombra de la tierra en la distancia á que está la luna cuando se habla de los suyos.

Silv. — Si todo lo demas fuese tan cierto como esto me parece, y tan facil de entender, pocas disputas tendré con Teodosio en estas materias.

Teod. — Las disputas á veces son útiles para la mayor inteligencia de los asuntos. Vamos á ver con los ojos lo que hasta aquí os he esplicado, porque ya no tardará en empezar el eclipse; y como durante su observacion no se puede llevar derecho el hilo del discurso, continuaremos mañana con los astros que nos restan.

Silv. — Dadme acá un anteojo, que esta noche quiero salir astrónomo.

Teod. — Ahí teneis ese, que es el mayor, este otro es para Eugenio, y yo me serviré de este.

TARDE DÉCIMAQUINTA.

DE LOS DEMAS PLANETAS EN PARTICULAR, Y DE LOS COMETAS Y ESTRELLAS.

§ I.

De Mercurio y Venus.

SILV. — Me alegro de que el trabajo de la observacion no os haya causado perjuicio, que esto era lo que únicamente os podia hacer daño, siendo como sois moderno; pero yo que soy antiguo, y antiguo pienso morir, aun estoy sujeto á todos los daños que los eclipses pueden causar en los cuerpos sublunares; y en confirmacion de esta doctrina (que vos llamais fabulosa) traigo un dolor de cabeza, que me molesta bastante.

TEOD. — Siento vuestra desazon; pero me admiro de que siendo tan gran médico, y viendo que es buen remedio para librarnos de los daños del eclipse y de la jurisdiccion de la luna el ser *moderno*,

no querais aplicaros esa medicina. Yo solo por eso lo seria aun cuando la razon no me hubiese obligado mucho antes á serlo.

SILV. — No me acomodo á eso; en la cabeza mas quiero tener dolores que errores. Vamos á los planetas que ayer dejamos, pues Eugenio no gusta de que se gaste este tiempo sino en cosas útiles.

EUG. — La verdad es que continuamente estoy suspirando porque llegue esta hora; y es que Teodosio en vuestra ausencia no acostumbra hablarme de estas materias.

TEOD. — Vamos enhorabuena. Mercurio es el primer planeta empezando desde el sol, porque está mas cercano á él. Este planeta es un globo opaco como todos los demas, y solo resplandece con la luz del sol; pero como anda muy cerca de él, la misma luz del sol le confunde, de suerte que cuesta dificultad divisarle. Yo ya lo ví bien cuando pasó por debajo del disco del sol, esto es, entre el sol y nosotros; y visto con el telescopio parecia como una avellana oscura. Muévese pues alrededor del sol en el espacio de 87 dias, 23 horas, 25 minutos y 44 segundos, y se mueve con la velocidad de 40,000 leguas por hora. Su verdadero tamaño, conforme al cálculo que sigo, es este. Tiene de diámetro dos quintas partes del que tiene la tierra. Su volumen, comparado con el de la tierra, está en la proporcion de 1, que es el de esta, á 0,1. La masa de Mercurio, es la milésima sexcentésima sexagésima cuarta diez millonésima parte de la tierra: y su densidad la 2,879,646 parte.

EUG. — Sin embargo me admiro de que el volumen de Mercurio, sea mayor que la luna siendo ella tan grande, porque me acuerdo de que dijísteis que el de la luna, es al de la tierra como 0, 02 es á 1.

TEOD — Así es; pero la luna debe parecer mucho mayor, porque la tenemos mucho mas cerca que Mercurio.

EUG. — ¿Y cuánto dista Mercurio del sol?

TEOD. — Dista 9284 semidiámetros de la tierra, ó 15,500,000 leguas. Esta es la medida de que acostumbran usar los astrónomos, porque reduciendo estas distancias á leguas resulta una suma demasiado larga; y ademas de eso como las leguas de diversos reinos son desiguales habria confusion. De aquí se infiere que Mercurio nunca se puede ver apartado del sol mas que 28 grados del círculo celeste. Olvidábaseme advertiros que Mercurio no siempre guarda una misma distancia del sol, sino que unas veces está mas lejos de él que otras, porque no se mueve en círculo cuyo centro sea el sol, sino en elipse, estando el sol en uno de sus focos. Pero las elipses de los planetas no son tan largas y estrechas como las de los cometas, y sensiblemente parecen círculos. Mas para evitar confusion con la diversidad de distancias de un mismo planeta, se echa la cuenta á la mayor y á la menor, y forma entre las dos un número medio, que es lo que se llama distancia media. Cuando el planeta está en la mayor distancia dicen que se halla en el *apogeo* ó *aphelio* : tomad de memoria estos términos para

que me entendais en el discurso de estas conferencias, porque son términos facultativos.

Eug. — Haré porque no se me olviden. Y cuando el planeta estuviere en la menor distancia, ¿entonces cómo se dice que está?

Teod. — Que está en el *perigeo* ó *perihelio*, y esta es regla general para todos los cometas y planetas, porque todos tienen diversidad en sus respectivas distancias del sol. Si tratando de la órbita ó línea que describe un planeta, me oyereis decir que es inclinada y escéntrica, no me habeis de entender, y así quiero precaver vuestro embarazo. *Escentricidad* de la órbita quiere decir que el sol no se halla en el centro de ella, y tanto se dice que la órbita tiene de escentricidad, cuanto el sol está desviado del verdadero centro de la misma órbita. Pongamos un ejemplo : si el sol estuviera perfectamente en el centro de la órbita de Mercurio, tanto distaria Mercurio del sol estando en una parte de la elipse como en la opuesta; pero como el sol está desviado del centro hácia una parte, ya Mercurio allí queda mas cerca del sol, y en la parte opuesta mas lejos.

Eug. — Ya lo entiendo. Vamos á lo demas.

Teod. — Falta esplicar la inclinacion de la órbita. Acaso os pareceré impertinente en estas menudencias; pero creedme que no son sin motivo justo, porque en sabiéndose esto para Mercurio queda esplicado para todos los demas planetas, y os servirá despues mucho el entender estas particularidades. Ya os mostré como la órbita de la luna cortaba á la del sol, que se llama *eclíptica* (tened cuidado

con este nombre, porque usaré de él á cada paso). Para eso me valí de la comparacion de dos aros de pipa (Fig. 10), que estando atravesados por un alambre podian representar las dos órbitas del sol y de la luna alrededor de la tierra figurada en la bola T.

EUG. — Bien me acuerdo, y aquí está otra (Fig. 11) que representa la inclinacion del camino de la luna al del sol.

TEOD. — Pues lo mismo digo del encruzamiento de la órbita de Mercurio con la eclíptica : tambien hace sus *nodos*; pero su inclinacion ó abertura es de seis grados y 52 minutos. *Minuto* llamamos aquí la sexagésima parte de un grado, y *segundo* la sexagésima parte de un minuto.

EUG. — Bien lo entiendo. Ya sé la distancia de Mercurio, y tambien su camino : ahora quiero saber su movimiento.

TEOD. — Ya os hareis cargo de que ahora no tratamos del movimiento diurno con que en 24 horas se revuelven los cielos con los planetas y estrellas de oriente á poniente : ese movimiento comun á todos los astros no pertenece á este lugar. Solo hablamos del movimiento particular que los planetas tienen alrededor del sol, porque en todos los sistemas los movimientos propios de todos los planetas son alrededor del sol, y no de la tierra. Esto supuesto, el movimiento peculiar de Mercurio es de poniente á levante, contrario al movimiento comun de los cielos de levante á poniente; y así es el movimiento propio de cada uno de los otros planetas y cometas, como lo ireis sabiendo poco á poco. En este movi-

miento gasta Mercurio casi 88 dias para formar un giro [1]. Algunos pretenden que ademas de este movimiento tiene otro que llaman de vértigo, ó como un peon alrededor de su eje, porque debe concordar en esto con los demas planetas que se mueven de este modo : no dejan de tener razon para sospecharlo ; pero todavía no se sabe de cierto. Ahora bien, supuesto que Mercurio se mueve alrededor del sol, ya se ve que unas veces ha de estar muy lejos de él cuando estuviere en la vuelta por la parte de allá ; pero cuando girare por la de acá estará muy cerca de nosotros. Creo que tendreis gusto en saber sus diversas distancias de la tierra.

Eug. — Para mi curiosidad importan mas que su distancia respecto del sol.

Teod. — No haciendo caso de la corta diferencia que pueden causar las inclinaciones de las órbitas respecto de la eclíptica, se pueden saber las distancias de los planetas á la tierra, ya sumándola, ya restándola de la distancia de la tierra al sol ; y así Mercurio, en la conjuncion superior con el sol, dista de la tierra 20,500,000 leguas, y en la inferior cuando está entre el sol y nosotros dista de la tierra 47,500,000 leguas. Bien veis la diferencia.

Eug. — Es muy grande ; pero teniendo él por centro sensible de su movimiento al sol no podia menos de ser así.

Teod. — Decís bien : vamos á Venus. Ya sabeis que es un cuerpo opaco semejante á los demas pla-

[1] Son 87 dias, 23 horas, 25 minutos y 44 segundos.

netas : tiene sus menguantes y crecientes como la luna.

EUG. — Nunca tal cosa observé : siempre que miré á ese planeta, ya por la mañana cuando sale antes que el sol, ya por la tarde cuando se pone despues de él, me pareció sin menguante.

TEOD. — Pues ahora puntualmente anda bastante menguado, al modo que la luna está dos ó tres dias despues de ser nueva.

EUG. — ¿Y cómo puede ser eso si ayer le vimos hermosísimo y lleno de una luz muy intensa?

TEOD. — Cuando él os pareciere mayor y mas brillante, entonces está como la luna nueva : no me creais sobre mi palabra, vamos á verle, que ya se puso el sol, y el telescopio nos mostrará su figura.

SILV. — Para mí es ese un misterio que no entiendo.

TEOD. — Y tambien para mí lo fue mientras no me desengañaron los ojos, y despues la razon que os daré luego. Aquí teneis el telescopio ; voy á encararlo, que estoy mas diestro..... Mirad.

EUG. — Lo que yo veo es la luna (Fig. 12).

TEOD. — La luna todavía no ha salido. Mirad que os engañais, que no es la luna, sino el planeta Venus.

Fig. 12.

EUG. — En el tamaño, figura y claridad parece la luna pocos dias despues de nueva. Yo estoy pasmado : mirad vos, Silvio.

SILV. — La luna parece en realidad. ¡Qué menguado está! Nunca tal pensé ver.

TEOD. — Luego os daré la razon por que ahora visto con los ojos parece mas resplandeciente que nunca: dejadme sacar de aquí una consecuencia, y viene á ser, que si Venus tiene cuartos y menguantes como la luna, es opaco como ella. Advertid que en sí es un globo, bien que la parte oscura á causa de la distancia no se ve, como sucede en la luna.

EUG. — ¿Quién lo puede dudar?

TEOD. — La razon por que Venus aparece con estos cuartos y menguantes es, porque anda alrededor del sol, y cuando está de él hácia acá tiene vuelta á nosotros la cara oscura y al sol la iluminada; y cuando está del sol hácia allá, la misma haz alumbrada que tiene vuelta al sol está tambien frente á nosotros: entonces parece como la luna llena, y ahora que está del sol hácia acá se asemeja á la luna nueva. Pero como no se mete perfectamente entre nosotros y el sol, siempre le vemos de lado alguna parte de la haz clara, bien así como sucede á la luna despues que es nueva; y á proporcion que Venus va volteando alrededor del sol, cada vez va dejando ver mas su cara iluminada, hasta que en la *oposicion* ó *conjuncion* superior la deja ver toda.

EUG. — ¿Qué quiere decir *oposicion* y *conjuncion*? Ya habeis usado de ese término cuando hablásteis de Mercurio, y no sé si significa lo que yo entiendo.

TEOD. — *Conjuncion* quiere decir que el planeta

está respecto de nosotros junto con el sol, esto es, lo mas llegado en apariencia que le permite estar la inclinacion ó abertura de su órbita. Venus, pues, y Mercurio se juntan dos veces con el sol, una cuando pasan por detras de él, y otra cuando pasan por delante. Por eso tienen dos conjunciones: cuando pasan por la parte de allá del sol es *conjuncion superior,* y cuando pasan por entre el sol y nosotros se llama *conjuncion inferior.* Vamos ahora á la *oposicion.* Decir que un planeta está en oposicion, es decir que respecto de nosotros está lo mas opuesto al sol que puede ser: por ejemplo, el sol en el poniente y el planeta en el oriente, ó el sol por abajo en el meridiano inferior, y el planeta por arriba en el superior, distando uno de otro respecto de nosotros medio círculo del cielo. Marte, Vesta, Juno, Ceres, Palas, Júpiter, Saturno y Urano tienen una conjuncion cuando pasan por detras del sol ó casi por detras, y una oposicion cuando nosotros estamos entre el sol y ellos. Supongo que lo entendeis.

Eug. — Perfectamente: proseguid.

Silv. — No se os olvide decir la razon por qué Venus brilla mas ahora cuando parece que debia brillar menos.

Teod. — Es que ahora está ese planeta mucho mas cerca de nosotros que cuando está lleno, y la mayor cercanía suple la falta de luz. Yo me esplicaré mas. Venus tambien gira alrededor del sol en una eclipse casi circular; por eso unas veces está mas distante que otras; pero la distancia media es de veinte y cinco millones de leguas. Tambien os

dije ya que la distancia media del sol á la tierra eran mas de 34 millones de leguas. Esto supuesto, cuando el planeta Venus está en el punto mas distante de nosotros á la parte de allá del sol, entonces tiene vuelto hácia acá todo el hemisferio ó parte iluminada, y está lleno; y cuando se parece á la luna nueva está entre nosotros y el sol, y viene á estar muy cerca de nosotros. Comparad ahora las dos distancias entre sí, y hallareis una diferencia increible. Cuando está lleno, dista de nosotros todo lo que hay desde aquí al sol, que son 34 millones de leguas, y todo lo que va desde el sol hasta Venus, que son 25 millones, cuyas partidas suman 59 millones de leguas esto no haciendo caso de los quebrados; y cuando Venus está como la luna nueva, dista 19,000,000 de leguas, porque de aquí al sol hay 34,000,000, y ese planeta se halla del sol hácia acá 25,000,000, y así es claro que el espacio de Venus acá ha de ser de 19,000,000 de leguas, siendo así que cuando está lleno son 59,000,000 la distantancia que tiene. Bien veis que desprecio los quebrados por no causaros molestia.

Eug. — Es una diferencia bastante grande: estando ese planeta lleno, tiene una distancia cuarenta veces mayor que ahora que parece luna nueva.

Teod. — Luego conforme á la doctrina que os dí hablando de la óptica, cuando os dije que los cuerpos á proporcion de su distancia aparecian mas pequeños, se sigue que el cuerpo de Venus ahora ha de aparecer 40 veces mayor que cuando está como la luna llena; y así aunque ahora vemos una parte

muy pequeña de su hemisferio ó haz iluminada, es preciso que nos parezca mucho mas resplandeciente que cuando se asemejare á la luna llena. Esta distancia que doy á Venus es la media, porque unas veces está mas distante del sol y otras menos, y la diferencia se mide por la escentricidad de su órbita; esto es, por la distancia que tiene el sol del verdadero centro de la elipse. De esta distancia de Venus respecto del sol se sigue que nunca le podremos ver desviado de él mas de 48 grados. Sentémonos, y prosigamos discurriendo sobre este planeta. El gran Bianchini, que nos da una descripcion muy exacta de Venus, descubre en él varias manchas. Cuenta siete en su ecuador, y dos en los polos; y en obsequio de nuestro gran Rey y de siempre gloriosa memoria el señor D. Juan V, puso á la primera su nombre, llamándola *mar Regio de D. Juan* V; á la segunda la llama *mar del infante D. Enrique*: á la tercera *mar del Rey D. Manuel*; en fin da á otras los nombres de varios portugueses famosos, ó que descubrieron las conquistas de Portugal. Pero habiendo visto las manchas de la luna, supongo que no dudareis de estas, aunque mi telescopio no las descubra, porque el de Bianchini tenia 150 palmos de largo, y era mucho mejor.

Eug.—¿Y tambien tendrá sus montes y valles como la luna?

Teod.—Eso lo decís por conjetura, fundándoos en que siendo un cuerpo grande y opaco, naturalmente será escabroso, y las escabrosidades proporcionadas á su volumen serán montes muy altos; pero el caso es que en realidad los tiene, como los

observó Mr. de la Hire [1]; y por eso cuando se ve menguado, la línea que divide la sombra de la luz tambien es tortuosa como en la luna. Un astrónomo Aleman le descubrió, calculándolo, una atmósfera, y en efecto le envuelve una atmósfera como lo prueba el ser mas grande la parte iluminada de lo que debia ser, si no hubiese allí un efecto de refracion.

EUG. — Ahí habeis mentado el volumen de Venus, pero no habeis dicho todavía qué tamaño tiene en comparacion de la tierra.

TEOD. — Venus tiene un volumen sensiblemente igual al de la tierra; la tierra es 16 y Venus es 18. Esto es por lo que mira á la naturaleza y tamaño de Venus : vamos ahora á sus movimientos.

EUG. — Ya sé que anda alrededor del sol como Mercurio; pero ignoro el tiempo que gasta en su giro.

TEOD. — En su giro, al cual tambien llamamos *periodo*, consume 224 dias, 16 horas, 49 minutos y 20 segundos.

SILV. — Eso no hay que decir que no va con bastante menudencia. Si ese planeta anduviera acá por la tierra no se le podrian contar los pasos con mas exactitud.

TEOD. — Pues ahí vereis cuan seguros y escrupulosos son los astrónomos en sus medidas, y que cuando ellos concuerdan todos en una cosa la debemos dar por ciertísima ; pues bien veis que en muchas no convienen, como ya os dije. Y de paso id

[1] Memoir. de l'Acad.

observando, Eugenio (y esto á su tiempo ha de servir), que cuanto los planetas distan mas del sol, tanto mas tiempo ocupan en su periodo ó revolucion. Mercurio gasta 87 dias, que son casi tres meses, y Venus 224 que son ocho meses poco menos. Falta deciros cuanta es la inclinacion de la órbita de Venus respecto de la eclíptica ó camino del sol, para saber lo que aquel planeta se puede desviar del sol en su conjuncion ú oposicion. La inclinacion, pues, de la órbita de Venus son únicamente 3 grados y 23 minutos. Todavía resta otro movimiento de Venus, que llaman de *vértigo ó rotacion*, que es andar alrededor de sí mismo como un peon al modo que dije que andaba el sol.

EUG. — ¿Pues qué, tambien Venus anda alrededor de sí mismo?

TEOD. — Como tiene manchas, por ellas se puede conocer si tiene este movimiento, y cuánto tiempo gasta en él. Segun Bianchini, que es el que merece mas crédito en las observaciones de Venus [1], emplea en una revolucion 24 dias y cerca de 8 horas. En fin, lo que ahora me ocurre deciros acerca de Venus es una grande duda en que hoy estan los astrónomos sobre si tiene algun satélite como la Tierra, Júpiter, Saturno y Urano. Cassini, grande astrónomo, en el tratado de la *Luz zodiacal*, dice que en el año de 1672 observó junto á Venus una como nubecilla clara, que tendria como la cuarta parte de su diámetro : catorce años despues tuvo ocasion de repetir la observacion, y con mas claridad vió que la

[1] *Hesperi et phosphori nova Phænom*, c. 5.

tal nube tendria respecto de Venus la misma proporcion que la luna tiene con la tierra. David Gregorio, grande astrónomo tambien [1], habla con mas resolucion en este punto. Pero en la historia de la academia real de París, hallo que un célebre ingles llamado Short Scoto en el año de 1740, con un telescopio de reflexion de 16 pulgadas habia observado distintamente en Venus un satélite, que distaba de él 10 minutos y 20 segundos. Algun tiempo despues repitió la observacion, pero en vano. Ultimamente Mr: Baudovin presentó á la academia de París en 1761 una observacion hecha en Limoges el mismo año por Mr. Montaigne con bastante exactitud; pero no es todavía de suerte que se pueda dar por cierto el satélite. Vamos á los demas planetas.

SILV.— ¿Y no decís nada de los habitantes de Venus, que se pasean allá por sus montes y valles?

TEOD. — Lo que dije de los habitantes de la luna se puede aplicar á los de Venus; bien que hallo en este planeta otra dificultad, y mucho mayor en Mercurio, y es el gran calor que esos habitantes padecerian á tan corta distancia del sol; y tambien porque en Venus como hace su revolucion en 24 dias, está dando el sol en cualquier lugar de su superficie 12 dias continuos, sin haber el intervalo de sus noches en que los habitantes pudiesen refrigerarse; y un calor tan grande y tan continuado no me parece que permitiria que fuese habitable el pais: yo á lo menos no lo envidio.

SILV. — Ni yo tampoco.

[1] *Astron phys.*, lib. VI, p. 710, de la edic. de Ginebra.

§ II.

De la tierra, Marte, Vesta, Juno, Ceres y Palas.

TEOD. — Nosotros estamos en un planeta mas cómodo: hablo segun el estilo de los copernicanos, que llaman planeta á nuestra tierra. Estos dicen que la tierra se mueve alrededor del sol como Venus, pero á mayor distancia. Ya hablaremos una tarde despacio sobre este sistema, y entonces os diré mi opinion; por ahora para no interrumpir el discurso solo tocaré de paso lo que ellos dicen. La tierra en esta opinion es un planeta redondo, opaco y oscuro poco mayor que Venus. Puesto que os dije la distancia media del sol á la tierra inutil es que os diga la de la tierra al sol. Cuando una tarde hablemos de la tierra por menor os daré una idea bastante exacta de su figura y tamaño. Esta tierra, pues, dicen los copernicanos, que gira alrededor del sol en 365 dias, 6 horas, 9 minutos y 14 segundos; ó en menos palabras, que hace el giro alrededor del sol en un año completo. Ademas de eso tambien dicen que tiene su movimiento de rotacion sobre su eje, y de este modo se forma el dia y la noche, siendo de dia mientras nosotros andamos á vista del sol, y de noche cuando damos vuelta por la parte de que él está ausente. Esta rotacion, que ellos llaman movimiento diurno, se hace en el espacio de 23 horas, 56 minutos y 4 segundos. No son 24 horas cabales por la

razon que os diré en su lugar. Tambien la tierra tiene su órbita escéntrica; esto es, no se halla el sol perfectamente en el centro de ella, sino que se desvia un poco hácia un lado, y por eso no siempre guarda la tierra una misma distancia del sol : ya hablando de este astro os dije las distancias del apogeo y perigeo y lo que valian estas escentricidades. Y tanto es lo que el sol está mas cerca de nosotros en invierno que en verano, porque en invierno es la menor distancia ó el perihelio de la órbita de la tierra ó de la del sol. Esta órbita no tiene inclinacion alguna á la eclíptica ; pues en la opinion de estos astrónomos ella es la eclíptica misma, y en el mismo círculo en que el sol se mueve alrededor de la tierra, dicen ellos que la tierra se mueve alrededor del sol. El pormenor de este sistema, que es admirablemente ingenioso, pide otra ocasion. Por ahora esto basta.

SILV. — Vos le llamais ingenioso, y yo no ví en mi vida mayor despropósito, ni cosa que sea falsa mas á las claras.

TEOD. — Tampoco yo os aseguro que él es verdadero : lo que digo es que es ingenioso, y ya os mostraré el motivo que todos tienen hoy para confesarlo así. Vamos á Marte, que en este sistema es el cuarto planeta.

EUG. — Yo creo que en lo que toca á Marte ya estan concordes todos los astrónomos, y que la diferencia entre ellos no es sino acerca de la tierra.

TEOD. — Así es : Marte es un cuerpo opaco como los otros planetas, que reflecte la luz del sol, y esa es con la que resplandece ; pero es menos viva que

la de Venus, y tira mas á color de fuego. Veámoslo con el telescopio, que allá lo tenemos frente á nosotros.

EUG. — Hasta con los ojos se ve su luz un poco rubicunda, si la imaginacion no me engaña.

TEOD. — Ahí está el telescopio encarado : miradlo.

EUG. — Ya lo veo : es mucho mas pequeño que Venus.

SILV. — Para eso basta que esté mucho mas distante.

TEOD. — Por esta razon ciertamente habia de parecer mucho menor ; pero prescindiendo de ella, es con efecto mucho mas pequeño. Mirad, Silvio.

SILV. — Es bastante confusa su luz, y tira un poco á rojo : bien puesto le está el nombre de Marte por lo que tiene de sanguíneo.

TEOD. — Reparad, que acaso le vereis una mancha oscura en el medio (Fig. 13). Dicen que el primero que la observó fue Francisco Fontana.

Fig. 13.

SILV. — Allá me parece que la diviso. Como ya ví las de la luna, no dudo que Marte tambien las tenga.

EUG. — Yo quiero verla..... allí está..... cuanto mas aplico la vista y voy reparando mejor la veo.

TEOD. — Es necesario que una persona esté acostumbrada á mirar por el telescopio para ver bien por él, porque el cristalino de los ojos va poco á poco tomando la figura conveniente, y el alma se va olvidando de las imágenes estrañas que inmediatamente antes habia percibido por la vista, y así pue-

de reparar mas en la que actualmente se le presenta. Advierto que el gran Maraldi testifica que observó en Marte varias manchas y fajas oscuras, pero mudables; lo cual da fundamento para creer que ese planeta tiene alguna atmósfera alrededor de sí, y que las manchas mudables seran nubes. Y tengo especie de haber leido una observacion (no sé de quien), que confirmaba este pensamiento; y era, que cuando Marte iba á ocultar á nuestra vista alguna estrella, un poco antes que la encubriese, y un poco despues que la dejaba libre, mudaba la estrella, un tanto de color, ofuscándose algo su luz: señal de que empezaba á ocultarse primero por la atmósfera trasparente que rodeaba al planeta. Esta atmósfera es por la misma razon muy alta y muy espesa. Pero la atmósfera de Marte no la habeis de ver vos, Eugenio,

Eug. — Es verdad que no; pero he visto su figura y color, y sé que es mucho mas pequeño que Venus.

Teod. — Ademas de las manchas que han servido para determinar el movimiento de rotacian de Marte, muchos astrónomos han notado que un segmento de su globo hácia el polo del sud, tiene un resplandor tan superior al del resto del disco que parece como el segmento de un globo mas considerable. Esta es la mancha mas brillante y la mas permanente de todas. Este planeta no brilla por igual, pues tiene grande porcion mas sombria que el resto, y está sujeta esta parte mas sombria á grandes mudanzas, desapareciendo á veces. Semejante resplandor se ha observado en el polo norte, Herschell ha

confirmado estas observaciones examinando el planeta con mejores instrumentos de los que se habian empleado antes de él. Segun este astrónomo la analogía que hay entre Marte y Venus es la mayor que hay en el sistema solar. La oblicuidad de su eclíptica no presenta grandes diferencias.

EUG. — ¿Y se sabe de que proceden las manchas resplandecientes de Marte?

TEOD. — Puesto que el globo que habitamos tiene sus regiones polares heladas y montañas cubiertas de hielo y de nieves que no se derriten sino en parte, cuando estan espuestas alternativamente á la accion del sol, puede suponerse que las mismas causas producen los mismos efectos sobre Marte, que sus manchas resplandecientes se deben á la viva reflexion que esperimenta la luz en sus regiones heladas, y que la disminucion de estas manchas, cuando se esponen á los rayos del sol, es un efecto de la influencia de este astro. Otra consideracion hay que confirma tambien esta suposicion. El eje de Marte se inclina sobre su órbita unos 61° 55' y por lo tanto, como vereis á su tiempo la razon, no deben ser muy sensibles las variaciones de sus estaciones, y esta circunstancia de cada paralela en conservar la misma temperatura, se mira como favorable para la formacion de los hielos. El sol no arroja sobre Marte mas que la tercera parte de la luz que arroja á la tierra: por esto parece estraño que no tenga una luna que alumbre á sus habitantes, si los tiene; bien que ya puede compensar esta falta la altura y densidad de su atmósfera.

EUG. — Rato hace que me estais hablando de

Marte, y todavía no me habeis dicho cual es su distancia del sol y de la tierra.

TEOD. — La distancia media de Marte al sol es de 55,644 radios terrestres ó sea 52,400,000 leguas. Su elipse es muy escéntrica y esterior á la de la tierra como planeta superior, lo cual hace muy variable su distancia del sol y los efectos que de ella dimanan. Su volumen viene á ser unas dos décimas partes del de la tierra, su diámetro es la mitad. La masa de Marte es á la de la tierra como 1,1524 es á 1, esto es la milésima trecentésima vigésima cuarta centésima parte. Por lo que toca á su densidad, siendo la de la tierra uno la de Marte es 0, 950756. Vamos ahora al tiempo que consume en su periodo alrededor del sol, que son 686 dias 22 horas 18 minutos 27 segundos, ó cerca de dos años, que no les falta sino mes y medio.

EUG. — ¿Pues Marte no corre en 24 horas todo el cielo como lo hacen las estrellas?

TEOD. — Válgaos Dios, Eugenio : ese es el movimiento alrededor de la tierra ; pero nosotros hasta ahora no hemos hablado sino del que tienen los planetas alrededor del sol : el movimiento de todos los astros en 24 horas alrededor de la tierra pide discurso aparte.

EUG. — Estoy enterado : ahora decidme, ¿y Marte tiene tambien movimiento de vértigo ó rotacion alrededor de su centro?

TEOD. — Tambien, y gasta en cada vuelta 24 horas y 40 minutos.

EUG. — Anda mucho mas ligero que Venus, que necesita 24 dias.

SILV. — Venus es dama y señora, y Marte soldado; y así debe dar la vuelta con mas presteza, y Venus con mas gravedad.

TEOD. — Gastais buen humor: los astrónomos tienen pensamientos mas serios.

SILV. — Es cierto; y tambien mas melancólicos: id prosiguiendo, y mirad no se os escape un minuto ó una pulgada de mas en esa distancia, que es asunto para pasar muchas noches al sereno. Yo no seria para esa vida; pero continuemos.

TEOD. — Adviértoos ahora que si hablamos de la distancia de Marte á nosotros, es muy diversa del sol y no de la tierra, bien que la comprende en el ámbito de su giro; y ya veis por este discurso que Marte unas veces ha de estar muy cerca de nosotros y otras muy lejos. Ahora supongamos que Marte está en oposicion con el sol; esto es, cuando el sol nos queda de una parte, y Marte de la otra en correspondencia con él: en este caso tenemos á Marte muy cerca de nosotros, porque toda la distancia del sol á él son 52,400,000 de leguas; y quedando nosotros en el camino que hay desde el sol á Marte 34,359,470 lejos del sol, restan 18,051,650 de lleguas desde aquí hasta Marte; y por esa razon aparece él á veces mucho mas cerca de nosotros que el sol. Pero cuando gira por la parte de allá del sol, y llega á la conjuncion, corresponde muy lejos de nosotros, y para saber entonces cuanto dista así como en el caso antecedente hemos restado, en este debemos añadir de la cantidad de lo que dista la tierra del sol la que diste de este Marte.

EUG. — Mayor es de lo que yo pensaba.

Teod. — Aun falta decir la inclinacion de la órbita de Marte respecto de la eclíptica ú orbita del sol, porque ningun planeta concuerda con él : todos cortan los caminos en dos partes ó nodos ; pero la órbita de Marte difiere muy poco, y solo tiene de inclinacion 1 grado y 52 minutos, que vienen á ser casi 2 grados. En este punto creo que vos, Silvio, convenís conmigo sin la menor repugnancia.

Silv. — ¿Y por que no, si estas son cosas demostradas?

Teod. — Hablemos ahora de los cuatro planetas llamados telescópicos descubiertos en el siglo en que vivimos : y aquí vendrá bien haceros notar una cosa muy singular y que dió margen á una prediccion de Kepler realizada cual él lo previó. Si tomais los números siguientes : 0, 3, 6, 12, 24, 48, 96, 192, y luego añadís á cada uno de ellos el número 4, de suerte que tengais 4, 7, 10, 16, 28, 52, 100, 196, estas últimas cantidades espresarán el orden de distancia de los planetas al sol de esta manera :

0	3	6	12	24	48	96	192
4	7	10	16	28	52	100	196
Mercurio.	Venus.	Tierra.	Marte.	Ceres.	Júpiter.	Saturno.	Urano.

En presencia de estas relaciones Kepler vió que habia entre 16 y 52 un vacío; pues á su tiempo Ceres no estaba descubierto, y predijo que se descubririan nuevos planetas.

Eug. — El tiempo en efecto ha realizado su profecía astronómica, no solo llenando el vacío que le

hizo profeta, sino añadiendo á la fila Urano con la misma proporcion tambien.

TEOD.—Veamos pues estos planetas telescópicos, y sea el primero que se nos presenta Vesta. Como estos planetas son recientemente descubiertos, muy pequeños y distan mucho, no son muy conocidos; así no solo no os diré muchas cosas de ellos, sino que ni os fatigaré la vista, haciéndolos mirar. Vesta fué descubierto por un tal Obbers, ó por uno de sus discípulos, el dia 29 de marzo de 1807. Opínase que dista del sol unas 81,000,000 de leguas. Su volumen es las 15 milésimas partes del de la tierra, y tiene una superficie igual casi á la que tiene España; es el mas pequeño y mas brillante de los cuatro telescópicos. Su diámetro, masa, densidad y resolucion sobre su eje nos son desconocidos todavía. Da una vuelta alrededor del sol en tres años, 66 dias y 4 minutos. Su órbita parece muy irregular y se inclina sobre la eclíptica unos 7° 8′. Despues de Vesta viene Juno, que lo descubrió Harding el 1° de setiembre de 1805. Dista del sol unas 92,000,000 de leguas; Schrœter dice que su diámetro es de 475 leguas. Tampoco se conoce su volumen, masa, densidad y rotacion sobre su eje. Este planeta emplea cuatro años y 128 dias para completar su revolucion alrededor del sol en una órbita inclinada sobre la eclíptica de 31° 05. Pasemos al tercero, que es Ceres: este es el primero que se descubrió, y descubriólo Riazzy el 1 de junio de 1801. Segun Herschell tiene 50 leguas de diámetro, y 475 segun Schrœter, mas podemos decir que no es conocido: dista del sol cerca de 95,000,000 de leguas, y recorre en cuatro

años y medio su revolucion, al rededor de este astro, en una órbita, cuyo plano hace un ángulo de 10°, 97′ 25″, con el de la eclíptica. Como parece una estrella nebulosa rodeada de nieblas sumamente variables, Herschell pensó que tiene una atmósfera. Réstanos ahora hablar de Palas. Este planeta fué descubierto por Olbers el 28 de mayo de 1802. Schrœter le da un diámetro de 700 leguas y Herschell de 50 tan solo; mas hasta ahora se tiene por desconocido, lo mismo que su masa, volumen densidad, etc. Dista este planeta del sol 96,000,000 de leguas, tiene un color blanquecino, y se distingue poco, aunque se emplee un instrumento poderoso. Su órbita es estremadamente prolongada y la que tiene mas notable su inclinacion sobre la eclíptica, pues es de 34° 37′ 50″. Palas recorre esta órbita en cuatro años sieto meses y once dias.

Eug. — Una cosa he observado en tanto que os habeis esplicado sobre este asunto, y es que la revolucion alrededor del sol de cada uno de los cuatro planetas telescópicos no varia mucho de las demas : casi duran tanto las unas como las otras.

Teod. — Este ha hecho creer á algunos astrónomos y entre otros á Olbers, que estos cuatro planetas podrian ser muy bien fragmentos de un solo planeta, el cual se hubiese roto ó hecho pedazos con una esplosion. Este planeta debia de voltear entre Júpiter y Marte.

Silv. — A Eugenio no le debe parecer estraña esta opinion.

Eug. — Por mas que gusteis, doctor, chancearos en esto, os confieso que no la hallo disparatada.

TEOD. — Semejante opinion adquiere un grado de probabilidad, si añadimos á las consideraciones que preceden la figura de estos planetas; pues no es esférica, lo cual indica la disminucion momentánea de su luz, cuando presentan sus caras angulares, y el entrelace de sus órbitas que les hace volver todos al mismo punto, es conforme á lo que exigirian las leyes de la mecánica en la suposicion de que se trata. Efectivamente, segun estas leyes, si estallase violentamente un planeta, cada uno de sus planetas, despues de haber descrito una nueva órbita, vendria á pasar por el puente donde hubiese habido la esplosion.

EUG. — Me alegro mucho de esto, porque así verá Silvio, que no es sin fundamento cuando me siento inclinado á adoptar vuestras opiniones.

TEOD. — Vamos á ver ahora los demas planetas superiores.

§ III.

De Júpiter y sus satélites.

TEOD. — ¿No hay nada mas que saber de los que anteceden?

TEOD. — No me ocurre por ahora otra cosa que deciros de ellos, porque lo que resta solo lo podreis entender bien cuando hablemos del admirable juego de todos los planetas entre sí. Entremos á tratar de Júpiter, y vamos á registrarle con el telescopio, porque gustareis de verle.... Ahí lo teneis.

EUG. — Venus me parecia una luna casi nueva, y Júpiter, mirado con el telescopio, me parece una luna llena. ¡Qué hermoso es! Su luz es muy brillante y clara, muy semejante á la de Venus. Llegaos, Silvio.

SILV. — Esto es cosa muy diversa de Marte: es clarísimo y muy grande... Ya lo he visto.

TEOD. — Aunque la distancia á que Júpiter está respecto del sol es mucha, su disforme volumen y la claridad de su luz recompensan bastante la distancia. Entre todos los cuerpos celestes del sistema solar es el mayor despues del sol. Si le comparamos con la tierra es 1470 veces mayor que ella. Ya veis que es redondo; pero quiero advertiros que no es un globo perfectamente esférico; es como una naranja un poco chata ó aplanada, que no tiene tanta longitud en el diámetro que va de alto á bajo, como en el que va de un lado á otro. Los geómetras llaman á esta figura *esferoide*: aprended de memoria este nombre, porque esta es la figura de la tierra.

EUG. — Yo por el telescopio no he advertido en sus diámetros esa desigualdad que decís.

TEOD. — Basta que se la hayan notado los astrónomos que usan de mejores telescopios y *micrómetros* exactos, que son precisos para eso.

EUG. — No lo dudo.

TEOD. — Vamos al peso de Júpiter y á su densidad, porque hay modo para poder calcular uno y otro, lo cual no se logra en Marte, Venus ni Mercurio, y yo os diré á su tiempo el motivo. Siendo Júpiter 1470 veces mayor que la tierra, no le escede tanto en el peso como en el tamaño, porque no es

tan macizo como ella. Tomando absolutamente dos pedazos de la materia que hay en Júpiter y en la tierra, ó los pesos absolutamente, es aquel mas pesado que este: siendo la tierra uno Júpiter es 0,24119, por el cálculo viene á resultar la tierra mas densa que Júpiter cuatro veces y algo mas.

Eug. — Por ese vuestro discurso viene á ser Júpiter de la misma densidad que el sol.

Teod. — El sol aun es algo mas denso que Júpiter, pues os dije que la densidad de aquel astro es de 0,25624.

Silv. — Si tuviérais balanzas para pesar esas masas inmensas, y las tuviérais á la mano, no podriais hablar en esa materia con mas menudencia y seguridad.

Teod. — Todo eso lo vence la paciencia, el discurso y el estudio de los astrónomos, que juntan la observacion con la mecánica celeste. Ahora se sigue la distancia de Júpiter al sol. Como aquel se mueve en elipse alrededor de este, ya dista mas ya menos; pero la distancia media es de 125 mil radios terrestres ó bien 180 millones de leguas.

Silv. — Yo estoy oyendo hablar de millones de leguas como si fueran varas ó brazas.

Teod. — Nuestra imaginacion, acostumbrada á la pequeñez de estas cosas de la tierra, siente estrañeza cuando se eleva á la admirable fábrica del palacio del Omnipotente. Prosigamos: Siendo, pues, tan grande la distancia de Júpiter al sol, al mismo paso es mayor el tiempo que él gasta en dar un giro alrededor de este, porque si Marte consume casi dos años, para Júpiter son precisos cerca de doce, pues

emplea once y 317 dias, 12 horas, 20 minutos y 9 segundos.

EUG. — Gran diferencia hay.

TEOD. — Pero el movimiento de rotacion sobre su eje es velocísimo, porque no gasta en él sino 9 horas y 56 minutos, y de esto á mi entender, puede provenir el tener Júpiter tan poca densidad, pues, como llevo dicho, es menos denso que el sol, porque la gran fuerza *centrífuga* adquirida con la velocísima rotacion, estorba mucho la mútua gravedad de las partes, y no las deja llegarse tanto unas á otras, de manera que el cuerpo queda menos denso. A lo menos es cierto que de este movimiento y fuerza *centrífuga* nace el ser el planeta mas alto en su ecuador, y tener figura esferoide. La inclinacion de su órbita respecto de la eclíptica es muy pequeña, y no vale sino un grado y 20 minutos.

SILV. — Sentémonos, que insensiblemente nos estamos junto al telescopio sin necesidad, recibiendo el influjo de la luna.

TEOD. — Pues tened un poco mas de incomodidad, y volved á mirar á Júpiter, porque aun no habeis reparado en unas fajas negras que tiene. Yo os acomodaré el telescopio á vuestra vista, que como es distinta de la mia podrá no estar en el punto preciso... Mirad; pero habeis de aguardar un poco á que los ojos se acostumbren al telescopio, y entonces me direis lo que veis.

Fig. 14.

SILV. — Acá voy divisando (Fig. 14) unas fajas oscuras que le atravie-

san de un lado á otro, y creo que le ciñen todo alrededor.

EUG. — Dejadme verlas.

SILV. – Mirad.....

EUG. — No hay duda : yo las percibo clarísimamente.

TEOD. — Pues sabed que á veces tiene dos, á veces tres de esas cintas, y hasta se han visto ocho, y ya se observan mas cercanas unas á otras, ya mas desviadas. El gran Casini observó en él, ademas de las fajas oscuras, una mancha que le duró tres años continuos, al cabo de los cuales desapareció, y volvió á dejarse ver á tiempos, de suerte que desde el año de 1665 hasta el de 1708 apareció ocho veces. Pero antes que dejemos el telescopio mirad los satélites de Júpiter ó sus lunas que le acompañan y le hacen la corte : son cuatro..... : allá los teneis (Fig. 15).

EUG. — Yo veo dos á cada lado, Mirad, Silvio. Todos estan en línea recta.

Fig. 15.

SILV. —Son unas estrellitas muy claras y de luz muy viva. ¿A estos llamais satélites de Júpiter? Yo creo que son estrellas del cielo, y de estas hallareis cuantas quisiéreis.

TEOD. — Silvio no cree nada sino por fuerza : no son estrellas : yo os mostraré una estrella por el telescopio, y vereis la diferencia..... Mirad.

SILV. — Teneis razon : la luz de los satélites es muy viva y clara, y no centellea.

TEOD.—Ahora bien sentémonos... Ya os dije que

alrededor de Júpiter andan cuatro satélites ó lunas, que son unos globos opacos como los demas planetas, por cuya razon padecen frecuentes eclipses, porque como giran alrededor de Júpiter, y este hace sombra á la parte opuesta al sol, muchas veces entran en ella, y mientras no la atraviesan estan á oscuras, al modo que sucede á nuestra luna cuando entra en la sombra de la tierra, de la cual es satélite. Fuera de eso, los satélites se pueden ocultar por otros tres motivos : uno es cuando pasan por delante de Júpiter, porque su luz se confunde con la de este planeta. Tampoco se pueden ver cuando pasan por detras de él, y advertid que muchas veces estan ocultos detras del mismo Júpiter sin estar eclipsados, porque dándoles el sol de costado los puede iluminar : otras veces se eclipsan de repente, sin embargo de hallarse libres de Júpiter, y bastante de lado, á causa de caer hácia aquella parte la sombra del planeta, estando el sol á la parte opuesta. Ademas de estos motivos todavía hay ocasiones en que no se dejan ver, y esto sucede cuando un satélite en el giro de acá por delante corresponde á otro que viene girando allá por detras, de manera que la vista los confunde, y ya me he visto yo bastante embarazado con esto, porque sabiendo por las efemérides que no podian estar eclipsados, echaba menos un satélite; pero separándose ellos poco á poco veia yo que de uno se hacian dos, y conocia mi engaño.

SILV. — Para todo se requiere esperiencia.

TEOD. — Tambien hay otra cosa que embaraza á los que no la tienen, porque hallan en los libros

que los satélites siempre andan alrededor de Júpiter, y nunca los ven sino en línea recta con él, lo cual les causa estrañeza, y es que no advierten que los círculos que los satélites hacen alrededor de su planeta estan dispuestos de tal modo, que solo los podemos ver de canto, y así parecen una línea recta, del mismo modo que si yo tomo un aro de pipa, y lo pongo horizontalmente delante de vuestros ojos, no tendreis duda de que es círculo, porque ya lo habeis visto en otra postura; pero en esta que digo habeis de confesar que parece una línea derecha.

EUG. — Es así.

TEOD. — Luego lo mismo ha de suceder á las órbitas de los satélites. Nosotros, en la situacion en que estamos, solo podemos ver que ellos se acercan á Júpiter, que pasan á la otra parte, y que se van desviando de él hasta cierto punto, de donde vuelven á buscarle, y pasan por él al lado opuesto. Pero el discurso suple la falta de la vista, y conocemos que pasan de una parte á otra por delante, y vuelven á pasar por detras, y así andan en un giro continuo.

EUG. — Estoy hecho cargo; pero aun falta saber las distancias de esos satélites á Júpiter, como tambien sus tamaños y movimientos.

TEOD. — Mucho quereis saber: las distancias y movimientos yo os los diré; pero los tamaños casi no me atrevo. Bien creo que son mayores que la luna, y aun quizá que la tierra, porque la distancia á que se ven es escesiva; pero no se puede formar cálculo que merezca crédito. Si os representais la

tierra como 1, he aquí las masas de los satélites de Júpiter 1º. 0,0000,17, 2º, 0,0000,23, 3º, 0,0000,88, 4º. 0,0000,43. En las distancias y movimientos hay certeza. El primero y mas cercano á Júpiter dista de su centro unos 6 semidiámetros del planeta : absuelve su giro en un dia, 18 horas, 27 minutos y 35 segundos. El segundo satélite dista del centro de Júpiter 9 semidiámetros, y en su giro gasta 3 dias, 13 horas, 15 minutos y 42 segundos. El tercero dista 15 semidiámetros, gira en el espacio de 7 dias, 3 horas, 42 minutos y 33 segundos : últimamente, el cuarto satélite dista 26 semidiámetros, y se revuelve alrededor de Júpiter en 16 dias, 16 horas, 32 minutos y 8 segundos. Notad que hay algunos quebrados en cada cantidad de dichas distancias, pero como son diez milésimas partes los he pasado por alto. Y antes que vos, Eugenio, me pregunteis por su rotacion sobre sus propios ejes, por sus manchas, y otras cosas mas que no se saben, vamos á Saturno.

SILV. — Los criados de Júpiter no merecen á los astrónomos tanta atencion como su amo.

TEOD.— Sí, se la deben, y grande, con mucha razon, porque sus eclipses sirven para dar grandísima luz á la geometría; pero nuestros telescopios no pueden alcanzar á esas menudencias.

EUG. — No dejarán de haberse hecho bastantes diligencias á ese fin.

§ IV.

De Saturno y su anillo, de Urano y de los satélites de entrambos.

TEOD. — La figura de Saturno es bastante estraordinaria, porque es un globo metido dentro de un anillo chato y ancho : no quiero que me creais á mí, informaos por vuestros ojos. Voy á mostrároslo... Miradlo (Fig. 16).

EUG. — En mi vida he visto figura mas estraña : él es una bola de plata dentro de una bacía tambien de plata.

Fig. 16.

TEOD. — Os engañais, porque esa que llamais bacía no tiene fondo, sino que es un anillo suelto, y lo que veis por debajo de él es lo restante del globo ó cuerpo de Saturno.

SILV. — Dejadme ver eso... A mí me parece un sombrero de dos picos... Acomodad, Teodosio, el telescopio á mi vista... Ahora veo bien : teneis razon, Teodosio, que es un anillo y muy holgado en comparacion de la bola, porque á los lados hay dos vacíos entre ella y él.

TEOD. — Pues ya que le teneis á la vista reparad en varias cosas que sirven para nuestro intento. Lo primero en el anillo no se percibe grosor, y bien se advierte que es chato y ancho. Ademas de eso, por debajo del anillo se ha de ver en el cuerpo del

planeta una como franja oscura que pende del mismo anillo; reparad bien, Silvio, y despues lo mirará Eugenio.

SILV. — Así es: tambien tiene su cinta oscura. Eugenio, mirad.

EUG. — No hay duda.

TEOD. — Eso que veis no es cinta de Saturno, sino sombra que hace el anillo, y cae en el cuerpo del planeta. Reparad, ahora el anillo recibe luz del sol por la parte de arriba, por eso le veis claro como si fuera plata, y así debe hacer sombra hácia abajo; y la parte de Saturno que el anillo encubre es preciso que la veamos oscura, porque no le da la luz del sol; pero cuando el anillo recibe la luz del sol por la cara inferior, entonces está Saturno del anillo abajo totalmente claro; mas inmediatamente sobre el anillo aparece una como venda oscura, que es la sombra que el mismo anillo hace á la parte de arriba [1]. En este caso queda invisible el anillo acá para nosotros, porque nos vuelve la haz oscura, que no se puede echar de ver, y aparece Saturno como una bola atravesada de una faja negra (Fig. 17). Otras veces se deja ver sin el anillo, no porque le haya perdido, sino porque le tiene ladeado, de modo que le vemos de canto, y solo entonces podriamos echar de ver su grosor si él fuera perceptible; pero no podemos

Fig. 17.

[1] Esto sucede todas las veces que el plano del anillo continuado pasaria por entre la tierra y el sol.

ver ninguna de sus caras[1]; y cuando el anillo va mudando de postura, y ya que comenzamos á ver una de sus caras, parece que le nacieron á Saturno dos alas pequeñas, y hace esta figura que aquí os dibujo con lapiz (Fig. 18); y cuanto mas se va volviendo el anillo mas visible se hace, como ahora lo visteis en el cielo; pero advierto que nunca se vuelve del todo, de manera que le veamos de plano.

Fig. 18.

EUG. — De ese discurso se colige que el anillo es de la misma materia y naturaleza que los otros planetas, pues es opaco como ellos. ¿Y qué viene á ser este anillo?

TEOD. — La opinion mas fundada dice que es una muchedumbre de satélites que se revuelven en sus órbitas á determinada distancia de Saturno, los cuales, aunque en realidad no estén juntos y tocándose entre sí, no obstante, como los vemos desde muy lejos, se confunde la luz de unos con la de los otros, y parece una plancha de plata continuada.

EUG. — Por eso el anillo no está ajustado con el cuerpo de Saturno; porque los satélites, aun los mas cercanos, no se han de rozar con su superficie, antes bien siempre conservarán alguna distancia de ella. Pero deben ser innumerables para ocupar todo el espacio que el anillo ocupa.

TEOD. — Al Omnipotente cuando los crió tan po-

[1] Este segundo caso de quedar el anillo invisible sucede cuando el plano del anillo si se continuase vendria á dar á la tierra.

ca dificultad le costaba hacer uno solo como producir millones de millones de ellos. Luego trataremos de los siete satélites distintos que le acompañan á mayor distancia, ahora vamos á acabar de hacer el examen del cuerpo de Saturno. Su diámetro es nueve veces y pico (9,61) mayor que el de la tierra. Si se compara su volumen con el de la tierra representada por 1, el de Saturno es 887,5. Falta ahora decir su peso. Como tiene satélites que giran á su rededor tenemos método para eso; siendo la de la tierra uno, la masa de Saturno es 120,078,2, y el sol no le envia mas que la octava parte de la luz que nos envia á nosotros. Ahora bien, siendo Saturno 887 veces mayor que la tierra en volumen, y escediéndola solo 120 veces en el peso, ya se deja ver que es mucho menos macizo que ella; comparad las dos densidades entre sí; siendo la tierra 1, Saturno, solo es de 0,095684. Esto por lo que toca al cuerpo de Saturno, que el peso del anillo no se puede calcular.

EUG. — ¿Y tiene algunas manchas fuera de la sombra del anillo?

TEOD. — Yo todavía no se las he visto; pero como ya os dije no lo estraño, porque mi telescopio, aunque grande, no es de los mejores. Casini le vió con tres fajas; pero la del medio era tan debil que solo la podia divisar con un telescopio de 171 palmos.

SILV. — ¡Qué grandor de telescopio tan enorme!

TEOD. — Todo es preciso para nuestras observaciones, y si ni aun así llegamos á descubrir algo, tenemos paciencia, y no aventuramos nuestro dis-

curso meramente sobre la imaginacion, como algun dia lo hacian los filósofos, que bastaba que una cosa se les representase en la idea para que la diesen por efectiva é indubitable. Esto lo digo tambien contra muchos modernos, que no es solamente contra vuestros peripatéticos.

SILV. — Veamos qué distancia tiene Saturno del sol, que es lo que ahora nos importa.

TEOD. — Su distancia media son 528,200,000 leguas. Esto hablando de la distancia media. Ahora para que sepais lo que esta crece ó mengua es preciso saber la escentricidad. Esta es la distancia de Saturno al sol.

EUG. — ¿Y cuándo dista de la tierra?

TEOD. — Ya sabeis que debemos considerar á Saturno en dos puntos. En el punto mas distante á la parte de allá del sol, que es en la conjuncion con él, y sucede cuando Saturno sale con el sol y con él se pone, entonces dista mucho de nosotros. Pero en el punto de su oposicion mucho menos. ¿Teneis en memoria el modo de contar?

EUG. — Ya sé que es añadir ó quitar de la distancia media la que hay de nosotros al sol.

TEOD. — Eso es. Vamos ahora al tiempo de su periodo. Gasta pues Saturno en una revolucion 29 años, 174 dias, y cerca de 5 horas. La semejanza y analogía con los demas planetas dió fundamento para sospechar que tambien él se moverá alrededor de su eje; en efecto se ha observado que gira sobre sí mismo en 10 horas 16 minutos y 2 segundos. Su órbita tiene de inclinacion, respecto de la eclíptica, 2 grados y 30 minutos.

EUG. — Fáltannos los siete satélites.

TEOD. — Todos tienen sus particulares distancias, y á proporcion tardan diferentes espacios de tiempo en su periodo ó giro. El primero y mas llegado á Saturno dista de él, ó para hablar con exactitud del centro del planeta 39,878 leguas, y hace su revolucion sideral, esto es, alrededor de Saturno, en 22 horas, 37 minutos y 23 segundos. El segundo dista de Saturno 51,165 leguas, y gira en torno de este en un dia, 8 horas, 33 minutos y 9 segundos. El tercero dista 63,844 leguas, y concluye su giro en un dia, 21 horas, 18 minutos y 26 segundos. El cuarto satélite dista 81,240 leguas; y gasta en girar 2 dias, 17 horas, 44 minutos y 51 segundos. El quinto dista 113,335 leguas, y su período dura 4 dias, 12 horas, 25 minutos y 12 segundos. Reparad que los mas distantes siempre gastan mas tiempo, á semejanza de lo que hacen los planetas grandes alrededor del sol. El sesto satélite dista 262,086 leguas, y se revuelve alrededor de Saturno en 15 dias, 22 horas, 41 minutos y 14 segundos. La distancia del séptimo es de 765,313 leguas, y su revolucion consume 79 dias, 7 horas, 54 minutos y 37 segundos. Los seis primeros satélites de Saturno se mueven á poca diferencia en el plan del ecuador, pero el séptimo se separa de él sensiblemente, siendo la inclinacion de su órbita cerca de 30°. Hase reconocido que solo hacia un giro sobre sí mismo durante su revolucion sideral, y aunque no ha podido descubrirse lo mismo en los demas satélites, conduce á pensarlo así la analogía, puesto que parece ser la ley de los planetas secundarios esta igualdad de du-

racion de los movimientos de traslacion y rotacion. Debo advertiros tambien que los satélites de Saturno tienen frecuentes eclipses que como los de los de Júpiter, sirven para determinar la longitud, pero su grande distancia hace la observacion mas deficil.

SILV. — Si no hay algo mas que decir por ahora de Saturno y sus satélites, tened la bondad de decirme algo de ese nuevo planeta de primer orden que llamasteis Urano; porque este es de nuevo cuño, y no sé de él una jota.

TEOD. — En efecto Urano ó Herschell, como le llaman, tambien del nombre de este astrónomo que lo descubrió en 1781, no era conocido en vuestros tiempos de estudio, Doctor: pero no por esto deja de ser un planeta de primer orden como los demas. Hagamos pues su historia, Urano es el planeta mas lejano del sol, y su órbita envuelve las de todos los demas. Dista de aquel astro mas de 662,000,000 de leguas, y hace su revolucion alrededor del sol en 84 años. La inclinacion de su órbita sobre la eclíptica es de 46 minutos, 26 segundos. Todavía no se ha determinado el período de su rotacion sobre su eje, pero la analogía conduce á creer que la tiene lo mismo que un cuerpo ó que recibe tambien la luz del sol. Este planeta apenas se deja ver á simple vista, con el telescopio se divisa dotado de un color blanquecino azulejo; pero su disco está bien determinado, se le da de diámetro, contando el de la tierra por uno, 4, 26. Su volumen es al de la tierra como 77, 5 es á 1, es decir que es 77 veces tan grande como la tierra. En cuanto á su ma-

sa es 17,2823; pero su densidad no es sino 0,020802. Este planeta no recibe del sol mas que la trescentésima septuagésima parte de la luz que este astro arroja á la tierra. Cuando Herschell lo descubrió le tomó por un cometa; mas bien pronto se le volvió su calidad de planeta, observando su proximidad á la eclíptica; antes de considerarlo como tal, ya se habia observado, pero se tomaba por una estrella fija. Herschell le descubrió ademas seis satélites que circulan á su rededor, y á poca diferencia en el mismo plano. Voy á deciros lo que se sabe de sus revoluciones y distancias. El primero acaba su revolucion sideral en el espacio de 5 dias, 21 horas, 25 minutos y 21 segundos, y dista de Urano, 47,718 leguas. El segundo hace su giro sideral en 8 dias, 16 horas, 57 minutos y 47 segundos, y dista 96,940 leguas. El tercero gasta en girar 10 dias, 23 horas, 3 minutos, 59 segundos, y su distancia es de 129,572 leguas. El cuarto pone en su revolucion 13 dias, 10 horas, 56 minutos y 30 segundos, y dista 129,522 leguas. El quinto consume en su giro 38 dias, 1 hora y 48 minutos, y se halla distante de Urano 239,762 leguas. El sesto en fin emplea 107 dias, 16 horas, 39 minutos y 56 segundos, estando lejos de Urano unas 518,254 leguas. He aquí lo que hay de notable por ahora en este planeta y sus satélites. Síguense ahora los cometas, aquí hemos de tener paciencia, amigo Silvio.

§ V.

De los cometas y sus órbitas.

SILV. — Si vuestra doctrina fuere opuesta á la que yo estudié, es forzoso que dude de ella hasta que la razon me convenza. Ya veo yo que no sois de la opinion de Aristóteles en punto de cometas. Él dice que no son otra cosa mas que exhalaciones sulfúreas, las cuales subiendo de la tierra se encienden, y duran encendidas mientras no se consume la materia. Hasta ahora he estado en esta opinion, y no me apartaré de ella sino en fuerza de la razon, por la veneracion que se debe á un hombre tan grande y maestro del mundo todo.

TEOD. — De una opinion semejante, bien que con alguna diversidad, fueron otros grandes hombres, aunque no lograron ese honorífico y fingido título que dais á Aristóteles. Hevelio y Argolo quieren que los cometas sean vapores y exhalaciones de los planetas. Otros dicen que son producciones de la region etérea, de cuyo sentir es el gran Kepler, y me admiro de que un astrónomo tan grande haya tenido tan poco acierto en un discurso puramente físico. Otros afirman que el cometa es una nube muy alta é iluminada por el sol; otros siguen diversas opiniones; pero hoy creo yo que ningun filósofo que tenga nombre adoptará ninguna de ellas, porque á los antiguos les faltaron las observaciones

que nosotros en el dia tenemos, particularmente las posteriores al año de 59, las cuales á mi entender quitaron toda la duda que podia haber en esta materia.

SILV. — ¿Y por qué no seguiremos á alguno de esos grandes hombres?

TEOD. — Lo primero, los cometas no pueden ser exhalaciones de la tierra, porque estas no suben sino por el aire obligadas del mayor peso que él tiene, y aunque vos las veais correr allá por el cielo á manera de una estrella que cae, todo eso se forma muy cerca de nosotros: así como el arco íris parece que está pintado en el cielo, y se forma en las gotas de la lluvia que á veces caen de una nube bastante baja. Por tanto, no pueden los vapores de la tierra subir ni aun á la altura de la luna, cuanto menos á la de los cometas, que á veces es mucho mayor que la del sol. Fuera de que cuando los cometas pasasen por junto al sol, como por ejemplo el del año de 1680, el cual se acercó al sol tanto que no distaba de él sino la sesta parte del diámetro de ese astro, ¿qué calor no esperimentaria allí? ¿y cómo no se disiparian esos vapores? Newton calculando por el calor que nosotros sentimos en el rigor del verano estando tan lejos del sol, el calor que ese cometa esperimentaria á tan corta distancia de él, juzga que seria 2000 veces mayor que el de un hierro hecho ascua; ¿y cómo es creible que un calor tan activo no disipase esos vapores en el caso de que (como decís) los cometas fuesen meros vapores de la tierra? Lo mismo digo contra la opinion de los que pretenden que son vapores de los

otros planetas ó nubes iluminadas por el sol. Nosotros observamos que los cometas duran largas temporadas : el célebre cometa de 59 duró mas de seis meses ; ¿quién creerá que durasen tanto tiempo las exhalaciones encendidas? Pero todavía es mucho mas fuerte razon para menospreciar todas esas opiniones rancias, considerar que todos estos cuerpos, casualmente encendidos é iluminados no podrian seguir un curso regular y constante, como hoy sabemos que siguen los cometas. La razon por que unos hombres tan grandes erraron en esta materia, era porque se persuadian á que los cometas tenian movimiento irregular y vagabundo : aparecian de repente, y al cabo de algun tiempo desaparecian : unos corrian muy apriesa, otros andaban muy despacio, y hasta unos mismos caminaban ya con velocidad, ya con lentitud : no seguian la cercanía de la eclíptica como los planetas, y por eso todos buscaban tambien causa errante, contingente y desordenada, como son vapores, nubes, conjunto de estrellas, etc. Pero despues que el gran Cassini, Haleo, Wisthon y otros astrónomos les fueron siguiendo los pasos, y como señalando en el cielo el camino que seguian, y habian de seguir en lo venidero, concordaron los filósofos en que son planetas como los otros; pero que se mueven en elipses mucho mas escéntricas [1]. Ya habian sido de esta opinion

[1] Algunos quieren que la línea que describen los cometas no sea *elipse*, sino *parábola*; pero así como la elipse se confunde con el círculo, del mismo modo la elipse muy escéntrica se equivoca con la *parábola*; y segun las leyes de la atraccion dice Gravesande núm. 3758 que no pueden los planetas seguir otra línea que la elíptica.

algunos de los antiguos pitagóricos, como leemos en Plutarco y Apolonio Mindio, á quien alaba mucho Séneca en la astronomía. El mismo Séneca [1] manifiestamente la sigue, y se atrevió á profetizar lo que al presente estamos viendo; pues dijo que algun dia habria quien pudiese seguir los pasos y observar las sendas á los cometas. Pero los que dieron á esta opinion toda la luz de que es capaz fueron Cassini, Newton, Bernouille, Haleo y otros insignes astrónomos y físicos.

SILV. — ¿Y qué fundamentos tiene esa opinion?

TEOD. — Tiénelos de dos especies, unos negativos y otros positivos, porque no siendo los cometas exhalaciones de la tierra ni de los planetas, ni coleccion de estrellas ú otra cosa de este jaez, que ya se forma ya se deshace, como ya he probado que no podia ser, se sigue necesariamente que son cuerpos perpetuos, que duran y fueron criados con los demas astros al principio del mundo; y unas veces se hacen visibles, y otras son invisibles por la diversa distancia á que estan de nosotros. Este es el que yo llamo argumento negativo. Ademas de este hay otros positivos que lo persuaden. Los cometas, segun las observaciones de los modernos, mientras se ven siguen unas líneas que son porciones de elipses, y solo se diferencian de las de los planetas en que son muy estrechas y largas. Tambien se observa que cuando los cometas empiezan á manifestarse son mas visibles, y que al contrario cuando desaparecen no es de repente, sino que poco á poco se van volvien-

[1] Lib. VII, de las *Cuestion. natural.*, cap. III y XVII.

do menos visibles; de manera que cuando ya no se divisan con la simple vista, todavía se descubren por algunos dias con los telescopios, como nos aconteció con el famoso cometa de 1759.

SILV.—El cometa que apareció el año de 60 desde luego se manifestó muy grande.

TEOD. —La primera vez que lo vió quien puede dar razon de él, es así que era muy grande y visible; pero ya se habria podido ver otras muchas noches antes, y ó el tiempo nublado ó la inadvertencia hizo que no lo viese ningun filósofo que pudiese dar noticia de él. Ya sabeis que el vulgo cuando los cometas no son muy grandes, ni forman cola, los tiene por estrellas oscuras. Y manifiestamente se prueba esto en ese mismo de 1760, porque en toda Francia, Inglaterra ni Holanda no hubo quien le hubiese visto hasta despues del 8 y 9 de enero, y á ese tiempo ya le habia observado acá en Lisboa el P. Chevalier, del oratorio, socio de Lóndres, y correspondiente de la academia de París, en el colegio de las Necesidades. Este fué el primer dia que le observaron; ni hasta ahora ha llegado á mi noticia que le hubiesen observado antes en otra parte alguna. Descubrióse en la constelacion de la nave *Argo*, y parecia mayor que una estrella de primera magnitud; no tenia cola, ni por entonces la podia tener porque estaba en oposicion con el sol; esto es, estábamos nosotros por línea recta entre el sol y él; y aquel dia la cola se habia de estender hácia la parte superior del cometa; de suerte que la ocultaria su mismo cuerpo, como luego os diré cuando hablemos de estas colas. Su observacion duró aquí en

Lisboa 16 dias. Lo que causó grandísima admiracion fué la inesplicable velocidad de su movimiento propio: era retrógrado, y la primera noche corria mas de un grado en cada hora; en los dias siguientes se fué mitigando la furia de su carrera, mas de todos modos corrió en estos dias 95 grados de longitud por los signos de *Leon*, *Cáncer*, *Geminis* y *Tauro*, que es mas de la cuarta parte del cielo. Decidme ahora, así como estando nosotros observándole en Lisboa, y él muy manifiesto en medio del cielo, ninguno le echó de ver desde otra parte, ¿qué mucho seria que algunos dias antes él estuviese en el cielo muy visible, y que no le viese nadie que pudiese distinguirle de las demas estrellas?

EUG. — Yo he visto algunos cometas sin cola, que, antes de haberme desengañado personas que lo entendian, tenia por estrellas, y sin embargo de estar viendo el cometa le andaba buscando por el cielo, y decia que no le hallaba.

TEOD. — Eso sucede comunmente á quien no tiene alguna esperiencia de la observacion de estos astros. Pero continuando con los fundamentos que prueban nuestra opinion, el que la dejó firmísimamente establecida es este. Si los cometas son astros criados al principio del mundo juntamente con los planetas, y solo se hacen visibles por la menor distancia de la tierra, deben tener su órbita cierta, por la cual se muevan, y por eso han de gastar determinado tiempo en cada vuelta. De que se seguiria que con determinado intervalo de tiempo un mismo cometa deberia aparecer diferentes veces. Si esto sucediere así ¿quién podrá dudar que los co-

metas son unos planetas como los otros, pues hacen sus revoluciones en determinados tiempos?

SILV. — Pero no es así, porque los cometas se dejan ver cuando no se esperan, ni hay cálculo para ellos, así como los hay para el movimiento de los planetas.

TEOD. — Sosegaos un poco. Como las revoluciones de los cometas se hacen con tanta lentitud respecto de las de los planetas, no pueden sus movimientos ser observados con tanta exactitud; pero no obstante se han conocido algunos periodos, y de un mismo cometa se cuentan varias apariciones con intervalos iguales. El grande Haleo, ya en su tiempo, sin la menor perplejidad afirmaba que el cometa del año de 1531, observado por Apiano, era el mismo que apareció 76 años despues en 1607, y observaron Keplero y Longomontano, y que volvió á dejarse ver en 1682 con el intervalo de 75 años[1]; y por este cálculo se le esperaba para el año de 1757 ó para el siguiente de 58; porque de los dos períodos que se habian observado, el uno era de 76 años, y el otro de 75, siendo esta diferencia muy corta, y pudiendo haber nacido de alguna causa accidental. Esta esperanza tenia en ansiosa espectacion á todos los astrónomos; y los mejores con Newton y los mas juiciosos filósofos no dudaron de esta profecía astronómica. Llegó el año de 57, y el cometa no se dejó ver. M. Clairaut, insigne geómetra, y miembro de la academia de París, publicó por este tiempo una memoria, en la cual señalaba para algo mas

[1] *Cometographia*, que viene en las *Transacciones filosóficas*.

adelante la aparicion del cometa, habiendo formado el cálculo con indecible trabajo, atendiendo á la retardacion que al pasar podian causarle Júpiter y Saturno con motivo de la mutua atraccion que se conoce entre todos los cuerpos celestes. Esta atraccion no en todos los períodos puede ser una misma, porque no siempre pasa el cometa á una misma distancia de estos planetas; y esta habrá sido tal vez la causa de la pequeña diferencia que se halla entre los otros dos períodos. Segun el cálculo de este grande hombre el cometa no debia aparecer antes del año de 59, habiendo de ser su *perihelio* ó mayor cercanía al sol en abril de dicho año. Con efecto, pasó todo el de 58 sin que los astrónomos tuviesen la menor noticia del cometa esperado; y ya algunos que ignoraban los sólidos fundamentos del pronóstico titubeaban en el crédito que le habian dado. Apareció en fin á 21 de enero de 59, y fué descubierto por M. Massier, astrónomo, y discípulo de M. De Lisle, que segun los cálculos de su maestro lo buscaba cada noche en aquella parte del cielo donde debia manifestarse. Despues se supo que ya le habia visto en Sajonia un hombre del campo á 25 de diciembre del año precedente, para mas completo crédito de la profecía de los astrónomos, que lo habian pronosticado para el 58. M. Massier continuó observándole hasta el dia 14 de febrero, y de allí en adelante ya no se le pudo ver, porque aparecia segun nuestra vista muy cerca del sol, y se confundia con sus rayos. Pero como esperaban que desviándose mas de él con el movimiento que llevaba se dejaria ver de madrugada de allí á algunos dias, M. De

Lisle, suponiendo ser el mismo cometa pronosticado, hizo su cálculo, y fué como señalando en el cielo el camino que debia seguir cuando volviese á descubrirse. Apareció en fin otra vez á primero de abril, y ya se habia visto acá en Lisboa á fines de marzo: era de un tamaño tal que se dejaba percibir de cualquiera. Entonces M. De Lisle publicó su cálculo; y tan satisfecho estaba de él, que lo fué á presentar al Rey Cristianísimo á Versalles; y las observaciones mostraron despues que el cometa iba obedeciendo á las leyes de los astrónomos. En Lisboa se tuvo el gusto de observarle hasta el dia 22 de abril, cuando en París por estar mas al norte no le pudieron ver sino hasta el 17. La causa por que no se pudo descubrir desde el 22 en adelante fué que caminaba mucho hácia el polo del sur, de suerte que no salia de encima del horizonte, así como no salen las estrellas que estan junto al mismo polo. Pero con su movimiento propio vino otra vez andando acá hácia nuestro polo, y se volvió á ver de noche en Lisboa á 28 de abril, y en París á 29. Continuó en dejarse ver allá hasta 9 de junio; pero en Lisboa lo observaron exactamente hasta el dia 22 del mismo mes el P. Chevalier, del oratorio, y otros padres en el colegio de las Necesidades; y últimamente desapareció, siendo en los últimos dias casi imperceptible. No tengo noticia de que otro astrónomo alguno haya tenido la felicidad de prolongar tanto su observacion, ni de que fuese visto en ninguna parte de este dia en adelante. Su movimiento era retrógado, y corrió los signos de Piscis, Acuario, Capricornio, Sagitario, Escorpion, Libra y Virgo. Su

perihelio ó mayor cercanía al sol fué en marzo, antes que se descubriese la segunda vez.

SILV. — Si en este tiempo no le observó nadie, ¿cómo decís que entonces se llegó mas al sol?

TEOD. — ¿No veis que por las observaciones antes y despues de este tiempo se puede ir señalando por el cielo el camino que hizo? Esta línea era curva y porcion de una elipse, y así se conoce el curso que llevó, aun en los intervalos en que no se dejaba ver, porque no habia de andar saltando de una parte á otra, sino que habia de llevar su carrera seguida. Combinando ahora los astrónomos la órbita de este cometa con las de los que se dejaron ver en 1682, 1607 y 1531, hallaron que era la misma; y así concordaban sus movimientos, como tambien la inclinacion respecto de la eclíptica, siendo unos mismos los nodos ó encruzamientos con ella; y que en fin era tambien igual la velocidad. Todo esto junto con la igualdad de los períodos prueba innegablemente que es un mismo cometa, y que nos visitó varias veces. Y de aquí se infiere que tambien fué este el cometa que antecedentemente habia aparecido en 1456, siendo ya esta la quinta aparicion observada. M. Damoiseau del observatorio de París, calculó la época de su próxima vuelta y la aplazó para el 4 de noviembre de 1835, en el perihelio. M. de Pontécoulant hizo el mismo cálculo y fijó su vuelta para el 7 de noviembre. Esta diferencia de tres dias, depende de que no adoptaron ambos astrónomos las mismas masas para los planetas perturbadores. Aquí teneis el fundamento que quitó los recelos que hasta ahora podrian estorbar á algunos el creer que

los cometas son astros criados al principio del mundo, pues ya se pueden calcular sus movimientos como el de los demas astros. Solo tienen una gran dificultad, y es, que como sus períodos son muy prolijos, son precisos siglos enteros, á fin de que las repetidas observaciones de un mismo cometa nos den luz para pronosticar sus futuras apariciones. Pero ahora ya se pueden intentar estas empresas con otra luz. Supuesto lo dicho, prudentemente se puede creer, que (segun lo dejó dicho Cassini) el cometa del año de 1680, tambien célebre por su increible proximidad al sol, fué el mismo que se vió en el de 1577, habiendo tenido de período 103 años. Del mismo modo el de 1698 se cree que fué el mismo del año de 1652 : como tambien que el de 1702 seria el mismo que fué visto en 1668 con el período de 34 años. Y Wisthon se atreve á afirmar que todos los cometas que habian aparecido desde el año de 1557 hasta el de 1698 habian dado ya otra vuelta despues de correr sus órbitas.

Silv. — A vista de esas observaciones confieso que hay bastante fundamento para creer que los cometas son astros criados al principio del mundo; pero como los antiguos no las tenian, no es de admirar que siguiesen otras opiniones.

Teod. — Hablemos ahora de otros cometas no menos curiosos que el de 1759. En el mes de Junio de 1770 Messier descubrió otro cometa, y Lexell halló que habia recorrido en cinco años y medio una elipse, cuyo grande diámetro no era sino tres veces tan grande como el de la tierra.

Eug. — Es estraño que un cometa con tan corta

revolucion no hubiese sido observado hasta esta época.

SILV. — Yo me acuerdo que hubo muchas pullas sobre la aparicion sucesiva de este cometa, el cual llamaron *cometa perdido* porque no volvió á parecer.

TEOD. — En efecto es cierto cuanto decís. Mas ya se conocen hoy dia las causas de su misteriosa desaparicion, la cual sirve para confirmar el sistema de la atraccion planetaria. Si no se habia observado cada cinco años y medio antes de su aparicion en 1770, es porque describia entonces una órbita de todo punto diferente de la que describió despues; y si luego no se ha vuelto á ver, es porque en 1776 su paso al perihelio tuvo lugar de dia, y á sus vueltas siguientes, habia su órbita esperimentado tales alteraciones, que no se hubiese podido reconocer, aunque hubiese sido visible desde la tierra. La accion de Júpiter sobre este cometa lo acercó y alejó de nosotros alternativamente, ejerciéndose en sentido inverso. Veamos ahora otro llamado de corto período. Descubriólo en Marsella el dia 26 de noviembre de 1818 M. Pons. Sus elementos parabólicos determinados por M. Bouvard lo dieron á reconocer por el que habia aparecido en 1805. M. Encke demostró que pone 1200 dias, ó 3 años y $\frac{1}{10}$ en el curso de su órbita. Las apariciones posteriores han confirmado estos cálculos. En Joanisberg, M. Biela descubrió otro cometa, el 27 de febrero de 1826, M. Gambart, que lo percibió algunos dias despues en Marsella, determinó sus elementos parabólicos y reconoció que se habia observado ya en 1805 y 1772. Este es

el cometa que espantó á tanta gente por haberse anunciado que vendria á chocar contra la tierra á su regreso en 1852.

EUG. — Ya me acuerdo de ello : mucho alborotó el tal cometa, y con todo nada de esto se verificó.

TEOD. — Pues sabed que el dia 29 de octubre atravesó la órbita terrestre en un punto donde se halló la tierra un mes despues de su paso ; pero en aquella sazon distaba del planeta mas de veinte millones de leguas, puesto que recorre, velocidad media, seiscientos setenta y cuatro mil leguas por dia. En 1805 pasó este cometa diez veces mas cerca de nosotros, esto es, á la distancia de unos dos millones de leguas.

EUG. — ¿ Y cuantos cometas hay descubiertos ?

TEOD. — Hasta ahora hay unos 150 cometas descubiertos, pero es probable que haya muchos mas y que se nos hayan escapado una infinidad. El telescopio ha hecho descubrir muchos; antiguamente se observaron pocos, porque solo tomaban por tales los que llevan cola. Nosotros no podemos descubrir sino aquellos cuyo perihelio es mas vecino que nosotros del sol. Acaso hay mas de 250 cometas mas cercanos del sol que Urano, los cuales no veremos jamas.

EUG. — Supuesto que no cabe duda sobre que los cometas son astros, ¿ me direis si son opacos, como los planetas, ó si arden por sí mismos, como el sol y las estrellas ?

TEOD. — Esta importante cuestion no ha sido resuelta todavía de una manera completa ; pero hay diferentes medios de resolverla. Si pudiéramos des-

cubrir en ellos fases, desapareceria toda incertidumbre, pero en su defecto tenemos la polarizacion, la cual puede conducir al mismo resultado. Voy á esponeros un método, cuya aplicacion, luego que pueda hacerse, desvanecerá probablemente toda duda. Dése un punto luminoso por sí mismo y sin dimensiones sensibles que lance en torno en el espacio partículas luminosas. Si se recibe á la distancia de un metro, por ejemplo, estas partículas luminosas sobre la superficie de una esfera de un metro de radio, se esparcirán por ella uniformemente. Si se reciben á la distancia de 2,5, 100 metros, las esferas tendrán 2, 5, 100 metros de radio y las moléculas luminosas se esparcirán uniformemente; pero se apartarán las unas de las otras en la proporcion del engrandecimiento de las superficies de las esferas. La geometría demuestra que las superficies de las esferas crecen proporcionalmente á los cuadrados de los radios; la separacion de las partículas luminosas será, pues, igualmente proporcional á los cuadrados de los radios, ó en otros términos, á los cuadrados de las distancias en que reciban las moléculas luminosas. Y como la intensida de la luz, que ilumina el objeto, está en razon del número de rayos luminosos que vienen á herirle, se llega á esta ley que, *la intensidad iluminante de un punto disminuye proporcionalmente á los cuadrados de las distancias.* En lo que acabo de decir he supuesto un punto luminoso sin dimension sensible ; démosle ahora alguna estension. Claro está que, cada punto de esta superficie iluminante lanzará, como el punto aislado de que he hablado poco hace, una luz que se debilitará en

razon inversa del cuadrado de las distancias. Solamente aumentándose el número de los puntos luminosos, la cantidad total de luz emitida será mucho mayor; de donde se saca esta consecuencia, que á distancias iguales, la intensidad de la luz es proporcional al número de los puntos que iluminan. Con que llegamos á este doble resultado que la propiedad iluminante de una superficie luminosa es, por una parte, proporcional á su estension y, por otra, en razon inversa del cuadrado de las distancias. La consecuencia de esta ley es que la intensidad de una superficie luminosa debe parecer la misma á cualquiera distancia que se trasporte la superficie, con tal que sostenga siempre un ángulo visible. Y para que esta consecuencia no parezca contradictoria con la ley de la cual la hemos deducido; notad que se trata en el segundo caso de la *intensidad* de la superficie luminosa, y en el primero de su *propiedad iluminante*.

Eug. — Ya me hago cargo de ello y me admiro del modo como procedeis: pues ya me haceis entrever el resultado ó el blanco de vuestra marcha.

Teod. — Cuando se quiere comparar, no la propiedad iluminante, sino la intensidad luminosa de dos superficies, es menester tomar en cada una de ellas dos porciones iguales, y ver cual es la mas brillante. Esto supuesto, digo que dadas dos superficies luminosas, si se dejan ver por dos aberturas iguales porciones de las mismas dimensiones y parecen estas tener la misma intensidad, sucederá lo mismo cuando se trasportará una de las dos superficies á mayor distancia, con tal, sin embargo, que

la abertura, por la cual se vea una parte, parezca siempre llena. En efecto, si por una parte cada punto luminoso envia á los ojos un número de rayos que está en razon inversa del cuadrado de las distancias; por otra parte el número de puntos luminosos que la vista descubre al traves de la misma abertura, se aumenta en la misma proporcion. La intensidad de la porcion visible de la superficie luminosa no se habrá mudado. El sol, por ejemplo, visto desde Urano, parece un círculo de 100 segundos. Pues bien, cortemos sobre el sol una superficie circular de 100 segundos por medio de un biombo, y tendremos en magnitud yresplandor el sol de Urano.

Silv. — ¿En qué vendrán á parar todos estos preparativos?

Eug. — Dejadle hablar: ya lo veo venir.

Teod. — Veamos ahora qué uso puede hacerse de estos principios para la solucion de la cuestion que tenemos á la vista; á saber, si los cometas son ó no luminosos por sí mismos. Esta cuestion es la misma que esta, *¿de qué manera cesa de ser visible un cometa?* Si su disposicion es un efecto de la disminucion escesiva de sus dimensiones y no de la estenuacion de la luz el astro es luminoso por sí mismo; mas si, teniendo todavía el cometa grandes dimensiones, su luz se debilita gradualmente y acaba por apagarse, esta luz sin duda es prestada. Las observaciones hechas hasta la actualidad parecen probar que esta última causa de desaparicion es la verdadera, y de consiguiente los cometas reflejan una luz que no es suya: con todo puede esta consecuencia dejar de ser rigurosa. Probado está hoy dia que la

nube u oscuridad de los cometas se va dilatando á medida que el astro se aleja del sol; ¿acaso esta disminucion sucesiva no podria producir una disminucion gradual de la luz? Así pues, será preciso tener en cuenta esta causa de disminucion y demostrar que es insuficiente para esplicar la disposicion de los cometas.

§ VI.

De la figura de los cometas, y efectos que pueden causar.

TEOD. — El vulgo, que es quien se asusta con los cometas, no es filósofo, ni espera las apariciones de estos astros: la novedad que traen consigo, y lo estraordinario de sus figuras á causa de las colas, juntamente con la preocupacion general y antiquísima de que los astros influyen en los sucesos, aun en aquellos que dependen de nuestra libre voluntad, son causa de este terror en el pueblo, el cual siempre está pronto á temer todo cuanto le dicen que es temible.

SILV. — No podeis negar que los cometas apareciendo unas veces en forma de espadas de fuego, otras con color sanguíneo, dan indicios de futuras guerras y calamidades.

TEOD. — No hay cosa mas engañosa, Silvio, que los ojos del vulgo atemorizado: ve cuanto se le representa en la imaginacion, y basta que uno levante la voz para que todos digan que ven lo mismo. No hay figuras de espadas ni batallas en el cielo: todos

los cometas son sensiblemente redondos como los planetas, bien que sus colas tomen diversas figuras consideráseles un punto céntrico que es mas ó menos luminoso y se llama *núcleo*, y una nube que le envuelve y se llama *cabellera*. Los rastros luminosos que acompañan la mayor parte de los cometas se llaman colas. Segun unos estas no son otra cosa que un humo ó vapor que sale del cuerpo del mismo cometa á causa del calor del sol. Esta es la opinon de Newton, mirad esta (Fig. 19), en la cual estan delineadas las órbitas de los planetas, y tambien las de algunos cometas. De los planetas hablaré á su tiempo, ahora vamos á los cometas. Ya veis como sus órbitas son largas, proviniendo de aquí el que los perdamos de vista cuando andan allá por arriba, y el que los echemos de ver cuando se llegan mas á nosotros. Pasemos al punto de las colas, lleno todavía de incertidumbre por lo tocante á sus causas y naturaleza. Discurriré por ahora como los que siguen la opinion de Newton. Lo primero, mientras el cometa está distante del sol no se le ve cola, porque entonces no hay bastante calor para hacerle exhalar el humo; pero á proporcion que el cometa se viene acercando al sol, le va creciendo la cola, como lo veis en *a* y *b;* de manera, que en los dias inmediatos despues de su perihelio suele ser mayor que nunca, como veis en *c*, por el gran calor del cometa causado de la cercanía del sol, cayendo ya sobre el calor que habia recibido en el perihelio. Por la misma razon va menguando la cola á proporcion que el cometa se va retirando del sol, porque va siendo menor el calor. No ignoro que en este

punto hay otras dos opiniones patrocinadas por buenos autores: una dice que la cola del cometa consiste en la refraccion de la luz del sol al pasar por el mismo cometa ó su atmósfera: la otra afirma que proviene de la refraccion que la luz del cometa padece al atravesar el espacio de cielo que hay hasta nuestra vista; pero á mi entender ninguna de ellas se puede sustentar: la primera, que es de Apiano, no me parece verdadera, porque nada importa que la luz del sol se doble en la atmósfera del cometa, si despues no hallase cuerpo de donde reverberar há-

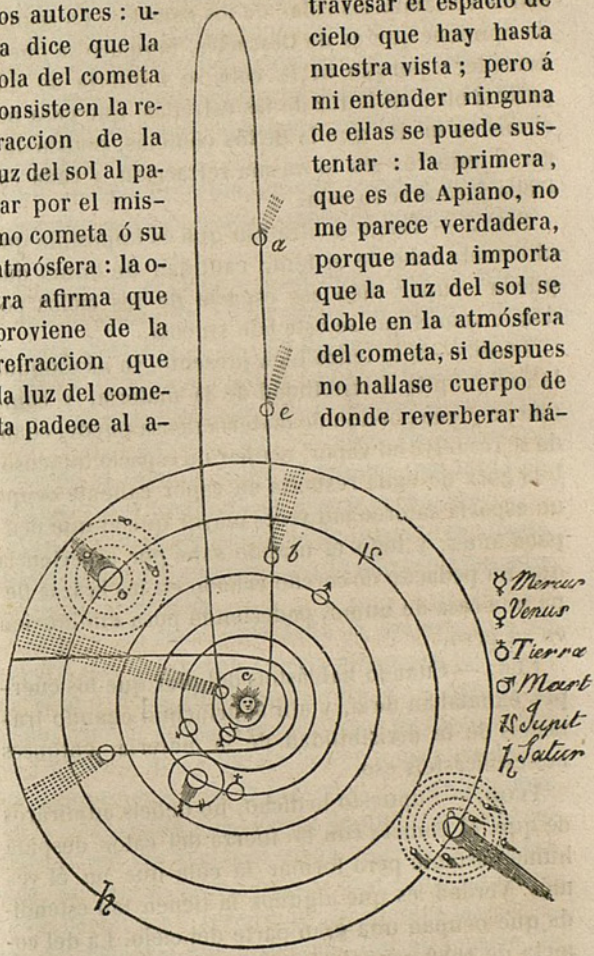


Fig. 19.

cia nosotros; sin esto quedaria invisible, ni nosotros veriamos las colas de los cometas. La segunda opinion, que es de Descartes, tampoco se puede defender; porque ni la cola se mudaria de una parte á otra, ni la luz de las estrellas, que pasa por el mismo medio que la de los cometas, podria llegar á nosotros sin la misma refraccion, y cada estrella formaria su cola.

SILV. — Tengo contra eso que es imposible que el cometa eche de sí tanta cantidad de humo que pueda ocupar todo ese espacio de los cielos por donde vemos que se estiende su cola.

TEOD. — Si lo tengo bien presente, ya os espliqué la casi infinita divisibilidad de la materia, y como una pequeña porcion de materia densa puede, cuando se resuelve en vapor, ocupar un espacio inmenso. Una gota de agua resuelta en vapor caliente ocupa un espacio catorce mil veces mayor que el que ocupaba antes, y todo el mundo sabe por esperiencia que un pedacito de corcho echado en las brazas llena una casa de humo, padeciendo poca diminucion en su peso.

EUG. — Cuando hablásteis del olor que los cuerpos exhalaban de sí, y allí al principio cuando tratásteis de la divisibilidad de la materia, entonces nos esplicásteis eso.

TEOD. — Supuesto lo dicho, no debeis admiraros de que el cometa con la fuerza del calor despida humo bastante para formar la cola que en él vemos. Verdad es que algunos la tienen tan estendida que ocupan una gran parte del cielo. La del cometa de 1680 ocupaba la tercera ó cuarta parte del

cielo; pero bastante causa tenia para esta prodigiosa estension en el intensísimo calor que esperimentó en el perihelio, porque solo distó del sol la sesta parte del diámetro solar. Considerad qué calor seria este, y cuanto humo saldria del cometa todo ardiendo y hecho un ascua viva, como es preciso que entonces estuviese.

SILV. — Siendo él tan grande como la tierra, ó tal vez aun mayor, mucho habia de costar hacerle ascua.

TEOD. — Si el calor del sol unido por el espejo ustorio es capaz de volver ascua un hierro, allá á tan corta distancia ¿cómo no derretiria y reduciria á materia vitrificada todo el cometa? Newton le da un calor 2000 veces mayor que el de un hierro hecho ascua, y que gastaria muchos años en enfriarse, formando el cálculo sobre el tiempo que tarda en perder el calor una bola de hierro encendida.

SILV.—Siendo eso así habia de volverse el cometa notablemente mas pequeño perdiendo tan gran porcion de su sustancia.

TEOD. — Es cierto que toda la materia que se evapora sale del cometa; pero acaso con la fuerza del peso ó de la atraccion volverá á caer sobre el mismo cometa despues de enfriarse, así como el humo y vapores que salen de la tierra despues de algun tiempo á causa de la gravedad ó atraccion vuelven á caer sobre ella. Fuera de que como los cometas hacen sus visitas al sol de muchos en muchos años, no habrán hecho muchas desde su produccion á esta parte, y no serán muy frecuentes las pérdidas de sustancia que padezcan. Por otra parte, la

distancia á que andan, y la luz parda y confusa que suelen tener, dificulta el que se observen sus verdaderos diámetros, sin recelo de que sea reputada por cuerpo del cometa parte de la atmósfera que los rodea, la cual tambien es iluminada por el sol, y así no podemos asegurarnos de su mengua ó diminucion. Añádese que raras veces habrá acontecido que un mismo observador haya observado un mismo cometa en dos períodos ó vueltas, lo cual seria muy conducente para cerciorarse de su diminucion. Pero yo no dudo que alguna padecerán si los vapores despues de frios no volvieren al cometa, como vuelven á la tierra en virtud de la gravedad.

Eug. — Si ellos se llegasen mas cerca ó se dejasen ver mas á menudo, ya nos podrian los astrónomos informar si se disminuian en el volumen ó no. Pero esa cola la hay algunas veces, y con todo no la vemos, segun habeis dicho poco ha del cometa del año 60: mas decidme, Teodosio ¿se dirige siempre la cola de los cometas hácia la parte contraria al sol, de suerte que si el sol se halla á este lado, la cola del cometa se estiende hácia aquel otro?

Teod. — Esta direccion de la cola del cometa ha dado mucho que pensar á los filósofos. Newton, siguiendo la opinion de que es humo, la esplica de este modo[1]: *Así como en nuestro aire el humo de cualquier cuerpo que arde sube siempre, ya perpendicularmente si el cuerpo está quieto, ya oblicuamente si el cuerpo se mueve hácia un costado, del*

[1] Lib. V *Astronom. physic.*, sect. I, prop. 4.

mismo modo sucede en los cielos, donde los cuerpos gravitan hácia el sol; y por esa razon el humo y los vapores deben subir del sol hácia arriba, y esto ó perpendicularmente si el cuerpo que humea está quieto, ú oblicuamente si el cuerpo va andando hácia un lado, y dejando siempre el lugar de donde habian subido las partes del vapor que ya estan mas altas. Esta oblicuidad (añade Newton) *será menor cuanto la subida de los vapores fuere mas rápida, como por ejemplo á menor distancia del sol, y junto al cuerpo que despide el humo.* Esta esplicacion tiene gran nobleza, y concuerda con lo que todos vemos acá en la tierra, porque una hacha, v. g.; estando parada arroja el humo derecho arriba, que es la parte opuesta á la tierra, hácia la cual pesan todos los cuerpos terrestres; y si va andando echa el humo hácia arriba, mas tambien un poco de lado formando una línea oblicua. Igualmente se conforma con lo que vemos en las colas de los cometas, las cuales no van por línea recta que desde el sol pase por el cometa, y atraviese toda la longitud de su cola, sino que allá al remate se tuercen un poco hácia la parte que el cometa con su movimiento va dejando desocupada; y tambien hácia el remate se ensanchan mas, que es propiedad del humo, el cual sube en diversa figura que la llama, pues esta cada vez se hace mas aguda, porque cuanto mas sube mas veloz va, y aquel cuanto mas sube mas se desparrama, porque va mas debil; y esto es lo que sucede á la cola de los cometas.

Eug. — No se puede negar que es una esplicacion admirable.

TEOD. — Pues sin embargo yo que venero á la verdad mas que todo, acá tengo un escrúpulo, que diré con el respeto debido á un hombre tan grande. El humo sube acá en nuestro aire, porque el aire pesa mas que él; y así no podrá subir el humo de los cometas de un modo semejante al humo terrestre, sin que en los espacios de los cielos se admita algun medio pesado, y mas pesado que el humo de los mismos cometas, para que escediéndole en gravedad le haga subir; y ya sabeis que Newton quiere que los espacios de los cielos esten ó enteramente ó casi del todo vacíos. Mas no por eso condeno su opinion. Veo que M. Homberg observó que en el foco de la lengua ustoria unos hilos delgadísimos de seda, puestos á los rayos del sol, eran manifiestamente impelidos por ellos. Siendo esto así, y concediendo (como Newton pretende) que los rayos del sol son impelidos y vibrados desde el cuerpo luminoso hácia afuera, bastará su impulso para que encontrando los vapores del cometa los muevan en su misma direccion, y los lleven (como lo hace el viento con nuestro humo) hácia la misma parte adonde caminan los rayos que de una y otra parte pasan por los lados del cometa. Esta esplicacion me parece muy buena, porque hago reflexion que allá arriba no hay medio que embarace cualquier direccion que se quiera dar al humo, siendo cierto que ó no hay medio alguno, ó es de una raridad casi infinita para no retardar á los planetas, y si en el foco de la lente, donde sin duda tenemos aire que hace resistencia, bastan los rayos del sol para impeler los hilos de la seda, donde no hubiere ninguna resisten-

cia cualquiera fuerza, por mínima que sea, será bastante para comunicar movimiento, ¿Qué os parece, Silvio?

SILV. — Como no hice esas esperiencias, ni sé esas leyes de resistencias de los medios, no tengo voto en la materia. Solo sí diré que conforme á esa esplicacion no podremos condenar al vulgo cuando dice que ve en el cielo espadas de fuego, pues un cometa ardiendo por el cielo como una hacha, y llenando de humo la tercera ó cuarta parte de él, alguna semejanza tiene con una espada de fuego.

TEOD. — Así seria si nosotros desde acá percibiéramos con los ojos que él ardia; pero solo vemos una estrella muerta y una cola blanca, lo cual no tiene semejanza alguna con esas espadas.

SILV. — He oido decir que no siempre la cola es blanca.

TEOD. — Los rayos del sol al atravesar la atmósfera del cometa podrán recibir algunos colores en la refraccion, y como el color encarnado es el mas fuerte y perceptible á tanta distancia, sucede que á veces la cola tira á encarnada, así como por semejante motivo lo parecen tambien las nubes junto al horizonte; pero advierto que solo podemos percibir este color si los rayos quebrados y teñidos dando en las partículas del humo reverberaren hácia nosotros, lo cual es preciso para que entren por nuestros ojos, y tengamos sensacion del color encarnado. No quiero dejar este punto sin deciros que Hevelius habia aventurado decir que la nube del cometa (esto es una especie de anillo diáfano que le envuelve y que tiene muchas leguas de espesor ó

grueso) aumenta de diámetro á medida que se aleja del sol, y Newton habia esplicado este fenómeno, diciendo, que la cola de los cometas se forma á espensas de la cabellera ó anillo; que este disminuye de volumen á medida que el cometa se acerca al sol, y que recíprocamente aumenta en dimension despues del paso al perihelio cuando la cola le vuelve la materia que habia recibido. Sin embargo parecia difícil admitir que una masa gaseosa se dilatase á medida que se alejase del sol para pasar á regiones frias; y la importante observacion de Hevelius obtuvo poco favor hasta que el cometa de corta duracion vino á confirmarla de una manera completa. Kepler pensaba que la formacion de la cola de los cometas era el resultado del impulso de los rayos solares que desprendian y dispersaban á lo lejos las partes mas ligeras de la nube. Mas para admitir semejante opinion; seria menester probar que los rayos solares estan dotados de una fuerza de impulsion; con todos los mas delicados esperimentos no lo han probado, y aun cuando la admitiéramos, todavía faltaria decir porque la cola no está siempre en oposicion del sol, y ahora respondo á vuestra pregunta, Eugenio, porque hay á veces muchas que hacen ángulos grandes entre sí, porque se forman y desvanecen en tan poco tiempo, porque algunas estan animadas de un movimiento de rotacion rapidísimo, porque en fin hay cometas cuya cabellera parece desmelenada muy ligera y sin embargo no tienen cola. Así estad conmigo en que sobre este punto no tienen los astrónomos de que lisonjearse.

EUG. — Siendo la cola del cometa grande y rubicunda á veces, como habeis dicho, disculpo al vulgo en temer sucesos desgraciados, porque es una cosa nueva y espantosa.

SILV. — Ademas de eso siempre acompañan á estos cometas ó los preceden grandes calamidades, como son muertes de príncipes ó guerras, ó cosas semejantes, y esta esperiencia es generalísima y casi tradicion constante; por lo cual discurrid como quisierais que yo en eso tambien soy vulgo y no gusto de que los cometas vengan á hacernos estas visitas.

TEOD. — Antes de responderos os quiero hacer una pregunta. Los cometas que aparecen ¿son presagio de calamidades para todas las partes del mundo que tuvieron la infelicidad de verlas, ó solo para alguna de esas partes?

SILV. — Para todas no; pero para alguna de ellas eso sí, y como la region en que cada uno habita puede ser esa, todos tenemos motivo para temer.

TEOD. — Ahora bien; luego la esperiencia (segun decís) solo nos enseña que apareciendo un cometa ha de suceder alguna desgracia en una de las partes donde él se deja ver. En esto teneis razon, porque apareciendo el cometa en todo el mundo, y durando á veces muchos meses, no es creible que en ese tiempo deje de haber alguna grande calamidad en alguna parte; y si esto es motivo para temer, debeis igualmente asustaros con las lunas llenas por ejemplo, porque no será facil que apareciendo la luna llena en todo el mundo, y siendo él tan dilatado, deje de acaecer en alguna parte suya algun suceso

desgraciado. Lo mismo digo de cualquiera estrella. Por tanto, basta solo reflexionar que el cometa cuando se deja ver aquí es visto tambien en todo el mundo, y que si fuese presagio de infelicidad lo habia de ser igualmente para todas las regiones de donde se le ve, pues no tiene mas con nosotros que con la China y Angola.

SILV. — Los que llevan que los cometas proceden de causas accidentales tienen razon para suponer que solo en una ú en otra region son vistos, y por eso podrán anunciar particularmente sus calamidades. Pero siendo astros del cielo, y visibles á todos generalmente, como lo son los planetas, hay menos motivo para el miedo.

EUG. — ¿Qué decís *menos motivo*? Pues yo desde ahora les he perdido totalmente el miedo : vengan cuantos cometas quisieren.

TEOD. — Considerad lo siguiente, Silvio, para acabaros de desengañar. ¿Cual puede ser la accion que ejerzan sobre nosotros los cometas? Semejantes astros no pueden obrar, á la distancia en que se hallan, sino por via de atraccion, por los rayos luminosos y calóricos que lanzan, y por la materia gaseosa de su cola que podria esparcirse por nuestra atmósfera.

SILV. — ¿Y hallais que alguna de estas causas no sea capaz de alterar nuestro estado habitual y producir calamidades?

TEOD. — Vamos por partes. En primer lugar, la fuerza atractiva de los cometas podria muy bien si fuese bastante intensa determinar mareas análogas á las que produce la luna, como vereis, Eugenio, á

su tiempo, mas no por eso habia de seguirse ninguna mudanza en nuestro globo, ni en sus habitantes. En segundo lugar los rayos luminosos y calóricos que los cometas lanzan ó reflejan, tampoco son capaces de producir semejantes resultados, por cuanto tienen mucho menos intensidad que los que nos envia la luna, aunque los concentremos en grandes lentes. Por último la introduccion en la atmósfera terrestre de una parte de la cola de los cometas tampoco puede darse como causa de la elevacion de temperatura que se atribuyé á estos astros, ni á lo demas, puesto que la cola del cometa de 1811 por ejemplo, que tenia 41 millones de leguas, no alcanzó jamas la tierra que se hallaba muchos millones de leguas lejos. En conclusion, pues, debemos reputar á los cometas como unos planetas, cuyas órbitas son mas largas, y no se diferencian en nada en cuanto á su influjo.

§ VII.

Varios problemas sobre los cometas.

Eug. — Una idea se me ocurre, y puesto que hablamos de cometas me parece que toca aquí : decidme, Teodosio, ¿es posible que venga un cometa á chocar un dia contra la tierra ú otro planeta?

Silv. — ¡Vaya una ocurrencia de discípulo! veamos cual será la del maestro.

Teod. — Los cometas se mueven en todas direc-

ciones, y recorren elipses estremadamente prolongadas, que cortan nuestro sistema solar y las órbitas de sus planetas; por lo tanto no es absolutamente imposible que los cometas se encuentren con estos astros, y el choque de la tierra con un cometa es rigurosamente susceptible de verificarse; pero es al mismo tiempo escesivamente improbable. Me esplicó, completa será la evidencia de mi proposicion, si se compara con el reducido volumen de la tierra y de los cometas, la inmensidad del espacio, donde se mueven los tales globos. El cálculo de las probabilidades, suministra el medio de valuar numéricamente las contingencias de semejante encuentro, y manifiesta que no hay mas que una sobre 281 millones: esto es, que en la aparicion de un cometa desconocido, hay 281 millones que apostar contra uno que no chocará con nuestro globo, y por lo mismo seria ridículo, para un hombre sensato, preocuparse de semejante peligro, durante los pocos años que ha de vivir sobre la tierra. Por lo demas, terribles habian de ser los efectos de semejante choque: si un cometa topase con la tierra de modo que su movimiento de traslacion quedase aniquilado, todo lo que no está pegado á su superficie, como los animales, aguas, etc., partiria con una velocidad de siete leguas por segundo. Si el encuentro no hiciese mas que amortiguar el movimiento de rotacion, lanzaríanse los mares de sus asientos, se mudarian el ecuador y polos, y para que tengais una idea mas exacta de lo que aconteceria, os voy á traducir palabra por palabra lo que dice el célebre Laplace sobre el particular. « Mudados el eje y el

movimiento de rotacion, abandonando los mares sus antiguas posiciones para precipitarse hácia el nuevo ecuador, una gran parte de los hombres y animales anegados en este diluvio universal, ó destruidos por el violento sacudimiento imprimido al globo terrestre; especies enteras aniquiladas, derribados todos los monumentos de la industria humana; tales son los desastres que hubiera podido producir el choque de un cometa. Así se ve por que el Oceano ha cubierto altas montañas, en las cuales ha dejado vestigios incontestables de su mansion en ellas; vese como han podido existir los animales y plantas del mediodia en los climas del norte, donde se hallan sus despojos y pisadas, vese por fin la novedad del mundo moral, cuyos monumentos no se remontan mas allá de 5000 años. Reducida la especie humana al estado mas deplorable, y á un pequeño número de individuos únicamente ocupados durante largo tiempo del cuidado de conservarse; han debido de perder enteramente el recuerdo de las ciencias y artes, y cuando los progresos de la civilizacion hubieron hecho sentir de nuevo sus necesidades, ha sido necesario empezarlo todo como si hubiesen sido los hombres nuevamente colocados en la tierra.

SILV. — Pero esto no es mas que una mera suposicion del tal Laplace.

TEOD. — Enhorabuena, ni yo os la doy sino como tal; con todo ella os da una idea de lo que podria acontecer en el terrible caso de un encuentro con un cometa.

EUG. — ¿Y vos estais, Teodosio, en que jamas ha habido este encuentro de un cometa con la tierra?

TEOD.— Yo os diré lo que hay sobre el particular. Hombres de grande ciencia han pretendido que el eje de rotacion de la tierra no ha sido siempre el mismo : apoyando esta opinion sobre consideraciones sacadas de que los diversos grados medidos en cada meridiano entre el polo y el ecuador, combinados de dos en dos, no dan el mismo valor por el hundimiento de los polos. En la diferencia de estos resultados han visto la prueba de que la tierra en el tiempo en que tomó, líquida todavía, su esferoicidad, no giraba sobre el mismo eje de rotacion que hoy dia. Mas facil es reconocer que el cambio de eje no puede ser la causa de las discordancias presentadas por los valores de los grados que la observacion suministra con las que resultan de cierta hipótesis ó suposicion de aplanamiento; porque este desacuerdo no sigue una marcha regular y gradual, sino caprichosa y sin leyes. Es el resultado de atracciones locales, de accidentes geológicos que se sabe hoy dia que pueden existir tan bien en las llanuras como en las montañas; pero pasemos á otras consideraciones. Si se imprime un movimiento de rotacion á un cuerpo esférico y homogéneo libremente suspenso en el espacio, su eje de rotacion permanece perpetuamente invariable. Si este cuerpo tiene cualquiera otra forma, su eje de rotacion puede mudar á cada instante; y esta multitud de ejes, al rededor de los cuales ejecuta una parte de su revolucion se llaman *ejes de rotacion instantáneos*. En fin la geometría demuestra que todo cuerpo cualesquiera que sean la figura, y sus variaciones de densidad de una region á otra,

puede girar de una manera constante é invariable al rededor de tres ejes perpendiculares entre ellos, y pasando por su centro de gravedad : estos ejes se llaman *ejes principales de rotacion*. Esto sentado, veamos si el eje al rededor del cual la tierra ejecuta su revolucion es un *eje instantáneo* ó un *eje principal*. En el primer caso, el eje mudará á cada instante, y el ecuador esperimentará desvios correspondientes. Las latitudes terrestres que no son sino las distancias angulares de los diversos lugares del ecuador, variarán igualmente. Así las observaciones de latitud que se hacen con una exactitud estremada, no acusan ningun cambio de este género; las latitudes terrestres son constantes : luego la tierra gira al rededor de un eje principal. No es dificil sacar de esta consecuencia la prueba de que un cometa no ha topado nunca con la tierra; porque el efecto de este choque hubiese sido reemplazar el eje principal por un eje instantáneo, y las latitudes terrestres estarian sometidas hoy dia á variaciones continuas que no indican las observaciones.

Eug. — ¿Y no seria posible que el efecto del choque hubiese sido sustituir á un eje instantáneo otro principal?

Teod. — No es matemáticamente imposible esta mudanza; pero es tan improbable que no disminuye en nada semejante posibilidad la fuerza de la demostracion precedente. Yo he supuesto, en lo que acabo de decir, que la tierra es un cuerpo enteramente sólido. Mas su centro podria ser líquido, como se cree bastante generalmente hoy dia : ¿podríase en este último caso deducir con la misma

certeza de la constancia de las latitudes terrestres, la consecuencia que la tierra no ha topado nunca con un cometa? Yo no lo pienso; porque despues del choque, cuyo efecto inmediato hubiese sido precipitar violentamente hácia el nuevo ecuador una parte de la masa líquida interna, la cual no hubiese podido alojarse allí, sino quebrantando ó hendiendo la corteza sólida de la tierra, acarreando el cambio continuo de posicion del eje instantáneo una deformacion incesante de la masa del fluido; no seria imposible que el resultado de las frotaduras continuas del liquido contra el sólido, esto es, la capa sólida, hubiese sido acarrear una diminucion gradual en la longitud de la curva descrita por las estremidades de los ejes instantáneos, y de consiguiente, con el tiempo, un movimiento de rotacion al rededor del eje principal.

SILV. — Os confieso que, alarmado con la pregunta de Eugenio, no me esperaba que resolvierais esta cuestion con tanto acierto, me habeis satisfecho.

EUG. — A mí tambien; mas vamos á otra cosa: acaso me tengais por incómodo; pero esto es para mí sumamente curioso, y me descansa de la tension en que me habeis puesto con tanto guarismo de distancias y revoluciones. Me habeis probado que la tierra no ha chocado, ni puede, sino rigurosamente hablando, chocar con un cometa: bueno; pero al menos puede pasar por su cola, ¿si es posible, decidme cuales serian los resultados?

TEOD. — Los cometas tienen en general poquísima densidad; por lo tanto han de atraer muy dé-

bilmente la materia que forma sus colas, puesto que la accion, como sabeis, se ejerce proporcionalmente á las masas. Concíbese, pues, sin pena, que la tierra, cuya masa es ordinariamente mucho mas considerable que la de los cometas, puede atraer hácia sí y llevarse en su atmósfera una porcion de la cola de dichos astros, sobre todo si se tiene presente que las partes estremadas de la cola estan á veces á distancias enormes de la cabeza del cometa. En cuanto á las consecuencias de la introduccion en nuestra atmósfera de un nuevo elemento gaseoso, dependerian de la naturaleza y abundancia de la materia, y podrian acarrear la destruccion parcial ó total de los animales. Mas hasta ahora el registro de la ciencia no tiene todavía ningun hecho de esta clase, y el enlace que muchos han tentado establecer entre la aparicion de los cometas, y las revoluciones del mundo físico y moral no descansa sobre ningun fundamento.

Silv. — Ahora me haceis acordar de una cosa que no me acudió, cuando la disputa sobre las influencias de los cometas. En 1783 y en 1831, hubo en varios puntos del globo nieblas secas, las cuales se han atribuido á la cola de los cometas: quiero ver como las esplicais.

Teod. — Por el modo como os mira Eugenio, comprendo que no sabe de qué nieblas estais hablando: yo os lo diré. En 1783, hubo una niebla que duró un mes, y empezó, á poca diferencia, el mismo dia en lugares muy apartados los unos de los otros. Estendíase esta niebla desde el norte de Africa hasta la Suecia: tambien ocupó una gran

parte de la América septentrional; pero no se estendia mucho en el mar. Levantábase mas allá de las montañas mas altas; el viento no parecia que fuese su vehiculo, y ni las lluvias ni los vientos mas fuertes pudieron disiparla. Ademas echaba un olor desagradable, era sumamente seca, no afectaba el higrómetro, y poseia una propiedad fosforescente. Ahí teneis los hechos.

SILV. — ¿Que tal? en que se parece esa pretendida niebla á las demas, ¿no se ve en esto las huellas de la cola de un cometa?

EUG. — Si todo lo que no se parece á la niebla ordinaria es la cola de un cometa, teneis razon.

TEOD. — Tal es en efecto la esplicacion que ha querido darse de la tal niebla. Mas si esto es así ¿por que no se vió la cabeza del astro, pues no era tan espesa la niebla que no dejase ver todas las noches las estrellas?

EUG. — Esta objecion es fundamental y arruina por su base semejante suposicion.

TEOD. — Todavía es menos aplicable esta esplicacion á la niebla de 1831, muy semejante á la de 1783, porque, no habiendo ocupado esta niebla toda Europa, seria aun mas sorprendente la invisibilidad del cometa. Por otra parte, todos los puntos del globo, comprendidos entre los paralelos, hubiesen debido quedar cubiertos sucesivamente por el efecto del movimiento de rotacion, y sin embargo la niebla acababa á cincuenta leguas de las costas.

EUG. — Otra que bien baila; de esta sí que no se alza Silvio.

SILV. — En efecto, esto me hace fuerza: pues,

¿cómo esplicariais el origen de estas nieblas estraordinarias?

TEOD. — Por medio de las revoluciones interiores que agitan á menudo nuestro globo. En 1783, el mismo año de la niebla, la Calabria fue desquiciada por horribles terremotos que sepultaron en ruinas mas de 40,000 habitantes; el monte Hecla en Islanda, hizo una de las mayores erupciones que se haya conservado en la memoria; salieron nuevos volcanes del seno de la mar, etc. ¿Que mucho, pues, que salieran materias gaseosas, de naturaleza desconocida, de las entrañas de la tierra, destrozada por esas violentas conmociones? Y ¿no podria esplicar esta circunstancia notable de que la niebla no se estendiese en el mar adentro? Cuidad con todo que yo no indico esto sino como otra suposicion, pero mucho mas racional que la de la cola de un cometa.

SILV. — Lo que es Eugenio os seguirá sin oposicion ninguna.

TEOD. — Esta suposicion es tanto mas razonable cuanto hay en la costa occidental del Africa algo semejante al fenómeno que nos ocupa. Es una niebla seca y periódica, traida por un viento llamado *harmatan*, que hace crugir los muebles, abarquillar las encuadernaciones de los libros, seca las plantas y ejerce sobre el cuerpo humano una influencia no menos perniciosa. Esta niebla tampoco se estiende sobre el mar y tampoco se saben sus causas.

EUG. — Dejemos, pues, á parte esta cuestion, si os parece, y decidme si la luna se ha encontrado nunca con un cometa.

TEOD. — Si un cometa hubiese topado con la luna se hubiese roto la armonía que existe entre los movimientos de rotacion y revolucion, y de consiguiente separado el grande eje lunar de la línea dirigida hácia el centro de la tierra. Así este grande eje ejecutaria como un péndulo movimientos oscilatorios al rededor de nuestro globo; mas como nada de esto existe, debemos concluir que jamas ha habido un encuentro entre la luna y un cometa.

EUG. — Otra pregunta os haria si no habia de molestaros.

TEOD. — No me molestais en nada, pues versan todas las preguntas que me habeis hecho hasta ahora sobre la astronomía cometaria, y sobre ser llenas de interes, no nos apartamos de nuestro objeto: por lo tanto decid.

EUG. — ¿Seria un disparate pensar que la luna fué primitivamente un cometa, el cual, acercándose á la tierra, fué atraido por ella, y se echó á girar en torno de este globo convertida en satélite suyo?

TEOD. — No sois vos el primero que tal pensamiento haya tenido, dando margen á ello el que los Arcades, segun Luciano y Ovidio, se creian mas antiguos que la luna, diciendo que sus antepasados habian habitado la tierra antes que existiese el astro de la noche. No hay, si quereis, en esto, nada de absolutamente imposible, mas las consideraciones con que se ha querido corroborar esta opinion no tienen valor ninguno. Como para que el cometa-

luna se hiciese satélite de la tierra debiera de haber tenido una distancia perihelia corta, se ha querido ver en el aspecto abrasado de sus altas montañas, los vestigios del calor enorme que hubo de esperimentar, pasando tan cerca del sol; pero esto es una confusion de palabras. Ello es cierto que algunas apariencias de antiguos derrumbamientos volcánicos dan á la luna un aspecto abrasado; mas nada puede indicar hoy dia qué temperamento ha tenido en otros tiempos. A mas de esto los partidarios de tal opinion tendrán sus dificultades en esplicar por que la luna no tiene atmósfera sensible, mientras que todos los cometas que se han visto hasta ahora se presentan con un envoltorio gaseoso. Así pues, si la luna es un cometa antiguo ¿qué ha hecho de su cabellera?

EUG. — Teneis mucha razon; yo abandono esta idea; pero la pregunta que os acabo de hacer me conduce á otra. ¿Es posible que la tierra sea un dia satélite de un cometa, y en tal caso qué seria de nosotros?

TEOD. — Para que un cometa pueda apoderarse de la tierra y convertirla en satélite suyo, basta darle una masa suficientemente considerable, y hacerla pasar cerca de nosotros á la distancia correspondiente. No cabe duda que en este caso la arrebataria á la accion del sol y se la llevaria consigo en su revolucion alrededor de este astro. Mas la inmensa masa que es preciso dar al cometa y la corta distancia á que deberia pasar de la tierra, vuelven este acontecimiento muy poco probable; sin embargo puesto que la cosa puede acontecer rigurosamente

hablando, examinemos cual seria en esta suposicion la suerte de los habitantes de la tierra. ¿Esperimentaria nuestro globo como se ha repetido tan á menudo, las temperaturas estremadas? ¿Se veria alternativamente vitrificado, evaporado, helado? ¿Seria inhabitable y quedarian estinguidas todas las especies animales y vegetales que se hallan en la tierra? Supongamos, para responder á todas estas preguntas, que la tierra se vuelva satélite de un cometa, que se acerca y se aleja mucho del sol, del cometa de 1680 si quereis. Haciendo este cometa su revolucion en 575 años recorre una elipse, cuyo grande eje es 158 veces mayor que la distancia media de la tierra al sol, su distancia perihelia es estremadamente corta. Newton ha calculado que á su paso por el perihelio el dia 8 de diciembre de 1680 hubo de esperimentar un calor 28,000 veces mas fuerte que el que se sufre en la tierra en el verano, y como ya os lo tengo dicho, lo valuo 2000 veces mas que el hierro hecho ascua. Mas no podemos admitir este resultado, y para resolver el problema que se habia propuesto Newton, seria menester conocer el estado de la superficie y de la atmósfera del cometa de 1680. Y no para todo aquí, en lugar del cometa, pongamos nuestro mismo globo, y todavía no quedará resuelto el problema. Sin duda la tierra esperimentará al principio una temperatura 28,000 veces mas fuerte que la de verano, mas bien pronto todas las masas líquidas que la cubren, trasformándose en vapores, producirian espesas capas de nubes que templarian la accion del sol en una proporcion imposible de fijar numéricamente. ¿Seria

mas facil determinar la temperatura de nuestro globo, cuando hubiese acompañado al cometa á su afelio? No considerando sino las relaciones de distancia, la tierra deberia á la sazon hallarse 19,000 veces menos calentada de lo que lo es en verano; esto es, que no recibiendo del sol ningun calor apreciable, no deberia poseer mas que el calor no disipado aun de que se habia impregnado en el perihelio, y si habia perdido todo este calor, deberia hallarse á la temperatura del espacio circumvecino, la cual no puede bajar mas allá de 5° segun las ingeniosas consideraciones de Fourier. Ahora bien, la esperiencia prueba que el hombre puede suportar frios de 49 á 50 grados (centígrado) bajo cero y un calor de 150° cuando se halla colocado en circunstancias higrométricas. Nada prueba pues que en la suposicion de que la tierra se convirtiese en satélite de un cometa quedare la especie humana destruida por las influencias termométricas. Estas consideraciones sobre los límites entre los cuales pueden oscilar las temperaturas de los globos celestes hacen menos problemática su *habitabilidad* á los ojos de aquellos que conciben dificilmente la existencia de seres formados en un sistema de organizacion de todo punto diferente del nuestro. Mas basta ya de cometas, y si no teneis nada mas que preguntarme pasemos á tratar de otro punto.

Eug. — Por ahora no se me ofrece nada.

Teod.— Solo nos restan las estrellas fijas para daros una noticia particular de todos los astros y entrar despues á ver los admirables movimientos de unos respecto de otros, porque solo despues de re-

conocer todas las piezas de un reloj, es cuando se puede entender bien como juegan sus ruedas y la fábrica de sus movimientos.

§ VII.

De las estrellas fijas.

SILV. — Si los planetas y cometas se han llevado tanto tiempo, mucho mas os llevarán las estrellas que son innumerables.

TEOD. — Como su distancia las pone fuera de los límites de muchas observaciones de los astrónomos, poco hay que decir de ellas, y empezando por su número no es tan grande como parece, si hablamos de aquellas estrellas que podemos ver con nuestros ojos desarmados, esto es, sin valernos de algun instrumento; pero si atendemos á todas las que se descubren con los telescopios, y se conocen por las observaciones, son casi innumerables: por eso el Señor dijo á Abraham que contase las estrellas si podia. Hiparco fue el primero que intentó contar las estrellas que son visibles sin telescopio (que en su tiempo aun no los habia), y llegó á distinguir hasta 2022, de las cuales hizo catálogo: otros astrónomos fueron añadiendo algunas; pero Flamsteed forma una serie mayor que los otros, y señala hasta 3000.

SILV. — Mas de trescientas mil veo yo en una noche clara.

TEOD. — Creedme que no son tantas como se os representa ; y para desengañaros bastará una esperiencia sencilla y facil. Cuando estais en un lugar descubierto y desembarazado veis la mitad del cielo: divididlo pues en varias partes, y tomad una pequeña porcion para examinar cuantas estrellas veis en ella, y á proporcion juzgareis con poco yerro del número de todas las estrellas que veis. Pero eso lo podreis hacer cuando tuviéreis comodidad : vamos á lo que dicen los astrónomos. De estas estrellas conocidas forman ellos unas figuras imaginarias, á las cuales dan ciertos nombres, y son las que se pintan en los globos celestes, como varias veces lo habreis visto en aquellos que allí tengo en la librería.

EUG. — Muchas veces he visto uno de ellos con varias figuras de animales pintadas, y sembradas muchas estrellas por ellas mismas ; pero yo juzgué que esta pintura era obra de algun ánimo ocioso y estravagante, y como diversion para niños.

TEOD. — No es sino fruto de un inmenso trabajo de los astrónomos, los cuales en esas figuras, bien que libremente inventadas, pusieron las estrellas con el mismo orden y distribucion con que las vemos en el cielo ; de suerte que cuando un astrónomo habla del *ojo del Toro*, por ejemplo, ya saben todos de cual estrella habla, y lo mismo de todas las demas estrellas y constelaciones.

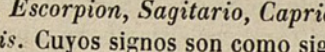
EUG. — ¿ Qué es lo que llamais *constelaciones ?*

TEOD. — Constelacion llaman los astrónomos á cierta coleccion de estrellas, á las cuales juntas dan un nombre, como *Ursa mayor* ó el *Pegaso* etc., y

en los globos pintan las figuras de estos animales que ninguna semejanza tienen con la coleccion de tales estrellas; pero ya tienen su nombre establecido, y cierto astrónomo que se los quiso mudar en nombres de santos fue alabado por su piedad, mas no fue seguido, porque causaba gran confusion, habiendo usado todos los astrónomos hasta entonces de los nombres antiguos. No se sabe quién fue el primero que se los puso; pero ya en el libro de Job se hace mencion de las constelaciones de *Arturo* y *Orion*, y tambien en el Profeta Amós y en Homero, poeta antiquísimo, se hallan los nombres de estas y otras constelaciones. Fuese quien quisiese su autor, el nombre que en el dia tiene cada estrella es el que pertenece por parte de la constelacion en que está etc.

EUG. — ¿Y cuántas constelaciones cuentan los astrónomos?

TEOD. — Las que en el dia se cuentan son 96 conviene á saber: 12 en el zodiaco, esto es, en la faja que se considera en el cielo, por la cual se mueven el sol y todos los planetas alrededor, y estas son las que llaman doce signos: *Aries* ó el *Carnero*, *Tauro*, *Géminis*, *Cáncer*, *Leon*, *Virgo*, *Libra* ó *Balanza*, *Escorpion*, *Sagitario*, *Capricornio*, *Acuario* y *Piscis*. Cuyos signos son como siguen.



EUG. — Acuérdome de haber visto esos nombres en el almanak, mas nunca llegué á entender lo que querian decir.

TEOD. — Pónense allí para señalar el lugar en que en ese mes se halla el sol ó la luna. Pero esta tal faja ó zodiaco, por medio de la cual va la eclíptica, divide el cielo en dos hemisferios iguales, uno que mira al norte y otro al sur. En el hemisferio del norte se cuentan 59 constelaciones, cuyos nombres aquí los teneis en este libro, que de memoria no los sé todos. Id contando: *Ursa mayor, Ursa menor, el Dragon, Cefeo, los Perros de caza, Botes, la Corona septentrional, Hércules, la Lira, el Cisne, el Lagarto, Casiopea, la Girafa, Perseo, Andrómeda, el Triángulo*, otro *Triángulo menor, la Mosca, el Cochero, el Pegaso, el Caballo menor, el Delfin, la Zorra pequeña*, y *el Ganso, la Saeta, el Aguila, Antinoo, el Escudo Sobiesquiano, el Serpentario, la Serpiente, el Cabello de Berenice, el Leon menor, el Lince, el Sextante de Helvelius, el Ramo de Cerbero, el Pororeal, el Poniatowski, el Rengífero* y *el Meseguero*. A la parte del zodíaco que está hácia el sur se cuentan 45 constelaciones, y aquí teneis sus nombres; *la Ballena, el Eridano, la Liebre, Orion, el Can mayor, el Monoceronte, el Can menor, la Nave, la Hidra hembra, el Vaso, el Cuervo, el Centauro, el Lobo, el Ara, la Corona austral, el Pez austral, el Fénix, la Grulla, el Indio, el Pavo real, la Abeja, el Triángulo austral, el Crucero, la Mosca austral, el Camaleon, el Pez volante, el Toucan* ó *Pato americano, la Hidra* ó *Hydrus Macho, el Hornillo químico, la Retícula romboidea, el Burisdel gravador, el Reloj, la Regla, el Compas, la Paloma, el Caballete del Pintor, la Brújula, la Máquina pneumática, el Solitario, el Telescopio, el Ave del Parai-*

so, el Monte Ménalo, el Ostante, el Microscopio y *el Taller del escultor*. Ademas de las estrellas que forman estas constelaciones, las que estan esparcidas por el cielo se llaman informes, y no son las mas considerables.

EUG. — Supuesto que los astrónomos tienen repartidas las estrellas en estas constelaciones que decís, me parece cosa facilísima averiguar su número, pues con tanta puntualidad se sabe el lugar de cada una.

TEOD. — Todavía restan tres dificultades que vencer, las cuales son totalmente insuperables: la primera la hallamos en la *via láctea*, la segunda en las mismas estrellas grandes y conocidas, la tercera en las que aparecen y desaparecen de repente. En cuanto á la *via láctea*, que es lo que el vulgo acostumbra llamar *camino de Santiago*, mirado con los ojos solos no parece otra cosa que una faja blanca decaida de color, y á trechos como rota ó discontinuada; pero en sí es una coleccion de infinitas estrellas menudísimas, que solo con los telescopios se distinguen, y mirándolas con la simple vista, de tal suerte se confunden los rayos que vienen de ellas, que hacen un color blanco pero remiso: lo mismo sucede á dos colecciones de estrellas pequeñas, que parecen dos nubecillas blancas, las cuales perpetuamente se ven inmediatas al polo antártico. Pero estas que se distinguen con los telescopios nunca se ven con tanta claridad que las podamos contar, y así por esta parte quedan las estrellas exentas de nuestro cálculo. Tampoco se pueden contar otras muchas fuera de la *via láctea*, que por

muy pequeñas ó muy distantes solo se descubren con los telescopios. Con todo, Herschell no ha dejado de contar algunos grupos. Observando la *via láctea*, vió pasar en un cuarto de hora 110,000 estrellas por el solo campo de su telescopio, y otra vez en cuarenta minutos vió pasar 258,000. Galileo descubrió 80 en el cinturon y espada de *Orion*[1]: Rheita en toda la constelacion de *Orion* al pie de 2000[2]. ¡Cuántas otras habrá dispersas por las demas constelaciones que se escapan á nuestros ojos! ¡y cuántas se escaparán aun á los mejores telescopios! Fuera de eso, de las mismas estrellas conocidas, y que nosotros tenemos por una sola, algunas son una coleccion de otras muchas que por la aparente cercanía se confunden, y son reputadas por una sola estrella[3]. Pongamos ejemplo: en la espada de Orion hay 5 estrellas grandes, y la del medio, observada por Huygens, se vió que era una coleccion de 12[4]; por lo cual es imposible saber el número verdadero de las estrellas. Pero cuando todas estas, que por distantes se sustraen de nuestra vista, se dejasen ver, aun restaba otro estorbo en las que ya aparecen y desaparecen y guardan ciertos periodos. Otras estrellas hay que unas veces se manifiestan mas resplandecientes y otras menos, y eso tambien á tiempos determinados. En fin, algunas estrellas aparecen de repente muy brillantes, y poco á poco van perdiendo su luz hasta que desaparecen del todo.

[1] *In Nuntio Sidereo.*
[2] *In Oculo Enochi*, lib. IV, cap. I, memb. 7.
[3] Gravesand, *Elem. phys.*, núm. 40 y 41.
[4] Wolf, *Elem. astron.*, § 1113.

Todo esto hace imposibilitar absolutamente la averiguacion de su número.

SILV, — No hay duda; pero ¿á qué atribuís esa alternativa aparicion de las estrellas?

TEOD. — Segun lo que yo entiendo debe atribuirse á su movimiento de vértigo ó rotacion alrededor de su centro. Este movimiento da mas hermosura al universo, porque aumenta la analogía y semejanza entre los cuerpos celestes que giran sobre sí alrededor de sus centros. Y ademas de eso, con este movimiento se esplica fácilmente cómo aparecen y desaparecen. Suponed que la estrella tiene un hemisferio ó mitad oscura, y la otra luminosa, ó á lo menos que por una haz es mas luminosa que por la otra: en este caso, cuando la cara mas luminosa estuviere vuelta hácia nosotros veremos la estrella; pero cuando se volviere hácia nosotros la haz oscura, ó absolutamente no la veremos á causa de no tener esos rayos fuerza para vencer tanta distancia, ó á lo menos aparecerá la estrella no tan brillante: todo lo cual concuerda con la esperiencia. Ademas, cuando la estrella despues de aparecer muy clara fuere volviendo hácia arriba la haz mas luminosa, nosotros poco á poco la iremos viendo mas oscura, como sucede con la luna menguante, hasta que enteramente la perdamos de vista; lo cual, como acabo de decir, se confirma con la esperiencia. Tambien se puede decir que esas estrellas tienen un movimiento como los cometas, por el cual unas veces se acerquen á nosotros y otras se aparten. Hay quien no sigue esta opinion, porque dicen, entonces habian de moverse algo hácia los lados mientras se vie-

sen, y mudar de situacion, lo cual no se observa; y ademas de eso habria una gran diferencia entre esas estrellas y las otras, que siempre guardan entre sí una misma distancia, y se quitaba la analogía ó semejanza, que es una gran parte de la hermosura del universo. Mas hoy dia está reconocido, segun las observaciones de Herschel, que las estrellas fijas mudan sus relaciones mutuas aunque estos movimientos relativos son ó aparecen muy lentos y casi imperceptibles.

SILV.—Lo que le da gran fuerza es esto que tambien me parece que ahora habeis dicho de que esas apariciones eran dentro de periodos iguales. Esto persuade que no es causa accidental, sino un movimiento regular el que ya las hace ver, ya las oculta.

EUG. —¿Y por qué no vemos esas mutaciones en todas las demas, si todas ellas se mueven alrededor de sí mismas?

TEOD.— Porque no tendrán considerable diferencia de luz en las diversas partes de su superficie, que por esta razon no perciben nuestros ojos diversidad en el sol, sin embargo de que gira alrededor de sí mismo en 25 dias y medio.

EUG. — Teneis razon: no advertia yo eso.

TEOD. — Algunos tambien por este movimiento de rotacion quieren esplicar el centelleo de las estrellas. Dicen que el temblor que percibimos en su luz proviene de que ya vuelven hácia nosotros unas partes mas resplandecientes, ya otras mas oscuras; pero yo, hablando ingenuamente, venero á todos, mas solo sigo lo que me parece conforme á la razon.

Esto no puede ser así sin que el movimiento de rotacion sea tan rápido que en un minuto segundo den cuatro ó cinco vueltas enteras, porque nosotros siempre vemos la mitad de la superficie de la estrella; y mientras esa parte mas luminosa se halle en el hemisferio visible, veremos la estrella, y solo faltará de nuestra vista cuando se volviere allá hácia arriba, volviendo á parecer cuando se presentare otra vez el hemisferio visible. Y como el centelleo ó temblor de la luz es frecuentísimo, y como que falta y se renueva con una alternativa sumamente reiterada: si esto procediese de la rotacion de la estrella deberia ser mas veloz de lo que se puede imaginar.

SILV. — ¿Y cómo esplicais el centelleo, ya que esa opinion no os agrada?

TEOD. — Mas natural es decir que proviene de mil pequeñas refracciones accidentales ocasionadas por la agitacion de la atmósfera, que produce diferentes densidades ó cambios bruscos de densidad. Obsérvase que los planetas no centellean sino cuando se van aproximando al horizonte, donde es mucho mayor la copia de vapores que se levantan de la tierra, y atraviesan los rayos de luz que vienen de los planetas; pero cuando el planeta está elevado, como ya no atraviesa los rayos de su luz tanta copia de vapores no tiembla. Las estrellas, pues, siempre centellean unas veces mas y otras menos, porque los rayos de su luz son mucho mas débiles que los de los planetas, á causa de estar á una distancia incomparablemente mayor; y así los vapores que no son capaces de perturbar la luz de

los planetas pueden muy bien perturbar la de las estrellas.

EUG. — Yo creo que las estrellas tiemblan mas cuando hace viento que en tiempo sereno.

TEOD. — Eso confirma lo que yo digo; pues los vapores agitados é inquietos es preciso que perturben mas la luz de las estrellas. Con todo Arago esplica este fenómeno por las undulaciones del eter, las cuales cesan á ratos siendo estas cesaciones cortas, rápidamente repetidas, y causadas por las diversas densidades de las capas atmosféricas. Si fuere por lo de las refracciones parece que deberia resultar temblores de muchos minutos de grado, lo cual no sucede.

EUG. — Todavía no me habeis hablado de esa luz, ni me habeis dicho si era suya ó agena.

TEOD. — A veces la conversacion va llevando un hilo que no es muy conforme al método mas regular; pero ahora satisfaré á vuestra duda. La luz de las estrellas es propia de cada una de ellas, y yo las tengo por otros tantos soles, porque la distancia á que estan respecto del sol y de nosotros es tan grande, que seria imposible que la luz del sol fuese y volviese de ellas con fuerza bastante para hacer impresion sensible en nuestros ojos.

SILV. — ¿Pues qué, tan grande es la distancia de las estrellas? Bien lejos del sol y de nosotros está Saturno, y con todo no tiene luz propia.

TEOD. — Aunque la distancia de Saturno es muy grande, es incomparablemente mayor la de las estrellas. Dice Wolfio que no hay principios en la astronomía para medirla con seguridad. De aquí pro-

viene que son diversísimas las opiniones en este particular. Tico-Brahe solo les da catorce millones de semidiámetros terrestres; pero este astrónomo tomó el compás muy cerrado para todas sus medidas. En esto le abandonan casi todos, y se apartan de él con grandísima diferencia: unos las dan cuarenta y dos millones de semidiámetros, otros sesenta, etc. No puede haber en los instrumentos exactitud que baste para medir ángulos en estremo pequeños. Pero todos concuerdan en que esta distancia es enormísima y casi increible, porque los telescopios que aumentan tanto el sol, aparece con un diámetro igual al de la órbita que hace alrededor de la tierra [1]; estos mismos vueltos á cualquiera estrella de ningun modo la aumentan, y solo la hacen aparecer como un punto resplandeciente: y todos sientan que el ámbito del círculo que el sol hace alrededor de la tierra, comparado con la distancia de las estrellas, es como un punto. Esto es hablando de las estrellas que estan mas cerca de nosotros, porque la de las otras es mucho mayor sin comparacion alguna.

SILV — ¿Y qué fundamento hay para no ponerlas todas estendidas por el cielo y á una misma distancia?

TEOD. El fundamento es la diversidad de su aparente grandor y de la fuerza de su luz. Los astrónomos distribuyen las estrellas en seis clases con arreglo á su tamaño. En la primera, llamada de *primera magnitud*, colocan las mas vivas y resplandecien-

[1] Graves. *Phys. elem. math.*, n. 4027.

tes que conocemos. En la segunda estan otras menores que estas, y así hasta la última clase, en la cual ponen las mas pequeñas que distinguimos con los ojos. Estas estrellas menores como al mismo tiempo es su luz mucho menos viva, prudencialmente se cree que parecen mas pequeñas por su mayor distancia de la tierra, lo cual da una idea bastante grande de la inmensa estension de los espacios celestes, siendo tan grande la distancia de nosotros á Saturno, de Saturno á las estrellas de primera magnitud, y de estas á las otras sucesivamente. Un gran filósofo creyó que las estrellas de la *via láctea* estaban mas cerca de nosotros que las demas, porque se persuadió á que los telescopios las aumentaban el tamaño; pero se engañó, porque aunque los telescopios las representan distintas, no es porque las hagan aparecer mayores, sino porque se les quita toda la luz falsa que las confunde unas con otras cuando se miran con solos los ojos.

EUG. — ¿Qué cosa es luz falsa?

TEOD. — Llaman *luz falsa* á los rayos que vienen de las estrellas, y por juntarse y cruzarse en nuestros ojos antes de la retina, cuando llegan á ella ya van desparramados, y pintan una imagen mucho mayor de lo que correspondia, segun el ángulo con que entran en la pupila; y como esta imagen es mayor de lo que debia ser, por eso la llaman engañadora y formada por la luz falsa. Un ejemplo tenemos bastante propio. Cuando veis una hacha ó una hoguera de cerca, veis su tamaño verdadero; pero si la veis de lejos, va creciendo y formando una co-

mo rueda luminosa, pierde la figura piramidal, y se abulta de tal suerte, que cuando en las luminarias (como las que vemos de la parte de allá del Tajo, v. g. en Almada) se ponen muchas fogatas encendidas á corta distancia unas de otras, de acá nos parece una faja luminosa continuada. A mí que tengo poca vista, y no veo nada á lo lejos, me sucede esto hasta con las luces que estan en los altares de los templos, y de tal modo se me representan continuadas unas con otras, que no las puedo contar. La razon de esto se saca de lo que os dije tratando de la óptica: como el objeto cuanto mas distante está, mas cerca de la pupila forma su imagen, llegan mas esparcidos los rayos á la retina, y mayor es la imagen confusa que pintan en ella. Pues eso que nos pasa á los *miopes* con las luces, sucede á todos con las estrellas que son luminosas por sí mismas, y estan sumamente distantes. Por esta razon los telescopios mas esquisitos, ¡los cuales aumentan el tamaño de los planetas, disminuyen el de las estrellas; porque perfeccionando la vision, y haciendo caer en la retina la imagen de la estrella, quitan la luz falsa y desparramada que engañosamente aumentaba la imagen; y cuanto mejor fuere el telescopio, mas ha de perfeccionar la vision, y mas luz falsa ha de quitar; por cuya razon la estrella aparece menor pero vivísima. Esto supuesto, es claro que los telescopios cuando representan distintamente las estrellas de la *via láctea* no aumentan su grandor, solo sí quitando la luz falsa que las confunde hacen que las veamos con distincion; así como yo cuando me pongo los anteojos, veo á lo lejos las luminarias distintas

unas de otras, y entonces cada luz de por sí se me representa menor. Advierto esto para que vos, Silvio, veais que nosotros los modernos no vamos unos tras otros como carneros, sino que cada cual no aquietándose con lo que dice este ó aquel filósofo de nombre, procura averiguar si habla conforme á razon ó no.

SILV. — Yo sé muy bien que tambien entre vosotros hay diversidad de opiniones, y así es preciso que algunos yerren.

TEOD. — ¿Quién lo duda?

EUG. — Pero decidme, si no obstante esa inmensa distancia tenemos alguna idea prudencial del tamaño de las estrellas.

TEOD. — Para calcular el tamaño de las estrellas de algun modo es menester determinar primero su distancia. Sabemos que esta es grande, tanto porque los mejores telescopios nada absolutamente abultan su grandor, como porque, respecto de esta distancia, la órbita anual del sol es un punto imperceptible; lo cual arguye una distancia inmensa. Si solamente fuese 27,664 veces mayor que la del sol, debe cada una de ellas ser del tamaño del sol mismo. El discurso es este : si una estrella de primera magnitud (por ejemplo la llamada *Sirio*, que es la mas resplandeciente de todas) fuese del grandor del sol, puesta junto á él nos pareceria igual al mismo; pero si fuese subiendo, á proporcion de la distancia se iria disminuyendo para nosotros su tamaño (prescindamos del aumento engañoso que da la luz falsa), y se iria debilitando su luz; y si llegase á tener solamente esta distancia de nosotros, ya su luz que-

daria semejante á la que ahora recibimos de esta estrella, segun el cálculo que hace el gran Huigens [1]; y reduciendo esta distancia á semidiámetros terrestres, suma con arreglo al cálculo que sigo (643,486,944) seiscientos cuarenta y tres millones cuatrocientos ochenta y seis mil novecientos cuarenta y cuatro. Pero todavía Wolfio [2] da á las estrellas de primera magnitud una distancia casi diez veces mayor, pues la sube á (6086,080,000) seis mil ochenta y seis cuentos y ochenta mil semidiámetros; y en este cálculo deben ser mucho mayores que el sol, porque es preciso que le escedan mucho para tener la luz que tienen á una distancia tan enorme. De manera, que si pusieran un sol igual al nuestro á la distancia que Wolfio da á *Sirio*, apareceria mucho mas pequeño, y de luz mas debil de lo que aparece esta estrella. Pero, como ya he dicho, sobre el tamaño de las estrellas, como tambien sobre su distancia, faltan principios para calcular con seguridad, solo se sabe que son muy grandes, porque son visibles á una distancia casi inmensa; y tambien en esto se apartan todos de Tico-Brahe, que fue muy mezquino en sus medidas. Resta hablar del movimiento de estas estrellas.

EUG. — Sobre el movimiento de vértigo ó rotacion ya habeis razonado: lo que ahora falta es saber los otros.

TEOD. — En el sistema de Tico-Brahe tienen un movimiento de levante á poniente en el espacio de

[1] Lib. II. *Cosmetheor.* pág. 153.
[2] *Elem. astron.*, § 1116.

24 horas, como testifican nuestros ojos; pero en el sistema de Copérnico y otros este movimiento es solo aparente; y de esto mañana hablaremos despacio. Ademas de este movimiento que llaman comun, tienen las estrellas otro particular alrededor del eje de la eclíptica, como los planetas; pero es mucho mas lento, porque para completar una estrella su giro son precisos (25,920) veinte y cinco mil novecientos y veinte años. Este movimiento es de poniente á levante como el de los planetas, mas no en todas las estrellas es igual, pues no guardan entre sí un mismo orden, como ya os he dicho. En el sistema de Copérnico, Descartes, Newton, etc., este movimiento no es real sino aparente, y procede del que tiene el eje de la tierra, segun os esplicaré en otra ocasion, que ahora no podeis entenderme, y este período se llama *año grande ó platónico*. Mañana os esplicaré los movimientos de todos los astros comparados entre sí; que ahora, despues de haber examinado separadamente cada pieza de este gran reloj, podreis entender mas científicamente la armonía de sus movimientos. Por hoy baste : y vamos ahora entretenernos en otra cosa.

Eug. — Yo en ninguna puedo hallar mayor recreo; pero bien conozco que no conviene tratar de una vez de todo, porque me confundiria.

Silv. — Y tambien porque Teodosio ya ha de estar cansado. Vamos á jugar un rato para desahogarnos.

TARDE DÉCIMASESTA.

DE LOS MOVIMIENTOS DE LOS ASTROS COMPARADOS ENTRE SI.

§ I.

De los círculos de la esfera.

TEOD. — Ya llegó el tiempo, Engenio, de mostraros el admirable juego de los movimientos de los astros comparándolos entre sí y con la tierra. No habiendo hasta ahora hablado sino de cada uno en particular, y cuando mas con respecto al sol, ya es preciso esplicaros la division que los astrónomos han hecho del cielo en varios círculos : venid primero á ver esta esfera celeste (Fig. 20), que despues entendereis mejor la esfera que llaman *armilar*. Este espacio de los cielos le consideran los astrónomos como una bola cóncava que se revuelve sobre dos puntos ó polos, el del norte y el del sur : este de arriba N representa el del norte, y este otro de abajo S el del sur, y la línea que va por allá dentro

de un polo á otro, cuyas estremidades salen acá afuera, se llama eje del universo. Este eje atraviesa cinco círculos paralelos que los astrónomos describen en el cielo: aquí los teneis *aeiou*, y todos tienen sus nombres: los dos círculos pequeños que estan junto á los polos se llaman *círculos polares*; el del medio EE se llama *ecuador*; los dos que estan á los lados del *ecuador* se llaman *trópicos*.

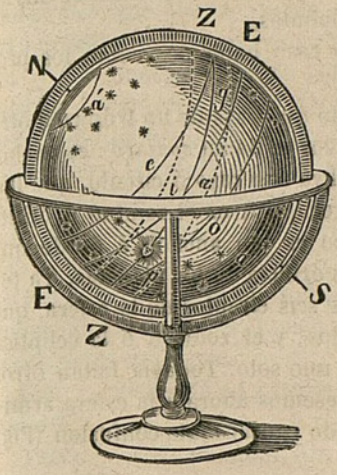


Fig. 20.

EUG. — ¿Y cómo hemos de distinguir nosotros un trópico de otro si ambos tienen un mismo nombre?

TEOD. — Distínguense por los polos á que pertenecen: el de arriba se llama trópico del norte, y el de abajo trópico del sur; pero, hablando en términos mas propios, el del norte se llama trópico de *Cáncer*, el del sur de *Capricornio*: luego diré la razon. Del mismo modo los dos círculos polares se distinguen por los polos vecinos: el uno es del norte ó *boreal*, al otro le llaman del sur ó *austral*.

EUG. — Estoy hecho cargo. ¿Qué círculo es este

atravesado ZZ, que va desde el trópico de Cáncer hasta el de Capricornio? Vamos mostrando, Silvio, que ya somos astrónomos.

SILV. — En todo caso hablemos como los profesores.

TEOD. — El círculo que pasa de un trópico á otro atravesando el ecuador se llama *zodíaco*: es ancho, y por el medio de él va una raya ó círculo, que llaman *eclíptica*: esta eclíptica es el camino ú órbita del sol; y el zodíaco es tan ancho, á fin de que comprenda todas las órbitas de los planetas. Ya teneis aquí esplicados seis círculos de la esfera, que son los cinco paralelos, y el zodíaco ó la eclíptica que se cuentan por uno solo. Todavía faltan otros círculos: para eso pasemos ahora á la esfera armilar, que ya no os ha de causar tanta confusion (Fig. 21). Aquí teneis el ecuador EE, y á los lados los dos trópicos: este de arriba ZC es el de Cáncer, y este otro de abajo TZ el de Capricornio: allí teneis tambien los dos círculos polares, el boreal *bb*, y el austral *aa*: tambien teneis el zodíaco ZZ. Vamos á los restantes.

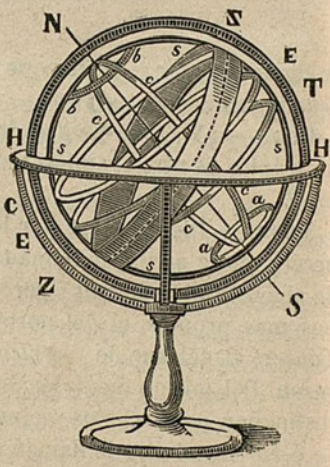


Fig. 21.

Faltan dos que llaman *coluros*, y son dos círculos perfectamente cruzados entre sí en ángulo recto, y de manera que los polos se hallen en los lugares donde ellos se cruzan : ambos cortan perpendicularmente, y atraviesan todos los cinco paralelos; pero el *coluro ssss* corta la eclíptica en los puntos ZZ, en donde ella se junta con los trópicos; y el otro *coluro cccc* la corta en los puntos en que ella se junta con el ecuador. Este último se llama *coluro de los equinoccios*, y el primero *ssss* se llama *coluro de los solsticios*. Luego os daré la razon de todos estos nombres.

EUG. — Bien está : ¿y faltan todavía algunos círculos?

TEOD. — Todavía faltan dos; pero estos, aunque pertenecen á la esfera, estan separados de ella : una es esta tabla horizontal HH, que se llama *horizonte*, y divide el cielo en dos mitades, una superior y otra inferior. El otro círculo es el *meridiano* NESE, que pasa de un polo á otro por encima de nuestras cabezas. Como la tierra es redonda, el círculo que pasa sobre Lisboa no es el que pasa por encima de Fernambuco, por ejemplo; y por este motivo los meridianos son diversos, y á cada lugar de la tierra corresponde el suyo, como tambien los horizontes, porque si nuestro horizonte no nos deja descubrir el cielo sino hasta cierto lugar, los que estuvieren en Fernambuco verán otra porcion de cielo que nosotros no vemos, y les quedará oculta otra que nosotros tenemos á la vista.

EUG. — Con que tenemos diez círculos en la esfera : el meridiano y el horizonte son mudables;

pero los dos coluros y la eclíptica, como tambien el ecuador, los trópicos y los círculos polares son círculos anexos al cielo, esto es, son unos mismos respecto de todos los lugares de la tierra.

TEOD. — Es así; y esto supuesto adelantémonos un poco. Ya dije que la eclíptica era el camino del sol. Cuando él llega al trópico de Cáncer está lo mas levantado que puede ser sobre nuestro horizonte, y esto sucede unos dias antes de S. Juan; y como la eclíptica no sale de ese trópico, cuando el sol llega allí luego da vuelta en busca del ecuador: por eso aquel punto en que la eclíptica toca al trópico se llama *solsticio*, esto es, parada ó estacion del sol, porque va subiendo hácia el polo del norte hasta llegar á aquel punto, y luego vuelve abajo caminando hácia el ecuador. De la misma suerte cuando llega al otro trópico allá hácia la víspera de Navidad se acerca lo mas que puede á ese polo; mas en llegando al trópico de Capricornio se detiene, y vuelve otra vez acá hácia el norte, y así continúa siempre alrededor de la esfera celeste. Ya sabeis lo que son *solsticios*: el de invierno es en el trópico de *Capricornio*, y el de verano en el de *Cáncer*, y por eso el *coluro* que pasa por estos dos puntos, se llama coluro de los solsticios. Los otros dos puntos que llaman de los *equinoccios*, tambien estan en la eclíptica; pero en aquellos lugares donde ella corta al *ecuador*. La razon de este nombre es, porque cuando el sol llega á dichos puntos, que es á 20 de marzo y á 22 de setiembre, son los dias iguales á las noches.

EUG. — Ahora ya alcanzo por que el otro coluro

que corta la eclíptica en estos puntos se llama coluro de los equinoccios.

SILV. — Supongo que todos estos círculos tienen determinadas distancias unos de otros.

TEOD. — Suponeis bien. El ecuador es un círculo, al cual atraviesa perpendicularmente el eje del mundo que va de un polo á otro, y está á igual distancia de ambos. Los trópicos distan del ecuador cada uno hácia su lado 23 grados y medio. Supongo que ya sabeis que cualquier círculo se divide en 360 grados. Los dos círculos polares distan de los polos otro tanto, esto es, 23 grados y medio; y de aquí se infiere que así como el eje del ecuador va á parar á los polos del mundo, el eje de la eclíptica ha de tener tanta inclinacion al del ecuador como la eclíptica se inclina respecto del ecuador mismo. Pues ahora como la eclíptica se desvía 23 grados y medio del ecuador, porque va abriéndose hasta tocar en los trópicos, tambien el eje de la eclíptica se va alejando de los polos hasta tocar en los círculos polares que distan otros 23 grados y medio, y vienen á quedar 43 grados entre los círculos polares y los trópicos, porque desde el polo hasta el ecuador hay 90 grados, que es la cuarta parte, y quitando 23 y medio que hay desde el ecuador al trópico, y otros 23 y medio desde el polo al círculo polar, restan 43. ¿Habeis entendido bien esto?

EUG. — No tiene mucho que entender.

TEOD. — Ultimamente habeis de saber que en la tierra se distinguen y señalan otros tantos círculos correspondientes á los del cielo, y con los mismos nombres. El ecuador es la que los navegantes lla-

man *línea*, y divide la tierra en dos hemisferios iguales, uno que está á la parte del norte, y otro á la del sur : los dos trópicos son otros dos círculos que siempre distan igualmente de una y otra parte de la *línea* el valor de 23 grados y medio. Los círculos polares son otros dos círculos pequeños que se imaginan alrededor de los polos á la distancia de 23 grados y medio. Advertid que todo el espacio de la tierra que hay entre los trópicos se llama *zona tórrida;* el que hay entre los trópicos y los círculos polares *zonas templadas*, y el que se halla desde los círculos polares hasta los polos *zonas frias*. Ahora vamos á hablar de la combinacion de los movimientos de los astros.

§ III.

Del sistema de Ptolomeo y del Ticónico.

SILV. — He oido decir que en ese punto hay gran division entre los astrónomos.

TEOD. — En el dia solo dos sistemas se pueden concordar con las observaciones, porque el de Ptolomeo ya nadie lo sigue. Decia este que todos los astros se movian en círculos concéntricos á la tierra. Ponia la region del fuego sobre el aire, despues la órbita de la luna, seguíase Mercurio, despues Venus, mas arriba el Sol, Marte, Júpiter y Saturno, todos en círculos, cuyo centro comun era la tierra. Descubrióse luego la falsedad de este sistema por

los egipcios, que observando los movimientos de Mercurio y Venus advirtieron que giraban alrededor del sol y no de la tierra : lo mismo se observó despues en el movimiento de Marte, Júpiter y Saturno, los cuales en sus revoluciones no tienen por centro sensible á nuestra tierra sino al sol; y esto es hoy cosa sentada entre todos los astrónomos. Aquí teneis una (Fig. 22) del sistema que llaman

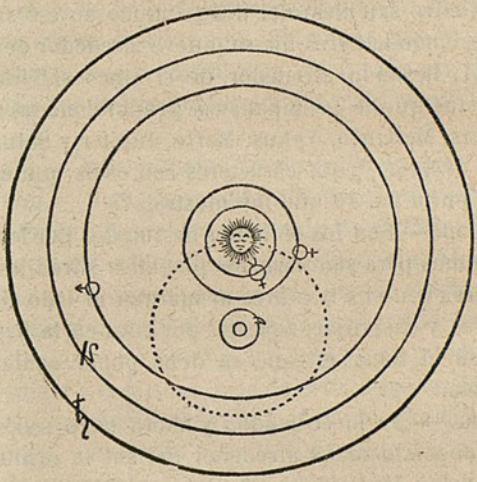


Fig. 22.

ticónico, porque lo ideó Tico-Brahe. Pone al sol como centro del movimiento de todos los planetas (á escepcion de la tierra y la luna) : alrededor de él giran Mercurio, Venus, Júpiter y Saturno, cada cual á distancia proporcionada, y gastando en sus revo-

luciones el tiempo que ya dije. Ademas de esto pone á la tierra quieta é inmovil en el centro del firmamento ó cielo estrellado: alrededor de la tierra da vueltas la luna en su distancia, y despues de ella á distancia competente gira el sol, trayendo alrededor de sí como satélites ó archeros los cinco planetas que he dicho.

EUG. — Ya lo comprendo. Así como alrededor del sol se mueve Júpiter acompañado siempre de sus cuatro satélites, del mismo modo en ese sistema estando la tierra fija se mueve alrededor de ella el sol, llevando alrededor de sí cinco satélites ó planetas que le acompañan á proporcionadas distancias, Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno. Pero decidme, ¿qué caracteres son estos que estan aquí en la fig. 19 que me mostrais?

TEOD. — Son los símbolos destinados por los astrónomos para significar los planetas. Mirad los caracteres con sus nombres al margen al lado de la figura, y despues conocereis por ellos en la figura, misma el lugar en que se debe poner cualquier planeta.

EUG. — Ya lo entiendo, y ahora hago reflexion que andando todos alrededor del sol la órbita de Mercurio y la de Venus no alcanzan á la tierra; pero la de Marte, Juno, Vesta, Ceres, Palas, Júpiter, Saturno y Urano la cojen dentro.

TEOD. — ¿No veis que siendo las distancias que esos tres tienen del sol mayores que la del sol á la tierra, forzosamente ha de estar la tierra dentro de sus giros?

SILV. — ¿Y no haceis cuenta de las estrellas?

TEOD. — A su tiempo. Estos movimientos de los planetas alrededor del sol (que llamamos movimientos propios de cada uno de ellos) siempre son de poniente á levante, como tambien el de los satélites alrededor de su planeta primario; y lo que es mas, la misma luna en su periodo de 27 dias y medio alrededor de la tierra tambien se mueve de poniente á levante; de suerte que si hoy salió junto á una estrella, mañana cuando saliere la estrella todavía no ha de salir la luna sino mucho despues; y cada dia se irá atrasando, de suerte que pasados 27 dias y medio vuelve otra vez á salir con dicha estrella por haber corrido todo el cielo en ese tiempo.

EUG. — Aun no habia yo reparado en eso.

TEOD. — Pues observadlo, y hallareis esto mismo, que siempre la luna se aparta de las estrellas á que corresponde, retirándose hácia el oriente. Al sol le sucede esto mismo, dando una vuelta entera á la tierra en el espacio de un año: si hoy salió correspondiendo á una estrella, mañana ya no puede corresponder á la misma, y ha de salir despues de ella retirándose hácia el oriente al modo que la luna; pero con diferencia, que la luna anda hácia atras mucho mas que el sol: da en un mes una vuelta al cielo, corriendo todas las estrellas que se hallan en su órbita, y el sol consume en correr las estrellas que estan en su carrera un año entero. Estos son los movimientos propios de los planetas, y todos se mueven así de poniente á levante. Ahora bien, supuesto lo dicho toda esta máquina de los cielos, de las estrellas y de los planetas, y todo cuanto hay

de aquí arriba lo mueve el Omnipotente en 24 horas de levante á poniente alrededor de la tierra, y este es el movimiento diurno y comun de los astros, el cual perciben todos. Para que podais formar idea de estos dos movimientos que parecen encontrados, acercaos otra vez á este globo celeste (Fig. 20). Ya sabeis que este círculo atravesado ZZ es el camino del sol, ahora suponed que él está aquí en *p*, y que se mueve como una hormiga por este camino *ag;* y esto siempre hácia allá; pero entre tanto yo iré volteando con la mano el globo hácia mí muy apriesa, despues de dar sesenta vueltas por ejemplo, ya el sol ó la hormiga habrá llegado á este sitio *a*, que es *Aries*, y corresponde al principio de la primavera: despues al cabo de otras sesenta vueltas, que son otros tantos dias, habrá llegado á este lugar *g*, que es *Géminis*, y coincide con el mes de mayo: con treinta vueltas mas que dé habrá llegado al trópico, y de ahí continuará por el otro lado; de suerte que la hormiga ó el sol que ande como ella por este globo correrá la línea de la eclíptica, andando hácia allá ó á levante, mientras todo el globo con las estrellas que estan en él se revuelve en 24 horas muy de priesa háciaacá ó á poniente. Ved aquí lo que sucede en los cielos: giran todos los cielos, y todo cuanto contienen en sí en el espacio de 24 horas de levante á poniente; pero el sol, la luna, los planetas todos van andando despacio cada uno por su senda, y caminando por el cielo como hormigas; pero siempre de poniente á levante: por eso si hoy observais la luna la hallareis cerca de una estrella, á Júpiter cerca de otra, á Marte, etc.,

cada uno en su lugar; pero si mañana los volviéreis á observar, no hallareis á ninguno en el parage de hoy, sino á todos desviados de esos sitios siempre hácia levante, hasta que habiendo corrido todo el cielo vuelven al mismo lugar, la luna en 27 dias y medio, Júpiter en 11 años y cerca de 12, Saturno en casi 30, y así los demas.

EUG. — Ahora acabo de entender bien eso; y os aseguro que me costó dificultad, y no lo hubiera comprendido si no fuera la comparacion de la hormiga.

SILV. — Yo confieso tambien que me confundia con los dos movimientos encontrados, uno de levante á poniente, y otro al contrario.

TEOD. — El sistema copernicano es mucho mas desembarazado y facil de comprender.

§ III.

Del sistema copernicano.

SILV. — ¿Y qué importa si es herético?

EUG. — Y ademas de eso dice que la tierra anda rodando allá por el cielo como los otros planetas; yo no sé como esto pudo ocurrir á hombre que tuviese el juicio en su lugar. Y decidme, Teodosio, ¿no veia ese hombre que en volviéndose hácia abajo la superficie de la tierra en que viviésemos habiamos de caer precipitados como Icaro?

TEOD. — El pobre Copérnico se halla aquí sin

patron que le defienda, y con dos enemigos al frente: vos le impugnais por lo que toca á buena razon, y Silvio por lo que pertenece á la Escritura. Y yo tengo otro embarazo para seguirlo, que es la autoridad y precepto de la inquisicion de Roma, que por motivos muy justos prohibió que se siguiese como *tesis*, y solo dió licencia para seguirlo como *hipótesis*.

EUG.— No entiendo esas dos palabras *tesis* é *hipótesis*.

TEOD. — Yo os las esplicaré en todo su riguroso sentido. Seguir una opinion como *tesis* es decir que así sucede en realidad; seguirla como *hipótesis* es hacer solo una suposicion de que la cosa sucede así, sin decir si efectivamente es así ó no. Quien dijere que la *tierra se mueve como planeta al rededor del sol, y que esto es así en realidad*, se hallará en oposicion con la inquisicion romana; por otra parte todos cuantos efectos astronómicos y físicos hay, pueden verificarse estando ella quieta, si consideramos que el poder y la sabiduría de Dios son infinitos, y muy grande nuestra ignorancia y cortedad, aun en las cosas palpables, cuanto mas en las remotísimas como son los astros. Pero el que dijere que *en suposicion de que la tierra se mueva y el sol esté quieto, se esplica bellísimamente cuanto hasta ahora se ha descubierto en la física y astronomía concerniente á esta materia*, dirá bien y discurrirá prudentísimamente, y esto es lo que la inquisicion romana permite, y lo que digo yo. Lo que Dios hizo no lo sé, y no es esa la única cosa que yo ignoro; pero no me avergüenzo de confesarlo en público.

Lo que puede ser que Dios haya hecho, eso tengo obligacion á saberlo como filósofo, y á eso satisfago esplicando uno y otro sistema, porque en ambos á dos se esplican bien los efectos que observamos en los cielos. Sosegaos un poco, que todo se debe hacer despacio. Oid el sistema, y despues iremos á examinar lo que tiene de buene y de malo.

EUG. — Esto, Silvio, parece puesto en razon.

SILV. — Despues me lo direis.

TEOD. — Copérnico y todos los demas filósofos que le siguen, como Descartes, Newton, etc., dan á la tierra el movimiento que nuestros sentidos atribuyen al sol. Una cosa es cierta hoy entre todos, y ninguno duda de ella; y es, que en el caso de que la tierra se moviese, como decia Copérnico, nosotros no advertiriamos diferencia alguna. De esto hay mil ejemplos: cuando nos paseamos por el rio en un esquife ¿no os parece que los navíos que estan anclados y sin velas vienen andando hácia nosotros, y que los montes de la banda de allá y los árboles de las quintas por donde pasamos se mueven?

EUG. — Así parece; y las primeras veces que yo me embarqué se me figuraba que mi navío estaba quieto, y que los peñascos y orillas, y todo lo demas por donde pasaba, se movian hácia mí. Ahora que ya la esperiencia me hizo conocer ese engaño, ni siquiera me viene á la memoria.

TEOD. — Pues lo mismo habia de suceder moviéndose la tierra: como nosotros nos habiamos de mover con ella no advertiriamos su movimiento, y habiamos de pensar que el sol y las estrellas eran

las que se movian hácia la parte opuesta. Copérnico dice que la tierra se mueve en 24 horas de poniente á levante. Si eso fuera así, estando el sol fijo cuando nosotros fuésemos caminando hácia él nos habia de parecer que el sol venia de allá hácia nosotros, y que caminaba para el poniente. Lo mismo digo de las estrellas, que como nosotros no advertiriamos ni sabriamos ese movimiento, atribuiriamos á los astros el movimiento que era nuestro, así como los que van embarcados atribuyen á los árboles el movimiento que ellos llevan. De este modo todos irian creyendo desde la cuna que los cielos se movian en 24 horas de levante á poniente, cuando en realidad (dice Copérnico) somos nosotros los que nos movemos de poniente á levante. Ni os parezca que habiais de echar de ver los balances de esta gran nave.

EUG. — Eso no, porque si yo no percibo el de un navío cuando va seguido, pareciéndome que no anda nada, menos echaria de ver el movimiento de la tierra, que habia de ser mucho mas igual.

TEOD. — Aquí teneis ya esplicado el dia y la noche; porque mientras andamos vueltos hácia el sol es dia, y mientras andamos por la otra parte es noche, y vemos las estrellas.

EUG. — ¿Y por qué no caemos hácia abajo al dar la tierra vuelta con nosotros, así como nos ahogamos cuando se vuelca la embarcacion?

TEOD. — ¿Y quién nos habia de hacer caer?

EUG. — Nuestro mismo peso.

TEOD. — ¿Y hácia donde nos hace caminar nuestro peso ó gravedad?

EUG. — Hácia el centro de la tierra. Ya advierto mi engaño.

TEOD. — Bien comprendeis como los antípodas, esto es, los pueblos que viven en el Asia, allá por debajo de nosotros, y con los pies vueltos contra los nuestros : bien comprendeis, digo, como ne se caen por esas regiones del aire, porque el mismo peso que nos hace cargar contra la superficie de la tierra aquí donde estamos, hace que al rededor del globo todos los cuerpos pesen contra la misma superficie. Caer hácia abajo quiere decir acercarse al centro de la tierra. ¿No es esto así?

EUG.— Así es : confieso mi yerro, me habia olvidado de la física.

TEOD.— Luego caer hácia abajo los hombres que viven en la India es moverse hácia la tierra; y por mas que el mundo ande alrededor con nosotros, el mismo peso que aquí nos une siempre con la tierra no nos dejaria nunca separarnos de su superficie.

SILV. — Pero á lo menos la fuerza con que la tierra gira en 24 horas ¿no nos arrojaria por esos aires? Cuando los muchachos juegan á la peonza, si se echan encima de ella algunos granos de arena, la peonza con su rápido movimiento los arroja muy lejos; lo mismo sucederia con nosotros.

TEOD. — Me alegro de la duda y de la comparacion, la cual me ha de servir de mucho. Ya sabeis que á eso llaman fuerza *centrífuga*, y es cierto que todo cuerpo que se mueve en giro hace fuerza por huir del centro de su movimiento; y sin duda que moviéndose la tierra alrededor, si nosotros no tu-

vieramos la fuerza del peso que sin cesar nos empuja hácia su centro, ella nos arrojaria por esos aires. Pero ya veis que tenemos una fuerza que nos impele hácia la tierra, que es la gravedad, sea la que fuese su causa, de que ya hablamos algun dia. Esta fuerza puso el Omnipotente para contrarestar y vencer la fuerza *centrífuga* con que la tierra nos sacudiria de sí, así como la honda sacude la piedra. Acordaos que á esta fuerza de la gravedad que nos impele hácia el centro de la tierra la llaman los físicos fuerza *centrípeta* ó atraccion, y podemos usar sin escrúpulo de estos nombres en el sentido que algun dia espliqué. Esto lo entendereis mejor cuando tratemos de la figura de la tierra.

SILV. — Estoy satisfecho : proseguid.

TEOD.— Ademas de este movimiento *diurno* con que la tierra gira alrededor de su eje, así como sabemos que giran el sol, Venus, Marte, Júpiter y la luna, que todos se mueven alrededor de sí mismos como un peon : ademas de este movimiento, repito, que hace el dia y la noche, dice Copérnico, que la tierra tiene otro alrededor del sol en un año, con el cual causa el verano y el invierno, y este movimiento es por la eclíptica ú orbita que llamamos del sol, porque yendo nosotros por una parte del círculo, y estando el sol en el centro de él, nos parece que el sol va andando allá por la otra parte. Ejemplo, cuando nosotros andamos por el jardin alrededor del estanque de Neptuno, que está en el medio, nos parece que la estatua va andando por la orilla opuesta ; porque como nosotros nos movemos, unas veces nos corresponde la estatua á una parte

del borde del estanque, otras á otra. Así es el sol (dice Copérnico) : si ahora corresponde á una constelacion que llaman *Aries*, como nos mudamos á otro lugar, porque la tierra va haciendo su círculo, no puede el sol corresponder siempre á *Aries*, y corresponderá despues á *Táuro*, luego á *Géminis*, etc. Y de este modo andando la tierra por la eclíptica se nos figurará que el sol es quien anda por ella, y que nosotros estamos parados. Al cabo de un año como la tierra vuelve á venir al mismo lugar, vuelve otra vez el sol á corresponderle en *Aries*. Esto me parece claro.

Eug. — Y clarísimo.

Teod. — Esto supuesto, voy á daros una breve idea del sistema de Copérnico, con los descubrimientos modernos (véase, Fig. 19), el sistema de Copérnico de su tiempo) reservando para despues esplicaros por mejor en él todo cuanto se observa en el movimiento de los astros. Mirad esta (Fig. 25.) que lo tiene delineado. El sol está en el centro del universo, y al parecer solo gira alrededor de sí mismo : las estrellas tambien estan todas quietas. Os he dicho *al parecer* porque Herschell piensa que nuestro sol, como la mayor parte de las estrellas, tiene un movimiento progresivo directo hácia la constelacion de Hércules, en la cual arrastra todo nuestro sistema planetario. Los que se mueven en círculos en esta máquina solo son los cuerpos opacos, los cuales, á proporcion que se desvian del sol mas ó menos, gastan mas ó menos tiempo en dar sus vueltas. Mercurio es el mas cercano, como sabeis, si no habeis olvidado sus distancias, y por esto gasta en su

giro casi tres meses. Venus ya está mas distante,

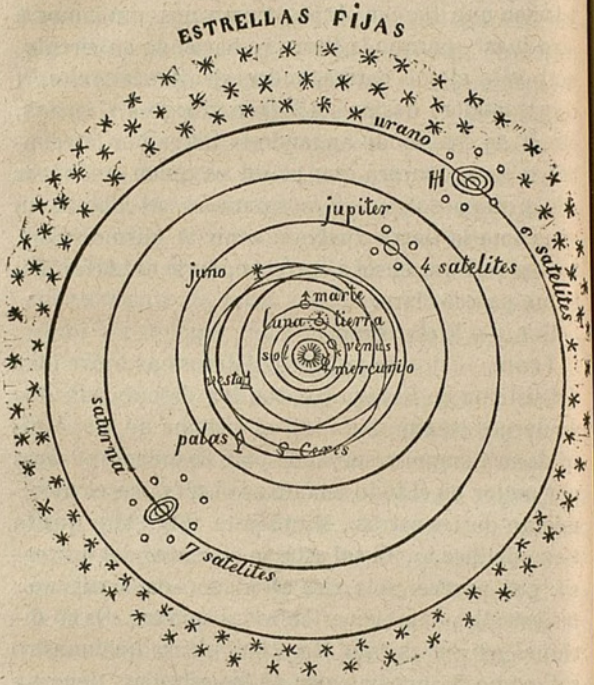


Fig. 23.

pues llega á 24 millones de leguas y pico, y consume cerca de ocho meses en su círculo alrededor del sol; pero tambien se revuelve alrededor de su centro. Síguese la tierra, la cual en este sistema es un planeta como los otros, redondo y opaco, y voltea

alrededor de sí misma como ellos; pero como está á mayor distancia del sol, ha de gastar mas tiempo en la vuelta que da alrededor del mismo: la distancia es de 34 millones de leguas mas, y el tiempo son doce meses ó un año. Despues de la tierra está Marte á mayor distancia, dista del sol mas de 32 millones de leguas, y el tiempo de su periodo ó vuelta son casí 23 meses ó dos años; y del mismo modo que la tierra y Venus, ademas del movimiento alrededor del sol, tiene otro de rotacion sobre su centro en 24 horas con corta distancia. Despues de Marte se sigue los cuatro planetas, que llamamos telescópicos, por el orden siguiente, Vesta, Juno, Ceres, Palas. Inutil es que os diga sus distancias y el tiempo de sus revoluciones, pues presumo que no las habeis olvidado. Vamos á Júpiter: este planeta está á una distancia mucho mayor; pero tambien el tiempo que ocupa en hacer su círculo es mucho mayor, pues son cerca de 12 años, y tambien se revuelve como los otros planetas sobre su eje. Saturno como dista del sol mas de 329 millones de leguas, tambien es el mas prolijo de todos en acabar su revolucion, pues consume en ella cerca de 30 años. Ultimamente viene Urano, el mas lejano de todos y el que tarda mas en girar, puesto que consume 83 años y dias. Pasemos á los satélites: el de la tierra, que llamamos luna, está muy cercano á ella, pero por eso gasta en el giro alrededor de su planeta no mas que 27 dias y medio. Júpiter tiene cuatro lunas á diversas distancias, y por eso va en aumento el tiempo de sus revoluciones entre sí comparándolas con sus distancias respecto de Júpiter, al modo que

crece el tiempo de las revoluciones de los planetas grandes á proporcion del aumento de sus respectivas distancias del sol, alrededor del cual giran. Lo mismo se observa puntualísimamente en los satélites de Saturno y Urano. Considerad ahora la hermosura de este sistema. En primer lugar su uniformidad y perfecta *analogia* en todas sus partes. Los cuerpos luminosos como el sol y las estrellas aparentemente todos estan quietos, solo tienen algun movimiento de rotacion, pero no mudan sensiblemente de lugar: los cuerpos opacos todos andan dando vueltas; ademas de esto, los cuerpos mas pequeños giran alrededor de los mayores: v. g. la luna alrededor de la tierra, que es 48 veces mayor; los satélites de Júpiter alrededor de Júpiter, y los de Saturno y Urano del mismo modo; y todos estos planetas, porque son menores que el sol, giran alrededor de él como satélites y criados suyos. Ademas, entre los cuerpos que giran alrededor de otro, los mas cercanos absuelven la vuelta mas apriesa, los mas remotos, como hacen mayor círculo, tardan mas en acabarla. Aun hay otra semejanza y correspondencia: los planetas que andan alrededor del sol ademas de ese movimiento se revuelven sobre su eje; pues aunque de los cuatro telescópicos y de Urano no consta, es porque no se pueden observar bien los unos por ser muy pequeños, y el otro por muy remoto. Ultimamente todos los cuerpos opacos girando alrededor del sol, ya se acercan mas, ya menos, y esto se estiende á toda clase de cometas con solo la diferencia de ser mas largas sus elipses. ¿No os parece ingenioso este sistema?

EUG. — Confieso que estoy admirado: ¿qué decís, Silvio?

TEOD. — ¿Y qué diríais vos si ya supiéseis la bellísima concordancia que hace con las leyes del movimiento constantemente observadas en los cuerpos terrestres? Esto lo descubrió admirablemente Newton, y mañana os lo mostraré esplicándoos la causa física de los movimientos de los astros. De suerte, que yo hablándoos con sinceridad cristiana y de amigo no sé verdaderamente los secretos de Dios, ni el sumamente ingenioso maquinismo sobre que ideó el movimiento de los astros; pero si el Altísimo ideara el movimiento de los cuerpos celestes que observamos sobre estas mismas leyes de movimiento que estableció acá en los terrestres, me persuado á que se habian de mover como se supone en este sistema. Pero como los cielos distan tanto de la tierra, tambien los principios y leyes de movimiento de allá pueden ser muy diversas de las de acá. Mas esto pertenece á la conferencia de mañana. Ahora, quiero que mirando sumariamente ambos sistemas, conozcais la diferencia que hay de uno á otro. En el sistema ticónico no hay tanta belleza ni uniformidad segun se ve. Fuera de eso, los planetas, en el sistema copernicano, tienen un solo movimiento alrededor del sol de poniente á levante, y ese no es demasiadamente rápido como se observa; pero en el ticónico, ademas de ese mismo movimiento es preciso otro encontrado, que es el de cada dia, es cual es velocísimo por ser en 24 horas. En el sistema copernicano para formar el dia y la noche basta que la tierra dé una vuelta sobre su eje en 24 ho-

ras; y en el otro sistema es preciso que toda esa inmensa máquina de los cielos con todas las estrellas, sol, planetas, y tambien los cometas, escondidos allá en las altísimas regiones invisibles; es preciso, digo, que todo dé una vuelta alrededor de la tierra en 24 horas; que es una velocidad tal que parece increible. En el sistema copernicano se esplica sin violencia alguna lo que vemos en todos los planetas, que ya nos parece que con su movimiento particular caminan hácia levante, como es regular en todos, ya que retroceden y van hácia el poniente, ya que se quedan parados. Antes bien, no podia dejar de parecernos así sin una gran perturbacion en la fábrica de los cielos, aunque en realidad ellos caminen siempre con un paso seguido, dando sus giros de poniente á levante. Esto yo os lo esplicaré despacio. Por el contrario, en el sistema ticónico para esplicar estos movimientos es preciso decir que los planetas, andando por el cielo, hacen una línea toda enroscada como esta (Fig. 24), ya andando hácia adelante como desde *a* hasta *e*, ya hácia atras como desde *i* hasta *o*, ya ni atras ni adelante, sino elevándose un poco, como desde *o* hasta *e*, ó desde *e* hasta *i*. Esto bien puede ser; pero no es muy natural. En el sistema copernicano va el planeta siempre seguido hácia adelante, como lo vereis

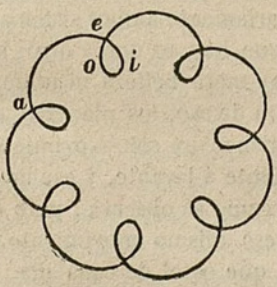


Fig. 24.

mañana ú el otro dia. Ultimamente en el sistema copernicano, como he dicho, halla un filósofo que todo lo que Dios crió se gobierna por unas mismas leyes; que lo que vemos practicado en el movimiento de los cuerpos que tocamos con las manos, es lo mismo que se observa con los ojos allá en las regiones de los cielos. Por el contrario, en el sistema ticónico no se guardan ni se pueden guardar las leyes de movimiento establecidas acá en la tierra; todo se invierte. Ved aquí lo que hace parecer tan bello este sistema, el cual no obstante todo eso no debe pasar de sistema; esto es de mera hipótesis.

SILV. — Todo eso concedo yo que sea así; pero si ese sistema es herético, ¿qué importa que sea hermoso, natural y facil? La Escritura está diciendo que el sol sale y se pone, que gira por medio del cielo, y vuelve otra vez á su lugar: que la tierra está firme etc. Luego es heregía decir que la tierra es la que se mueve, y el sol el que está parado.

TEOD. — De esa misma frase de que usa la sagrada Escritura usan tambien los mismos copernicanos, diciendo que cuando el sol se ha elevado sobre el horizonte tantos grados, entonces aparece mas pequeño que al asomar por el horizonte etc. Pero todavía tengo mucho que decir sobre este sistema: vamos por partes.

EUG. — Quitadnos antes este escrúpulo.

§ IV.

Pésanse los argumentos de la Escritura contra el sistema copernicano.

TEOD. — Sea enhorabuena, y examinemos antes de todo esos argumentos, por los cuales vos, Silvio, juzgais que este sistema es herético. Pero antes es preciso reflexionar que aquella doctrina que la Iglesia romana da una vez por herética, falsa ó errónea, así lo es en realidad, porque la Iglesia no puede errar; y por consiguiente, aunque pasen muchos siglos no puede la tal doctrina dejar de ser errónea, falsa ó herética.

SILV. — No tiene la menor duda; pero eso ¿qué hace al caso?

TEOD. — Voy á decirlo. Si los astrónomos en el dia hallasen razon evidente que probase el movimiento de la tierra, estaria la Iglesia pronta para consentir esa opinion, como protectora que es de la verdad, y no de la mentira. Esto lo conocereis por la respuesta que el P. Fabri, penitenciario del sumo pontífice, dió á cierto copernicano que le hablaba sobre este punto. Aquí tengo yo registrado el lugar en las transacciones de Inglaterra [1]. Leedlo en

[1] Año de 1665, en el mes de junio, dice así: *P. Fabri è societate Jesu, Romæ apud S. Petrum pœnitentiarius, rescribens cuidam copernicano inquit: Ex vestris coryphœis non semel quæsitum est utrum haberent aliquam pro terræ motu, demonstrationem? Numquam aussi sunt id asserrere. Nihil igitur obstat, quin loca illa*

latin, y despues traducidlo, para que Eugenio entienda la respuesta que el penitenciario del papa da al copernicano.

SILV. — Traducido á la letra quiere decir: *No una vez sola se ha preguntado á vuestros corifeos si tienen alguna demostracion que pruebe el movimiento de la tierra, y nunca se atrevieron á decir que sí. Luego no hay impedimento para que la Iglesia entienda y declare que los lugares de la Escritura se deben entender en el sentido literal, mientras por demostracion no se pruebe lo contrario, y si algun dia discurriéreis alguna (lo que con dificultad creeré), en ese caso de ningun modo dudará la Iglesia declarar que aquellos lugares de la Escritura se deben entender en sentido figurado é impropio, como aquello del poeta: Terræque, urbesque recedunt.* Esto es lo que dice el libro fielmente traducido.

TEOD. — Y me parece que confirma con bastante claridad lo que yo decia, que á cualquier hora que apareciese razon convincente que pruebe el movimiento de la tierra, declarará la Iglesia que los lugares de la Escritura sobre el movimiento del sol se deben entender en el sentido que ahora les dan los copernicanos. Y á la verdad que jamas dijo la Iglesia á los hereges que si ellos mostrasen razon convincente á su favor entenderia los lugares de la Escritura en el sentido que ellos les daban.

in sensu literali Ecclesia intelligat, et intelligenda esse declaret, quamdiu nulla demonstratione contrarium evincitur: quæ si forte aliquando à vobis excogitetur (quod vix crediderim), in hoc casu nullo modo dubitabit Ecclesia declarare loca illa in sensu figurato et improprio intelligenda esse, ut illud poetæ; terræque, ubesque recedunt.

SILV. — ¿Pues en qué sentido sino en el que les damos se pueden entender aquellos lugares de la Escritura, que dicen que la tierra está quieta [1] é inmovil, y que el sol sale y se oculta, y vuelve á su lugar, y gira por el mediodia [2], y que se revuelve en sus círculos?

TEOD. — La respuesta que dan los copernicanos á esos y otros muchos lugares semejantes de la sagrada Escritura es, que se deben entender en el sentido natural y acomodado á la inteligencia de las gentes, esto es, del movimiento aparente y quietud aparente. Dios (dicen ellos) no nos quiso enseñar astronomía en la sagrada Escritura; lo que quiso fue que los escritores sagrados hablasen acomodándose á la opinion comun é inteligencia de los pueblos, como nos lo declara S. Gerónimo [3]. Por eso dice la Escritura que Dios produjo dos luminares grandes [4], que son el sol y la luna, y que ademas de eso habia formado las estrellas; y hoy es certísimo que la luna ni de suyo es luminar así como el sol, pues no tiene luz propia, ni es grande, pues se sabe que es el cuerpo mas pequeño que Dios produjo en todas esas inmensas clases de astros que conocemos en el cielo. Por lo cual así como la Escritura la llama grande, siendo un astro

[1] *Terra autem in æternum stat.* Eccles., cap. I, verso 4.

Oritur sol, et occidit, et ad locum suum revertitur...; girat per meridiem, et flectitur ad aquilonem..., et in circulos suos revertitur. Eccles, c. I, v. 5, 6.

[3] *Quasi non multa in Scripturis sanctis dicantur juxta opinionem illius temporis, quo gesta referentur, et non juxta quod rei veritas continebat.* S. Hieronim., in Jerem. 28, v. 10.

[4] *Fecit quoque Deus duo luminaria magna.* Genes. I, 16.

muy pequeño y luminar sin serlo, solo porque en la comun opinion de las gentes la luna es un luminar grande, pues recibimos de ella una gran luz, y seria una cosa que entonces no se entenderia fácilmente, y meteria en confusion á los pueblos, si Moises dijese que Dios habia producido un astro muy pequeño, oscuro por su naturaleza, y que este era la luna: del mismo modo tambien dijo que el sol se movia y la tierra estaba quieta, porque esta era la opinion y frase de todos. Añadid que los mismos copernicanos, para hacerse entender fácilmente, usan en sus libros de esta misma frase vulgar, y dicen que *cuando el sol sube tantos grados sobre el horizonte sucede esto, cuando llega al zenit sucede esto otro*; *que cada dia anda un grado hácia el oriente*; *que tiene movimiento desigual, unas veces mas apriesa, otras mas despacio, etc.* Todas estas proposiciones hallareis en los copernicanos, porque prescindiendo de esta cuestion, se acomodan al modo comun de hablar conforme á nuestros sentidos, y si hiciesen lo contrario seria pedantería. Si un copernicano, armando algun reloj de sol, no se esplicase con el comun de la gente vulgar, nadie le entenderia, y todos harian burla de él, y con razon. Por este motivo Dios, en aquellas cosas que no son misterios de la religion, ni conducen á las costumbres, se acomoda á la opinion comun de las gentes; y así se sirve hasta de las mismas frases é idiotismos de la lengua, que se acostumbraban entre los pueblos á quienes hablaba. Esta es la razon de tantas parábolas, semejanzas y figuras como usaban los profetas, porque esta era la costumbre de aquellos

tiempos. Tambien por eso se dice que Dios inclina sus oidos á nuestras oraciones; que penetrado en lo íntimo del corazon habia tenido disgusto [1]: que habia esforzado el poder de su brazo [2]: que tiene entrañas de misericordia [3], etc; siendo cierto que Dios no tiene corazon, ni entrañas, ni brazos, ni oidos, hablando propiamente; pero porque si algun teólogo, predicando al pueblo, conmutase estas espresiones en su literal y genuina inteligencia ninguno le entenderia, ó muy pocos, por eso se debe usar de estas frases acomodadas á la capacidad de los pueblos. Si en la Escritura, pues, se dijese: *anda la tierra por sus círculos, y el sol está en su lugar firme é inmovil, etc.*, ¿cómo lo habian de entender los pueblos que leyesen ú oyesen leer los libros santos, sin que primero los doctores de la ley se tomasen el trabajo de darles lecciones de astronomía? Bien veis que todos lo estrañarian mucho. Así que; como Dios no tiene empeño en que nosotros seamos astrónomos, se acomoda á nuestra inteligencia, y habla en sentido acomodado á la opinion vulgar. Ved aquí la respuesta que dan los copernicanos á los lugares de la Escritura.

EUG. — No me parece fuera de razon.

TEOD. — En el dia muchos hombres doctos se persuaden á que esta respuesta no se debe despreciar, bien que no la sigan, y con efecto, el penitenciario del papa les dijo que si hubiere demostracion

[1] *Tactus dolore cordis intrinsecus.* Gen. 6 v. 6.
[2] *Fecit potentiam in brachio suo.* Luc. I, 51.
[3] *Per viscera misericordiæ Dei nostri.* Luc. I, 78.

que pruebe el movimiento de la tierra, no dudara la Iglesia admitir este sentido. Pero que al presente está la Iglesia en posesion de la literal y rigurosa inteligencia, y que en ella quiere perseverar mientras no hubiere un motivo urgentísimo que la obligue á abandonarla. Y esto no se puede negar que es muy conforme á la razon, ni los copernicanos tienen motivo para quejarse justamente. Porque mientras la cosa estuviere en duda, en lo que mira á la astronomía y leyes de la física debemos con respeto acomodarnos á la literal inteligencia de los lugares de la Escritura, los cuales estan en esa posesion. Si andando el tiempo apareciere alguna razon convincente, entonces haremos con estos lugares lo mismo que se ejecuta con otros que no se entienden en el sentido comun y literal. Algunos de ambos partidos se adelantan demasiado : unos asegurando que el sistema copernicano ya está demostrado ; otros diciendo que con razones naturales se convence de falso. Los unos y los otros se propasan mucho : examinemos, pues, las razones que hay á favor y contra este sistema.

§ V.

De los argumentos físicos contra el sistema copernicano.

Silv. — Razones contra ese sistema no faltan, ni yo sé cómo habrá hombre de juicio á quien no convenzan por mas bello que él parezca pintado como los copernicanos le pintan.

TEOD. — ¿ Y qué razones son esas? Examinémoslas.

SILV. — Esta mañana estuve leyendo tantas en un gran moderno [1], que no sé si unas me habrán confundido las otras. Primeramente, si la tierra se moviera los pájaros no atinarian con sus nidos, porque como se supone que despues que salieron de ellos fue la tierra volteando, ya quedarian en diferente lugar cuando volviesen á buscarlos. Ademas, las nubes no podrian jamas estar á plomo sobre nosotros, porque revolviéndose la tierra hácia levante, las mismas nubes que ahora corresponden sobre nuestra cabeza de aquí á un minuto ya se hallarian á la parte de poniente.

TEOD. — Y si yo os digo que con la tierra se mueve tambien la atmósfera del aire, ¿ qué dificultad tendrá ya el que los pájaros encuentren sus nidos; ni el que las nubes esten á plomo sobre nosotros? Así como si en el combés de un navío hubiese un gran cubo con agua y peces, ó una caponera con gallinas, aunque la nave se mueva con mucha rapidez, y el gallinero que ahora estaba aquí en la noche siguiente esté á muchas leguas de distancia, las gallinas siempre encontrarán su pollero acostumbrado, y los peces no sentirán diferencia alguna de cuando la nave estuviere parada; de ese mismo modo sucede en este sistema á los pájaros que vuelan y á las nubes. Todo se mueve con la tierra, y ninguna diferencia habrá respecto de sus movimientos particulares, ya sea que la tierra esté fija, ya sea que á

[1] Fortunato de Brijia desde el número 3398.

manera de un gran navío se mueva perennemente juntamente con la region del aire, y todo lo que en ella habita.

SILV. — Sobre eso hay mas que decir de lo que parece. ¿Quién ha de comunicar al aire ese movimiento? El globo de la tierra no, porque cuando mucho podria comunicarle algun leve movimiento por estar rodeada de ese fluido; pero ese nunca seria tan rápido como el de la misma tierra, así como un peon andando al rededor no comunica igual movimiento al aire que le rodea, bien que siempre le comunique alguno; y tengo especie de haber leido que vuestro Newton demostraba que un cuerpo metido en otro infinitamente fluido, daria á las diversas partes del mismo fluido diverso grado de velocidad con proporcion á la distancia.

TEOD. — Estamos en un caso diferente, porque el aire no se debe considerar infinitamente fluido, y mucho menos respecto de la tierra; antes justamente se puede reputar por una ligera cáscara del globo terráqueo. Pero no os quiero interrumpir.

SILV. — Ademas de esto, si la tierra se moviese hácia levante en 24 horas, siempre habiamos de sentir un viento perenne hácia poniente, porque el aire, no pudiendo acompañar á la tierra que se movia hácia levante, iria correspondiendo sucesivamente á todos los lugares que estan al ocaso, hasta que acabando la tierra de dar una vuelta perfecta volviese á corresponder á Lisboa el mismo aire que antes le correspondia, habiendo pasado entre tanto por todas las regiones que forman ese círculo del globo terráqueo. Y nada de esto sucede así. Con

que, Teodosio, no deis por cierto y sentado que aun en el caso de moverse la tierra, tambien se habia de mover el aire.

Eug. — A la verdad, Teodosio, que ya Silvio me parece moderno en el modo y en los términos que discurre.

Teod. — Causame gusto el verle discurrir así, aunque no concuerde conmigo. Pero vos preguntais quien ha de dar ese movimiento al aire. Respondo que quien lo dió á la tierra. Si yo fuera copernicano no diria que Dios dió el movimiento á la tierra, y que esta arrastraba consigo al aire, sino que Dios dió ese movimiento á la tierra, y juntamente al aire que la rodea, Dado este movimiento, perseverarian en él aire y tierra, especialmente porque estando vacío ó casí vacío el espacio de los cielos que está sobre el aire no hay quien retarde ó impida el movimiento de este hácia levante, acompañando á la tierra. Ni yo me valdria de lo que se valen algunos copernicanos, diciendo que por este motivo en la *zona torrida* (esto es, en las tierras que se hallan á una y otra parte de la línea hasta los trópicos) siempre hay viento hácia poniente, procedido de que el aire no acompaña á la tierra con tanta velocidad como ella lleva, y por eso parece que corre hácia la parte opuesta : digo que no respondo así, porque no es necesario. Mas espedita es esta otra respuesta. Dios así como dió ese movimiento á Júpiter, á Venus y á la tierra en este sistema, podia muy bien dárselo igualmente al aire que la rodea. Pero vos, Silvio, debeis estar persuadido á que no todo lo que dicen los modernos es cierto, aunque sean grandes

hombres. Entre nosotros hay mucha variedad de opiniones, y entre ellas solo una puede ser la verdadera. Digo esto para que no os espanteis de que no concuerde con Brixia ni con el P. Ricciolo, á quien él en eso sigue con demasiada veneracion. Digo que es demasiada, porque aunque Dios solo diese movimiento á la tierra, esta comunicaria alguno al aire próximo y este al otro, así como sucede cuando en un arteson de agua con la mano poco distante del centro la hacemos mover toda al rededor. Ahora bien, aunque este movimiento fuese lento al principio, es certísimo por las leyes del movimiento en general (las cuales ese autor trata admirablemente) que mientras la tierra escediese en velocidad al aire, le iria comunicando algun movimiento: por la parte de afuera de la region del aire no hay ningun embarazo perceptible; luego en el discurso de tantos millones de vueltas como dias pasaron desde la creacion del mundo, aumentándose siempre el movimiento del aire, llegaria alguna vez á igualar al de la tierra; y como no hay causa que lo retarde, una vez puesto en movimiento, en él perseveraria siempre.

SILV. — No basta que el aire iguale el movimiento de la tierra, es preciso que le esceda; porque como está mas alto y dista mas del centro de ella, en 24 horas daria una vuelta mayor que la superficie de la misma, y forzosamente para acompañarla necesitaria mayor velocidad. Esto es allá por vuestras leyes.

TEOD. — ¿Qué os parece, Eugenio? ¿No estudió Silvio bien el punto? Pues así debe ser; mas pre-

gunto : ¿y cuánto mayor habrá de ser la velocidad del aire que la de la superficie de la tierra?

SILV. — Eso vos allá lo sabreis.

TEOD. — Hablemos del aire hasta la altura de las nubes, porque del que hay de allí arriba no podemos tener prueba de esperiencia para decir que acompaña ni que no acompaña el movimiento de la tierra. Esta altura cuando mucho será una legua, porque segun los mas exactos geógrafos los montes mas altos de la tierra no esceden de esta altura, y sabemos que estan mas altos que las nubes. Siendo pues esta la altura del aire de que tratamos, era preciso que allí tuviese una velocidad mayor que la de la superficie de la tierra ; pero este esceso seria tan pequeño que quedaria imperceptible. Lo que debia andar mas en 24 horas eran seis leguas, pues solo en esto escede el círculo de las nubes al que haria la superficie de la tierra. ¿ Y qué velocidad es esta para ser perceptible en el aire correr seis leguas en 24 horas, ó un cuarto de legua en una hora?

EUG. — Un cojo con dos muletas anda mas ligero, y puesto á andar una hora sin parar haria mas de un cuarto de legua.

TEOD. — Decís bien. Pero supongamos que con efecto el aire no escede en velocidad á la tierra ni aun en ese poco, sino que solo la iguala. Seguiríase de ahí que las nubes si tuviesen una legua de altura, á no soplar viento de poniente correrian hácia allá; pero tan despacio que gastarian 4 horas en andar una legua. Dadme pues una esperiencia, por la cual conste que no soplando ningun viento estraor-

linario que las perturbe, no hay allá arriba esta nsensible virazon. Supongamos que yo dijese que prescindiendo de alguna virazon de poniente que se opusiese á esta continua virazon de levante, nunca pueden las nubes estar á plomo sobre nosotros sin que tengan este lentísimo movimiento para el poniente. ¿Quién podria alegar esperiencia que me convenciese, siéndole preciso probar primero que allá arriba no habia ni aun ese movimiento imperceptible, y ademas que no habia virazon alguna del poniente? Sin probar estas dos cosas ninguno diria que la esperiencia probaba nada contra mí. Pero no gastemos tiempo en eso. La tierra con la continuacion podia dar al aire un movimiento mayor que el suyo, así como la mano, moviéndose dentro del arteson por bastante rato, puede dar al agua que mas dista del centro mayor velocidad que la suya. Pero la respuesta verdadera es que este movimiento de la atmósfera es recibido inmediatamente de Dios como el mismo movimiento de la tierra.

SILV. — ¿Y qué me direis del agua de las lagunas y estanques, los cuales siempre deberian moverse hácia la parte de poniente, porque nunca podrian por su naturaleza acompañar el movimiento de la tierra que velocísimamente voltea hácia levante?

TEOD. — Respondo que un cubo de agua en un navío que corre á la vela corresponde á las lagunas de la tierra en el sistema de que ella se mueve; y así como el agua del cubo acompaña al cubo y al

navío, de la misma suerte la de las lagunas acompaña á la tierra.

SILV. — Todavía tengo mas dificultades, y una de ellas es que la lluvia no podria caer á plomo sobre la tierra, porque mientras viniese por el aire se retiraria la tierra hácia levante; y si gastase en llegar de la nube á la tierra dos minutos, ya en ese tiempo se desviaria la tierra muchas leguas.

TEOD. — ¿Quien os dijo que las gotas de agua podian gastar dos minutos en llegar al suelo? En dos minutos una gota de agua, prescindiendo de la resistencia del aire, bajaria la altura de 216000 pies: ¿y quién dió tanta altura á las nubes? Por mas que gaste la lluvia una hora en caer, si las nubes se mueven con la tierra al modo que las cofas con los navíos, se sigue que así como una piedra arrojada de la cofa mas alta, por ligera que la nave camine, cae al pie del mastil, segun ya os espliqué en otro tiempo, ¿por qué motivo no ha de caer la lluvia á plomo, por mas veloz que corra la tierra? ¿Cual es la otra dificultad que decíais?

SILV. — Ahora me habeis traido á la memoria una que oí á no sé quien; voy á esplicarla. Si se dejare caer una piedra de lo alto de un mastil, yendo la nave disparada, hará acá abajo en un cuezo de barro blando un hoyo no totalmente á plomo, y cayendo de lo alto de una torre se entierra bien á plomo; y es claro que si la tierra se moviese la torre haria lo mismo que el mastil.

TEOD. — Yo me acuerdo de haber leido eso en el P. Lanis, bien que á otro intento; pero no le doy mucho crédito, porque ¿quien le aseguró á él que

cuando la piedra tocó en el barro el balance de la nave no habia sacado el cuezo del nivel matemático, quedando por esta razon un poco oblicuo? Mas: ¿cómo conoció él en tan pequeña altura y en una materia blanda una oblicuidad que no podia dejar de ser muy pequeña? Pero diga él lo que dijere, el caso es que en rigor matemático así debe suceder en el navío y no en la torre. La razon es, porque como en el navío no tiene el aire la misma direccion y velocidad horizontal que se comunicó á la piedra, debe rigurosamente cuando llegare al barro tener menos velocidad horizontal que él; y esa diminucion ha de hacer inclinacion hácia atras en el hoyo. Pero en la tierra, como en el caso de que se moviese el aire llevaria el mismo movimiente horizontal que la piedra al caer, no habia causa para hacer en el suelo el hoyo torcido; esto es hablando en todo el rigor matemático, que físicamente es imposible que haya oblicuidad sensible en el hoyo. Vamos á la otra dificultad.

SILV. — Voy á decirla. Una pieza de artillería disparada hácia el oriente habia de alcanzar mucho mas que vuelta al poniente, porque en el primer caso empujaria la bala no solo la fuerza de la pólvora, sino el impulso de la tierra; y en el segundo el ímpetu de la pólvora era contrario al de la tierra. Estas cosas, Teodosio, son sacadas de vuestros mismos principios; por eso me admiro yo de que hombres á quienes vos reputais por grandes filósofos estan persuadidos á tal estravagancia.

TEOD. — Teneis mucha razon; pero reflexionad que esa misma militará contra los que dicen que

si en la cámara de un navío que navega con viento en popa se jugase á los trucos, no advertirian los jugadores en los movimientos de las bolas diferencia de cuando jugasen estando parado el navío, y en esto concuerda en el dia todo el mundo, Silvio, ¿no reparais que avanzando la bala hácia el oriente tambien la tierra se le va escapando, y que corriendo la bala hácia el poniente, mientras viene por el aire se le va metiendo el suelo por debajo? Suponed que la pólvora sola puede hacer á la bala correr 50 brazas, y que esta es la distancia á que está el blanco, y que la tierra en ese tiempo correrá 50 brazas por ejemplo. Cuando el cañon ó pieza de artillería se dispara hácia el oriente, va la bala con 80 grados de velocidad, 50 que le dió el impulso de la tierra, y 50 de la pólvora; pero entre tanto avanzó el blanco con la tierra 50 brazas hácia el oriente; y ya por esta cuenta es precisa á la bala toda esa velocidad para llegar al blanco, porque los 50 grados son para vencer la distancia del cañon al blanco, y los 50 para suplir lo que él entre tanto anduvo con la tierra. Pues ahora volvamos la pieza hácia el poniente. Como el ímpetu de la tierra hace á la bala correr 50 brazas hácia el oriente, aunque la pólvora le dé impulso para correr 50 hácia el poniente, no le comunicará toda esa velocidad, pues ha de rebajarse el ímpetu de la tierra en contrario, y solo irá la bala con 20 grados; de suerte que no podrá correr mas que 20 brazas hácia el poniente; pero entre tanto el blanco moviéndose con la tierra se vino acercando á la bala, y así andando el blanco hácia acá 50 brazas y la bala 20 hácia allá, se com-

pleta la distancia de 50 brazas que habia entre uno y otro, y dará la bala en el blanco. Creedme, amigo Silvio, que si este sistema tuviera algun embarazo con la física no lo protegerian aquellos que han llegado á una en cierto modo escrupulosa y escesiva observacion de las mas pequeñas leyes del movimiento para cualquier efecto. Ahora los fundamentos que este sistema tiene á su favor alguna fuerza mas llevan, bien que no es tanta como ellos quieren, y como era precisa para que se permitiese francamente que se siga como *tesis*.

§ VI.

De las razones físicas que favorecen á los copernicanos.

SILV. — No me parece que serán muchos sus fundamentos.

TEOD. — El gran cardenal Polignac siendo muy buen católico y muy docto, como gloria que fue de la púrpura cardinalicia, juzgaba lo contrario de lo que vos juzgais. En su admirable libro del *Anti-Lucrecio*, despues de referir algunos sistemas del cielo, queriendo hablar del copernicano le hace esta introduccion. Mas por cuanto el amor de la verdad me obliga, confieso que aquella sentencia me arrebata del todo, que afirma, etc. [1]. Esto decia aquel

[1] *Sed quia cogit amor veri, sententia totum,*
Me rapit illa tamen, quæ per se clara refulget,

gran cardenal : yo no me atrevo á decir tanto, sin embargo de que despues de su muerte se han descubierto muchas razones muy dignas de atencion, y ademas de eso el sumo pontífice Paulo III recibió con benignidad el sistema copernicano que su autor le dedicó, y Urbano VIII, cuando era cardenal Barberino, en una oda siguió este mismo sistema, bien que despues le reprobó. De donde se infiere que no es tan fuera de razon como decís. Mas para mí las razones mas fuertes son estas dos. La primera se saca de la figura de la tierra, y la segunda del movimiento de los péndulos. En cuanto á la figura de la tierra ya se da en el dia por demostrado que ella no es perfectamente esférica ni oval, como algunos en otro tiempo afirmaron, sino de figura de *esferoide*.

EUG. — No entiendo ese nombre.

TEOD. — Yo os lo esplicaré : *esferoide* corresponde á la figura de una naranja, y es una esfera un poco rebajada en dos puntos opuestos [1] ; así la

Ac mihi Divinam præstantius esplicat artem.

Y un poco despues dice así :

At licet ad terram quod pertinet, illa diserte
Expediat, quia nempe eadem se præbet imago,
Vel si spectator, vel si spectata moventur,
Plura tamen Copernicio systemate clarent,
Quæ numquam evolvet Ptolomeus, etc.

Anti-Lucret., lib. VIII, desde el vers. 160.

[1] Hablando geométricamente, es *una elipse que se mueve sobre su eje menor* ; así como la esfera es un círculo que voltea sobre su diámetro.

tierra no es perfectamente redonda, porque en los polos está mas baja, y en la *línea* ó *ecuador* mas alta ó levantada. Ahora bien, esta diferencia de altura desde la superficie de la tierra hasta su centro, aunque respecto de todo su volumen es pequeña, en realidad en sí es muy grande, porque viene á componer poco mas de cinco leguas, de suerte que el diámetro de la tierra, tirado de un punto del ecuador á otro contrario, tiene mas de diez leguas mas que el diámetro tirado de polo á polo. Ya dos grandes filósofos, suponiendo el movimiento diurno de la tierra, habian llegado á conjeturar por sus cálculos, y probaban que la tierra no era ni podia ser perfectamente redonda, y que debia ser mas levantada por el ecuador. El primero fue Huigens [1]: el segundo Newton [2]. Estos hombres, guiados del cálculo y de los principios de la física, decian que si la tierra se revolvia alrededor de su eje, todos los cuerpos, especialmente los fluidos, habian de hacer fuerza para huir del eje hácia fuera; porque es ley constante (segun os mostré cuando hablé de la honda) que todo cuerpo que se mueve en círculo forcejea por alejarse del centro, y esto se llama tener fuerza *centrífuga*, la cual siempre es mayor cuando es mayor el círculo [3], ó cuando se aumenta la velocidad [4]. Suponed, pues, que la tierra se revuelve sobre el eje que va de un polo

[1] *Discours sur la cause de la pesanteur*, pág. 113.
[2] *Philosoph. natural. princip. mathem.*, lib. III, prop. 10.
[3] Siempre crece en razon de la distancia del centro.
[4] Tambien se aumenta en razon del cuadrado de la velocidad, ó en la razon inversa de los cuadrados de los tiempos periódicos.

al otro, y que los cuerpos fluidos hacen fuerza por apartarse de este eje; no obstante el peso que los hace cargar hácia el centro, necesariamente ha de estar el agua en el ecuador mas alta que en los polos y lugares circunvecinos. Hagamos aquí una (Fig. 25). El agua de N ó S (en caso que esta bola ande sobre su eje) huirá para *oo*, ni la pesadez le estorbará el que huya, porque esa gravitacion no es hácia el eje N, sino solo hácia el centro; y asi retirándose el agua un poco del eje hácia fuera no va contra la gravedad, porque no se pone mas distante del centro. Pero en el ecuador y lugares vecinos á él, no puede el agua desviarse del eje sin apartarse tambien del centro; luego tenemos ahí dos fuerzas encontradas, una que es el peso, el cual la empuja hácia el centro, y otra que es la fuerza centrífuga, que la hace huir del centro hácia fuera, y levantarse hácia arriba; y cuando hay dos fuerzas encontradas, la mas pequeña queda vencida; pero siempre disminuye algun tanto el efecto de la otra que la vence, porque la cansa y debilita. Aquí el peso vence, pero queda disminuido; de suerte que aunque el agua no huye del todo ni salta hácia el aire, siempre queda mas ligera que la de los polos; y por eso para equilibrarse en el peso con ella necesita mayor altura. Ved aquí el fundamento de estos filósofos para conjeturar que la tierra habia de ser mas elevada por el ecuador; porque allí los cuerpos no

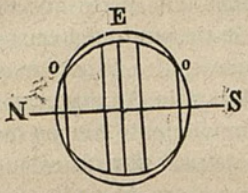


Fig. 25.

habian de pesar tanto, disminuyendo la fuerza centrífuga un poco la fuerza de la gravedad; y por esta misma razon dicen ellos que Júpiter (cuyo movimiento de rotacion es velocísimo, pues se absuelve en 9 horas) tampoco es perfectamente redondo, sino que sensiblemente es mas alto por su ecuador que por los polos segun las mas exactas observaciones.

SILV. — Pero todo eso es en el supuesto de que la tierra se mueva; negándose esa suposicion va por el suelo todo ese discurso.

TEOD.— Pues esperad. Algunos años despues que se hizo este cálculo fueron enviados hombres peritísimos á medir la figura de la tierra. A unos se les encargó que midiesen su vuelta ó convexidad junto á la línea, á otros que junto á los polos. Al Perú, que se halla en la América, cerca de la línea, fueron enviados MM. Godin, Condamine y Bouguer, de la academia de las ciencias, y los acompañaron dos matemáticos españoles llamados don Jorge Juan, comendador de Malta, y don Antonio de Ulloa, que escribieron la historia de estas observaciones; y á Torne en Laponia fueron enviados MM. Maupertuis, Clairaut y Camus, hombres todos dignos de semejante empresa; y con efecto hallaron la tierra mas levantada que el ecuador poco mas de 5 leguas con alguna diferencia de lo que habia calculado Newton. En esto todos concuerdan el dia de hoy. Vaya ahora el argumento: si la tierra está quieta y no se revuelve alrededor de su eje, el agua en todas partes ha de pesar lo mismo; luego el agua del mar en el ecuador, que está 5 leguas mas alta que la de

los polos, ¿por qué no se ha de derramar hácia los costados, esto es, hácia los polos? ¿Con esa facilidad se mantienen en peso 5 leguas de altura de agua? El equilibrio de los líquidos pide que sus superficies se conserven á una misma altura, por cuya razon debe la superficie del mar estar por todas partes á una misma distancia del centro; pero la esperiencia muestra lo contrario. Este argumento en mi dictamen tiene mucha fuerza; pero como cada dia se estan descubriendo cosas nuevas, ¿quién sabe si de aquí á algunos años se hará algun nuevo descubrimiento por el cual se averigue la causa de este efecto, sin que sea la que quieren los copernicanos?

SILV. — Yo no entiendo de esas demostraciones, y siempre dudo de esas medidas, ni sé como se pueden tomar.

TEOD. — Tampoco yo lo sabia antes de estudiarlo: no me puedo detener mucho en esto, que si no yo os diria como se habian tomado.

EUG. — Venga el otro fundamento que deciais.

TEOD. — Alguna semejanza tiene con este. Supuesto lo que queda dicho, en caso que la tierra se moviese alrededor de sí misma todos los cuerpos en el ecuador y lugares cercanos habian de pesar menos, y por consiguiente caerian con menos velocidad hácia la tierra, á causa de debilitarse el ímpetu ó fuerza que los arrastraba. De aquí se seguiria que las péndolas de los relojes se habian de mover mas despacio, siendo así que su movimiento proviene de que caen, y con esa fuerza que ganaron al

caer vuelven á subir : luego siendo menor la velocidad de los cuerpos al bajar, tambien será menor al subir con el ímpetu adquirido en la bajada ; y en fin tenemos que las péndolas harian sus movimientos mas despacio en el ecuador que en los lugares próximos á los polos. Esto es lo que la razon y las leyes del movimiento muestran que sucederia en caso que la tierra se moviese.

SILV. — Pero no sucede así.

TEOD. — Tambien hoy es cosa constantemente sentada que en el ecuador son las vibraciones de las péndolas mucho mas lentas que en las regiones próximas á los polos; de suerte que una misma péndola que en el ecuador hacia en determinado intervalo de tiempo cierto número de vibraciones, ya en París, que dista mucho de la línea, hacia muchas mas vibraciones, y en Laponia, que está mucho mas distante á la parte del norte, hacia todavía mas, como exactísimamente lo observaron los académicos enviados á medir la figura de la tierra, así los que fueron al Perú como los que pasaron á Laponia. Pero ademas de estos académicos ya otros muchos antes de ellos habian hallado esta diferencia, y advertido que las péndolas cuanto mas cerca del ecuador tanto mas despacio se movian. Y siendo evidente que un péndulo cuanto mas corto es tanto mas ligero anda, sin que en esto se atienda ni á la materia de la varilla ni á su peso sino solo á la longitud, es ya cosa sentada entre todos los astrónomos que cuando los lugares estan mas cercanos al ecuador es preciso acortar las péndolas, para que en las vibraciones concuerden con las otras que ha-

cen sus movimientos en lugares distantes de la línea.

EUG. — ¿Y qué responden á ese argumento los que no son copernicanos?

TEOD. — Unos responden que esto procede de que en la línea y lugares cercanos á ella con el escesivo calor que allí hace se estienden las varillas de las péndolas, y se vuelven un poco mas largas, de lo cual por leyes infalibles se sigue que han de moverse mas despacio.

SILV. — Esa respuesta lo deshace todo.

TEOD. — No es tan buena como parece, porque en Quito al mismo tiempo que estaba nevando andaba la péndola tan despacio, que fué preciso acortarla para que sus vibraciones concordasen con las de París. Ademas que este calor insufrible de la zona torrida con que antes nos asustaban, ya sabe Eugenio por esperiencia que es fabuloso. Si la calma se debe medir por la proximidad del sol, por san Juan mucho mas cerca está el sol de Lisboa que de la línea. Mas para que veais, Silvio, como se examinan estas cosas menudamente, una barra de metal de 50 pies de largo, puesta al calor ardentísimo del sol, se alargó una línea mas, y acá las péndolas en el ecuador si tienen 5 pies y 8 líneas de largo es preciso acortarlas 2 líneas, por lo cual si este efecto procediera del calor era preciso que allí donde frecuentemente se halla nieve hiciese un calor veinte veces mayor que acá en lo mas riguroso del estío.

SILV. — ¿Cómo haceis esa cuenta?

TEOD. — El calor de la línea, aun en tiempo de

mucha nieve, estiende por vuestro cálculo la péndola de 3 pies y 8 líneas hasta hacerla crecer 2 líneas; luego á la que tuviese 30 pies de largo habia de aumentarla 20 líneas para que tocasen 2 á cada 3 pies; pero vemos que acá el calor del estío mas fuerte solo hace crecer una línea á una barra de 30 pies; luego allá en la línea cuando hiela hace un calor veinte veces mayor que acá en la fuerza del estío.

EUG. — Yo no entiendo de esas cuentas, solo sé que hace grande calor, y en algunos parages muy poco, y que se halla mucha nieve por los montes.

SILV.— A mí me parece que esta mañana he leido en este mismo libro que eso de las péndolas no era así siempre.

TEOD.— Algunas observaciones hay que no concuerdan totalmente, antes parece que en algunos lugares poco distantes del ecuador las péndolas no menudean mas las vibraciones á proporcion de los grados de latitud ó distancia de la línea; pero creo que no pasan de dos ó tres las esperiencias [1], las cuales podrian no haber sido hechas con toda la delicadeza y exactitud que estas materias requieren, y siendo en lugares muy cercanos á la línea no podia ser muy notable la diferencia; pero lo comun de ellas es que cuanto mas distan las péndolas del ecuador mas frecuentes son las vibraciones, especialmente comparando los lugares próximos á la línea con otros notablemente distantes, por ejemplo Lisboa; ó tambien si se compara á Lisboa con Pa-

[1] Wolf, *Elem. astron.*, § 582.

rís y Londres, ó á París con Laponia, etc., siendo siempre preciso acortar las péndolas cuando se hacian las observaciones en lugares notablemente mas llegados al ecuador. Pero esa y otras cosas, que andando el tiempo podrán descubrirse, tal vez llegarán á demostrar que ese efecto no procede del movimiento de la tierra.

Eug. — Para que los copernicanos no nos convenzan basta que sus argumentos no sean evidentes: ¿no es así?

Teod. — Así es; porque no habiendo argumento evidente, debemos estar por la literal y rigurosa inteligencia de la Escritura. Otros argumentos alegan ellos, que hacen poca fuerza. Uno es la tardanza que se advierte en la propagacion de la luz desde Júpiter hasta nosotros cuando el sol está en medio; porque observando el tiempo de los eclipses de los satélites de Júpiter, cuando al pasar por detras de él se meten en su sombra, siempre tardan un cuarto de ora en oscurecerse; pero cuando la tierra se halla entre el sol y Júpiter, pierden la luz un cuarto de hora mas presto. Esto lo atribuyen ellos á que como la tierra anda alrededor del sol con el movimiento anuo, está en esa vuelta unas veces mas cerca de Júpiter y otras mas lejos. Este argumento para mí no tiene la menor fuerza; porque en el sistema ticónico puesta la tierra inmovil, como Júpiter hace su órbita alrededor del sol, y conserva de él una misma distancia sensible, estando el sol y Júpiter en *conjuncion* tiene este planeta mucho mayor distancia de nosotros que estando en *oposicion*, segun ya os he dicho. Viendo las estampas de uno

y otro sistema fácilmente se conoce que en ambos la distancia de Júpiter á nosotros varia notablemente, y puede causar esa misma tardanza en la propagacion de la luz. Tambien pretenden algunos tomar argumento del viento Este que siempre reina en la línea; pero no hace fuerza, porque si él procediera de la rotacion de la tierra de poniente á levante, tambien se habia de sentir esta virazon por todas las otras partes, bien que mas suave, á causa de que todas las regiones se movian con la superficie de la tierra de poniente á levante. Otros argumentos deducen de la causa física de los movimientos de los cuerpos celestes; y segun entiendo, si por ventura es cierto que Dios los gobierna por las leyes de la gravedad é impulso que conocemos acá en los cuerpos terrestres, tienen razon; pero ¿quién nos ha de probar con evidencia que Dios sujetó los cuerpos celestes á las leyes de movimiento de los terrestres? Cuando tratemos de la causa física de este movimiento lo veremos con mas claridad. En fin, pueden deducir el movimiento de la tierra de la teoría de los cometas que se estableció entre todos los astrónomos despues de la aparicion pronosticada de este cometa del año de 59; y á este argumento se responde muy bien en el sistema ticónico, porque como el foco de las elipses de los cometas es el sol, moviéndose este y estando la tierra fija, tenemos al cometa correspondiendo á las mismas estrellas á que corresponderia visto desde la tierra, si ella anduviese y el sol estuviese parado.

Eug. — En conclusion ¿vos á qué sistema os inclinais?

TEOD. — Yo como *tesis* á ninguno me inclino; esto es, ninguno me atrevo á decir que es verdadero en realidad, porque cada cual tiene sus dificultades que no se deben despreciar: y ni la Iglesia tiene declarado por verdadero ninguno de los dos, ni hay demostracion evidente á favor de ninguno de ellos. Ahora como *hipótesis*, esto es, como mera suposicion que cada uno establece para esplicar en ella todos los efectos, me inclino al copernicano, usando de la licencia que me concede la Iglesia por un decreto de los cardenales diputados de la suprema Inquisicion en el año de 1620; y me inclino mas á este que al otro, no pasando de mera hipótesis, porque se esplican mejor en él los fenómenes y movimiento de los astros; en tanto grado, que hasta el P. Ricciola, jesuita, escelente astrónomo, teniendo bastante aversion á este sistema, como se conoce por los argumentos y modo con que le impugna, cuando quiere esplicar los fenómenos y formar los cálculos de los movimientos de los astros se vale de él. Hoy todos los astrónomos le adoptan con el mismo fin por la mas facil esplicacion de los efectos que se observan, y mejor calculacion de los movimientos. Pero la verdad solo Dios la sabe; porque, como he dicho, ninguno de estos dos sistemas está demostrado físicamente, ni definido por la Iglesia. Vamos á esplicar los movimientos de los astros.

EUG. — En este punto nos hemos detenido mucho.

§ VII.

De los astros retrógrados y estacionarios.

TEOD. — Ahora conviene esplicaros como los astros unas veces caminan derechos, otros hácia atras, y otras parece que ni andan atras ni adelante : cuando andan hácia atras se llaman *retrógrados*, y cuando parecen parados los llamamos *estacionarios*.

SILV. — ¿Pues que los planetas andan á veces hácia atras y otras hácia adelante?

TEOD. — A lo que parece por lo que nos representan los ojos sí, pero en realidad no : pongamos ejemplo en Júpiter. Su movimiento propio en todos los sistemas, ya se sabe que es de poniente á levante : si este planeta apareció hoy junto á una estrella, y mañana se ve desviado de ella hácia el oriente, decimos que va derecho ; pero si hoy, mañana y esotro dia aparece siempre junto á la misma estrella, decimos que entonces está *estacionario*. Pero muchas veces sucede que despues de haber aparecido hoy junto con la estrella, mañana se ve algo desviado de ella hácia poniente, y al otro dia todavía mas : en estos casos decimos que Júpiter anda *retrógrado* ó hácia atras. Todos los planetas tienen esto : ahora conviene saber de qué procede este efecto, y si esta irregularidad de movimientos es real ó solo aparente. Hemos de hacer separacion en-

tre los planetas que llaman *inferiores*, que son Mercurio y Venus, y los *superiores*, que son Marte, Vesta, Juno, Ceres, Palas, Júpiter, Urano y Saturno. Lo que dijéremos de Venus tambien pertenece á Mercurio : y lo que se dijere de Marte conviene á Júpiter, á Saturno y demas. Vamos á Venus; pero antes de empezar á esplicar este punto quiero advertiros que aquí no hacemos cuenta del movimiento comun en 24 horas de levante á poniente, porque procedo en el sistema newtoniano, que reputa esos movimientos por aparentes. Solo hablo de los movimientos propios de cada astro, que todos son de poniente á levante. Esto supuesto, ya sabeis que Venus anda alrededor del sol perpetuamente en este círculo, que para mas facil inteligencia formo aquí (Fig. 26). Pongo al sol en el medio, y alrededor de él á Venus *v*; mas abajo hago una porcion del círculo que en el sistema copernicano describe la tierra; y allá arriba hago esta línea curva NP, que se supone ser una porcion del cielo estrellado. N significa oriente, y P poniente; porque moviéndose la tierra T de *n* á *m*, parece á sus habitadores que el sol se mueve por el cielo de P á N, que es lo mismo que de poniente á oriente. Mientras Venus va de *v* á *e*, la tierra no puede andar tan apriesa en su órbita, por lo cual si primero le correspondia en R, despues la verá en G; y este movimiento es *retrógrado*, porque es de levante á poniente. Pero supongamos que Venus llegó á *e*, como allí ya se inclina mucho su órbita respecto de la de la tierra, ha de suceder que tirando dos paralelas, el espacio *ae* de la órbita de Venus sea tanto mayor que el de

la órbita de la tierra á causa de la mayor inclinacion,

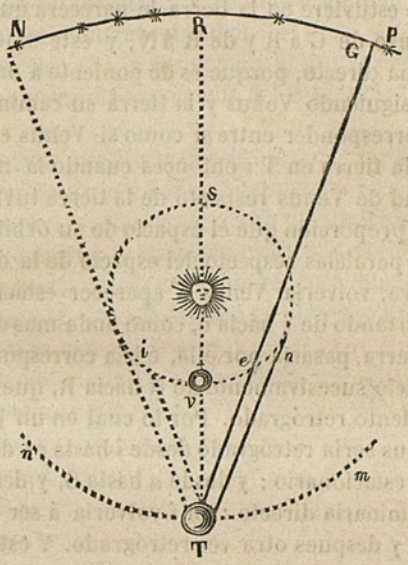


Fig. 26.

cuanto la velocidad de Venus es mayor que la de la misma tierra. En estos términos Venus mirado desde la tierra siempre corresponderá á un mismo lugar sensible del cielo, y nos parecerá estacionario. Pero en pasando Venus de *a*, como ya su órbita se inclina mucho, siempre la tierra, aunque mas lenta, se desvía mas que él de la línea TR; y ya Venus, que visto desde la tierra aparecia en G, ahora ha de corresponder un poco desviado de G hácia R; y con-

tinuando la tierra en andar hácia *m*, y Venus en la vuelta inferior de *a* hácia S, y de S hácia *i*, al que estuviere en la tierra le parecerá que Venus se mueve de G á R y de R á N; y este movimiento se llama directo, porque es de poniente á oriente. Pero prosiguiendo Venus y la tierra su camino, llegarán á corresponder entre sí como si Venus estuviera en *i* y la tierra en T: entonces cuando la mayor velocidad de Venus respecto de la tierra tuviese la misma proporcion que el espacio de su órbita entre las dos paralelas respecto del espacio de la órbita de la tierra, volveria Venus á aparecer estacionario; y avanzando de *i* hácia *v*, como anda mas apriesa que la tierra, pasaria por ella, é iria correspondiendo en el cielo sucesivamente de N hácia R, que es el movimiento retrógrado. Por lo cual en un giro entero Venus seria retrógrado desde *i* hasta *e*; desde *e* hasta *a* estacionario; y desde *a* hasta S, y desde S hasta *i* caminaria directo: en *i* volveria á ser estacionario, y despues otra vez retrógrado. Y esto es lo que en realidad sucede.

Eug. — Segun lo que me decís la irregularidad de ese movimiento es solo aparente, porque efectivamente Venus siempre se mueve en su línea continuada de poniente á oriente.

Silv. — Pues por eso mismo que se mueve en una línea continuada, si cuando anda á la parte de allá del sol se mueve hácia una parte, cuando da vuelta por acá ha de moverse hácia la opuesta para venir á completar su círculo: esto es una cosa manifiesta.

Eug. — Luego tenemos que cuando Venus pasa

por entre nosotros y el sol, va retrógrado; pero al principio y fin del movimiento retrógrado queda algun tiempo estacionario, y en todo el tiempo restante va con movimiento directo.

TEOD. — Eso es; y lo mismo á proporcion se dice de Mercurio. Ahora vamos á los planetas superiores.

EUG. — Que son Marte, Vesta, Juno, Ceres, Palas, Júpiter, Saturno y Urano: ¿no es así?

TEOD. — Así es. Espliquemos el movimiento retrógrado de Marte, y quedará esplicado el de los otros. Hagamos, pues, otra figura para mas facil inteligencia (Fig. 27). El sol está en el medio del círculo que describe la tierra T (ya he dicho que esplico estos efectos en el sistema copernicano): la tierra se mueve de *r* hácia *e*, y de allí hácia *o*, *s* y *r*: del mismo modo Marte se mueve en su órbita mas despacio, pero tambien de *m* hácia *n*, esto es, de ponien-

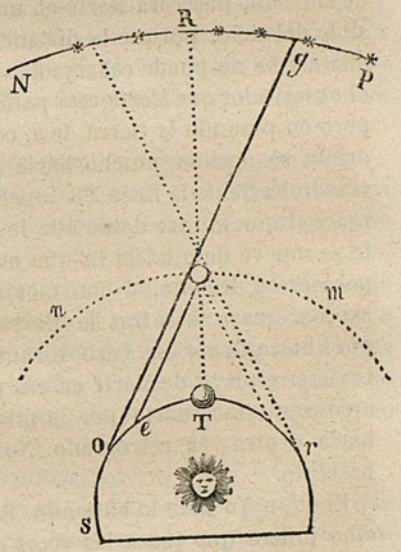


Fig. 27.

te á levante; pero como la tierra anda mas ligera que él, desde que llega á *r* va pasando por debajo, y como dejándole atras; de suerte, que mirando desde la tierra T, si Marte entonces correspondia en R, de allí á poco ha de aparecer en *g*; y aquí tenemos movimiento retrógrado, que es de R á *g*, ó de oriente á poniente. Supongamos ahora que la tierra llega á *e* : como ya comienza su línea á inclinarse mucho, puede, sin embargo de su mayor velocidad respecto de Marte, no salir de las dos paralelas que aquí supongo formadas, sino al mismo tiempo que sale este planeta, por estar la línea de la tierra mas inclinada. En este caso, mirando desde la tierra, parecerá Marte en un mismo lugar sensible del cielo, porque la distancia de las paralelas allá arriba no puede echarse de ver. Juzgará, pues, el observador que Marte está parado ó estacionario; pero en pasando la tierra de *o*, como la línea de la órbita se inclina mucho hácia abajo, se va desviando Marte de la línea TR mucho mas que la tierra, y al que mirare desde ella le parecerá que Marte se mueve de *g* hácia R, que es lo mismo que de poniente á levante, ó con movimiento directo; y así continuará mientras la tierra va dando vuelta por *s* hasta llegar á *r*. Pero durante que la tierra estuviere respecto de Marte en esa postura, vuelve á aparecer estacionario por la misma razon, y de *r* hasta *e* otra vez retrógrado. No sé si me esplico bastante.

EUG. — Yo bien lo entiendo. Segun lo que percibo infiero que todas las veces que la tierra pasa por entre el sol y cualquier planeta superior. v. g.

Marte, como camina mas velozmente que ellos, nos parece que ellos reculan, así como cuando nosotros vamos por el rio con mucha velocidad navegando á remo y vela, todas las demas embarcaciones que navegan mas despacio nos parece al pasar por junto á ellas que retroceden. De este modo al que va en la tierra, al emparejar con Marte ó Júpiter, que son mas espaciosos, le ha de parecer que esos planetas caminan hácia atras ó con movimiento retrógrado; pero cuando nosotros empezamos á dar vuelta, ya nuestra velocidad, aunque absolutamente sea mayor que la suya, hace que ellos nos correspondan de otra suerte, y en lo restante de la jornada andando nosotros hácia una parte en la vuelta de abajo, y ellos hácia la contraria en su órbita de arriba, nos parecerá que caminan ligerísimamente con su movimiento de P á N ó de poniente á levante, que es el directo.

Teod. — Ya veo que me habeis comprendido.

Eug. — Supuesto lo que me teneis dicho, infiero que un planeta puede en su órbita ser muchas veces retrógado.

Teod. — Inferís bien; porque todas las veces que la tierra pasa por entre él y el sol, como camina con mas velocidad, ya el planeta le está retrógrado: así Júpiter en cada revolucion será mas veces retrógado que Marte, Saturno todavía mas que Júpiter, y Urano mas que Saturno.

Eug. — Estoy satisfecho.

Teod. — Siendo así, baste por hoy; porque lo que ahora se seguia era mostraros la causa de los movimientos de los astros y las leyes que infaliblemente

observan; pero es mucho para hoy: este será el asunto de la conferencia de mañana.

SILV. — Sea enhorabuena; porque la cabeza poco acostumbrada á estas materias se cansa si las conferencias son largas. Vamos á divertirnos jugando lo restante de la noche, que hoy no estoy para mas estudio.

TEOD. — Vamos.

TARDE DECIMASEPTIMA.

DE LA CAUSA FISICA DEL MOVIMIENTO DE LOS ASTROS, Y DE LAS LEYES QUE PERENNEMENTE OBSERVAN.

§ I.

Del sistema newtoniano en comun.

TEOD. — Hoy, amigos, hemos de discurrir mas conforme á nuestra profesion que en los dias precedentes, porque hasta aquí mas nos gobernaban los anteojos de los astronómos que la razon de filósofos: hoy es el discurso el que ha de hacer todo el gasto, y os causará admiracion el ver como la razon puede descubrir las causas físicas ó principios de los movimientos de toda esa maravillosa fábrica. Sobre este punto hubo varias opiniones, y puede ser que Silvio se incline á algunas, diversas de las que yo he de seguir.

SILV. — Bien sé que fue opinion de Platon, Orígenes, Ciceron y otros muchos, que los astros eran

animados, y tenian su alma racional é inteligente, la cual dirijia y gobernaba sus movimientos; pero esta sentencia nunca me agradó. La que yo sigo es la que llevan casi todos los santos padres, y dice que los astros son gobernados por *inteligencias*, esto es, por ángeles que Dios tiene destinados para su conduccion; y el fundamento me parece concluyente, porque los astros no se pueden mover por sí mismos. Si eso fuera diriamos que tienen alma, lo cual no se puede decir; luego son movidos por otro: esta otra causa que los mueve debe ser poderosa y sabia, y esto solo conviene ó á Dios inmediatamente, ó á sus ministros, que son los ángeles: que admitir otro cuerpo que los mueva es cosa ridícula, pues ese cuerpo no podria gobernarlos bien no teniendo inteligencia: ademas de eso no necesitaba de quien le moviese á él, porque ningun cuerpo se mueve á sí mismo, como muchas veces nos habeis dicho.

Teod. — Los cartesianos quieren que los astros sean movidos por los vórtices de la materia etérea que continuamente estan girando alrededor del sol. Kepler, hombre asombroso por algunos descubrimientos que hizo en el movimiento de los astros, no fue muy feliz en señalar la causa de su movimiento, pues dijo que el sol arrojaba de sí ciertas especies no materiales, que movidas alrededor de él arrastraban consigo á los planetas. Cuando hablamos de los vórtices de Descartes ya os mostré la poca verisimilitud de estas sentencias. Ahora por lo que toca á la opinion de los ángeles, así como en otro tiempo fue seguida de los santos padres, tambien hoy es desechada de los filósofos cristianos,

porque hallan que no es decoroso á la sabiduría del supremo Arquitecto el que las piezas de esta máquina necesiten de que las esten siempre moviendo. ¿Qué habilidad mostraria un hombre en hacer cualquier máquina, si á cada rueda de ella pusiese un mozo que la moviese continuamente? Los hombres han ideado máquinas que imitan con bastante propiedad los movimientos de los astros, y se pueden mover con un muelle ó con un peso; ¿y la sabiduría de Dios no haria en realidad á lo menos una cosa que los hombres se atreven á imitar? La veneracion que se debe á los santos padres es en aquellas cosas en que hablaron como iluminados, bebiendo la doctrina de las santas Escrituras, de los sagrados concilios, ó de la tradicion de los mayores; pero en materias de filosofía solo merecen el respeto que por sí tiene su opinion y el fundamento de ella, el cual en esta es muy debil, pues en su tiempo ni habia instrumentos, ni observaciones bien hechas.

SILV. — ¿Y á dónde vais á parar con eso?

EUG. — Yo tambien estoy aguardando el fin del discurso de Teodosio, porque los astros no se mueven por sí mismos ni por otro cuerpo, pues ya habeis impugnado los vórtices, ni por los ángeles: solo resta que los mueva Dios; pero me inclino á que no sereis de esa opinion.

TEOD. — Pues estais equivocado. Digo que es Dios; mas de un modo que acredita mucho su sabiduría suprema. Esto va como mera hipótesis, y es esplicar el hermoso sistema newtoniano, que en mi dictamen es la cosa mas ingeniosa que se ha visto en toda la física. Dadme atencion; y si no enten-

diéreis alguna cosa, replicad para que yo os la esplique.

EUG. — Perded cuidado, que mientras yo no replicare es señal de que lo voy entiendo todo.

TEOD. — Supongamos que en la cumbre de un altísimo monte (Fig. 28) se colocase un cañon de artillería horizontalmente, y que arrojase una bala. Si fuese con poca ó casi ninguna fuerza, luego caeria la bala á la falda del monte *o*: si la fuerza fuese mayor avanzaria la bala mas hasta *i*, y la línea que describiese no seria tan curva. Supongamos que en los tiros que sucesivamente echaba cada vez iba subiendo de punto la fuerza, al mismo paso iria siendo la línea menos curva. Ahora bien, supongamos que la fuerza fuese infinita; en este caso la bala iria por la línea recta *ae*, y nunca declinaria de ella hácia abajo, porque la fuerza infinita nunca flaquea. Mas no siendo infinita esta fuerza algo habia de flaquear, y la bala se desviaria de la línea recta, describiendo una curva. Esta curva lo seria mas ó menos con proporcion á la fuerza; de suerte que tanto menos se bajaria ó encorvaria cuanto mayor fuese la fuerza de la proyeccion. Supongamos, pues, que la fuerza fuese en tal medida, que la línea que la bala describia se desviaba de la recta (ó tangente)

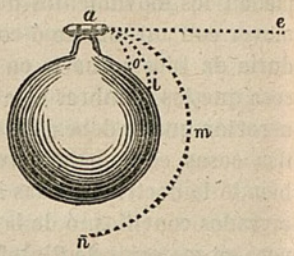


Fig. 28.

ae tanto como de esta recta ó tangente se desvía la circular descrita alrededor de la tierra *amn*. En este caso (prescindiendo de la resistencia del aire, que continuamente iria oponiéndose á la bala, y debilitando su fuerza) daria la bala una vuelta alrededor de la tierra, porque si no fuese por su peso y gravedad, que siempre la hace inclinarse al centro de la tierra, iria por una línea recta *ae*, y huiria de la tierra; pero la gravedad que siempre la oprime siempre la está tirando, y la hace encorvarse y voltear en círculo, así como el ronzal en la mano del picador detiene al caballo que anda alrededor, y es el que le hace ir doblando siempre en giro su carrera; pero en el momento que la cuerda se rompiese, el caballo, si el campo estuviese libre, seguiria la línea recta, y no continuaria dando vuelta.

Eug. — Pero ahora por mas fuerza que lleve la bala siempre viene á dar en el suelo.

Teod. — Así es, porque puede mas la gravedad que la fuerza de la proyeccion. No se contenta con la curva circular, sino que hace á la bala doblar mucho mas por la línea *ao*; así como cuando el picador no se contenta con hacer que el caballo ande en círculo igualmente distante de él, por todas partes tira de él con fuerza, de suerte que le hace venir á la mano. Pero á mí me basta que vosotros entendais cómo la fuerza de la proyeccion podria ser tanta, que la gravedad ó peso apenas pudiese encorvar la línea de la proyeccion *ae* hasta hacerla circular como *amn*.

Eug. — Bien comprendo cómo eso puede ser.

Teod. — En este caso debeis considerar dos fuer-

zas, una que llaman *centrífuga*, ó fuerza para huir de la tierra y su centro, la cual se envuelve en la fuerza de la proyeccion, y otra que llaman *centrípeta* ó atraccion, y esta es la que la bala retiene, y le estorba el que huya por la línea recta *ae* como ella lo intentaba.

EUG. — Aplicando esos nombres á la comparacion de que habeis usado, la fuerza que el picador hace para mantener el caballo en el círculo es centrípeta ó atraccion ; pero la fuerza que hace el caballo para seguir la línea recta la llamaremos centrífuga.

TEOD. — Decís bien. Ahora añado algunas proposiciones que pertenecen á las leyes generales del movimiento, y vos no sabeis; porque cuando hablamos de estas materias era muy al principio, y no estábais sino para cosas muy perceptibles. Proposicion primera : *Todas las veces que un cuerpo se mueve en círculo alrededor de otro forzosamente debe haber estas dos fuerzas, una centrípeta que le haga encorvar la línea del movimiento* (de lo contrario seguiria la línea recta), *otra centrífuga, con la cual forcejee el cuerpo para seguir la recta, y apartarse del centro,* porque precisamente todo cuerpo que se mueve en giro forcejea por seguir la línea recta; y si se escapa de la fuerza que tira de él hácia el centro, va por línea recta, como la piedra disparada de la honda y el caballo que rompe el ronzal. De otra suerte, si el cuerpo no tuviese esta fuerza con que intenta huir del centro, obedeceria á la fuerza centrípeta, y cesando de moverse en círculo vendria derecho á dar al centro.

EUG. — Eso es claro.

TEOD. — Añado otra mas. Proposicion segunda: *Moviéndose un cuerpo en círculo alrededor de otro, necesariamente deben ser iguales las dos fuerzas centrípeta y centrífuga;* y esto es manifiesto, porque teniendo el cuerpo este movimiento ni se acerca ni se aparta mas de lo que estaba respecto del cuerpo que está en el centro. Resulta, pues, bien claro, que si la fuerza centrífuga fuese mayor habia de vencer á la otra, y el cuerpo se apartaria mas del centro; y si la fuerza centrípeta ó atraccion fuese mayor, tambien habia de vencer á la otra, y el cuerpo se acercaria mas al centro.

EUG. — Eso era infalible.

TEOD. — Supuestas estas leyes, dice Newton, todos los planetas pesan hácia el sol, al modo que todos los cuerpos terrestres pesan hácia la tierra. Fuera de eso, Dios, cuando los crió, los impelió por líneas rectas y tangentes; pero la atraccion del sol ó la gravedad de los planetas hácia él es una como cuerda que los obliga á doblar la carrera, no consintiendo que se desvíen ni huyan de él por las líneas rectas, como ellos pretendian por el ímpetu con que se mueven, y así esta atraccion los precisa á girar en círculo alrededor del sol. Dios que sabia cuanto era el peso de cada planeta, ó la fuerza de inclinacion hácia el sol, los impelió con una fuerza proporcionada á su peso; de suerte que ni la fuerza centrífuga venciese á la atraccion; ni fuese vencida de ella, sino que girasen alrededor del sol en círculos pepetuos. Porque como allá no hay materia que retarde á los planetas, con la misma velocidad con que dieron la primera vuelta alrededor del sol con-

tinúan girando siempre. ¿Qué me decís de este pensamiento? ¿No es á un mismo tiempo sencillo, natural y sumamente ingenioso?

EUG. — ¿Quien puede dudarlo? Acuérdome de la honda que retiene la piedra en giro, forcejeando ella por seguir la línea recta. Acuérdome de aquel ejemplo del picadero, en que conteniendo el picador con el ronzal la furia del caballo, le obliga á dar vueltas alrededor de él; y no veo por que el peso de los planetas hácia el sol no pueda ser una como cuerda que les haga doblar la carrera, forcejeando por una parte ellos siempre por apartarse del sol, y por otra tirando siempre el sol de ellos con la fuerza del peso ó de la atraccion, y obligándolos á no desviarse de él mas de lo que distaban, ó, lo que es lo mismo, haciéndoles girar en círculo.

TEOD. — Ahora, pues, lo que se dice de los planetas primarios respecto del sol se debe entender de los satélites ó planetas secundarios respecto de los primarios, y lo mismo de la luna respecto de la tierra. ¿Estais hecho cargo del sistema?

EUG. — Confiésoos que cuando veo que la luna solo por estas leyes de la gravedad, que nosotros conocemos aquí en la superficie de la tierra, está obligada á girar alrededor de ella, y que exactísimamente se ajusta á las leyes del movimiento y á la observacion, me quedo pasmado.

TEOD. — Con todo no hay mas que acordaros de las pruebas de la gravedad general y mutua de todos los cuerpos para ver cuan admirablemente queda esplicada la mecánica celeste.

§ II.

De los movimientos en elipse.

SILV. — Vos estais examinando los movimientos de los planetas, como podriais en una máquina de bronce examinar los movimientos de las ruedas.

TEOD. — Vereis que no doy un solo paso sino arrimado, por una parte, á las leyes del movimiento que la esperiencia y la razon tienen demostradas, y, por la otra, á las observaciones constantes de los astros. Hasta aquí he supuesto que los planetas se mueven en círculos alrededor del sol, porque así me fué preciso para la mas facil esplicacion; pero en realidad los planetas no se mueven en círculos sino en *elipses* que casi parecen círculos. Mas como estas cosas se deben llevar con todo rigor y por otra parte los cometas no estan exentos de esta ley general de la gravedad, y debemos tambien dar la causa física de su movimiento en elipses, conviene aplicar á las elipses la doctrina dada para los círculos, y señalar las diferencias. Ya os dije cómo se formaba la elipse, y que tenia dos focos: el cuerpo atrayente, v. g. el sol, siempre está en uno de ellos; de suerte que así los planetas como aun los cometas andan alrededor del sol, y se han de mover de modo que acabada la órbita que describen debe estar el sol en un foco de esas elipses; y con efecto así sucede.

EUG. — Eso no tengo yo duda; pero me causa

mucha dificultad cómo puede el sol con la atraccion ya dejar que el planeta se desvíe mas, ya atraerlo mas cerca. En el círculo bien comprendo cómo la atraccion prende y sujeta al planeta de suerte que no le deja huir ni un solo paso.

TEOD. — Yo os esplicaré eso de un modo que me parece facil. Pero antes hemos de suponer ciertas proposiciones, que se demuestran en la mecánica acerca de los cuerpos que se mueven unos alrededor de otros, las cuales son precisas para el caso presente. Ya sabeis que todo cuerpo que gira alrededor de otro tiene fuerza centrífuga, esto es, que forcejea por seguir la tangente y huir del centro.

EUG. — ¿Qué quiere decir *tangente*? me parece que lo tengo olvidado.

TEOD. — Es una línea recta que toca en el círculo por la parte de afuera, haciendo ángulo recto con el radio.

EUG. — Ya lo entiendo : ahora me acuerdo.

TEOD. — Tambien sabeis que *esta fuerza centrífuga crece cuando se aumenta la velocidad del cuerpo que se mueve;* de suerte, que yendo por un mismo círculo, si el cuerpo va despacio, tiene pequeña fuerza centrífuga : si va de priesa tiene mucha mayor fuerza, y es preciso que la causa que le impele hácia el centro tenga mayor fuerza para retenerlo en el círculo, porque si no huirá hácia afuera, desviándose del centro mas de lo que estaba.

EUG. — Así como cuando el caballo anda á la mano si va despacio fácilmente se mantiene la cuerda ; pero si galopea es necesario tirar con ambas manos para hacerle andar alrededor.

TEOD. — *Este aumento de fuerza centrífuga, supuesta la misma distancia, se mide por el cuadrado de la velocidad* [1]; de manera que si la velocidad es tres veces mayor, la fuerza centrífuga se aumenta nueve veces. Tambien aquí hay otra regla que, *suponiendo determinada velocidad en un cuerpo que se mueve, cuanto mas pequeño es el círculo y la distancia, mayor es la fuerza centrífuga* [2]. La razon

[1] Esta regla suele proponerse en otros términos, esto es, que puesta la misma distancia crece la fuerza centrífuga en razon inversa de los cuadrados de los tiempos periódicos. Yo hallo mas perceptible decir que crece como el cuadrado de la velocidad, la cual siempre anda en razon inversa del tiempo periódico.

[2] Aunque esta regla parece contraria á lo comun, que dice que *las fuerzas centrífugas crecen en razon de la distancia*, en realidad no lo es, porque cuando se dice que la fuerza centrífuga crece en razon de la distancia, se supone un mismo tiempo periódico; pero en la regla dada arriba supongo no un mismo tiempo, sino una misma velocidad, y puesta determiuada velocidad, cuanto menor es el círculo mas corto es el tiempo periódico, y entonces es mayor la fuerza centrífuga. Digo, pues, que *puesta igual velocidad crece la fuerza centrífuga en razon inversa de los diámetros ó distancias*, no solo porque así lo muestra constantemente la esperiencia en las máquinas de las fuerzas centrales, sino tambien porque así se demuestra (Fig. 29): puestos dos círculos con una tengente comun *R i*, haciendo el

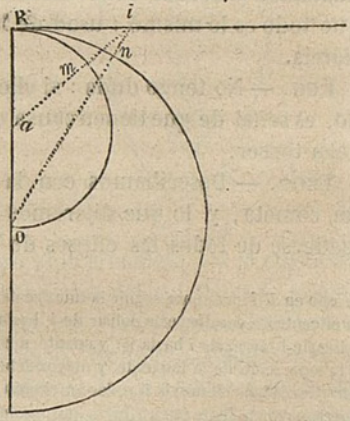


Fig. 29.

es, porque cuanto mas pequeño es el círculo, tanto mas es preciso doblar y torcer la línea de movimiento á fin de acomodarla á él; y por consiguiente mayor es la fuerza centrífuga, siempre igual á la fuerza atrayente que obliga al cuerpo á moverse en círculo; pues, como ya os dije, siempre estas dos fuerzas se equilibran cuando un cuerpo se mueve circularmente. Supuestas estas leyes, vamos á ver cómo un planeta ó un cometa se puede mover en elipse á causa de esta gravedad general hácia el sol. Nosotros no podemos eximir de esta ley universal de la gravedad á los cometas, viéndolos á todos doblar y arquear sus lineas de movimiento alrededor del sol, pues si moviéndose rápidamente siempre van torciendo la línea de movimiento á la parte del sol, es cierto que alguna fuerza hay que le empuja hácia esa parte; y á esa fuerza, sea lo que fuere, llamamos gravedad del cometa ó atraccion del sol, que todo es lo mismo: usad de la palabra que quisiéreis.

Eug. — No tengo duda: si ellos tuercen el camino, es señal de que tienen causa que los impela y les haga torcer.

Teod. — Describamos con la pluma la elipse de un cometa, y lo que dijéremos de ella deberá entenderse de todas las elipses de los cometas y pla-

cuerpo en *R* fuerza para seguir la línea recta, mayor fuerza es precisa en el centro *a* para hacerle doblar de *i* hasta *m*, que al cuerpo *o* para obligarle á torcer de *i* hasta *n*; y cuanto menor fuere el círculo mayor es la separacion de la tangente, y mayor debe ser la fuerza de la atraccion para obligar al movil á andar en círculo; luego tambien será entonces mayor la fuerza centrífuga, porque moviéndose el cuerpo circularmente siempre son iguales estas dos fuerzas.

netas (Fig. 30). Supongamos al sol S en el foco interior de la elipse, y al cometa R en el punto mas alto de ella. Si cuando Dios impelió á este cometa por la tangente R*a* llevase fuerza centrífuga igual á la de la gravedad hácia el sol, describiria una línea circular, cuyo centro fuese el sol; pero si esa fuerza centrífuga fuese menor describiria una curva mas curva que la circular, y habia de obedecer mas á la atraccion ó gravedad. Supongamos, pues, que así fue, y que por eso vino el cometa por la curva R*m*: si ahí no hubiese atraccion del sol siempre se escaparia por la tangente *mn*; pero como el sol en ese lugar *m* lo tira hácia sí, tiene que obedecer de algun modo á esta atraccion, y desviarse de la tangente, inclinando la línea hácia el sol. Advierto de paso que aquí la atraccion del sol hace dos efectos,

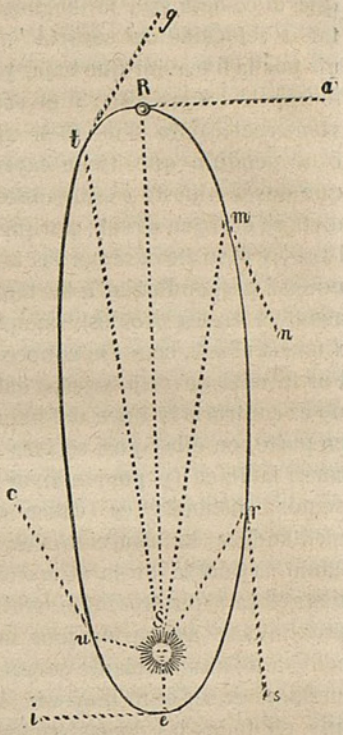


Fig. 30.

uno es doblar la línea del movimiento, é impedir que el cometa siga la tangente *mn*, otro es aumentar la velocidad del cometa [1], porque él quiere venir por la línea *mn* que baja, y la atraccion tambien le impele hácia abajo; y de este modo el cometa se viene acelerando al modo de una campana al vuelo, ó un péndulo que viene cayendo. Advierto mas; que desde R hasta *e* todo concurre para que el cometa se acerque al sol, porque aunque le dejasen libre, y él se moviese por las tangentes, como el sol no está perpendicular á las tangentes (que esto solo acontece en los círculos), siempre el cometa se aproximaria al sol, como se conoce en la misma figura. Por lo cual en esta bajada del cometa ó atraccion no es contraria la línea del ímpetu, antes concuerda en parte con ella, y así acelera el movimiento y encorva la línea; y poniendo al cometa cada vez á menor distancia es causa de que vaya aumentándose la atraccion. Así va siempre triunfando la fuerza de la atraccion, hasta que el cometa llega al punto *e*, que es el perihelio ó la mayor proximidad. Ahora muchos no perciben cómo el cometa de aquí adelante se puede ir desviando, sin embargo de ser aquí mayor la fuerza de la atraccion que en todas las demas partes; pero no advierten que en este punto ya la línea S*e* de la atraccion no concuerda con la línea del ímpetu con que el cometa quiere ir por la tangente *ei* [2], antes desde este

[1] Porque la línea S*m*, que es la direccion, forma en *m* un ángulo agudo con la línea del ímpetu concebido *mn*, y necesariamente aumenta su velocidad, segun las leyes de la composicion del movimiento.

[2] En este lugar, la línea de atraccion hace ángulo recto con la tan-

punto en adelante comienza la línea del ímpetu, que es la tangente, á ser contraria á la línea de la atraccion, y á obrar contra ella [1], y por consiguiente á disminuirla. Tampoco advierten que aquí la fuerza centrífuga es mayor que en todos los demas parajes: lo primero por ser suma la velocidad, y crecer ella conforme al cuadrado de la velocidad, y en segundo lugar porque aquí la vuelta de la línea es mucho mas apretada, y la línea es sumamente curva, lo cual, como está probado aumenta la fuerza centrífuga. Siendo, pues, aquí por dos principios muy grande la fuerza centrífuga, y comenzando á obrar contra la fuerza de la atraccion, va esta quedando vencida, y el cometa desviándose del sol de aquí adelante. Ahora bien, obrando siempre la atraccion contra las líneas del ímpetu ó tangentes, es claro que el cometa se ha de ir retardando en su curso; mas siempre, aunque despacio, va huyendo, y aumentándose su distancia, con lo cual se disminuye la fuerza de la atraccion, y por eso siempre la fuerza centrífuga va venciendo, y el cometa apartándose del sol, hasta que llegando á *t*, yendo ya el cometa muy lento, y teniendo la línea de la atraccion mayor inclinacion sobre la tangente *tg*, empieza á torcerla mas, y la tuerce tanto, que el cometa viene á dar á R, donde se acaba la órbita,

gente *ei*; y así ni acelera ni retarda el movimiento, conforme á las leyes de la composicion de él.

[1] Moviéndose el cometa de *e* hácia *u*, ya la línea de la atraccion S*u* forma un ángulo obtuso con la línea del ímpetu ó tangente *uc*, y la retarda y embaraza tanto, cuanto el ángulo obtuso escede al recto, segun lo que se demuestra en las leyes de la composicion del movimiento.

y queda otra vez la línea de la atraccion en ángulo recto con la tangente R*a*, que es la postura mas propia para que la accion de la gravedad se emplee toda en arquear la línea sin ayudar al movimiento ni embarazarlo. Decidme : ¿habeis entendido bien esto?

Eug. — Creo que sí : la comparacion de la campana ó del péndulo de que habeis usado me ha dado bastante luz, porque así como el péndulo siempre se acelera al bajar, y se retarda al subir, y cuando llega á pasar por debajo, entonces es cuando lleva la mayor fuerza, así creo que sucede al cometa : al caer hácia el sol se acelera : al pasar por debajo va con muchísima velocidad, y al volver otra vez arriba se va retardando.

Teod. — Si reflexionais bien hallareis una semejanza muy grande en el péndulo al caer. La atraccion de la tierra ó gravedad obra por líneas, que en parte concuerdan con la del ímpetu del péndulo que desciende, porque aunque él no se moviese circularmente sino por las tangentes, siempre se acercaria á la tierra ; y esto es lo que la atraccion intenta : lo mismo sucede al cometa al caer hácia el sol por la mayor elipse. Por el contrario, al volver arriba las líneas del ímpetu en el péndulo todas son contrarias á la accion de la gravedad, y así la vencen, haciendo que el péndulo suba ; pero la gravedad se desquita de eso, debilitándole poco á poco las fuerzas del ímpetu hasta estinguirlas del todo; y lo mismo acontece al cometa cuando sube, porque las líneas del movimiento todas son contrarias á la atraccion del sol, y se van burlando de ella, ha-

ciendo que el cometa cada vez se aparte mas del sol; pero les cuesta cara esa victoria que alcanzan de la atraccion del sol, porque esta siempre va retardando el ímpetu del cometa hasta apagarlo, y no dejarle subir mas, y entonces empieza á obligarle á dar vuelta y bajar otra vez hácia el sol.

EUG. — Téngolo entendido perfectamente: no os canseis mas; y supuesto lo que está dicho de los cometas, ya sé lo que se debe decir de los planetas á proporcion, porque todas son elipses, ya mas redondas, ya mas prolongadas.

§ IV.

De las leyes que inviolablemente observan todos los astros en sus movimientos.

TEOD. — Ahora ya podeis comprender las leyes que todos los astros observan inviolablemente. Son dos, las cuales descubrió el insigne Kepler, bien que no atinó con la razon de ellas. Perdonad, Silvio, que estas materias son un poco mas especulativas; pero como Eugenio ya está capaz de entenderlas, no puedo contenerme, ni quiero privarle del gusto que el alma siente, viendo la admirable belleza de este mecanismo celeste.

SILV. — No os detengais por respeto mio, porque tambien yo gusto de saber lo que ignoraba. ¿Qué leyes son esas de Kepler?

TEOD. — La primera es que *todos los astros en*

iguales tiempos andan áreas iguales. La misma figura que nos sirvió para el movimiento del cometa nos puede servir ahora (Fig. 30). *Area* llamamos nosotros al espacio ó campo que se comprende y encierra entre varias líneas, v. g., lo que se comprende entre la línea SR, S*m*, y la curva R*m*.

EUG. — Ya sé lo que es *área* : ¿qué decís ahora de los planetas?

TEOD. — Todos los astros andan de manera que en tiempos iguales hacen áreas iguales, esto es, supongamos que en un mes anduvo el cometa desde R hasta *m*, y en el segundo desde *m* hasta *r* : tírense las líneas de todos esos tres puntos R *mr* hasta el sol. Digo ahora que la área del primer mes RS*m* será igual á la del segundo mes *m*SR. Esto mismo se conoce por la observacion que constantemente se halla en los movimientos de todos los astros, ya sean las elipses mas prolongadas, ya mas circulares. Pero esta ley, que primero descubrió Kepler, vino despues á conocer Newton que era una consecuencia necesaria de la ley de la gravedad general, que hace á los planetas voltear alrededor del sol [1]. De

[1] Todo cuerpo que gira alrededor de otro, porque es atraido ó pesa hácia él forzosamente, ha de describir áreas iguales en tiempos iguales. Demuéstrase (Fig. 31). Sea C el cuerpo atrayente puesto en el centro del círculo ó en el foco de la elipse : el cuerpo A, que en determinado tiempo anduvo el espacio AB, en el segundo tiempo correria en fuerza del ímpetu concebido otra línea igual BL; mas en ese tiempo segundo tambien obra la accion de la gravedad. Supongamos que todos los impulsos continuados en el discurso del segundo tiempo obran al instante desde su principio, y que valen la línea B*i*, ó su paralela é igual LD. En este caso el planeta hallándose en B con una determinacion para BL causada del ímpetu concebido, y otra para *i* motivada por la gravedad, seguiria la diagonal BD. Del mismo modo en D conservaria el

esta ley, pues, se sacan varias consecuencias; una es que *todos los astros describen áreas proporcionales á los tiempos*, esto es, que en dos dias describen una área dupla ó doblada de la que describieron en un dia, y en siete dias una área siete veces mayor que la de un dia solo.

EUG. — Si ellos en tiempos iguales forman áreas

impulso para otra línea igual De; mas por la nueva y mayor accion de la gravedad que obraba de mas cerca, y le impelia hácia *r*, seguiria

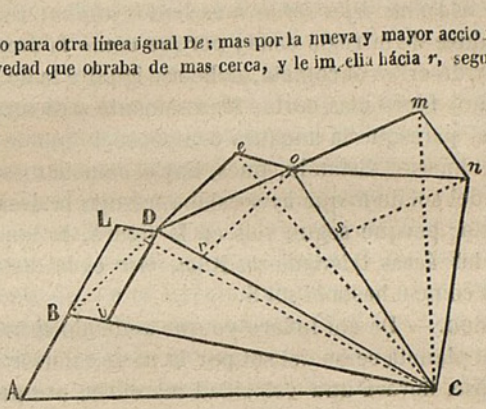


Fig. 31.

otra diagonal Do; y en el cuarto tiempo durándole el ímpetu para otra igual *om*, y hallándose atraido hácia *s*, iria por la diagonal *on*. Digo, pues, que todas estas áreas son iguales, lo cual se demuestra así: el triángulo ABC es igual á BLC, pues ambos tienen las bases AB, BL iguales, y en vértice comun. Tambien es cierto que el triángulo BLC es igual á BDC, porque la base BC es comun, los vértices L y D estan en una misma linea paralela á la base; luego son iguales, y por consiguiente tambien resultan iguales los triángulos ó áreas ABC y BDC. De la misma suerte se prueba que este triángulo BDC debe ser igual á DeC, y despues á DoC; y finalmente que este último es igual á *om*C, y despues se ve igual á *on*C. Así que todos los triángulos y áreas descritas en tiempos iguales serán tambien iguales entre sí, que es lo que se pretendia demostrar.

iguales, claro está que en tiempos desiguales serán desiguales las áreas.

SILV. — ¿Y de qué sirve saber eso?

TEOD. — De mucho : sirve para saber la razon por qué *todos los astros cuanto mas se acercan al sol, mas apriesa caminan*, como visiblemente lo muestran los cometas; y *cuando se apartan de él, cuanto mas lejos estan mas lentos andan.* Esto se deduce de la regla dada; porque como la área que hoy describe el cometa, debe ser igual á la de ayer, si hoy fuere mas corta, forzosamente será mas ancha, para que la anchura compense lo que le falta de longitud. Estando, pues, hoy el cometa mas cerca del sol de lo que ayer estaba, resulta la área mas corta; porque segun veis en la figura, la longitud de las áreas triangulares RS*m*, *msr* es la distancia del cometa hasta el sol S.

EUG. — De ahí infiero yo que andando el cometa ó el planeta cerca del sol por la parte inferior de la elipse, llevará una velocidad increible; porque como allí la distancia del sol es muy pequeña, se hace la área muy corta; luego para que sea igual á las otras que él mismo describió en tiempos iguales, es preciso que corra una línea muy grande, para que se compense en la dilatacion del campo por esa parte lo que le falta por la poca altura de ese triángulo.

SILV. — Todavía vuelvo á preguntar : ¿y de qué sirve saber eso?

TEOD. — Sirve para poder dar la razon por qué tenemos desde el equinoccio de setiembre hasta el de marzo nueve dias menos de los que contamos

desde el equinoccio de marzo hasta el de setiembre.

SILV. — ¿Cómo son esas cuentas?

TEOD. — Yo las ajustaré. La primavera ó equinoccio en el año de 61 fue á 20 de marzo á las 8 de la mañana; y el equinoccio de setiembre á principio del otoño fué á 22 de setiembre á las 8 de la noche: contad los dias, y hallareis que gasta el sol en correr los seis signos de invierno 9 dias menos que en los seis de verano; y es la razon por que en invierno está mas cerca de la tierra; y así en el sistema copernicano debe andar mas veloz para hacer áreas iguales en tiempos iguales. De aquí nace que los relojes, por muy buenos que sean, no pueden andar ajustados al sol en todo el año sin que les toquemos la péndola; porque como el movimiento aparente del sol es irregular, no puede ajustarse á una máquina siempre constante. Y si con todo esto vos, Silvio, insistís en que no se sigue utilidad de saber estas reglas, Eugenio la halla grande; y voy á esplicarle la segunda ley.

SILV. — Yo no las considero absolutamente inútiles, solo digo que no me cansaria demasiado para averiguarlas.

TEOD. — La segunda ley de Kepler es esta: *Los cuadrados de los tiempos periódicos son entre sí como los cubos de las distancias* [1]. Pongamos ejemplo

[1] Esta ley, supuesta la diminucion de la gravedad en razon inversa de los cuadrados de las distancias, para los que entienden los términos se puede demostrar así. Suponemos en primer lugar que (conforme á lo demostrado en la mecánica) las fuerzas centrífugas crecen en razon de la distancia (supuesto un mismo tiempo periódico): tambien se au-

para que me entendais. La distancia de Venus respecto del sol es casi doble de la que Mercurio tiene de este planeta. Si fuera perfectamente dupla, haciendo los cubos de las distancias, como os enseñé, seria el de Venus ocho veces mayor que el de Mercurio; y tambien midiendo los tiempos en que

mentan en razon inversa del cuadrado de los tiempos (supuesta una misma distancia). Luego absolutamente para que se conozca todo el valor de la fuerza centrífuga, debe componerse la razon directa de la distancia con la inversa de los tiempos periódicos, que es lo mismo que dividir las distancias por los cuadrados de los tiempos; y el cuociente que salga de la division dará el valor de la fuerza centrífuga. Y como cuando un cuerpo se mueve circularmente, siempre ha de ser igual la fuerza centripeta, se sigue que la medida de las fuerzas centrales es la distancia partida por el cuadrado del tiempo; lo cual se figura de este modo $\frac{D}{T^2}$. Suponemos en segundo lugar que lo mismo es dividir toda la raiz por el cubo que la unidad por el cuadrado. V. g. $\frac{3}{27}$ es lo mismo que $\frac{1}{9}$: como tambien $\frac{2}{8}$ es lo mismo que $\frac{1}{4}$. Suponemos lo tercero, que cuando una fuerza crece en alguna razon inversa, para averiguar su valor se la ha de dividir por ella: así como cuando se aumenta en alguna razon directa se debe multiplicar por ella. Hechos estos supuestos, combinemos á Júpiter con Venus respecto del sol; y como sus elipses son casi círculos, podemos reputarlas por círculos para la demostracion, la cual para que á un tiempo salga perceptible y breve, la pondremos en términos algebráicos: llamemos á la fuerza central de Júpiter F: á la de Venus f: el tiempo periódico de Júpiter T, el de Venus t: la distancia de Júpiter D, la de Venus d. Sentado esto (suposicion tercera) por la ley de la diminucion de la gravedad $F : f :: \frac{1}{D} : \frac{1}{\ }$, ó tambien (suposicion segunda) como $\frac{D}{D^3} : \frac{d}{d^3}$ pero conforme á lo que dijimos (suposicion primera) $F : f :: \frac{D}{T^2} : \frac{d}{t^2}$: luego tenemos que $F : f :: \frac{D}{T^2} : \frac{d}{t^2}$ es como $\frac{D}{D^3} : \frac{d}{d^3}$; por consiguiente $T^2 : t^2 :: D^3 : d^3$, que es lo que se queria demostrar: conviene á saber, que los cuadrados de los tiempos entre sí eran como los cubos de las distancias.

giran, seria el cuadrado del tiempo de Venus ocho veces mayor que el cuadrado del tiempo de Mercurio. Como vos, Eugenio, no teneis otros principios mas de los que os he dado, no podeis entender esto perfectamente. Pero siempre os causará admiracion ver los astros del cielo sujetos á las leyes del movimiento de los cuerpos terrestres. Es cosa que asombra ver que Júpiter y Saturno, y los satélites de cada uno de ellos en esa inmensa libertad de las regiones etéreas, ni se apresuran un paso, ni retardan su movimiento, sino que exactamente corresponden al cálculo que el filósofo encerrado en su gabinete con la pluma en la mano está determinando para uno y otro astro. Dadas las distancias de los planetas al sol, y de los diversos satélites á cada uno de los planetas, entra el filósofo á calcular, y dice: Venus hará su revolucion en tantos meses, Júpiter en tantos años y tantos dias, su primer satélite gastará tantas horas, el último tantas, y puntualmente no discrepan un dia ni una hora en su movimiento. Verdaderamente que Dios es grande en la produccion de esta pasmosa fábrica; pero mucho mas resplandece su infinita sabiduría en hacer que toda esta prodigiosa máquina de los cielos y todos sus astros, teniendo movimientos tan diversos entre sí, se gobiernen por unas leyes tan sencillas como las que hemos dicho.

Eug. — Ved aquí donde reluce la sabiduría de un relojero ó maquinista, en hacer con pocas ruedas movimientos pasmosos, encontrados y admirables.

Silv. — A la verdad en cualquier máquina tanto

nos admira la multiplicidad de los movimientos, como la simplicidad de su fábrica. Hacer muchos movimientos con muchas ruedas no causa tanta admiracion; pero hacer con pocas muchos y encontrados movimientos, eso sí que causa una admiracion mas justa.

TEOD. — Por eso decia yo que admitiendo este sistema de la causa del movimiento de los cuerpos celestes, aparecia mucho mas admirable la omnipotencia y sabiduría de Dios. Pero ya es tiempo de cumplir una palabra que os dí los dias pasados.

§ V.

Del método para conocer el peso de los planetas.

EUG. — No me acuerdo de ella.

TEOD. — Era deciros el modo con que se pesaban los planetas, y aquí tiene su lugar. Ya sabeis que esta gravedad general y mutua entre los planetas es propiedad que pertenece á la materia; por consiguiente de la fuerza con que un planeta tira por los otros, y los hace girar alrededor de sí, inferimos la cantidad de materia que él tiene; pues es cosa bien clara que aquel que tuviere mas materia atrayente, con mas fuerza ha de tirar hácia sí los otros, y hacerles doblar sus caminos. Combinando, pues, la fuerza con que Júpiter tira por sus satélites, con la fuerza del sol atrayendo á Venus por ejemplo, y atendiendo á las distancias y revo-

luciones de los satélites, y á la de Venus, conocemos la cantidad de materia atrayente que hay en el sol, y la que hay en Júpiter. Ese es el motivo por que no de todos los planetas podemos saber las cantidades de materia que tienen. Conocemos la del sol, la de Saturno, la de Júpiter y la de la Tierra, porque todos estos hacen andar alrededor de sí alguno ó algunos cuerpos, El sol hace girar á los planetas; Saturno, Júpiter y Urano á sus satélites, y la tierra á la luna. Así que, habiendo en todos estos cuerpos efecto sensible de su atraccion, por la diversidad de las atracciones medimos la diversidad de la materia que en ellos hay; pues siendo general á toda la materia esta propiedad de atraer, por la proporcion de la fuerza atrayente que hubiere en un planeta se conoce la cantidad de materia que tiene [1].

[1] El modo práctico de calcular estos pesos es este. Por lo que la esperiencia muestra en la máquina de las fuerzas centrales, y se demuestra en la mecánica, *moviéndose dos cuerpos en giro alrededor de otro á una misma distancia, pero en diversos tiempos periódicos, sabemos que las fuerzas centrífugas son como los cuadrados de las velocidades, ó al reves, como los cuadrados de los tiempos periódicos* (que todo es lo mismo); y como ningun cuerpo se mueve en círculo sin que la fuerza centrípeta ó atractiva sea perfectamente igual á la centrífuga, se sigue que *moviéndose dos cuerpos á una misma distancia, pero en diversos tiempos alrededor de otro, la fuerza atrayente de este es respecto de cada uno inversa como los cuadrados de su tiempo.* Y como estando dos cantidades en una determinada razon, si dividimos por ellas una tercera, los cocientes quedan en la misma razon, se sigue que si dividiéremos por estos dos cuadrados de los tiempos periódicos el cubo de la distancia del cuerpo central, quedarán los cocientes de las divisiones entre sí como eran los dos cuadrados de los tiempos, y por consiguiente *los cocientes de la division del cubo de la distancia por los cuadrados de los tiempos*

SILV. — Pero tambien habeis hablado del peso de la luna, y no sabemos que este planeta haga girar ningun satélite alrededor de sí.

TEOD. — Argüís bien; pero sabed que la luna, no obstante eso que decís, nos da una señal bastante perceptible de su atraccion sobre la tierra. En los principios de Newton toda materia atrae y toda es atraida, y así la tierra y la luna se atraen mutuamente como ya os dije. El efecto de la atraccion de la tierra se conoce en el giro de la luna alre-

quedarán siendo la medida de la fuerza atractiva del cuerpo central respecto de cada cuerpo que gira. Luego en los planetas que voltean alrededor del sol hallaremos la fuerza atractiva que los asegura en sus respectivas órbitas, dividiendo el cubo de la distancia de cada uno por el cuadrado de su tiempo periódico; y como esta fuerza atractiva es proporcional á la masa del sol, tenemos que el cociente de esta division es la medida de la masa del sol. Advierto que si dividiendo el cubo de la distancia de Venus por el cuadrado de su tiempo sale por ejemplo 10000, este mismo será el cociente si la operacion se hace en Marte ó Júpiter, etc. La razon es porque, como queda probado, cuando crecen los cubos de las distancias, en esa misma razon crecen los cuadrados de los tiempos periódicos. Ahora bien, cuando aumentamos el *dividendo* y el *divisor* en una misma razon, siempre sale un mismo cociente. V. g., si dividimos 12 por 3 sale por cociente 4: tripliquemos pues el dividendo 12 y el divisor 3, y partamos 36 por 9, veremos que sale el mismo cociente 4: por consiguiente, si dividiéremos el cubo de la distancia de cualquier planeta por el cuadrado de su tiempo periódico, siempre saldrá un mismo cociente para significar la virtud atractiva del sol, ó la cantidad de materia atrayente que hay en él. Por la misma razon hecho el cálculo en los satélites de Júpiter con respecto á este planeta, y en los de Saturno con relacion á él, y en la luna con la tierra, dividiendo los cubos de las distancias de cualquier satélite por el cuadrado de su tiempo, el número que saliere al cociente dará la masa de Júpiter ó Saturno, ó de la tierra. Advierto que aunque la distancia media de la luna á la tierra son 60 $\frac{1}{2}$ semidiámetros, como la luna no gira alrededor del centro de la tierra, sino alrededor de un centro comun, que está un poco desviado de aquel, debe el cubo de la distancia tomarse solo de los 60 semidiámetros.

dedor de ella; y el efecto de la atraccion de la luna se conoce en el giro de la tierra alrededor de la luna.

SILV. — Eso es equivocacion.

TEOD. — No lo es; yo me esplicaré (hablo en el sistema newtoniano). Suponed que en las dos estremidades de una regla LT (Fig. 52) tenemos dos

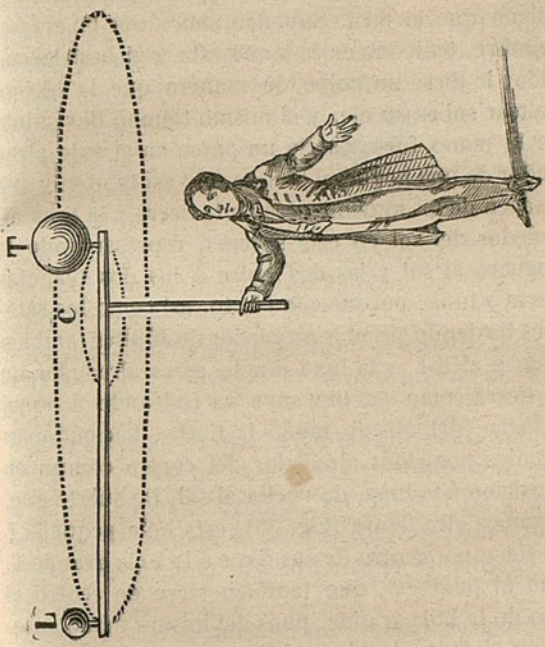


Fig. 52

globos, uno grande que representa la tierra T, y otro pequeño que figura la luna L: suponed mas, que suspendiendo esta regla horizontalmente sobre

un palo perpendicular C, y formando allí un eje, hacemos girar alrededor de él la regla con sus dos globos fijos. En este caso, tanto la luna como la tierra andarán en giro, una alrededor de la otra, y ambas alrededor del centro comun C. Si el tal centro ó eje estuviere igualmente distante de las dos bolas, los dos círculos serán iguales; pero si estuviere mas cerca de la bola grande, hará esta su giro mucho mas pequeño que la otra. Suponed ahora por fin que el hombre, teniendo en la mano esta regla así levantada, le diese un golpe de manera que la hiciese voltear sobre su eje, y al mismo tiempo llevándola en la mano fuese dando un paseo en círculo alrededor de una hoguera. Siendo esto así tendríais una imagen de los movimientos de la tierra y la luna alrededor del sol en este sistema, representando la hoguera al sol y las dos bolas á los dos planetas tierra y luna; porque con efecto, así como los satélites haciendo círculos alrededor de Júpiter tambien rodean al sol, y la luna dando giros alrededor de la tierra como satélite suyo va rodeando á aquel planeta; del mismo modo la tierra, haciendo sus círculos pequeños alrededor del centro comun en oposicion á la luna, da vuelta al sol. De suerte que, hagamos otra figura (Fig. 33), esta bola pequeña L no tiene por centro de sus giros á la bola grande T, sino al punto C, que tambien sirve de centro al giro de la bola grande, pues del mismo modo sucede en el cielo: la luna no tiene por centro de sus círculos á la tierra sino á un punto que dista un poco de esta, el cual tambien sirve de centro á los giros pequeños de la tierra; y por eso este punto se

llama centro comun [1]. Supongo que me habeis entendido.

EUG. — Fácilmente.

TEOD. — Añado ahora, que si en la luna hubiera tanta materia como en la tierra, este centro comun habia de distar igualmente de ambas; y si la tierra tuviere porcion de materia 40 veces mayor que la luna, este centro comun C debe estar 40 veces mas lejos de la luna que de la tierra.

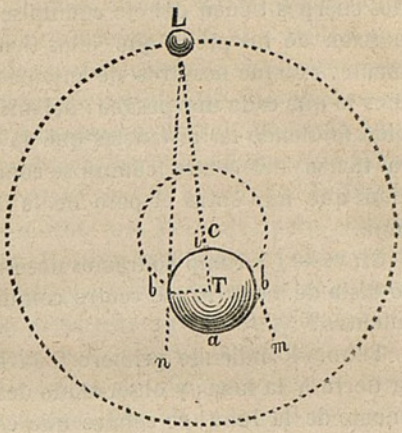


Fig. 33.

EUG. — Supongo que es del mismo modo que me habeis dicho cuando hablásteis de la balanza en que se ponian pesos desiguales, en la cual para que haya equilibrio debe el peso mayor estar tanto mas cerca del eje cuanto escede al otro en la cantidad de materia.

TEOD. — Así es en este caso: el centro comun de estos movimientos debe estar tanto mas cerca de la tierra, cuanto el peso de esta ó la cantidad de ma-

[1] Graves. *Phys. elem. math.* n. 4210.

teria que tiene escede al de la luna; y por eso, así como midiendo en la balanza las distancias que los dos cuerpos tienen del eje comun se conoce la proporcion de los pesos que ellos tienen en sí realmente, aunque nosotros de antemano no supiésemos lo que cada uno pesaba; del mismo modo tambien midiendo las distancias que la luna y la tierra tienen del centro comun se conoce la proporcion que hay entre el peso de la tierra y el de la luna.

SILV. — ¿Y cómo podremos nosotros saber cuánto dista de la tierra ese centro comun de los movimientos?

TEOD. — Midiendo primero toda la distancia de la tierra á la luna; y observando despues el movimiento de la luna, se conoce que ella no tiene en sus giros como radio de los círculos toda esta distancia; esto es, que el centro de los giros de la luna rigurosamente no es la tierra sino un punto fuera de ella, y no es muy dificultoso que observando muchos giros de la luna averigüemos cuál es su verdadero centro.

SILV. — Ya lo entiendo: proseguid.

TEOD. — Ved aquí el modo con que se puede pesar la luna ó saber la cantidad de materia que tiene. Esto es en cuanto á los pesos de los planetas; por lo que mira á sus densidades es facil discurrir, supuesto que conozcamos el peso y el volumen, porque dividiendo el *peso* de cualquier cuerpo por su *volúmen*, lo que resulta es su *densidad*; pues bien saben todos que si un cuerpo tiene gran peso y poco volumen es muy denso, y que si tiene me-

nos peso ó mayor volumen es mas raro. De este modo conocemos la densidad del sol, Mercurio, Venus, Saturno, Júpiter, Urano, la Tierra y la Luna. De algunos de estos no se sabia la densidad ni el peso por faltar para eso principios suficientes; pero Newton la conjeturaba por el calor que ellos sufren proporcionado á la cercanía del sol, haciendo juicio de que son mas densos los que sufren mayor calor; y así Marte resultaba menos denso que la Tierra, Venus mas, y mucho mas Mercurio; pero esto era mera conjetura. Hoy dia reiteradas las observaciones se ha aplicado el cálculo á todos los planetas escepto los telescópicos. Ahora resta hablar de la tierra con mas especialidad, porque nos faltan muchas cosas que saber acerca de ella; pero esto reservémoslo para mañana. Por ahora tomad ese papel, que es como un mapa general, en que de una ojeada hallareis todo lo que os tengo dicho de los astros, y podreis fácilmente combinar sus diámetros, volúmenes y pesos, como tambien sus distancias, movimientos, etc. Mañana proseguiremos.

Eug. — Mucho me alegro de tener estas tablas.

TABLA PRIMERA.

PLANETAS.	DISTANCIAS DEL PLANETA AL SOL.	DIAMETRO	VOLUMEN.	MASA.
Sol.		109.93	1328460	337. 086
Mercurio.	13361000 leguas	0.39	0.1	0.1664
Venus.	24966000	0.97	0 9	0.9452
La Tierra.	34515000	1.00	1	1
La Luna.		0.27	0.2	0.017
Marte.	52390000	0.52	0.2	0.1324
Vesta.	81530000			
Juno.	91228000	no se sabe.	no se sabe.	no se sabe.
Ceres.	95532000			
Palas.	95592000			
Júpiter.	179200000	11.56	1470.2	315.8926
Saturno.	329200000	9.61	887.3	120.0782
Urano.	662144000	4.26	77.5	17.2829

TABLA SEGUNDA.

PLANETAS ó astros.	DENSIDAD.	TIEMPO de rotacion sobre su eje.				REVOLUCION sideral.					NUMERO de pies por segundo que un cuerpo correria, cayendo en la superficie del sol y los planetas.
		dias.	horas.	min.	seg.	años.	dias.	horas.	min.	seg.	pies.
Sol.	0.25624	25	12	0	0						314
Mercurio.	2.879616	1	0	4	0	0	87	23	14	30	15 55
Venus.	1.04701	0	23	21	0	0	224	16	41	27	14.80
La Tierra	1	1	0	0	0	0	365	5	48	49	4.908
La Luna.	0.715075	27	7	44	0						2.52
Marte.	0.930736	1	0	39	22	0	686	22	18	27	5.03
Vesta.						3	66	4	0	0	
Juno.	no se sabe.	no se sabe.				4	128	0	0	0	no se sabe.
Ceres.						4	220	2	0	0	
Palas.						4	220	16	0	0	
Júpiter.	0.24119	0	9	56	37	11	315	12	50	0	36.45
Saturno.	0.095684	0	10	16	2	29	161	4	27	0	15.25
Urano.	0.020802	no se sabe.				83	29	8	39	0	14.36

TABLA TERCERA.

ASTROS.	PARALAJES anuales.	INCLINACION de la órbita sobre la ecliptica.	INCLINACION del eje sobre la órbita.	LEGUAS recorridas en 1'.
Sol.			82° 50'	
Mercurio.	126° 14'	7° 78'	» »	635
Venus.	139 9	8 76	» »	486
La Tierra.	0	0	66 52	412
La Luna.	27 1	5 71	88 50	14*
Marte.	18 6	1 85	61 50	219
Vesta.	no se sabe.	7 15	no se sabe	»
Juno.		31 05		»
Ceres.		10 62		»
Palas.		34 60		»
Júpiter.	9 59	1 46	89 45	178
Saturno.	5 42	2 77	60 »	132
Urano.	2 55	0 86	» »	93

* Relativamente á la tierra.

TABLA CUARTA.

SATÉLITES DE JUPITER.

DISTANCIAS MEDIAS siendo el semi diámetro de la tierra.		DURACION de las revoluciones.		MASAS DE LOS SATÉLITES siendo la de la tierra uno.
1º satélite	6.0485	1 dia	7691	0.000017
2º	9.6235	3	5512	0.000023
3º	15.3302	7	1546	0.000088
4º	26.9985	16	6888	0.000043

SATÉLITES DE SATURNO.

DISTANCIAS MEDIAS siendo el semidiámetro de la tierra uno.		DURACION de las revoluciones.	
1º satélite	3.33	0 dias	943
2º	4.30	1	370
3º	5.28	1	888
4º	6.82	2	739
5º	9.52	4	517
6º	22.08	15	945
7º	64.36	29	330

SATÉLITES DE URANO.

1º satélite	13.12	5	893
2º	17.02	8	707
3º	19.85	10	961
4º	22.75	13	456
5º	45.51	38	075
6º	91.01	107	694

TARDE DÉCIMAOCTAVA.

DE LOS EFECTOS QUE NACEN DE LA FIGURA Y SITUACION DEL GLOBO DE LA TIERRA RESPECTO DE LOS ASTROS.

§ I.

De la figura y division del globo de la tierra, y de la longitud y latitud de las ciudades, y tambien de las estrellas.

Teod. — Como se van acabando los gustosos dias en que puedo gozar de vuestra compañía, para que quede completa (en cuanto permiten las circunstancias) esta instruccion que os doy, es preciso ir resumiendo lo que nos resta. Hoy hemos de hablar de los efectos que provienen de la figura y situacion del globo de la tierra respecto de los astros; y será con mas individualidad que cuando la consideramos como planeta en el sistema delos copernicanos. La tierra es sensiblemente globosa: algunos antiguos creian que era un plano circular, que por las estremidades se juntaba con los cielos al modo que el vi-

drio de un reloj de faltriquera se junta con la esfera ó mostrador. Pero despues que las navegaciones manifestaron que se podia andar en redondo el globo de la tierra, ninguno dudó de su figura globosa, y que habia antípodas, esto es, hombres cuyos pies estaban vueltos contra los de los que estaban en la otra parte del globo.

Silv. — Algun dia era eso para mí un misterio inesplicable, y pensaba yo que los que estaban á la otra porte caerian por los aires; pero ahora ya conozco que la fuerza del peso hace que todos nos inclinemos al centro de la tierra; y estando ella habitada alrededor por hombres, el peso de cada uno le hace cargar sobre su superficie hácia el centro, y así este peso nunca puede permitir que se aparten de él hácia el aire, porque eso que nosotros llamamos caer por los aires abajo, allá á la otra parte del mundo, seria en realidad subir por el aire arriba, pues respecto de esos hombres se halla hácia abajo la tierra en que tienen los pies, y el aire hácia arriba; así como nos sucede á nosotros.

Teod. — Discurrís muy bien. Supuesto, pues, ser la tierra de la figura de una bola, conviene ir tocando ligeramente las consecuencias de esta figura, las cuales al mismo tiempo son confirmaciones innegables de que la tierra es esférica. Síguese lo primero que estando nosotros á la orilla del mar grande, cuando los navíos se van alejando mucho, tambien se han de ir ocultando hácia abajo; de suerte, que solo veremos las velas, las cuales tambien se irán hundiendo poco á poco; pero los que estan en

lo mas alto de las torres todavía los descubrirán cuando ya no se les pueda ver desde las playas. Todo esto sucede así, y proviene de la convexidad de la tierra, la cual se hace muy perceptible en el agua del mar; porque aunque la de los estanques tenga la superficie á nivel y por línea recta, esto solo es sensiblemente; pero en el mar, siendo su estension tal que rodea toda la tierra, debe ser tambien esférica su superficie. Y la misma naturaleza de los fluidos pide esto; porque deben tener las columnas de igual altura entre sí para equilibrarse; y como la altura se mide desde el centro de la tierra, deben tener una misma altura las líneas que salen de este punto hasta la superficie del mar, lo cual no puede ser sin que su superficie vaya doblándose como una bóveda. Sentado esto, habiendo gran distancia entre nosotros y los navíos que estamos mirando, la línea de la vista, que siempre es recta, tropieza con la superficie del agua que hace convexidad ó lomo, y nos quita que veamos primero el casco y despues las velas conforme el navío se va alejando.

Eug. — Eso me pasó á mí cuando venia de la América, porque á la salida del puerto veia la playa, despues la fuí perdiendo de vista, y solo veia los campanarios de las torres, hasta que perdimos de vista enteramente la tierra. Pero me sucedió al contrario cuando avistamos la tierra: primeramente la vió el grumete que venia en la cofa de gavia, despues tambien la avistamos los que estábamos en el combés del navío; pero no veíamos mas que la sierra de Cintra, luego el cimborio de san Vicen-

te, hasta que fuimos descubriendo con increible alegría la ciudad toda.

Teod. — La razon de todo eso es la convexidad de la superficie del mar, porque la línea de la vista que desde el navío va rozándose con la superficie del agua, apenas alcanza á las partes mas altas, quedando las inferiores ocultas con el agua: pero cuando el navío se va acercando, y es menor la distancia, ya puede la vista descubrir por línea recta de una parte á otra sin tropezar en el agua.

Eug. — Tambien nos sucedia que á proporcion que íbamos avanzando hácia el sur se nos iba bajando y hundiendo la estrella del norte, hasta que finalmente cerca de la línea la perdimos de vista; pero tambien fuimos descubriendo estrellas que nunca habiamos visto, porque las de la parte del sur cada vez nos aparecian mas altas.

Teod. — Ved ahí otra prueba de la figura globosa del mundo considerado de norte á sur. De suerte, que mientras caminábais de levante á poniente se iba ocultando hácia abajo los puertos que dejábais, y al mismo tiempo se iban elevando hácia arriba los puertos en cuya busca íbais; y eso prueba que el mar es convexo de levante á poniente: y lo que ahora me decís de las estrellas muestra que tambien lo es de norte á sur; y la razon es la misma que la de las veletas de las torres. Si fuérais navegando hasta el polo del sur, las estrellas de esa parte del cielo os caerian sobre la cabeza; y al contrario, os caeria debajo de los pies nuestra estrella del norte. Y os sucederia al reves al volver al polo del norte.

Eug. — Así es.

TEOD. — Aquí teneis ya esplicado lo que quiere decir *altura de polo;* porque como la tierra es redonda, caminando por ejemplo de Lisboa á Galicia, que nos queda al norte, cada vez vamos teniendo mayor altura de polo, esto es, cada vez se halla el polo del norte mas alto respecto de nosotros, de tal manera, que si fueramos andando siempre por esa línea adelante, algun dia tendríamos á plomo dicha estrella sobre la cabeza. Por el contrario, viniendo del norte hácia Lisboa cada vez se habia de ir bajando la estrella del norte. Ahora ya quedais enterado del motivo por que se dice que Lisboa tiene 38 grados de altura del norte y 43 minutos, Oporto 41 y 10 minutos etc.

EUG. — Ya lo he entendido; pero á esos grados que decís los llamaban los pilotos de mi embarcacion grados de *latitud* : esplicadme que quiere decir esto.

TEOD. — Dividen los geógrafos el globo de la tierra con varios círculos semejantes y proporcionados á los que los astrónomos describen en el cielo. Llegaos conmigo á este globo terrestre (Fig. 34). Tambien en la tierra se señalan dos polos, el del norte N y el del sur S, que corresponden y se hallan á plomo debajo de los puntos inmobles del cielo á que llaman polos: junto á cada uno de estos con la distancia de 23 grados y medio se señala un círculo polar *pp*, y entre estos dos círculos polares descri-

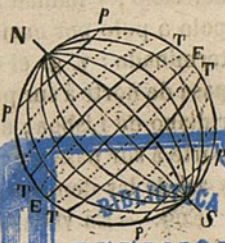


Fig. 34.

ben otros tres paralelos todos entre sí. El del medio EE, que dista igualmente de uno y otro polo, se llama *ecuador* ó *línea*: los dos TT, que estan á los lados de la línea en distancia de 23 grados y medio, se llaman *trópicos;* y ya veis que estos círculos así como tienen los mismos nombres que los del cielo, tambien les corresponden á ellos, pues guardan entre sí la misma distancia. Estos círculos forman cinco zonas ó cintas en la superficie de la tierra. La que se halla entre los dos trópicos, y comprende 47 grados, se llama *zona tórrida;* porque como el sol siempre anda por allá arriba en correspondencia de ella, se creia algun dia que por el demasiado calor seria abrasada é inhabitable; pero vos, Eugenio, habeis visto por esperiencia propia que comprende los mas deliciosos climas. Los dos círculos polares comprenden dos terrenos, que se llaman *zonas frias,* y el espacio que resta entre cada uno de los trópicos y el círculo polar cercano se llama *zona templada.* Ademas de eso tambien se describen en la tierra varios meridianos semejantes á los del cielo; y llaman así á todo círculo que pasa de polo á polo por encima de este ó de aquel lugar determinado: v. g. el círculo que abraza la tierra, y pasa de norte á sur por encima de Lisboa, es el meridiano de Lisboa; al modo que el círculo que de norte á sur pasa por París es el meridiano de París; y así de las demas regiones.

EUG. — En vista de eso cada pueblo tiene su meridiano particular.

TEOD. — Así es, si se habla de aquellos que se hallan unos mas á levante que otros; porque los

que distan entre sí solo de norte á sur tienen un mismo meridiano, pues pasa por encima de ambos.

EUG. — Ya lo comprendo.

TEOD. — Esto supuesto, creo que os acordareis de lo que ya dije, que todo círculo se dividia en 360 partes llamadas grados; y así un medio círculo tiene 180, y una cuarta parte 90. De aquí se sigue que desde el ecuador ó *linea* EE hasta cualquiera de los polos NS solo hay 90 grados, y que toda la línea en redondo tiene 360. Ahora ya podeis inferir qué cosa es *longitud* y *latitud* de cualquier ciudad ó villa. Inventaron los geógrafos este medio para saber qué lugar ocupaba en la superficie de la tierra esta ó aquella ciudad, y señalaron un círculo que pasa de norte á sur por encima de la isla del Hierro, que es una de las Canarias, para que fuese el primer meridiano. Este es el meridiano cierto, del cual se empieza á contar la *longitud* de los pueblos: aquí lo teneis; pero esta *longitud* solo se cuenta en el ecuador.

EUG. — Y cuando la ciudad de que tratamos no estuviere en el ecuador sino á los lados, ¿cómo podré yo saber la *longitud?*

TEOD. — En los mapas en que estan pintadas las situaciones de los paises tambien estan señaladas varias líneas que van de polo á polo, y atraviesan el ecuador: aquí se ven. Estas líneas son otros tantos meridianos: mirad cual de ellas pasa mas cerca de Lisboa, é id á ver el lugar ó grado del ecuador donde ella le corta, y hallareis que es en el grado 10, y con eso sabreis cual es la longitud de Lisboa, descontando ó añadiendo la distancia que Lisboa tenia de ese círculo de que os habeis valido,

Eug. — Y viendo yo el lugar en que esa línea ó meridiano corta al ecuador, ¿cómo podré saber qué grado del ecuador es ese?

Teod. — En el mapa está escrito su número de 10 en 10, y todos estan con distincion entre sí como veis; pero en caso que no lo estuviesen, debiais ir á buscar la isla del Hierro, y el primer meridiano que pasa por ella; y comenzando á contar desde el punto en que este corta al ecuador, caminando con la cuenta hácia levante ó á la parte de España, hallareis el número de los grados del ecuador en cualquier lugar que le corten.

Eug. — Ya sé buscar la *longitud*; pero todavía no sé conocer la *latitud*.

Teod. — Hallando cualquier pais en el mapa ó globo terrestre, tambien habeis de encontrar varios círculos paralelos al ecuador, que van á cortar el primer meridiano; tomad el círculo mas cercano á ese pueblo de que hablais, y siguiéndole hácia poniente, ireis á ver qué grado corta en el primer meridiano; y esa será la *latitud* buscada. Advierto que habeis de rebajar ó añadir lo que distaba de ese pueblo el círculo cercano de que os valisteis. De esto se infiere que nunca oireis decir que ningun pais tiene mas de 90 grados de latitud; porque como del ecuador al polo va un cuarto de círculo, en contando 90 grados estamos debajo del polo; pero de longitud podemos contar hasta 360 grados, porque se cuentan en un círculo entero y continuado. La *latitud* unas veces es hácia el sur, otras hácia el norte; pero la *longitud* siempre es una.

Eug. — Ya lo entiendo.

Teod. — De paso os diré la longitud y latitud de las estrellas, porque no lo dije en su lugar, y aquí lo entendereis mejor. Ya os dije que en el cielo se imaginaba un círculo que llaman *eclíptica*, y es el camino del sol. Respecto de este círculo tambien se señalan dos polos diversos de los del mundo, que distan de ellos 23 grados y medio. Estos polos se llaman polos de la eclíptica, y son dos puntos del cielo que distan igualmente de todos los puntos de ella alrededor, así como los polos del norte y del sur estan á igual distancia de todos los puntos del ecuador celeste. En esta eclíptica, pues, es donde se mide la *longitud* de cualquier estrella, así como las longitudes de los pueblos se miden en el ecuador; y la *latitud* se mide en los círculos ó línea que tiramos por encima de esa estrella desde la eclíptica á su polo, al modo que en la tierra medimos las latitudes en las líneas que van por encima de las ciudades hasta el polo del norte ó el del sur.

Eug. — Ya lo entiendo : es lo mismo que en la tierra, con la diferencia de que allá en las estrellas se atiende á la eclíptica y á sus polos, y acá en la tierra atendemos al ecuador. Proseguid.

Teod. — Olvidábaseme deciros que en la eclíptica empiezan á contarse los grados desde el primer punto de *Aries*, esto es, del punto en que la eclíptica corta al ecuador subiendo hácia el norte. Y de este modo podeis buscar en el mapa del cielo cualquier estrella, sabiendo su *longitud* y *latitud*, así como sucede en el mapa terrestre con las ciudades y villas, las cuales hallamos de este modo. Ahora

vamos á determinar mas individualmente la figura del globo de la tierra.

SILV. — Ya habeis dicho que era un poco aplanada por los polos.

TEOD. — A esa figura llaman *esferoide*, y ahora poco tengo que añadir, solo procuraré dar mas luz á lo que entonces dije. Verdad es que muchos astrónomos, como los dos Cassinis, Maraldi, Brunet y otros, opinaron que la tierra era de la figura de un huevo. Pero Huigens y Newton, y á lo que entiendo, todos los astrónomos que al presente hay, son de sentir que la tierra es mas baja por los polos, y semejante á una naranja. Tres fundamentos alegan para eso : el primero es tomado puramente del cálculo, suponiendo que la tierra se mueve. Los cuerpos, segun os espliqué, á proporcion que se acercan al ecuador se disminuyen de peso, y por eso ha de estar por allí el mar mas alto, y por consiguiente tambien la superficie de la tierra, que siempre está mas alta que él en algunas partes. Conforme á este cálculo debe ser el diámetro de la tierra en el ecuador mayor que en los polos en la proporcion de 230 á 229. El segundo argumento se saca de las observaciones que, como ya os dije, fueron á hacer los académicos franceses con algunos españoles, así al Perú como á Laponia, los cuales midiendo exactísimamente los grados de los meridianos, y comparándolos con las medidas del meridiano en París, hallaron que los grados cuanto mas cerca estaban del ecuador mas pequeños eran ; de suerte que calculando sobre su esperiencia, un grado cercano al polo sale tanto mayor que otro del ecuador cuanto

60 escede á 59, y como sabiendo la longitud de cada grado se conoce geométricamente la longitud del radio ó la distancia de esa superficie al centro, fácilmente se echa de ver que la figura de la tierra es como la de la naranja. Bien veis que la superficie de un huevo es mas curva hácia las estremidades ó polos que por el medio : al contrario, la naranja es mas chata y menos curva por los polos que por el medio. Pues ahora, como un grado del círculo es una parte de su curvatura, cuando una línea es mas curva que otra llega mas presto á tener un grado de curvatura, y así basta menos longitud de línea para que haya un grado. De este modo sucede en la tierra. Junto á los polos, como su superficie es mas chata, para hallar curvatura que haga un grado es preciso tomar una gran porcion de superficie, y comprende el grado 557,996 pies [1]; pero junto al ecuador, como la superficie de la tierra da allí vuelta mas apriesa, y no es tan llana, para tener un grado de curvatura basta menos; y así el grado del ecuador solo tiene 552,008, no haciendo caso en ambas partes de unos pequeños quebrados. Este argumento quita todas las dudas, porque es demostrativo. Supuestas estas medidas, sale por el cálculo el diámetro del ecuador mayor que el de los polos en razon de 178 á 177. Vamos al tercer argumento, que tambien es muy fuerte, y ya lo toqué los dias pasados, el cual es sacado del diverso movimiento de las péndolas. Observóse que una misma péndola en París hacia las vibraciones mu-

[1] Graves. *Phys. elem. math.* núm. 4330.

cho mas despacio que en Laponia, y tanto tiempo gastaban en París, 86,158 vibraciones, como en Laponia 86,217 (tampoco aquí me paro en algunos quebrados de poca cantidad), que son 59 vibraciones mas casi en 24 horas. Del mismo modo se halló que junto al ecuador todavía andaban las péndolas mas despacio que en París; por donde se vino á conocer que la gravedad de esos pesos se disminuia á proporcion que se acercaban al ecuador. Algunos atribuyeron esto al calor de aquellas regiones, diciendo que hacia que se alargasen las varillas de las péndolas, lo cual ciertamente haria las vibraciones mas lentas; pero por lo que ya os dije se conoce que esta respuesta es frívola, porque el calor de aquellas regiones es moderado como sabeis; y en Quito á tiempo que helaba era preciso acortar la varilla de la péndola mucho mas de lo que podia estenderla un calor intensísimo, para que las vibraciones concordasen con las que se hacian en París; y no es creible que en tiempo de hielo hiciese en Quito mucho calor; por donde se infiere que la dilatacion de las péndolas no podia ser la causa de la retardacion de sus vibraciones, sino solamente el disminuirse allí la gravedad ó peso de cada partícula, cayendo por tanto los graves con menor velocidad.

Silv. — Fácilmente se puede conocer si ese efecto procede de la diminucion del peso, poniendo otra péndola en París, por ejemplo de algo menos peso, y mirando si hace las vibraciones tan despacio como esa en la América.

Teod. — Ya dije que no podia ser eso así; porque habeis de saber que teniendo las péndolas una

misma longitud de varilla hacen las vibraciones á un mismo tiempo, sea cual fuere su peso, esto es cierto. Y la razon ya la sabeis; pero no la aplicais. Ya os dije que dos pesos muy diversos, soltándolos por el vacío caian á un tiempo, y que cuando caen por el aire solo hay en la velocidad la diferencia que induce la resistencia del aire. Ahora, pues, como las péndolas hacen sus vibraciones cayendo y subiendo, importa poco que sean mas ó menos pesadas para gastar mas ó menos tiempo en caer y subir. Y así si nosotros queremos que una péndola teniendo la varilla tan larga como otra (porque solo esto es lo que gobierna las vibraciones, como se demuestra en la mecánica); si queremos, digo, que haga las vibraciones mas despacio, no basta disminuir la materia del peso, porque una sola partícula de materia de una pluma caeria con tanta velocidad como cien arrobas de plomo (prescindo de la resistencia del aire); luego es preciso para retardar estas vibraciones que cada partícula de materia sea atraida ó impelida hácia la tierra con menos fuerza, y caiga con menos velocidad; y esto solo se consigue poniendo la tal péndola mas cerca del ecuador, porque allí en cada partícula de materia es menor la gravedad.

Silv. — Ya lo entiendo; ¿pero qué tiene eso que ver con la figura de la tierra?

Teod. — Diré. En el sistema newtoniano la gravedad mutua y general que se conoce en todo lo que tiene materia, ya sea terrestre ya celeste, se observa que se disminuye en razon inversa del cuadrado de la distancia de un cuerpo hasta el centro de la atraccion (proceda la gravedad de lo que pro-

cediere): esta es una ley constantemente observada y á la que obedece todo lo que es materia; luego para que sea menor la fuerza con que las péndolas en el ecuador pesan ó son atraidas hácia la tierra, es preciso que allí esten mas distantes del centro. Por eso de este argumento de las péndolas se colige que la tierra está mas levantada por el ecuador.

SILV. — Y el cálculo fundado en el movimiento de las péndolas ¿concuerda con los otros que habeis dicho?

TEOD. — Concuerda en la sustancia, mas con alguna diferencia. Por el cálculo de Newton, fundado sobre el movimiento de la tierra, debe ser esta por el ecuador mas alta 4 leguas y media de las nuestras, y por la medida de los académicos casi 6. El cálculo de las péndolas se acomoda mas al de Newton, bien que no concuerda del todo. Pero formándolo Newton, como lo forma, sobre el movimiento de la tierra, como ademas de la fuerza centrífuga en el ecuador hay la mayor distancia del centro, y menor atraccion de la gravedad, deben subir las aguas aun mucho mas de las 4 leguas y media que subirian si no hubiese diminucion en la gravedad á causa de la mayor distancia del centro. El insigne Benito de Moira Portugal, hombre de grande ingenio, conjetura que la mayor elevacion del globo terráqueo no será en el ecuador sino á algunos grados de distancia de él. Su fundamento es que la fuerza centrífuga hace al agua huir del eje hácia fuera por líneas perpendiculares al eje; y en el ecuador la fuerza de la gravedad obra por esta misma línea; pero en los lados esta fuerza como solo empuja há-

cia el centro, no obra por líneas perpendiculares al eje; de donde se sigue que la fuerza centrífuga halla mayor contrariedad en el ecuador que en la latitud de algunos grados, porque encuentra una fuerza que obra por la misma línea en contrario, y tal vez procederá de aquí que en las cercanías de la línea no es perfectamente constante en las esperiencias de las péndolas el atrasarse á proporcion que se aproximan á la misma línea. Pero el tiempo descubrirá si esta conjetura es sólida. De cualquier manera concluimos que la figura de la tierra es esta. Y ni por eso deja de ser sensiblemente redonda, porque 5 leguas de mayor altura en el ecuador es cosa muy pequeña é imperceptible respecto del diámetro medio de la tierra. Voy á daros un cuadrito donde tendreis todas las medidas del globo terrestre.

Semidiámetro del ecuador.	1435 leguas.
— del polo.	1430
— del punto á 45°.	1432
Aplanamiento.	4.65
Longitud de 1° del meridiano, tomado en medio del espacio que separa el polo del ecuador.	25

Ahora si quereis saber cuántas leguas cuadradas contiene la superficie de la tierra, habeis de multiplicar su círculo máximo por todo el diámetro, y saldrán 25,790,000 cuyas tres cuartas partes estan cubiertas por el mar, y de la que resta apenas esta habitada la mitad. Tambien prevengo que en las tablas del P. Eusebio de Veiga hay grande equivocacion en lo que toca al tamaño de la tierra. Tal vez

los impresores habrán trastocado los guarismos de la cuenta, lo cual es muy facil.

EUG. — Solo quien tiene práctica de cuentas es el que sabe la gran facilidad que hay de equivocarse en ellas, aun haciéndolas con cuidado, cuanto mas pasando por manos agenas, como sucede en las impresiones.

§ II.

De las horas, dias y año, verano é invierno.

TEOD. — Síguese ahora esplicar los admirables efectos que nacen de la figura esférica de la tierra, y algunos otros que, aunque procedan de diversa causa, tienen conexion con ellos. En primer lugar quiero esplicar los dias, los años y las estaciones del año. El dia unas veces se toma por el espacio de 24 horas, y entonces se llama *dia natural*, en cuyo sentido decimos que el mes consta de 30 dias continuados, empezando cada uno en el mismo punto de media noche en que acaba el precedente. Otras veces el *dia* solo significa el espacio en que gozamos de la luz del sol, y en este significado escluye la noche, y se llama *dia artificial*. El dia natural, que consta de 24 horas, es el espacio que el sol gasta en girar alrededor de nosotros formando un círculo entero, de suerte que contamos medio dia del jueves, por ejemplo, cuando el sol está en el meridiano que pasa por encima de nuestra cabeza; y cuando volviere á pasar por encima de nosotros tocando en este mismo meridiano habrán pasado 24 horas ó

un dia completo, que se compone de la tarde del jueves y de la mañana del viernes. Pero habeis de notar que el dia de las estrellas es mas pequeño que el del sol. Yo me esplicaré. Al espacio de tiempo que el sol gasta en dar una vuelta desde que dejó nuestro meridiano hasta que vuelve á tocar en él le llamamos *dia del sol*; pero al espacio que ocupa cualquier estrella fija desde que pasó por nuestro meridiano hasta volver á tocar en él le llamamos *dia de las estrellas*.

EUG. — Bien lo percibo. ¿Pero por qué decís que ese dia es menor que el del sol?

TEOD. — Supongamos que el sol hoy cuando pasó por nuestro meridiano estaba junto á una estrella: si él no se moviese con su movimiente propio hácia levante, cuando mañana llegase á pasar por encima de nosotros esa estrella tambien vendria el sol; pero como entre tanto habrá andado el sol hácia atras, esto es, hácia el oriente, despues que la estrella llega al meridiano, aun es preciso esperar algun tiempo hasta que llegue el sol. Cuando el sol anduvo mas, mas tiempo se le esperará, y cuando anduvo menos, se aguarda menos despues de llegar la estrella. Unos dias con otros tarda el sol en llegar al meridiano despues que llegó la estrella tres minutos y 56 segundos; pero en realidad unos dias tarda mas y otros menos.

SILV. —¿Y por qué no tarda siempre el sol un mismo tiempo?

TEOD. — Ambos me habreis oido decir que los planetas no siempre andaban á paso igual en sus órbitas, sino que unas veces se apresuraban y otras

se atrasaban. Pues el sol sigue esta misma regla (los copernicanos dicen que este movimiento es aparente en el sol, pero verdadero en la tierra, y en ese sistema tambien la tierra unas veces se apresura, y otras se retarda así como los demas planetas. De aquí se sigue que no en todos los dias ha de ser igual el espacio que el sol anda con su movimiento propio; y así no siempre ha de ser uno mismo el intervalo de tiempo que va desde que la estrella llega al meridiano hasta que llegue el sol. Por eso los dias rigurosamente no son iguales; y como cada uno se reparte en 24 horas, tampoco resultan iguales estas. Ved aquí por qué los relojes no pueden acompañar al sol, y es preciso ya atrasarlos, ya adelantarlos, y es que su movimiento siempre constante no puede concordar con el del sol que varía.

EUG. — Hasta ahora atribuia yo eso á la imperfeccion de los relojes; pero ya veo que es indispensable esta diligencia para traerlos concertados con el sol.

TEOD. — Vamos á esplicar el *dia artificial*, esto es, el que se opone á la *noche*. Empieza el dia con un crepúsculo, y acaba con otro. Llamamos crepúsculo aquella luz que poco á poco se va avivando hasta que aparece el sol, y que se debilita al mismo paso despues que él desaparece. Este crepúsculo, como tambien el espacio que gozamos del sol, todos saben que es desigual segun los tiempos del año, y conforme á los parajes de la tierra. Yo os esplicaré esto con la mayor claridad que pudiere. Nosotros sabemos que el sol gira en 24 horas

alrededor de nosotros : mientras anda del horizonte arriba es dia; mientras anda por debajo del horizonte es noche. Si nosotros estuviéramos en la línea ó ecuador todos los dias del año serian iguales á las noches. Voy á dibujar aquí una figura (Fig. 35). Aquí teneis una semejanza de la esfera: NS son los dos polos, y la línea que va de una letra á otra significa el eje del mundo, ó la línea que se considera de norte á sur, sobre la cual se mueven los cielos en 24 horas (luego os esplicaré esto en el sistema copernicano). EE significa el ecuador : TT el trópico de *Cáncer*, que es el del verano, y CC el trópico de *Capricornio*, que es el del invierno. Esto supuesto, si nosotros estuviéramos en la línea, nos estaria el ecuador celeste sobre la cabeza, y por consiguiente el horizonte *oo* (ó el círculo que corre por todas las estremidades del cielo que los ojos pueden ver) abrazaria entrambos polos NS. En este caso poned al sol en cualquier punto del cielo, ya sea T, ya C, ya E : como gira en 24 horas sobre el eje NS, tanto tiempo gasta en andar el espacio que hay del horizonte arriba como del horizonte abajo, porque el horizonte parte todos esos círculos en dos mitades iguales. Luego tanto tiempo ha de andar el sol de nuestro horizonte arriba, y será de dia, como de él abajo, y será de noche.

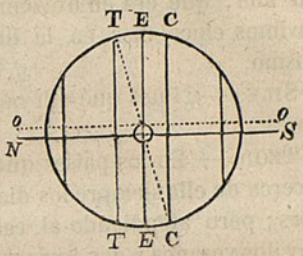


Fig. 35.

EUG. — Con efecto, viniendo yo de la América 20 dias que estuvimos parados en la línea por causa de una terrible calma, observé que siempre salia el sol á las seis de la mañana, y se ponia á las seis de la tarde, y esto era por el mes de junio, y cuando fuí allá, que era en noviembre, tambien nos detuvimos cinco dias en la línea, y me sucedió lo mismo.

SILV. — ¿Pues qué allí no hay invierno ni verano?

TEOD. — En los paises que se hallan en la línea ó cerca de ella siempre los dias son iguales á las noches; pero atendiendo al calor y al frio cada año hay dos veranos y dos inviernos. Reparad la figura: el sol cada dia anda un grado por la *eclíptica*, que aquí se pinta con este círculo de puntitos TC. Pero siempre va girando con los cielos alrededor de la tierra en 24 horas: mientras anda cerca de los trópicos hace menos calor en la línea, y se puede llamar invierno; pero cuando anda cerca del círculo EE pasa por encima de la cabeza de los que allí viven, y cayendo sus rayos perpendicularmente sobre la tierra causan un gran calor; y como el sol corre toda la eclíptica dentro de un año, pasa dos veces por el círculo EE, una hácia allá y otra hácia acá, y hace dos veranos; y llega una vez á C y otra á T, y causa dos inviernos. Vamos ahora á esplicar la esfera oblicua.

EUG. — ¿Qué quiere decir *esfera oblicua*?

TEOD. —Cuando el horizonte coincide con el eje del mundo que va de polo á polo se llama *esfera recta*, y cuando el eje que se considera de un polo

á otro corta oblicuamente el horizonte se llama *esfera oblicua*. Aquí lo dibujo con lápiz (Fig. 36), y pongo los mismos círculos y las mismas letras.

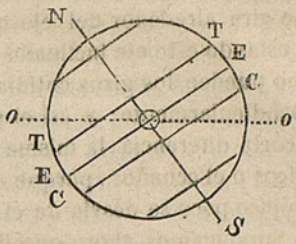


Fig. 36.

EUG. — Por lo que decís nosotros estamos en *esfera oblicua*.

TEOD. — Sí, porque el polo del norte se levanta del horizonte 38 grados, y otros tantos se baja el del sur (en Madrid 40).

EUG. — Y si estuviéramos allá en Oporto, v. g., ó en Galicia, aun nos estaria mas alto el norte, porque, como ya dijisteis, la altura del polo sobre el horizonte es igual á la latitud de cualquier pais; y así cuanto mas fuéremos caminando hácia el norte mayor *latitud tendremos*, y mayor altura de polo.

TEOD. — Así es.

SILV. — De ahí se infiere que los horizontes de los paises son diversos, y cada uno tiene el suyo.

TEOD. — Inferís bien, porque como la tierra es redonda, si de aquí caminamos hácia cualquiera parte hemos de descubrir parte del cielo que antes no veiamos, y tambien se nos ha de ocultar alguna de las que veiamos; y como el horizonte es el círculo que pasa alrededor por todas las estremidades del cielo que vemos, se sigue que mudando de tierra tambien mudamos de horizonte. Sentado esto, vamos

á esplicar la desigualdad de los dias respecto de las noches. Los círculos que el sol hace cada dia no cortan perpendicularmente nuestro horizonte, porque como gira alrededor del eje que pasa de norte á sur, estando este eje inclinado respecto del horizonte, no pueden los giros cotidianos del sol cortarle perpendicularmente; y así el giro de un dia tiene con corta diferencia la misma inclinacion que los trópicos ó el ecuador, porque cuando el sol está en el trópico poco se desvia de él en el espacio de un dia. Supongamos ahora que llegó S. Juan: estará el sol en T, que es el trópico de *Cancer*, y en ese dia casi no se aparta su giro del mismo trópico. ¿No veis cómo es mucho mayor la parte de ese círculo que se halla del horizonte arriba, que la que está del horizonte abajo?

EUG. — No hay cosa mas clara.

TEOD. — Ved aqui por qué en el verano tenemos los dias mayores que las noches. Al contrario, en invierno son mayores las noches que los dias, porque (como veis) el círculo del trópico de *Capricornio*, que es este CC por donde el sol anda cerca de Navidad, tiene mucho mayor porcion debajo del horizonte que encima. Pero cuando el sol está cerca del ecuador, que es á fines de marzo y de setiembre, son los dias iguales á las noches, porque (segun estais viendo) el ecuador siempre tiene la mitad debajo del horizonte, y la mitad encima; y de cualquier forma que imagineis el horizonte como siempre ha de pasar sensiblemente por el centro de la tierra, siempre ha de cortar al ecuador en dos partes iguales. Por eso cuando el sol llega á este círculo en

todas las partes del mundo en que hubiere dia y noche serán las noches iguales á los dias.

Eug. — ¡En todas las partes donde hubiere dia y noche! Ese modo de hablar supone que en alguna parte no hay noche ó dia.

Teod. — Así es, porque en las regiones junto á los polos del mundo en cada año hay un dia solo y una sola noche. Mirad, Eugenio: el sol nunca se aparta del ecuador mas de lo que distan los trópicos, que son 23 grados y medio: á los habitadores de los polos como tienen uno de ellos sobre la cabeza, viene á servirles el ecuador de horizonte; luego desde que el sol pasa del ecuador hácia el trópico del norte, los habitadores de ese polo ven al sol levantado sobre su horizonte, y que va andando alrededor; pero siempre subiendo hasta elevarse sobre el horizonte (que allí es lo mismo que el ecuador) 23 grados y medio. Apenas llega á esa altura, que es la del trópico, continua en andar alrededor; pero ya bajando hasta ocultarse debajo del horizonte, que es á 23 de setiembre, cuando pasa del ecuador al sur; y entonces empieza á dejarse ver de los habitantes del polo contrario, siendo entre tanto de noche para los del polo del norte.

Eug. — En vista de eso tienen esos habitadores seis meses de dia y seis de noche.

Teod. — Sí; pero como mientras el sol no se aparta 18 grados debajo del horizonte hay crepúsculo, viene á ser el dia mayor que de seis meses, porque dura la luz del crepúsculo algunos meses antes de llegar el sol á su horizonte, y algunos despues que se esconde debajo de él. Pero esto que tengo dicho se

entiende de los que se hallan absolutamente debajo de los polos (si acaso esas regiones estan habitadas); mas de los que estan entre nosotros y los polos, se dice á proporcion lo mismo, siendo mayores los dias en el verano á medida que ellos estuvieren mas cercanos al polo, y tambien al contrario mas cortos en el invierno. De lo que queda dicho se saca consecuencia para todas y cualesquiera regiones del mundo.

EUG. — En sabiendo yo la latitud ó distancia que cualquier pais tiene de la línea ya me puedo gobernar.

TEOD. — Ahora ya sabeis en qué consiste el verano y el invierno, la primavera y el otoño. Mientras el sol con su movimiento propio va desde el ecuador hasta el trópico del norte, que llaman de *Cáncer* (porque allí está la constelacion de ese nombre), decimos que es la primavera: empieza á 20 de marzo poco mas ó menos, y acaba en 21 de junio: cuando el sol está en el ecuador causa el *equinoccio*, como me parece que ya os dije, y cuando llega al trópico hace el *solsticio*. Llámase *solsticio* ó parada del sol, porque como en ese dia no se acerca el sol mas al polo, ni sensiblemente se aparta de él, parece que se para. El equinoccio es en el primer grado de *Aries*, y el solsticio en el primero de *Cancer*: ahí comienza el verano, que dura hasta 22 de setiembre con corta diferencia, en donde se forma el segundo equinoccio, que llaman del otoño, porque allí comienza esa estacion del año, y en ese dia toca el sol al ecuador en el primer punto de *Escorpion*, y dura el otoño hasta 21 de diciembre, que es

el solsticio de invierno, llegando entonces el sol al trópico del sur ó de *Capricornio*. Ya os dije la razon por qué contando los dias y horas que van del equinoccio de la primavera al del otoño se hallan nueve dias mas que entre el del otoño y el de la primavera siguiente.

EUG. — Lo que dijísteis fue que en invierno era menor la distancia entre el sol y la tierra, y que por la regla general de los planetas se movia mas apriesa para hacer á áreas iguales en iguales tiempos.

TEOD. — Eso es. Ahora quiero esplicaros algunas paradojas admirables que se demuestran por lo que queda dicho.

§. III.

De algunas paradojas admirables acerca de los dias y las horas.

SILV. — ¿Y qué paradojas son esas?

TEOD. — Yo las iré diciendo. La primera es que *en cualquier hora son todas las horas*. Ahora son las siete de la tarde aquí donde estamos, como lo testifica el reloj que tenemos enfrente; pues sabed que en este punto mismo son las ocho de la tarde, media noche, medio dia, las tres de la mañana etc.

EUG. — Eso será en relojes que anden desbaratados.

TEOD. — No por cierto; solo hablo de relojes que anden concertados y con el sol. Mirad: el sol es el que hace las horas con su movimiento: cuando está

á plomo sobre nosotros es aquí medio dia, y cuando estuviere á plomo sobre París, por ejemplo, es medio dia allá ; pero como nosotros estamos muy lejos de París, y tenemos diferente longitud, cuando el sol está á plomo sobre nosotros no puede estar á plomo sobre París ; y de este modo no puede ser medio dia en una parte cuando lo fuere en otra. Y como el sol viene con su movimiento diurno de oriente á poniente, primero pasa por las regiones que estan mas á levante ; y cuando pasa por nosotros ya ha pasado por París, y cuando acá fuere medio dia ya ha de ser allá la una de la tarde.

Eug. — ¿Y tenemos nosotros algun medio para saber seguramente qué horas serán en otras partes cuando acá fuere medio dia?

Teod. — Yo os diré el modo de saber eso respecto de cualquiera parte del mundo. Como el sol corre toda la tierra alrededor en 24 horas, viene á correr en cada una 15 grados. Esto supuesto, id al mapa, y ved cuánta diferencia hay de Lisboa á París en longitud (que es lo único que se debe atender para eso, porque es lo que basta para saber lo que un pais se halla mas á levante que otro) ; y si halláreis que difieren 15 grados, la diferencia es de una hora, si la diferencia fuere de 50 grados importa dos horas etc. Advertid que si el pais de que hablais estuviese al oriente de Lisboa, esto es, tuviere mayor longitud, la diferencia de tiempo en ella respecto de nosotros es de esceso ; y así cuando acá fuere medio dia en punto allá será la una ó las dos de la tarde, ó mas segun fuere la diferencia. Pero si el pais nos quedare á poniente, y la longitud fuere menor,

la diferencia del tiempo es de diminucion; y cuando acá fuere medio dia allá serán las once de la mañana, ó menos segun la diferencia de la longitud. Sentado esto, ya veis que tengo razon en deciros *ahora son todas las horas*: en las regiones que distan de nosotros hácia levante 15 grados, siendo ahora aquí las siete de la tarde, serán las ocho: si distaren 60 grados serán las once de la noche; si 90 grados será la una despues de media noche etc.

SILV. — No es menester mas; eso es manifiesto.

TEOD. — Pasemos á otra paradoja: *de dos hombres que nazcan juntamente y mueran á un tiempo puede el uno ser mas viejo que el otro.*

SILV. — Eso es imposible: ahí hay equivocacion.

TEOD. — No dudo que la haya ó de mi parte ó de la vuestra. Dejadme esplicar el punto. Ser un hombre mas viejo es tener mayor número de dias en el espacio de la vida. Tambien es cierto que un dia es el intervalo de tiempo que va de media noche á media noche, ó de medio dia á medio dia: creo que ninguno de vosotros dudará de esto.

SILV. — Ninguno.

TEOD. — Suponed que aquí naciesen dos hermanos mellizos, y que el uno siempre estuviese en casa de sus padres; pero que el otro, pasado algun tiempo, se ponia en camino para el oriente. Ya dije que los paises que estan 15 grados mas á levante que Lisboa difieren en el tiempo una hora de nosotros, y que siendo acá las siete allá son las ocho; por consiguiente si la region solo tuviere hácia levante un grado mas que la nuestra; diferirá en el

tiempo cuatro minutos. Supongamos, pues, que nuestro caminante avanza cada dia un grado, que son 18 leguas portuguesas : cuando aquí fuere media noche, allá en el pais donde él pernoctare al fin del primer dia de jornada serán cuatro minutos sobre la media noche, y en el segundo dia pernoctará en tierra, donde la media noche de Lisboa corresponda á ocho minutos despues de ella. De este modo, teniendo el hombre andados 15 grados, cuando acá fuese media noche en esa region seria la una despues de la media noche; y en habiendo el hombre corrido toda la tierra alrededor y vuelto á Lisboa, como en cada 15 grados contaba una hora mas, en 360 grados ha de contar 24 horas ó un dia mas, y ya le tenemos mas viejo que su hermano mellizo que quedó en casa.

Eug. — Eso no tiene respuesta : ¿ y si él hiciese viage hácia poniente, y viniese á salir acá por el oriente ?

Teod. — Habia de suceder lo mismo, mas con la diferencia de que las horas serian de menos y habia de contar 24 horas menos en toda la jornada, pues el primer dia cuando acá fuese media noche, allá aun le habian de faltar cuatro minutos.

Silv. — Supuesta una cosa, se sigue la otra : si acaso los dos hermanos hiciesen viaje, partiendo uno hácia levante y otro hácia poniente, y despues de dar vuelta á la tierra se volviesen á juntar en Lisboa, llevaria el uno al otro dos dias de ventaja.

Teod. — Decís bien, porque el que fuese hácia el

oriente en llegando á Lisboa contaria un dia mas que nosotros los que habíamos quedado acá; y el otro que habia ido hácia el poniente contaria al volver un dia menos que nosotros, y por buena cuenta dos dias menos que su hermano. Y tenemos que muriendo ambos á un tiempo seria el uno dos dias mas viejo que el otro.

EUG. — Causa dificultad el creerlo: pero es preciso confesar que es así.

TEOD. — Otra paradoja se forma, que todavía os ha de parecer mas imposible, y viene á ser: *Puede un hombre andar muy despacio 100 leguas sin que al fin de la jornada cuente una hora mas que al principio.*

SILV. — ¿Cómo es eso? Esplicaos.

TEOD. — Así lo haré. Si un hombre saliere de aquí de Lisboa cuando es medio dia en punto, y corriere hácia el poniente tan apriesa que avance 15 grados en una hora, hallará que entonces es medio dia en aquel pais, porque entonces se halla el sol sobre su meridiano. ¿No es esto así?

SILV. — No tiene duda, supuesto lo que queda dicho.

TEOD. — Y si diere otra carrera como la primera, cuando acá fueren las dos de la tarde habrá corrido él 30 grados, y será allí entonces medio dia. Como corre tan apriesa que va acompañando al sol, siempre lo llevará sobre sí, y por donde fuere pasando el sol, y el hombre que le va acompañando acá por debajo, siempre irá siendo medio dia, aunque acá en Lisboa vayamos contando horas sucesivamente. De este modo correria el hombre la tierra en 24 horas, y volve-

ria á Lisboa, contando siempre las doce por donde quiera que pasase, porque siempre traeria al sol sobre su cabeza á plomo; y de este modo no podria contar ni una hora de mas en su propia edad en todo el espacio que duró la jornada.

SILV. — Como ese es un caso metafísico, y el hombre no puede correr toda la tierra en 24 horas, no me canso en apurarlo.

TEOD. — Y si yo os hiciere el caso posible y facil ¿qué me direis?

SILV. — ¡Facil! ¿y cómo?

TEOD. — La tierra es sensiblemente redonda, y todos los meridianos se tiran de un polo á otro, como veis en los *globos terrestres*, y cuanto mas distan de los polos mas se abren esos círculos ó meridianos entre sí. Si estando en el ecuador quisiéreis atravesar en 24 horas todos los meridianos que hay, es preciso correr ese círculo, que es muy grande; pero si estando una legua distante de cualquiera de los polos formáreis un círculo alrededor de él, este círculo tendrá dos leguas de diámetro y seis de circunferencia, y atravesará todos los meridianos de la tierra que allí se hallan muy cerca unos de otros, cuando acá en el ecuador estan muy distantes. Siendo esto así, el hombre que en 24 horas corriese las seis leguas de ese círculo ya podria ir acompañando el movimiento diurno del sol, de manera que siempre fuese cortando con los pies el mismo meridiano á que el sol iba correspondiendo, y seria para el hombre siempre medio dia. Y como podria continuar en este giro muchos dias, nunca contaria una hora mas de lo que contó cuando comenzó el viaje.

Ved aquí cómo se verifica aquella paradoja que parecia imposible. Pero vamos á cosas mas serias, que esto basta para que podais resolver otras cuestiones igualmente curiosas. Ahora quiero esplicaros el dia, el año y las estaciones del tiempo en el sistema copernicano.

§ IV.

Esplícase el dia, el año y sus estaciones en el sistema copernicano.

SILV. — Ya dijísteis que estando el sol fijo, moviéndose la tierra sobre su eje en 24 horas, cuando empezábamos á ver el sol era el principio de la mañana, cuando pasábamos por enfrente de él era medio dia, y cuando íbamos dando vuelta, de suerte que le perdíamos de vista, era lo que llamamos *sol puesto*, y entonces comenzaba la noche, la cual duraba hasta que acabando la tierra de dar una vuelta volviamos á ver el sol.

EUG. — Eso bien se entiende : vamos á lo demas.

TEOD. — Lo que tiene mas que esplicar es el verano y el invierno. Para que me entendais habeis de suponer (Fig. 37) que esta mesa redonda, que nos sirve para el chá, es el círculo de la eclíptica, esto es, la órbita que la tierra describe alrededor del sol : considerad al sol casi en el centro de la mesa, y que la tierra anda por la orilla alrededor con su movimiento anuo ademas del que tiene en 24 horas so-

bre su propio eje. Este eje *sn*, que se imagina pasar

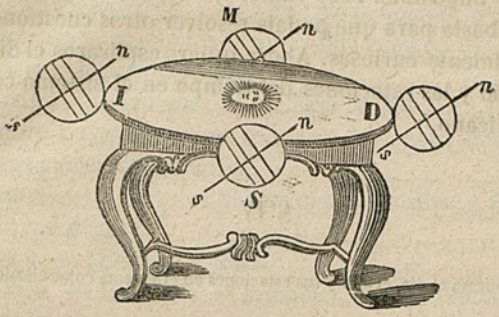


Fig. 37.

de polo á polo en el globo de la tierra, es una línea que puede tener varias inclinaciones respecto del plano de la eclíptica. Suponed que esta manzana es el globo de la tierra, que este palito *sn* con que le atravieso de parte á parte es el eje del mundo que va de norte á sur : para mayor semejanza quiero hacer en la manzana tres rayas alrededor, que siendo perpendiculares al eje representen el ecuador y los dos trópicos, y le asemejen á la tierra. Yo puedo poner la manzana de suerte que el palito ó eje *sn* esté á plomo sobre la mesa; pero entonces no imito bien la postura de la tierra respecto del círculo de la eclíptica ; para eso debe ser así : norte *n* hácia arriba, y sur *s* hácia abajo ; pero oblicuamente con inclinacion de 66 grados y medio. En esta postura se conserva la tierra en toda la vuelta que da ; de suerte que la punta del palito ó eje que representa el norte *n* ha de mirar hácia aquella ventana, ya

esté la tierra en M, ya aquí en D, ya en este lugar S, ya en este otro I. Ved aquí lo que llaman *paralelismo del eje de la tierra.* Quieren decir con estas palabras que el eje de la tierra, en cualquier parte del año que ella esté, siempre se conserva en postura paralela á la que tiene en los demas tiempos: de aquí nacen el verano y el invierno; porque cuando la tierra estuviere aquí en I, que corresponde á junio, el polo del norte *n* se halla vuelto mas hácia el sol que el polo contrario, y nos parece á nosotros que el sol se acercó mas al norte; y por eso en el círculo que la tierra hace en 24 horas, las ciudades que se hallan de la línea para el norte andan mas tiempo á la vista del sol que retiradas de él; y ved aquí por qué el dia es mayor que la noche. Por el contrario, cuando la tierra se pusiere aquí en D, que corresponde á diciembre, el polo del sur *s* está mas vuelto hácia el sol, y el del norte *n* mas desviado; y los habitadores de ese hemisferio del norte, cuando dieren vuelta con la tierra alrededor de su eje, mas tiempo han de estar á oscuras que á la vista del sol, con que tendrán las noches mayores que los dias, y será invierno.

Eug. — ¿Y cómo formais la primavera y el otoño?

Teod. — Suponed que la tierra está aquí en S, donde corresponde á setiembre; el plano de su ecuador continuado va á dar al sol, esto es, que el sol se halla frente por frente del ecuador; de suerte que tanto alumbra un polo como otro: en esta situacion el habitador de la tierra mirando el sol pensará que se mueve por encima del ecuador, y el habitador

que se mueve con la tierra solo andará 12 horas á vista del sol, y otras 12 retirado de él, y entonces es el dia igual á la noche.

SILV. — Ya lo comprendo. La diferencia entre el sistema copernicano y el ticónico solo está en que uno dice que el movimiento del sol de trópico á trópico es verdadero y real, y segun este movimiento se esplican bien el verano y el invierno, y la igualdad ó la desigualdad de los dias; pero en el otro sistema ó *hipótesis* este movimiento del sol en él solo es aparente y real en la tierra; pero como respecto de nosotros es como si fuera verdadero en el sol, deben suceder los mismos efectos, bien sea solo aparente ó bien verdadero.

TEOD. — Decís bien: el sol, respecto de nosotros, siempre corresponde unas veces á un trópico, otras á otro, otras al ecuador, ya sea porque verdaderamente se mueve por la eclíptica que va de trópico á trópico, y como suponen los copernicanos, porque la tierra con el movimiento anuo unas veces vuelve el ecuador hácia el sol, otras un trópico, y otras el otro.

EUG. — Estoy enterado.

§ V.

Del año grande formado por el movimiento periódico de las estrellas en el sistema copernicano.

TEOD. — Resta esplicar el año grande ó platónico, esto es, el periodo propio del movimiento de

las estrellas. Ya dije que las estrellas fijas se llaman así porque no tienen movimiento propio y perceptible por diferentes lugares del cielo, así como lo tienen los planetas y los cometas, apareciendo hoy en un sitio del cielo, y mañana en otro diferente, y por esta razon se llaman fijas. Pero los astrónomos observan, como ya dije, que tambien tienen su movimiento propio alrededor del eje de la eclíptica, que gastan en él 25,920 años, y que es de poniente á levante. En prueba de este movimiento se observa una cosa digna de reparo. En el tiempo de Hiparco el punto del crucero que habia entre la eclíptica y el ecuador correspondia al punto que igualmente distaba de la constelacion de *Aries* y de la de *Piscis*; de suerte que el último punto de Piscis ó el primero de Aries era el crucero de la eclíptica con el ecuador. Ahora se observa que muchas estrellas de *Piscis* ya atravesaron el ecuador, y todas las demas estrellas de *Piscis* y las de *Acuario*, y despues las de *Capricornio*, irán pasando por el ecuador, y así todas las demas que forman la eclíptica, hasta que pasados 25,920 años volverá á correr al ecuador el primer punto de Aries. Ahora, pues, este movimiento en el sistema ticónico es verdadero; pero en el sistema é hipótesis copernicana es solo aparente; y yo os diré el modo de esplicarlo (dejadme diseñar esta figura). Supongamos que esta mesa (Fig. 58) es el plano de la eclíptica por donde la tierra anda sobre el sol, que está en el medio: levantemos un alambre alto EI, que represente el eje de la eclíptica elevado perpendicularmente sobre ella, y el polo E igualmente distante de todas

sus partes. Pongamos á la tierra aquí en M con el eje del norte N á sur S inclinado al plano de la eclíptica como he dicho. Imaginemos una línea *pq* paralela al eje de la eclíptica que atraviese la tierra por el centro. Puesto esto habeis de saber que aunque yo he dicho poco há que el eje de la tierra NS en cualquiera parte que la tierra estuviese siempre quedaba paralelo á sí mismo; sin embargo, eso no es así hablando en todo el rigor matemático, alguna diferencia hay, bien que muy corta; de suerte que si en este año cuando fue el solsticicio de verano, y se hallaba la tierra en M, la punta del eje N estaba en *a*, para el año que viene ya habrá andado esa punta un poco hácia el lado, y estará en *e*, y al otro año en *i*, despues en *o*, etc. Al mismo tiempo la otra estremidad del eje S hará el mismo movimiento, pero encontrado, siguiendo los números que aquí escribo 1, 2, 3, 4, etc. Pero este movimiento es tan lento que las estremidades del eje no acabarán un círculo alrededor de la línea de puntos *pq* sino al cabo de 25,920 años. Este movimien-

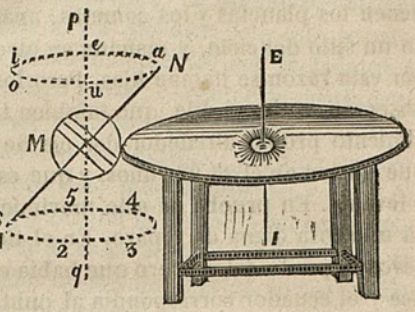


Fig. 38.

to de las estremidades del eje de la tierra es contra el orden de los signos; esto es, de oriente á poniente. Advertid tambien que supuesta la inclinacion del eje de la tierra respecto del plano de la eclíptica, que como he dicho es de 66 grados y medio, este mismo eje NS hace con la línea de puntos *pq* un ángulo de 23 grados y medio, que es cabalmente lo que va desde el polo del norte en el cielo hasta el círculo polar, y en este círculo es donde terminan, segun ya dije, los polos de la eclíptica; por consiguiente tenemos que este círculo de puntos *aeiou*, que el eje de la tierra describe, corresponde allá en el cielo á un círculo semejante al círculo polar. Ahora pues del movimiento del eje de la tierra, que en este sistema es real, nace otro movimiento en las estrellas engañoso y aparente, porque como la línea *pq* es paralela á EI, sus estremidades allá en el cielo distan entre sí tanto como acá en el plano de la eclíptica: esta distancia pues (que es la del sol á la tierra) en una altura tan desmesurada desaparece, y es como un punto; por cuya razon si la estremidad de la línea EI corresponde allá en el cielo al polo de la eclíptica, tambien la estremidad de la línea *pq* corresponde sensiblemente al mismo punto. Supuesto todo esto, cuando el eje de la tierra NS se mueve alrededor de la línea *pq*, y la estremidad N hace un círculo, que allá en el cielo corresponde á otro formado alrededor de *p* polo de la eclíptica, los hombres que se mueven con la tierra juzgan erradamente que ese polo de la eclíptica *p* es el que describe un círculo en contrario alrededor del punto N, al cual cor-

responde en el cielo el polo de la tierra. Por eso dicen que los polos de la eclíptica *pq* en 25,920 años corren todo el círculo polar alrededor de los polos; pero se engañan (dicen los copernicanos), porque el polo de la eclíptica es fijo, y el polo del norte N es el que se mueve alrededor de él. Tambien de aquí nace otra halucinacion; y es, que yendo la estremidad del eje de la tierra N corriendo sucesivamente todas las estrellas, que á la distancia de 25 grados y medio estan en contorno del polo de la eclíptica, pensamos nosotros que las estrellas son las que se mueven alrededor de su polo *p* para venir acercándose al polo del norte N, lo cual es error, por cuanto el polo del norte es el que va visitando y corriendo todas esas estrellas, que en realidad estan inmobles, como no sea cierto lo que opina Herschell. Ya de aquí veis como á las estrellas que distan del polo de la eclíptica 23 grados y medio damos equivocadamente movimiento alrededor de ese polo; y como todas las demas conservan con estas el mismo orden, disposicion y distancia, á todas atribuimos el mismo movimiento alrededor de sus polos; pero el discurso es errado. Del mismo modo nos parece que las estrellas de la eclíptica con su propio movimiento alrededor de su eje van pasando sucesivamente por el ecuador que les está inclinado: tambien esto es engaño, porque moviéndose el eje de la tierra, tambien el ecuador que siempre hace ángulo recto con él se ha de mover; y el ecuador con su movimiento es el que va cortando la eclíptica en diferentes puntos. Ultimamente, de este movimiento del ecuador proviene otro efec-

to, que llaman *anticipacion de los equinoccios*. De suerte que sí estando la tierra en un punto determinado de su órbita hizo allí el equinoccio verno, en rigor no habia de volver á hacer ese equinoccio sino despues de haber hecho una revolucion entera, cuando volviese á llegar á ese mismo punto; pero en realidad sucede el equinoccio algun tiempo antes de llegar la tierra á ese lugar.

EUG. — ¿Y por qué motivo es eso?

TEOD. — El equinoccio sucede cuando una línea tirada de parte á parte del ecuador va á parar al sol. Si el eje de la tierra conservara siempre el paralelismo á sí mismo, en ese caso solo cuando llegase á acabar del todo la órbita anua miraria el ecuador derecho al sol; pero como él entre tanto se torció hácia el lado, tambien dió inclinacion al ecuador; y por eso algun tiempo antes de llegar al fin de la órbita ya el ecuador mira derecho al sol, y tenemos en la tierra equinoccio antes de tiempo; pero esta anticipacion vale lo que importa un año partido por 25,920, que serán poco mas de tres minutos y 23 segundos si no me engaño. Bien me hago cargo de que el tratar de esto pertenecia á otra parte cuando os espliqué el movimiento de la tierra; pero ahora se me hizo mas facil su esplicacion despues de haberos esplicado el paralelismo del eje de la tierra.

EUG. — Ya os tengo encargado que guardeis aquel orden que viéreis que es mas conducente para mi mas facil inteligencia.

§ VI.

De la causa de las mareas.

TEOD. — Como he determinado tratar esta tarde de los efectos que nacen de la postura que la tierra tiene respecto de los astros, debo necesariamente esplicar los efectos que el sol y la luna causan en ella, y aquí entran las mareas. Dáse el nombre de *mareas* á la alternativa estension y retirada del agua del mar en las orillas. La esperiencia enseña á todos que en el espacio de casi 25 horas sube el agua del mar dos veces á determinada altura, y otras dos baja : llaman *marea llena* ó *pleamar* cuando está en la mayor altura, y *marea vacía* ó *baja mar* cuando baja al último punto. Todos convienen en que este efecto proviene de la luna, porque sigue sus movimientos : la dificultad consiste en mostrar de qué modo puede la luna hacer subir ó bajar las aguas del mar. Algunos dijeron que era por una especie de fermentacion ó hervor que la luna causaba en las aguas del mar, porque despedia de sí ciertos efluvios, que hallando el agua mezclada con sal y betun la hacia fermentar, en cuya fermentacion forzosamente habia de crecer el volumen, y este es en lo que consistian las mareas.

EUG. — Esa esplicacion no me parece mala.

TEOD. — Muchos filósofos la siguen ; pero yo no puedo persuadirme á que sea verdadera ; primera-

mente, porque, como ya os he dicho, no hay fundamento bastante para admitir esta copia casi infinita de efluvios de la luna. Fuera de eso, la luna no puede enviar esos efluvios á los dos hemisferios de agua que se hallan á plomo debajo de ella. Dejadme formar con el lápiz una figura, porque ha de ser precisa (Fig. 59). Esta bola superior L representa la luna, y la inferior T la tierra. Habeis de saber que en estos dos lugares *pp* hay marea llena, porque se hallan á plomo debajo de la luna: la marea que mira á la luna se llama *primaria*, y la que corresponde en la haz opuesta se llama *secundaria*; pero en los puntos B*b* hay bajamar; y como la luna va dando vuelta alrededor de la tierra, puntualmente va la marea llena corriendo la superficie de esta; y si ahora aquí en el Tajo es marea llena ó pleamar, porque tenemos la luna sobre nosotros, cuando ella estuviere en el horizonte *b*, entonces será marea llena en B*b*, y marea vacía en *pp*. Pero volveremos á tener marea llena cuando la luna estuviere á plomo debajo de nosotros, y otra vez marea vacía cuando viniere saliendo por el otro horizonte B. Supuesto esto que la esperiencia enseña, bien se ve que las

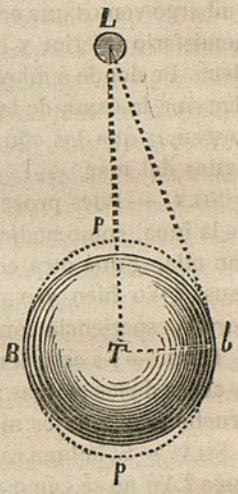


Fig. 59.

mareas no pueden proceder de efluvios de la luna que causen alguna fermentacion en las aguas del mar; porque ¿cómo nos podrán persuadir que estos efluvios atraviesan toda la tierra por el medio para venir á causar la fermentacion ó marea acá en el hemisferio inferior? A la verdad con mas motivo recibiria los efluvios el agua que está á los lados, v. g. en B*b*, que la inferior que tenemos en *p*, y sin embargo vemos que en B*b* hay baja mar, y acá en el hemisferio inferior y opuesto á la luna hay marea llena. De donde á mi entender evidentemente se colige que la causa de las mareas no es alguna efervescencia que los efluvios de la luna causen en las aguas del mar.

SILV. — Pues procediendo las mareas del influjo de la luna, como nadie niega, pues se ve que andan con ella, ¿qué otra cosa se puede decir sobre su causa? Yo bien veo que esa dificultad es grande; pero la esperiencia convence.

TEOD. — La esperiencia solo muestra que la luna es causa de las mareas; pero no hay esperiencia que pruebe esos influjos ni efluvios.

SILV. — Si la luna causa las mareas ¿cómo no influye? Yo no sé cómo sin esos influjos pueda hacer acá en las aguas efecto alguno.

TEOD.— Descartes lo esplicó de un modo bastante ingenioso, bien que en mi juicio falso. Dice que alrededor de la tierra gira en un perpetuo vórtice un rápido é inmenso torrente de materia sutil: esta materia cuando hallare el paso mas estrecho; es forzoso que forcejee contra los obstáculos que por una y otra parte le estrechan el camino. Estando la luna á plo-

mo sobre nosotros ocupa con su volumen grande espacio, y ya el torrente de materia que quiere pasar por entre ella y la tierra halla el camino mas estrecho, y oprime las aguas del mar; pero ellas oprimidas en el mar grande que se halla á plomo debajo de la luna, precisamente han de estenderse hácia las orillas, y eso es lo que llaman pleamar. Al mismo tiempo con la fuerza que hace ese torrente de materia debe desviar un poco á la tierra de su sitio, y así se acortará la distancia entre ella y la órbita de la luna por la parte de abajo; y por eso al pasar por debajo el torrente de materia sutil tambien hallará el camino estrecho, y las aguas oprimidas tambien crecerán y rebosarán hácia los lados, formando en esos sitios otra *marea llena* correspondiente á la que se halla en la parte vuelta á la luna. Al contrario, en pasando la luna de ese lugar que tenia sobre nosotros, y bajando hasta el horizonte, ya las aguas del mar quedan libres de su opresion, y las que habian subido por las playas decaen y vuelven á ocupar su lugar antiguo, siendo entonces marea vacía.

Eug. — Ved ahí, Silvio, una esplicacion bastante ingeniosa con que se entiende cómo la luna causa las mareas sin haber influjo alguno.

Silv. — Yo no admito esos vórtices ó remolinos de materia sutil.

Teod. — Ni yo tampoco; por eso no sigo este sistema, bien que lo reconozco ingenioso. Fuera de que, aun admitidos esos remolinos ó turbillones, me parece que no podrian causar las mareas: primeramente, porque ellos llevan consigo á la luna, ha-

ciéndola girar alrededor de la tierra, así como las aguas de un arroyo arrastran un barco; y siendo esto así, no puede la luna estrechar el camino por donde haya de pasar esa materia. Ademas de que solo siendo la órbita de la luna una bóveda sólida é impenetrable, y que la materia sutil hubiese de pasar forzosamente por debajo de ella, podria encontrar mas estrecho el camino entre la luna y la tierra; pero esto bien veis que es falso. Mas: aun en ese caso mas facil le seria á la materia sutil traspasar las aguas, que oprimirlas de forma que las hiciese subir á las playas, y apartar de su sitio toda la tierra en peso, para que quedase mas estrecho el camino entre ella y la órbita de la luna por la parte inferior. En fin, se demuestra evidentemente que es falso el que las aguas se bajen, porque pasando la luna á plomo sobre muchas playas que se hallan en la zona tórrida, jamas hasta ahora se observó que las aguas se bajasen, antes se conoce que constantemente suben al pasar la luna encima.

SILV. — Yo no soy cartesiano, y así no me importa desatar esas dificultades. Pero decidme lo que vos sentís en este particular.

TEOD. — Yo como *tesis* no siento nada, esto es, no digo que las cosas son de este ni de aquel modo; pero como *hipótesis* ó suposicion me agrada la sentencia de los newtonianos. Su sistema es este. Ya sabeis que admiten una mutua y general gravedad ó atraccion entre la tierra y los planetas: tambien habeis visto que esta atraccion es mayor cuando los cuerpos estan mas cercanos, de suerte que crece, segun ya os dije, en razon inversa de los cuadrados

de la distancia. Ahora vamos á la misma (Fig. 59) que os he mostrado poco há. En esta línea, que desde la luna atraviesa la tierra, notad tres puntos *p*, T,*p*; esto es, el centro de la tierra, el punto de la superficie superior mas cercano á la luna, y el punto del hemisferio inferior mas distante de ella. Como estos tres puntos tienen muy diversa distancia de la luna, tambien ha de ser muy diversa la fuerza con que la luna los atrae, pues crece la fuerza de la atraccion á proporcion que se disminuyen los cuadrados de las distancias; y así se sabe que si en el punto *p* mas cercano á la luna vale la atraccion 3721, en el centro T valdrá 3600, y en el último punto *p* solamente 3481, porque esta es la razon que hay entre los cuadrados de las diferentes distancias de la luna. En esto fácilmente convendreis supuesto lo que queda dicho en los dias pasados. Ahora pues, atrayendo la luna estos tres puntos puestos en una línea recta, pero el primero mas fuertemente que el segundo, y el segundo con mas fuerza que el tercero, precisamente los ha de separar entre sí, á no ser que esten presos unos con otros. Pero las aguas no estan atadas, y por eso las que se hallan mas cerca de la luna suben mas, alejándose del centro de la tierra, y eso es *marea llena*; y como por la misma razon la luna atrae el centro de la tierra mas que á las aguas inferiores que estan en *p*, tambien separa mas de esas aguas el centro de la tierra, ó á ellas de él; y quedando ahí mas distantes de tal centro, estan mas altas, y es otra *marea llena*. Ved aquí como siempre hay *pleamar*, no solo en la superficie superior, sino tambien en la inferior, en

aquellos lugares que corresponden á la luna por línea recta. Pero en los otros parages como no hay causa que haga subir las aguas es *bajamar*. Decidme que os parece de este sistema.

Eug. — No puedo dejar de decir que lo hallo muy ingenioso.

Teod. — Pero tiene contra sí una dificultad en la marea inferior, que es la que en todos los sistemas cuesta mas trabajo esplicar; y es, que las aguas inferiores, segun este sistema, se hallan atraidas por dos causas, una es la luna, otra el centro de la tierra con la atraccion que llamamos peso de las aguas. De suerte, que aun en el caso de que la luna de ningun modo atrajese las aguas inferiores, siempre estas seguirian al centro de la tierra á cualquier parte que él fuese arrebatado ó atraido, del mismo modo que si se tira de un navío trayéndole á remolque el esquife ó bote que viene atado al navío con un cable le seguirá por todas partes, aunque inmediatamente no tiren por él. De esta misma manera, como el centro de la tierra atrae todas las aguas que bañan su superficie alrededor, aunque la luna no atrajese de ningun modo las aguas inferiores *p*, una vez que atrajese el centro de la tierra, las aguas inferiores le seguirian tan de cerca como si él estuviese inmovil, así como el bote sigue al navío á una misma distancia, ya tiran de él, ya le dejen estar quieto. Por la parte de arriba la atraccion de la luna obra contra la atraccion del centro de la tierra: la atraccion de la tierra impele las aguas hácia abajo, la de la luna hácia arriba; y de aquí resulta el que se minore la gravedad de las aguas, y que suban separándose al-

gun tanto del centro de la tierra. Pero en el hemisferio opuesto á la luna concurren la atraccion del centro de la tierra y la de la luna á impeler las aguas hácia una misma parte, y parece que entonces debia ser allí la marea vacía. Si la luna no atrajera esas aguas inferiores *p*, ellas en virtud de la atraccion de la tierra ó peso propio se conservarian á la misma distancia del centro que tendrian si no hubiese luna, la cual seria la misma que en los lados por virtud del equilibrio de los líquidos. Pero como en realidad tambien llega á las aguas inferiores la atraccion de la luna, aunque menor que la del centro, siempre debe causar algun efecto, y mover las aguas hácia esa parte; luego se hallarán estas mas bajas que en los lados B*b* y tendremos una gran *bajamar*. Todavía quiero poner esto en términos mas claros. Supongamos que la atraccion de la tierra respecto de las aguas de su superficie alrededor vale 100: si no hubiera luna, siendo en toda la redondez de la tierra igual esta atraccion, quedarian las aguas equilibradas en toda la superficie; esto es, á una misma distancia del centro (prescindamos del movimiento diurno de la tierra, que los newtonianos suponen). Pongamos ahora á la luna perpendicularmente sobre P, é imaginemos que su atraccion en el centro T vale 10: en el punto superior P valdrá 11, y en el inferior *p* 9. Sentado esto, las aguas en P esperimentan la atraccion como 100 que las impele hácia el centro, y atraccion como 11 que las tira hácia arriba; de que se sigue que quedarán mas separadas del centro como si su peso ó atraccion solo valiera 89 grados; pues es cosa sabida que cuando

un mismo cuerpo esperimenta atraccion hácia partes opuestas, la menor se rebaja de la mayor, y descontando 11, que es lo que vale la atraccion de la luna, de 100 que es la atraccion de la tierra, restan 89. Vamos ahora al hemisferio opuesto. En *p* tienen las aguas fuerza como 100, con que son atraidas hácia el centro de la tierra; y ademas de eso tienen atraccion como 9 con que son atraidas hácia la luna, y como la luna y el centro de la tierra corresponden á una misma parte, se junta una fuerza á otra, y deben moverse las aguas como si por una sola causa fuesen atraidas con 109 grados de fuerza. De este modo resultan las aguas en la parte de arriba atraidas hácia el centro de la tierra con 89, en los lados B *b* con 100, y en la parte de abajo con 109; y de aquí se sigue que en P habrá *marea llena*, en B*b* *marea vacia*, y en *p* una marea mucho mas baja, á causa de que aquí se acercarán las aguas con mucha mayor fuerza al centro de la tierra.

SILV. — Supuesto eso, ¿cómo decís que hallais ese sistema ingenioso?

TEOD. — No me retracto: y á esta dificultad se responde admirablemente, y queda el sistema en pie, debiéndose la respuesta á nuestro gran Benito de Moira Portugal. Ya sabeis que la tierra y la luna giran en 27 dias y medio alrededor del centro comun que se halla entre ambas, como ya os dije hablando del modo de pesar la luna.

EUG. — Bien me acuerdo. Ved aquí las figuras (Fig. 32) que entonces hicisteeis para esplicarme ese punto.

TEOD. — De las mismas me serviré ahora. Va-

mos á esta (Fig. 55). Aquí veis que en el mismo tiempo en que la luna L hace un giro grande alrededor del centro comun C, la tierra T hace un giro pequeño alrededor del mismo centro comun. Esto es cierto. Tambien es cierto que todo cuerpo que se mueve en giro alrededor de algun centro tiene fuerza centrífuga, y todas las partes de ese cuerpo forcejean por apartarse del centro alrededor del cual se revuelven. De aquí se sigue por consecuencia legítima que todas las aguas que rodean la superficie de la tierra han de huir del centro comun C, que es lo mismo que alejarse de la luna. En el centro de la tierra, comparando la fuerza centrífuga respecto del centro comun C con la fuerza de la atraccion hácia la luna L, se hallan puntualmente estas dos fuerzas en equilibrio; por cuya razon ni el centro de la tierra se aparta mas de la luna, ni se acerca mas á ella. Pero en el punto *i*, que es la superficie de la tierra mas cercana á la luna, es mayor la atraccion que en el centro, y por eso escede á la fuerza centrífuga de las aguas, y las tira hácia la luna haciendo marea llena; por el contrario, en el punto *a* del hemisferio opuesto á la luna la fuerza de la atraccion de la luna es menor que el centro por estar mas distante; luego ha de ser menor que la fuerza centrífuga de las aguas, y de este modo huirán las aguas del centro comun, y eso es apartarse tambien del centro de la tierra que les halla de la misma parte, y habrá otra marea llena. Supuesto todo esto, se desvanece la dificultad que poco há os dije; porque si en el hemisferio opuesto á la luna no hubiese alguna atraccion de esta, la fuer-

za centrífuga de las aguas respecto del centro comun las haria apartarse mucho del centro de la tierra, y formar una marea muy grande; pero como la atraccion de la luna llega allá, detiene el agua, y hace una marea mas pequeña.

EUG. — Dejadme ver si lo entiendo: aquí hay dos fuerzas siempre encontradas, una que siempre empuja hácia la luna, otra que siempre impele hácia afuera del centro comun; esto es, hácia la parte opuesta á la luna. En el centro de la tierra estas dos fuerzas estan en equilibrio, y por eso este centro no se acerca mas ni se aleja de la luna, porque las dos fuerzas son iguales; pero en la superficie de la tierra próxima á la luna crece la atraccion, y venciendo á la fuerza centrífuga, hace marea llena empujando las aguas hácia la luna: por el contrario, en la haz opuesta de la tierra, como es mas debil la atraccion que en el centro, prevalece la fuerza centrífuga, y las aguas huyen del centro comun, formando segunda *pleamar*.

TEOD. — Veo que me habeis entendido perfectamente. Ahora quiero añadir otra circunstancia muy digna de notar. Este centro comun, como dista de los dos cuerpos en razon inversa de sus pesos, debe estar 59 veces mas cerca del centro de la tierra que del de la luna; lo cual me mueve á creer que dista del centro de la tierra semidiámetro y medio ó 1546 leguas y media: el movimiento de la tierra alrededor de este centro en un mes lunar es de 4860 leguas, y esto da muy poca fuerza centrífuga á las aguas para hacer marea perceptible; pero debemos advertir que si esta fuerza fuera mucho mayor, se anega-

ria el mundo con cada marea llena; por cuanto la marea llena que se hace en el hemisferio vuelto hácia la luna, no solo es efecto de la atraccion de la luna sobre ese lugar *i*, sino tambien principalmente de la atraccion de la luna en los costados de la tierra *bb*, (Fig. 33). Tambien se debe esta advertencia á nuestro Benito Moira Portugal. Bien es verdad que la atraccion de la luna es mas fuerte en el lugar *i* que le está perpendicularmente; pero siendo ahí mas fuerte, no puede mover tanto las aguas, porque contra esa atraccion obra diametralmente su gravedad ó la atraccion del centro de la tierra; mas en los lados *bb* la atraccion de la luna no obstante ser mas flaca puede mover mucho las aguas, porque la línea de dicha atraccion no es contraria á la direccion de la gravedad de las aguas ó atraccion del centro. El peso de las aguas las impele hácia el centro de la tierra por la línea *b*T: la atraccion de la luna es por la línea *b*L; y como á la atraccion de la luna no la embaraza la gravedad de las aguas, las mueve mucho, haciéndolas rodar por la superficie de la tierra. Haciendo, pues, las aguas empuje de un lado y otro, vienen de una y otra parte juntándose hácia el medio, y forman un cúmulo de agua muy grande, y una marea mucho mayor de la que haria la atraccion sola de la luna sobre esa agua *i*, si no viniese de los lados otra cantidad de aguas que la aumentasen.

Eug. — Ya percibo como la atraccion de la luna en los lados de la tierra *bb* conduce para la marea llena en *i*; pero en la parte opuesta, ¿cómo se forma la marea?

TEOD. — Tambien debe atribuirse no solo á la fuerza centrífuga de esas aguas en *a* que vence la fuerza de la atraccion, sino que tambien concurren para esa marea las aguas de los costados *bb*, que á causa de la fuerza centrífuga intentan apartarse del centro comun C por las líneas *bm*, *bn*; pero como el centro de la tierra las tira por la línea *b*T, obedecen las aguas á ambas fuerzas, rodando por la superficie de la tierra; y acudiendo de una y otra parte van á juntarse en el punto *a*, formando segunda *pleamar*. Aquí teneis la causa de las mareas llenas; y de lo mismo se colige que en *bb* ha de haber una gran *bajamar* ó marea vacía; pues alejándose las aguas de *bb*, unas hácia la parte de luna en virtud de la atraccion, otras hácia la parte opuesta á causa de la parte centrífuga, para formar las mareas llenas en *a* y en *i*, naturalmente ha de haber una gran falta de aguas ó *bajamar* en *bb*; esto es, en los dos lugares que estan en cuadratura con la luna.

SILV. — Yo no puedo dar voto en este punto, porque juega sobre las leyes del movimiento, en que no soy profesor; pero segun lo que tenemos tratado, lo hallo todo muy fundado.

TEOD. — Yo confieso que en el sistema newtoniano no encuentro esplicacion que mas me agrade, y fuera de él nada me parece verosimil en este particular. ¿Qué decís, Eugenio?

§ VII.

De las circunstancias particulares que se observan en el flujo y reflujo del mar.

Eug. — Si á vos os agrada, que descubrís dificultades que yo no veo, ¿qué será á mí que tengo menos luces, y me dejo llevar mas fácilmente de la primera aparente belleza de las cosas? Pero quisiera saber si en este mismo sistema me podreis dar la razon de algunas variedades que se observan en las mareas, pues unas veces son muy grandes, y otras no.

Teod. — En las lunas nuevas y en las llenas son las mareas mayores, y las llaman *mareas vivas*, y entonces sube el agua á mucha mayor altura en la *pleamar*, y baja mucho mas en la *bajamar*; y así debe ser, porque al modo que la luna atrae las aguas tambien las atrae el sol; pero la marea que se atribuye al sol es muy pequeña á causa de la gran distancia de este astro. Ahora bien, en las lunas nuevas, como el sol y la luna estan en una misma línea respecto de la tierra, concurre la atraccion del uno con la del otro; y si el sol habia de elevar las aguas 3 palmos, y la luna 10 ó 11, concurriendo ambas atracciones suben las aguas 13 ó 14 palmos, y habiendo en las mareas llenas mayor volumen de aguas, precisamente en los lugares de donde viene esa agua, y queda la mar vacía, ha de haber mayor falta de agua, y la *bajamar* será mas visible.

SILV. — Pero en las lunas nuevas no solo es muy grande la marea en el hemisferio correspondiente á la luna y al sol, sino tambien en el opuesto, y allí no hay atraccion del sol que aumente la marea.

TEOD. — Siempre que un cuerpo se mueve alrededor de algun punto tiene fuerza centrífuga; y en el sistema newtoniano, moviéndose la tierra alrededor del sol en la órbita anua, tambien tiene su fuerza centrífuga, que poco mas ó menos es igual á la fuerza de la atraccion del sol. En virtud de esto, el sol por sí solo, aunque no hubiese luna, siempre causaria dos mareas, una á medio dia en la haz vuelta hácia él, otra á media noche en la opuesta: la marea del medio dia seria causada por la atraccion del sol, y la de media noche por la fuerza centrífuga de las aguas respecto del mismo astro. Vamos ahora á la conjuncion del sol con la luna en las lunas nuevas: entonces se junta la atraccion del sol con la de la luna, y ambas hacen una marea muy grande en la haz que está hácia el sol, y se junta la fuerza centrífuga de las aguas respecto del sol con la fuerza centrífuga respecto del centro comun, y hacen una marea grande en la haz opuesta al sol y á la luna.

SILV. — Téngolo entendido.

EUG. — Y en la luna llena, ¿cómo sucede eso?

TEOD. — Como entonces el sol, la luna y la tierra se hallan en una misma línea, el sol por ejemplo en el poniente, y la luna en el oriente, concurre la atraccion del sol con la fuerza centrífuga de la luna, y la atraccion de la luna con la fuerza centrífuga del sol; de suerte que la marea llena *primaria* del

sol siempre concurre con la marea *secundaria* de la luna, y la *primaria* de la luna con la *secundaria* del sol, y por esto son tan grandes. Pero en las cuadraturas de la luna son las mareas muy pequeñas, porque concurre la *bajamar* del sol con la *pleamar* de la luna; y si la luna habia de elevar el agua 11 palmos, debemos descontar los 3 de la *bajamar* del sol, y solo quedan 8, y por la misma razon es entonces mas pequeña la *bajamar*; porque abiendo de bajar el agua por causa de la luna 11 palmos, como allí concurre la *pleamar* del sol que son 3, solo baja el agua 8 palmos.

Eug.— Ya lo entiendo, y veo que todo concuerda admirablemente. Pero los marinos observan en el año dos tiempos, en que las mareas son estraordinariamente grandes, y las llaman *cabezas de agua* si no me engaño.

Teod. — Son en marzo y setiembre, y proceden de que los dos astros sol y luna se encuentran cerca del ecuador. Si nosotros pusieramos el sol y la luna en los polos no habria ninguna marea, porque en todas las partes de cualquier paralelo al ecuador estaria el agua á una misma altura, y con la revolucion diurna de la tierra las playas siempre mirarian á la luna ó al sol de un mismo modo, y siempre tendrian una misma altura de agua. Luego cuanto mas fuéremos trayendo los astros hácia el ecuador mayores serán las mareas. Ved aquí porque en las conjunciones que suceden cerca de los equinoccios son las mareas mayores que en lo demas del año; y es, que cada uno de los astros obra por línea mas proporcionada á ese efecto.

EUG. — No sé que tiene esto de llevar las cosas desde sus principios, que todas las circunstancias, aun las mas menudas, van saliendo naturalmente.

TEOD. — Advierto ahora dos cosas que merecen atencion : una es que la mayor fuerza de las mareas no es rigurosamente en el dia de *luna nueva* ó *luna llena*, sino dos dias despues, y es la razon, porque el balance de las aguas ganado en unas mareas va facilitando el movimiento de las otras que se siguen, aunque en ellas ya sea menor la fuerza de la atraccion, como en efecto ya lo es en los dias que van de la luna nueva adelante. La otra cosa es, que tampoco la mayor altura de la marea es al instante que la luna toca en el meridiano de ese lugar, sino dos ó tres horas despues. La razon que los newtonianos dan es esta. Supongamos que la luna está ahora en el meridiano de Lisboa; atrae y tira hácia este meridiano, no solo las aguas que se hallan á poniente, sino tambien las que estan á levante : estas últimas vienen andando hácia nosotros en fuerza de la atraccion de la luna ; pero al mismo tiempo, como en este sistema se revuelve la tierra de poniente á levante, llevan las aguas movimiento hácia poniente. Esto supuesto, siendo las aguas del meridiano llevadas por la tierra con ímpetu hácia levante, y empujando la luna las de allá hácia acá, se han de encontrar recíprocamente, y haciendo un gran cúmulo formarán una marea muy llena en los parages que disten algun tanto de nuestro meridiano hácia oriente, por el cual ya la luna habia pasado dos ó tres horas antes.

SILV. — Esa esplicacion es ingeniosa.

EUG. — Y supuestos los principios naturalisima.

SILV. — Pero yo he oido decir que junto á Bristol suben las mareas á la altura de 45 pies; que en otras partes la marea es casi imperceptible, y en otras mediana. ¿De qué pueden nacer estas desigualdades?

TEOD. — Si la tierra fuera toda igual no habria esa diversidad en las mareas; pero la desigualdad de los sitios causa una desigualdad en el movimiento de las aguas. Las mareas que nosotros esperimentamos aquí en el Tajo, no tanto proceden inmediatamente de la atraccion de la luna aquí como de la comunicacion del Tajo con el Oceano; del mismo modo en el Mediterraneo, que es un grandísimo estanque de agua, no puede haber mareas sino comunicándole el Oceano el aumento de las aguas al tiempo de la *pleamar*; pero siendo el Mediterraneo un estanque inmenso, cuya boca es el estrecho de Gibraltar, por mucha agua que entre por ese estrecho en el tiempo de 6 horas no puede ser muy perceptible repartida por todo el Mediterraneo; al cabo de las 6 horas, como en el Oceano es *bajamar* comienza á salir del Mediterraneo el agua que habia entrado, y de este modo solo en los lugares cercanos al estrecho será la marea mas visible. Tampoco puede ser perceptible donde no hubiere punto fijo para que se conozca la altura del agua: ved aquí porque en el mar grande no se puede echar de ver. Tampoco se puede percibir la marea cuando la agitacion de las olas fuere tal que no se conozca bien el nivel de las aguas; pero de ordinario suben á mayor altura de la que pedia el

nivel con el Oceano, porque corren con ímpetu, y suben mucho mas de lo que debian subir por las leyes de la atraccion ó fuerza centrífuga. Ultimamente, como unos lugares tienen comunicacion subterranea con otros, subiendo allí el agua á mayor altura por las leyes del equilibrio, debe naturalmente elevarse tambien en aquellos con los cuales ocultamente se comunican: y de este modo puede haber muchas mareas dentro de 24 horas: en otras partes hay varias ensenadas ó estrechos, varias cierras de peñascos debajo del agua, varios vientos que soplan con esta ó aquella direccion, y causan una gran perturbacion en la corriente de las aguas, y por consiguiente en las mareas.

EUG. — Solo me resta preguntar porque se atrasan las mareas tres cuartos de hora de un dia para otro.

TEOD. — Como siguen el movimiento de la luna, y esta anda hácia levante mas ligera que el sol, cuando este vuelve al meridiano aun faltan 50 minutos para que llegue la luna, y hasta entonces no vuelve á ser la *marea llena* que sigue á la luna.

SILV. — Habeis hablado de Benito de Moira y como si me bailase por la cabeza que construisteis una máquina para probar su doctrina.

TEOD. — En efecto es así [1].

[1] Por los años de 1743 Benito de Moira comunicó al Padre Almeida su doctrina, y este la publicó en 1761: algunos años despues, dando lecciones de física en Bayona y en Auch, para hacer sensible este sistema, y demostrar que era verdadero, imaginó una máquina, que dejó en el colegio de Auch, y puso otra en la Academia de las Ciencias de Lisboa.

EUG. — Decidme algo sobre este particular, pues me intereso en las cosas que revelan vuestro mérito.

§ VIII.

Doctrina de Benito de Moira.

TEOD. — Repárese en la (Fig. 40). Todos dan por sentado que la atraccion es recíproca entre los cuerpos en razon de sus masas. Como la tierra, pues, es mas pesada que la luna, y se atraen mutuamente, en el espacio de un mes giran la tierra y la luna alrededor de un centro comun I, el cual es tanto mas cercano al centro de la tierra que al de la luna, cuanto mas es pesada la tierra que la lu-

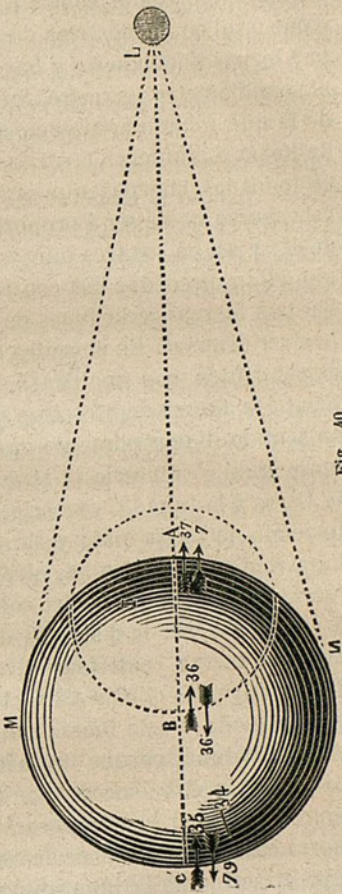


Fig. 40.

na. Ahora bien, la distancia de la tierra á la luna son 60 semidiámetros de la tierra, esto es, sesenta veces mil treinta y una leguas : de aquí se puede colegir en donde cae el centro comun I. Advertid que como esplico la doctrina de un Portugués cuento por leguas portuguesas y hay 18 al grado y 2062 al semidiámetro terrestre. Supuesta esta doctrina, de la que ningun astrónomo duda, tenemos que ha de haber aquí fuerza centrífuga del centro comun I en todos los cuerpos que giran alrededor de él, y esta fuerza ha de ser á proporcion de las distancias de él ; y así en los tres puntos de la tierra A, B, C, que giran alrededor del centro comun, ha de haber tres fuerzas centrífugas de este centro, que deben ser diversas. En el centro de la tierra B la fuerza centrífuga con que tira á huir de I ha de ser igual á la fuerza de atraccion de la luna, que obra en sentido diametralmente opuesto ; porque si no fuese igual, ó venceria la atraccion llegándose mas la tierra á la luna, ó venceria la fuerza centrífuga huyendo la tierra mas; y así si la atraccion de la luna vale en el centro 36, otro tanto debe valer la fuerza centrífuga del centro comun I. En los mares A y C es diversa la distancia del centro comun, y tiene la fuerza centrífuga diversa direccion : por distar muy poco el mar A de I tendrá fuerza centrífuga pequeña ; y esta fuerza concuerda con la atraccion de la luna, porque tira hácia la misma parte. Lo contrario debe suceder en el mar C, muy distante de I, y por lo mismo será mucho mayor esta fuerza centrífuga : ademas de eso ha de ser opuesta á la atraccion de la luna : huyendo el mar C del

centro comun I, huye al mismo tiempo de la luna L : como son contrarias las fuerzas, se debe descontar la mas pequeña de la mayor, y solamente el esceso será el que obre. Cuando examináremos en rigor en donde cae el centro comun I, mediremos con exactitud las distancias de I á A y á C para conocer la cantidad de fuerzas centrífugas que hay en cada uno de aquellos puntos.

Luego es preciso examinar en estos tres puntos cual es en rigor la atraccion de la luna, y cual es en rigor la fuerza centrífuga del centro comun, y combinar estas dos fuerzas para saber el efecto de ellas. Como la atraccion de la luna está en razon inversa de los cuadrados de las distancias, por este medio las podemos calcular.

La distancia media de la luna á la tierra es de 60 semidiámetros de la tierra, esto es, lo que hay desde el centro de la luna hasta el centro de la tierra. Luego la distancia de la luna al mar menos distante A es de 59 semidiámetros, al centro B es de 60, al mar mas retirado C es de 61. Hagamos los cuadrados de estos tres números, y hallaremos que

el de 59 es 3481 ó 35,
el de 60 3600 ó 36,
el de 61 3721 ó 37.

Ademas de cuadrar los semidiámetros quiero reducir sus resultados á otras cantidades menores que tengan la misma proporcion, y así el primero 3481, en donde falta bien poco para 3500, puede reducirse á 35, despreciando las dos cifras últimas:

el segundo de 3600 se reduce bellamente á 36, el último de 37241 se reduce á 37, quitando las dos últimas cifras en todo. Tenemos, pues, que las diversas atracciones de la luna en A, B, C, son como 35, 36, 37; mas por estar en razon inversa ha de ser 37 en A, 36 en B, y 35 en C.

Vamos ahora á medir exactamente las fuerzas centrífugas en aquellos tres puntos, y para eso examinemos en donde cae el centro comun I. Los astrónomos modernos dan á la tierra un peso 71 veces mayor que el de la luna: es preciso, pues, medir la distancia del centro de la luna al de la tierra, y repartirla en 72 partes, y elegir un punto I, que diste una parte de estas del centro de la tierra, y 71 del centro de la luna, y este punto I será el centro comun.

Ahora bien, siendo la distancia de la luna á la tierra 60 semidiámetros de esta, y valiendo cada semidiámetro 1031 leguas, reducida toda la distancia á leguas valdrá 61860; y repartiendo esto por 72, dará al cociente 859 leguas: aquí desprecio una pequeña fraccion. Ya por este medio sabemos en donde cae el centro comun I, y viene á caer 859 leguas distante del centro de la tierra B, y 172 leguas distante del mar A; porque 172 junto con 859 hacen el semidiámetro de la tierra, que es igual á 1031 leguas.

Hallando nosotros en I el centro comun, tenemos la distancia de este á los tres puntos A, B, C; porque de A dista 172 leguas, de B 859, y de C 1890. Ahora, pues, como las fuerzas centrífugas son exactamente como las distancias, tenemos que las fuer-

zas centrífugas del centro comun I estan en esta proporcion :

en A 172,
en B 859,
en C 1890.

Falta reducir estos números á otros menores que tengan la misma proporcion.

1702 leguas ó 7.
859 leguas ó 56.
1890 leguas ó 79.

De este modo podemos poner las tres fuerzas centrífugas del centro comun I en A como 7, en B como 56, en C como 79. Combinemos ahora las fuerzas de la atraccion de la luna : ya vimos que

en A es como 57,
en B vale 56,
en C vale 55.

Luego tenemos que en el centro B hay fuerza de atraccion para la luna 56, y la fuerza centrífuga I vale tambien 56, mas siendo contrarias no hacen efecto alguno.

Tenemos en A
fuerza de atraccion 57 :

tenemos que la fuerza centrífuga de I vale 7. Suman las fuerzas con que A va hácia la luna 44.

En C la fuerza de atraccion vale 35.
La fuerza centrífuga vale 79.
Descontando la menor de la mayor 44.

De este modo las aguas en A huyen hácia la luna con fuerza 44 : en C huyen de la luna y del centro de la tierra como 44 : ahí teneis la segunda marea igual á la primera, haciendo una la atraccion de la luna, y haciendo otra la fuerza centrífuga del centro comun. Esta es en sustancia la sentencia de Benito de Moira.

Eug. — Me parece muy puesta en razon, y si no hay mas que añadir, esplicadme la máquina que prueba esta doctrina.

Teod.— Ahora ya puedo daros idea de la máquina que imaginé para probar que esta doctrina concuerda con las leyes de la mecánica y de la astronomía. El globo de la tierra es sólido, pero las aguas forman una superficie movediza; de modo que mirando á las dos mareas llenas ó *pleamares* diametralmente opuestas, viene á hacer el globo de la tierra una figura oval. Para imitar, pues, este globo terráqueo con el mar fluido imaginé (Fig. 41.) un globo de madera, cercado de muelles de reloj, que hagan unos círculos flexibles, que con causa puedan mudarse en figura oval. Atravesé en el globo un diámetro fijo A, B de hierro liso, afirmado en un hierro H, que prende en una regla de madera PQ, como se ve.

En este diámetro fijo descansan dos segmentos de laton A, B, en donde penden todos los muelles de reloj; de tal modo que cuando estos segmentos se

apartan del centro de la bola C, queda la tierra reducida á figura oval.

En la regla de madera pongo la figura de la tierra por una parte y la figura de la luna por otra; y para imitar la figura de estos dos globos alrededor del centro comun E aseguro la regla en una polea que puede girar velozmente sobre su eje cuando sea necesario. Este eje I, sobre el cual ha de girar la regla, ha de corresponder á un punto E del diámetro que cae dentro del globo, y cerca del segmento A, para corresponder al centro comun señalado en la (Fig. 40). Dispuesto así todo, en dando movimiento á la regla se apartarán los dos segmentos A y B mútuamente y del centro comun E : el de

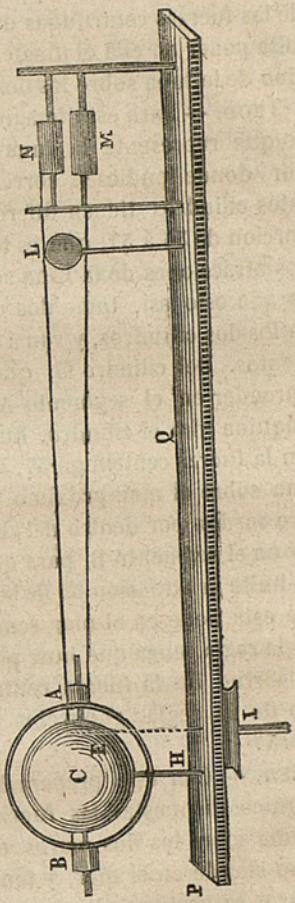


Fig. 41.

A con poca fuerza, porque dista poco de él; pero el de B con mas fuerza, porque dista mas.

Eug. — Ya tenemos aquí en la máquina el juego de las fuerzas centrífugas del centro comun. Ahora falta poner en ella el juego de las fuerzas de atraccion de la luna sobre los dos mares A y B.

Teod. — Para esto imaginé poner detras del globo que representa la luna dos alambres tirantes, por donde pudiesen correr dos cilindros M y N; estos cilindros tienen diferente masa, y en la proporcion de 35 á 37, que es la misma que tienen las dos atracciones de la luna sobre los dos mares. Preparado esto así, tomo dos cordones, que prenden en los dos cilindros, y van á prender en los dos segmentos. Del cilindro M, que pasa 37, va el cordon á prender en el segmento A, para que cuando la máquina gira el cilindro, huyendo por el alambre con la fuerza centrífuga 37, imite la atraccion de la luna sobre el mar próximo A; y del cilindro N va otro cordon por dentro del globo de la tierra á prender en el segmento B, para que teniendo el peso de 35 imite la atraccion 35 de la luna, que es la fuerza que esta tiene en el mar remoto B, cuando por girar la regla tenga que huir por el alambre adelante en virtud de la fuerza centrífuga que le dará el giro de la regla. ¿Concebís lo que tenemos hasta ahora?

Eug. — Con esta preparacion tenemos ya en la máquina dispuestas las fuerzas de la atraccion de la luna sobre los dos mares en razon de 37 á 35, como sucede en el mar, y tenemos las fuerzas centrífugas respectivas al centro comun en la porpor-

cion que en la realidad sucede, supuesto que el globo de madera con los muelles de reloj imitan al globo de la tierra.

TEOD. — Pongámoslo pues todo en movimiento, y veremos que el globo toma la figura oval, y que los dos segmentos A y B, que representan los dos mares, se apartan del centro de la tierra. Mas como girando la regla no es facil que la vista se certifique bien de la figura oval, hago esto (Fig. 42). En los segmentos pongo una lengüeta *mn*, movible, la cual así que ellos llegan á la estremidad del diámetro de hierro cae hácia abajo, y asegura allí el segmento; y de este modo la figura oval que tomó la tierra mientras la regla giraba persevera aun despues de parada la regla; y así queda manifiesto que la misma figura debe tomar el globo terráqueo girando alrededor del centro comun dentro de un mes, y obedeciendo las aguas á la atraccion de la luna, como deben obedecer siguiendo las reglas generales.

Fig. 42.

EUG. — Me pasma tanta exactitud é ingenio.

TEOD. — Esplicadas las mareas segun esta doctrina, que me parece evidente, vamos á esplicar las circunstancias para que esta doctrina no quede defectuosa. Una de las cosas admirables que noto aquí es que el pleamar no es solamente efecto de la atraccion de la luna sobre el lugar á que cae perpendicular, sino de toda la atraccion ejercitada sobre todo el hemisferio que la luna iluminare. Re-

parad en la figura 40. La atraccion de la luna L no obra solo por la línea LA, sino tambien por las líneas LM y LN; pero es preciso advertir que en el lugar A la línea LA es enteramente contra la gravedad, y la disminuye; mas en los lugares MN la línea de la gravedad va derecha hácia el centro de la tierra: la línea de la atraccion va derecha á la luna, y resulta el movimiento compuesto, y viene el agua rodando por la superficie del globe á buscar el lugar A, y de este modo de M y de N se va juntando en A, por consiguiente el pleamar en A es efecto de la atraccion en todo el hemisferio. Asimismo en el hemisferio opuesto no obra la fuerza centrífuga solamente en el lugar C, sino en todo el hemisferio; porque hay la misma razon que en el hemisferio que mira hácia la luna.

EUG. — Esto está clarísimo.

TEOD. — Otra circunstancia conviene esplicar, y es, que la fuerza del pleamar se ve dos horas despues del paso de la luna por el meridiano (Fig. 43),

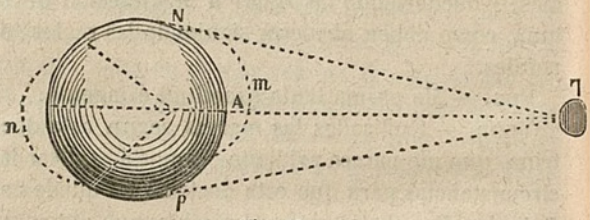


Fig. 43.

y la razon es, porque volviéndose la tierra continuamente de poniente *p* á naciente N, da á las aguas semejante movimiento de *p* á A, y al mismo

tiempo esas aguas de la parte del poniente son atraidas por la luna; de modo que tienen allí dos causas que las muevan de *p* hácia A. Ahora bien, en ese mismo tiempo son las aguas atraidas por la luna, vienen de N hácia A, y se encuentran con las que vinieron de *p* hácia A con mayor fuerza, y promovidas por dos causas: en este encuentro de las aguas debe haber mayor cúmulo de ellas; y como las que vienen de *p* hácia A traen mas fuerza, debe caer el mayor cúmulo en *m*, pasado el meridiano, ó desde la línea que va del centro de la tierra derecha á la luna. Por esto el pleamar tarda dos horas despues del paso de la luna por el meridiano del lugar, así en la parte de arriba como en la parte de abajo *n*, que corresponde á los antípodas.

Eug. — Admirome de ver cómo estas cosas van concordando unas con otras, efecto propio de la verdad.

Teod. — Aun me falta deciros por que en las lunas nuevas y en las llenas hay aquellas mareas mayores que llaman *aguas vivas* (Fig. 44). Así como la luna causa mareas por su atraccion que obra en las aguas, tambien el sol las debe causar por ser general la ley de la atraccion; mas como la distancia es mucho mayor, la marea es mucho mas debil en DE que en FG. Del mismo modo tenemos fuerza centrífuga para la marea secundaria, porque la tierra anda alrededor del sol en un año, y las aguas siempre deben huir del sol hácia la parte opuesta. Aquí teneis las dos causas opuestas de las dos mareas del sol. La primera en D es efecto de la atraccion del sol sobre las aguas del mar mas próximo en D, y la

segunda es efecto de la fuerza centrífuga en E. Por ser muy poca la diferencia de esta fuerza centrífuga en el centro de la tierra y en los diversos mares, tambien debe ser pequeña esta marea; y así atribuimos al sol marea de solos dos pies de elevacion, y á la luna marea de siete pies. En esta suposicion, cuando concuerda la marea del sol con la marea de la luna, como sucede en las sicigias, son *aguas vivas*, y llega la marea á nueve pies de elevacion, que vienen á ser siete pies de la marea lunar y dos de la solar. En la luna nueva la misma cara de la tierra que está vuelta hácia el sol, está tambien vuelta hácia la luna; luego la superficie del mar, vuelta y atraida por la luna, será atraida por el sol: de este modo concuerda la marea primaria de la luna con la marea primaria del sol; todo por efec-

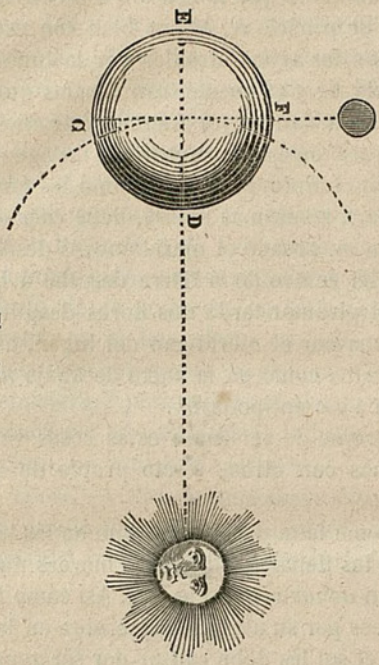


Fig. 44.

to de la atraccion de estos dos astros. Del mismo modo en el tiempo de la luna llena, como una cara de la tierra es iluminada por el sol, otra por la luna, por lo mismo concuerda la marea primaria del sol con la secundaria de la luna; y del mismo modo la marea secundaria del sol concuerda con la primaria de la luna; y por eso así en la luna llena hay las mareas grandes que llaman aguas vivas. Pero en los cuartos de luna, así en el creciente como en el menguante, esto es, en F y en G, no concuerda el pleamar del sol con el pleamar de la luna, sino que sucede lo contrario. El sol hace sus pleamares en E y en D; y en estos mismos lugares hay bajamar de la luna, porque la luna cae á un lado, y no ilumina la cara iluminada por el sol, ni atrae las aguas atraidas por él. Ahora bien, como el sol debe hacer su pleamar en D y en E, esos dos pies de agua, de que él necesita, deben venir del pleamar que la luna hace; por cuanto la cantidad de agua en el mar siempre es la misma, y por eso en los cuartos de luna la marea de esta, que habia de ser de siete pies, se queda en cinco: del mismo modo el bajamar es muy pequeño en los cuartos de luna, porque en donde esta hacia bajar el agua siete pies halla ya dos pies de agua, que son el pleamar del sol.

Eug. — Ya veo lo que son *aguas vivas* y *aguas muertas*. Ahora quisiera que me esplicaseis lo que llaman *cabezas de aguas*, que se verifican en marzo y en setiembre cuando las aguas vivas son estraordinarias.

Teod. — Esto procede de que la luna y el sol se hallan en el ecuador ó cerca de él, que es la direc-

cion mas propia para las mareas. Suponed, Eugenio, que estuviese la luna ó el sol en el polo, hácia allá harian la hinchazon de las aguas; pero volviéndose la tierra alrededor de su eje haria que una ciudad siempre fuese girando con agua alta, y no veria la alternativa, ya por agua alta y ya por baja, como aquí nos sucede. Luego cuanto mas se llegan la luna y el sol al ecuador, debe ser mas sensible en la rotacion de la tierra la diferencia de agua alta ó pleamar y de bajamar. Entonces cuando hay eclipse, como la línea que viene de la luna á la tierra está muy cercana á la línea que viene del sol, se juntan mas las fuerzas de la atraccion de uno y otro astro, y resultan mayores los efectos. Esto es lo que me ocurre para daros una idea clara de la doctrina de las mareas, segun lo que entiendo ser verdad, y segun la doctrina que aprendí de Benito de Moira.

EUG. — Muy modesto sois, Teodosio, puesto que á no ser por Silvio acaso no hubiese sabido que fuese vuestro el tal invento.

SILV. — Aun tiene otro: mostradselo y se acabará de entusiasmar.

EUG. — ¿Cual es? No habeis de negármelo.

§ IX.

Sobre una mesa astronómica, en la que solo con dos cordeles y cuatro poleas se manifiestan los fenómenos principales de la astronomía.

Teod. — A dos fines se suelen aplicar los que se dedican á los estudios de la naturaleza. Lo primero procuran adelantar los conocimientos de las verdades maravillosas que en ellas se encierran. Intentan lo segundo facilitar estos conocimientos, y hacerlos tan patentes, que todos puedan, con una ligera atencion, participar del gusto y de las utilidades que traen consigo: semejantes á los rios caudalosos que unas veces van profundos, y teniendo estrechos límites cavan con vigorosa corriente en las íntimas entrañas de la tierra, y sacan de ella los tesoros que encerrados y escondidos en ellas no daban esperanza á los mortales de verlos con sus ojos; y otras veces dilatándose por los campos abiertos con poca profundidad y plácido movimiento riegan mucho mas espacio, consuelan á muchos mas pueblos, y se pueden vadear sin peligro y sin susto; así los que no beben en la naturaleza el vigor de un ingenio profundo y preciso para acabar en nuevos descubrimientos, deben emplearse en facilitar á todos la inteligencia de las verdades ya descubiertas. Tal fue, amigo, mi pensamiento en idear esta mesa astronómica para facilitar á todos los fenómenos de la astronomía mas principales y de la mayor impor-

tancia (Fig. 45) es una mesa fija, en cuyo contorno

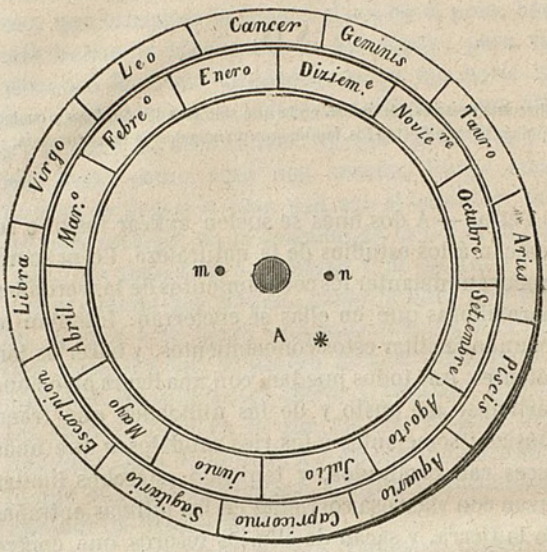


Fig. 45.

pongo los doces meses del año, graduando los dias de diez en diez : pongo tambien los doce signos, pero de forma que á los primeros seis meses junto los signos de los otros seis meses, quedando enero con *Leo*, *Virgo*, *Libra* etc., y julio con *Acuario*, *Piscis*, *Aries* etc. Despues daré la razon. En el centro A tenemos un agujero, por donde ha de entrar un huso anexo á la tabla circular de la figura siguiente. A los lados tenemos otros dos agujeros menores *m*,*n*, en los que han de entrar dos botones de la polea H (Fig. 41).

Esta (Fig. 46) es una tabla circular y movible R, en cuyo centro está pintado el sol, y se puede poner una vela encendida que le imita mejor. Tiene un brazo B que sale fuera de su contorno, y lleva un globo que representa la tierra con cuatro pulgadas de diámetro, y otra bola muy ligera que representa la luna, y debe tener poco mas de una pulgada para imitar á estos astros: yo la tengo de corcho: lleva tambien varias poleas, que luego esplicaré. Enfrente de este brazo B que lleva la tierra va un puntero O, que muestra el signo á que

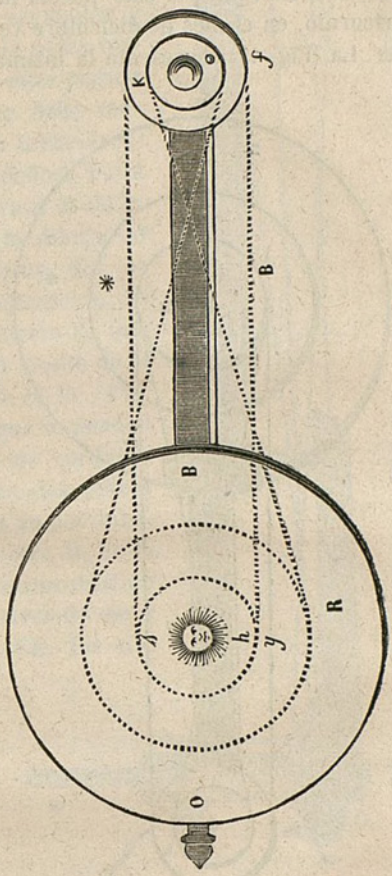


Fig. 46.

nos corresponde el sol mirando desde el lugar en que va la tierra; y por esto puesta la tierra en Capricornio, en el mes de diciembre ve al sol en Cancer. La (Fig. 47) representa la misma tabla circular R vista por la cara de abajo. Tiene en el centro dos poleas, una mayor *y* en el centro, otra menor H, y en el centro de esta un huso grueso, que ha de entrar en el agujero que tiene en el centro la mesa fija. Este huso anda fijo en la tabla circular; pero al lado de él salen las cabezas de dos botones *mn*, que han de entrar en las dos cavidades *mn*, de la mesa fija (Fig. 45), con el fin, de que moviendo alrededor la tabla cir-

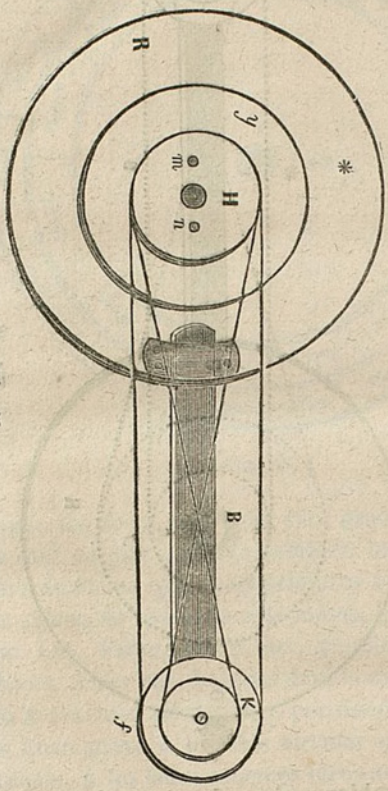


Fig. 47.

cular R de la (Fig. 46) caigan las cabezas de los botones en aquellas cavidades, y quede inmoble la polea mayor *y*, que debe estar pegada con H, y ninguna debe moverse aunque la tabla circular R ande alrededor. Falta describir el brazo B de la (Fig. 48). Yo le dibujo en punto mayor para que se perciba su construccion. Es una chapa de hierro B, que se encaja en el borde de la tabla circular R de la (Fig. 46) y de modo que se puedan poner tirantes los cordones que mueven las dos poleas FK. Esta chapa va por debajo, y pega en otra D, de la cual nace á plomo un astil de hierro E, que sirve de eje á las dos poleas FK. En este

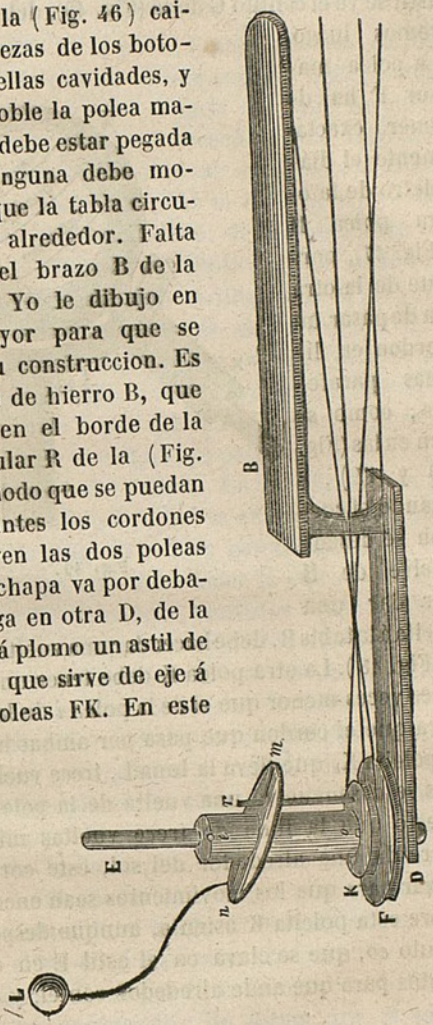


Fig. 48.

astil se ve el cañuto G de la (Fig. 49), del cual hablaremos luego. La polea mayor F ha de tener exactamente el diámetro de la otra polea H (Fig. 47), porque de la otra ha de pasar un cordon en líneas paralelas, como se ven en las (Fig. 46 y 47), y cuando el cordon se desenvuelve de H por dar una vuelta á la tabla R, debe hacer dar una vuelta á la polea F (Fig. 48). La otra polea K debe tener un diámetro trece veces menor que el de la polea *i* de la (Fig. 47), para que el cordon que pasa por ambas haga dar á la poleita K, que lleva la luna L, trece vueltas mientras se desenvuelve una vuelta de la poleita *i*: supuesto que la luna da trece vueltas mientras la tierra da una alrededor del sol, este cordon debe cruzar para que los movimientos sean encontrados. Sobre esta poleita K asienta, aunque despegado, el cañuto *eo*, que se clava en el astil E en estos dos puntos para que ande alrededor con él, y el astil E

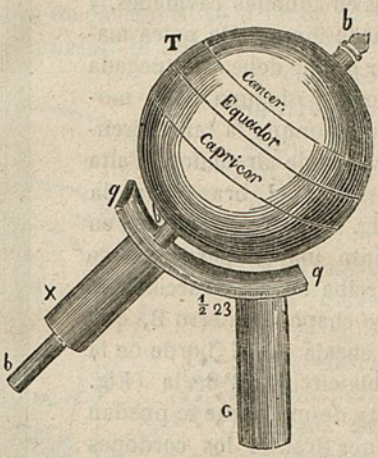


Fig. 49.

está asegurado en la polea F para que siga su movimiento. Este cañuto *eo* está cortado oblicuamente para dar lugar á una chapita *mn*, que se mueve separadamente por un hierrecito *r* que nace de la pequeña polea K; y como de esta chapita nace el alambre encorvado que lleva la luna L, hace que la luna dé trece vueltas alrededor de la tierra, pero con una órbita inclinada á la eclíptica; y de aquí nace que poniendo una vela encendida sobre el sol (Fig. 46) la sombra de la luna que gira alrededor de la tierra, ya cae en esta, y forma eclipse, ya pasa por encima ó por debajo, y no le hay. Del mismo modo pasando la luna L por detras de la tierra, ya entra en su sombra, y se eclipsa, ya pasa por encima ó por debajo, y escapa del eclipse. En la (Fig. 49) se representa un cañuto G, que se encaja y ajusta en el astil E de la (Fig. 48). Este cañuto pega en una chapa curva *qq*, que debe tener la curvatura de 25 grados y medio de círculo, contados desde el centro del cañuto G al centro del cañuto X. En este cañuto X entra el eje de la tierra *bbb*, el que de este modo se puede mover en su cañuto X para representar la rotacion diurna de la tierra inclinada á la eclíptica veinte y tres grados y medio. Dispuesto todo así, y bien templados los cordones, en andando alrededor con la tabla circular R de la (Fig. 46), moviéndola de la derecha á la izquierda, empieza la luna á andar alrededor de la tierra, y esta alrededor del sol, mostrando el índice O al signo á que corresponde el sol en el dia y mes en que va la tierra. Esta se debe en el principio poner con la mano justa en un equinoccio, de forma que el sol la

hiera el ecuador. Hecho esto, se ve lo siguiente:

1. Lo primero se ve el movimiento de paralelismo en el eje de la tierra, por razon del cual se forman las cuatro estaciones del año, y entonces en el punto del solsticio de verano corresponde el sol á plomo al trópico de Cáncer: en los puntos de los equinoccios corresponde á plomo al ecuador terrestre ó á la línea; y finalmente, en el punto del solsticio de invierno corresponde á plomo al trópico de Capricornio.

2. Tambien se ve por qué razon las tierras que estan en el ecuador ó línea tienen cada año dos veranos, el de marzo y el de setiembre, y dos inviernos, uno por S. Juan y otro por Navidad.

3. Se ve claramente como es verano para nosotros cuando es invierno para todos los pueblos que estan desde la línea al sur.

4. Se ve por qué los dias son grandes en verano y pequeños en invierno, y que cuanto mas hácia los polos se acercan los pueblos tanto es mayor la desigualdad.

5. Se ve como en los polos hay cada año un dia de mas de seis meses continuados, y una noche de casi seis meses, porque siempre aquel dia ha de ser mayor que la noche, por causa de la refraccion de los rayos del sol en la atmósfera de la tierra.

6. Se ve por qué razon en todas las tierras del ecuador siempre sale el sol á las seis de la mañana, y se pone á las seis de la tarde.

7. Se ve tambien cuánto debe durar el dia y la noche en cada tierra y en cualquier dia del año, dada la latitud en que está colocada.

8. Se ve asimismo cómo sucede la anticipacion de los equinoccios, la cual se hace sensible en la máquina, dando á la polea F de la (Fig. 48) un poco mas de diámetro que á la polea H de la (Fig. 47). Para esto basta darla dos vueltas con un hilo antes de poner el cordon.

9. Se ve cómo hace la luna trece períodos alrededor de la tierra, mientras esta da una sola vuelta alrededor del sol.

10. Se ven todas las faces de la luna, y como ya es luna llena, ya nueva, y ya se forman los cuartos de luna, etc.

11. Se ve como la órbita de la luna está inclinada á la eclíptica.

12. Se ven los eclipses del sol solamente en la luna nueva, y que los eclipses de luna solo se verifican en luna llena.

13. Se ve porque no en todas las lunas nuevas ó llenas hay eclipse, sino solamente en algunas.

14. En los eclipses de sol se ve porque es imposible naturalmente que haya eclipse de sol que ocupe toda la tierra.

15. Tambien se ve como siempre empiezan los eclipses por nuestra mano derecha, y en los de la luna principian siempre por nuestra mano izquierda.

16. Se ve igualmente que los pueblos que estan mas occidentales observan primero los eclipses del sol; pero los de la luna los observan al mismo tiempo todos los que la pueden observar.

17. Se ve como los eclipses de sol unas veces son totales y otras parciales. Tambien se ve que pueden ser anulares.

18. Se ve como el mismo eclipse de sol puede ser total para unos pueblos y parcial para otros, y absolutamente no haber, respecto de otros, eclipse.

19. Se ve como los eclipses de luna, siendo totales ó parciales, así son para todos y cualesquiera pueblos que por entonces puedan observar la luna.

La simple inspeccion de esta máquina y sus efectos pueden instruir mejor que la descripcion mas exacta y menuda : por esto, amigo, la espongo á vuestra censura ó aprobacion.

EUG. — Os aseguro que me habeis recreado mas con esta máquina que con todas las mejores esplicaciones, y os prometo que la he de contemplar y estudiar mucho porque me será muy provechoso.

TEOD. — Vengamos ahora á puntos que acaso os recreen igualmente, á mas de que versan sobre cosas que casí no es lícito ignorar á un hombre de mediana educacion.

EUG. — ¿Qué puntos son estos?

§ X.

Trátase del Calendario.

TEOD. — Todos se refieren al calendario, el cual ya sabeis que es una tabla, donde está indicada la division del tiempo por dias, semanas, meses, es-

taciones y años. Yo os diré como se arregla el calendario.

EUG. — ¿Qué? ¿Vais á enseñarme acaso cuando caen las fiestas movibles, qué años son bisiestos, y eso que llaman letra dominical, epacta y qué sé yo que mas?

TEOD. — Todo esto voy á enseñaros, si teneis paciencia y gusto para ello.

EUG. — Increible es la alegría que me dais; ya podeis empezar vuestra tarea.

TEOD.— Creo que hablando del año, no os he dicho que es civil, cuando se cuenta por 365 dias, y solar cuando es de 365 dias, 5 horas y 49 minutos, esto es, que podemos contarlo como todo el mundo lo cuenta, ó bien como lo cuentan los astrónomos. Aunque la diferencia que va del uno al otro es poca, al cabo de algunos años no deja de ser considerable; pues cada cuatro, tarda el sol á llegar al solsticio un dia; así tendremos que todo lo que se anuncie para ciertos dias sucederá un dia mas tarde al cabo de cuatro años; dos al cabo de ocho, cuatro al cabo de diez y seis y así sucesivamente, y ya concebís qué trastorno y algarabia se seguiria de aquí. Un hombre que viviese cien años podria ver una diferencia de 24 dias entre el año civil y trópico ó solar, que viene á ser lo mismo. Desde luego que se hubo notado esta falta de armonía, se deseó, puesto que se miró como una ventaja, hacer concordar el año solar con el civil, fijar los meses y las fiestas á las mismas estaciones, y hacer de ellas épocas notables para la agricultura. Así, se empleó el método de las *intercalaciones*, el cual consiste á

añadir al año civil un dia, cada cuatro años, y se llamó á este año de 366 dias *bisiesto*. Débese á Julio Cesar la correccion que supone el año compuesto de 365 dias y 6 horas, duracion de 11 minutos y 10 segundos, mas larga de lo debido. Vése con esto que la intercalacion no era mas que aproximativa en el *calendario juliano*.

Eug. — Aunque poca cosa al parecer, tambien habia de producir con el tiempo un error de cuantía.

Teod. — Efectivamente : cada 130 años teniamos de mas un dia : de modo que en el siglo décimosesto el año civil venia 10 dias mas pronto que cuando se hizo la *reforma juliana*, y el equinoxio de la primavera correspondia á 11 de marzo. El papa Gregorio XIII, para restablecer el estado originario ordenó que en 1582 se suprimiesen diez dias contando el viernes 15 de octubre, aunque el jueves anterior era dia 4, es decir que contaron de este modo 1, 2, 3, 4, 15, 16, 17, etc. Y á fin de que en lo sucesivo cesase de acumularse el error de 11 minutos y de 10 segundos, prescribió el pontífice la supresion de tres bisiestos seculares sobre cuatro : así los años 1700, 1800 y 1900 no tienen mas que 365 dias en vez de 366 que deberian tener, segun su fila en el periodo de cuatro años ; mientras que el año 2000 queda bisiesto, y así de cuatro en cuatro siglos. Intercalóse de esta suerte 97 dias, en vez de 100, sobre una duracion de 400 años. Es pues este intervalo de 400 veces 365 mas 97 dias, y dividiendo por 400, se supone el año solar compuesto de 365 dias 2425, cantidad muy aproximada que

deja poquísima estension á un error que es inutil evitar por otra parte.

EUG. — Paréceme que este arreglo no puede satisfacer mejor nuestros necesidades sobre tal punto.

TEOD. — Síguese de esta esposicion de la *reforma gregoriana* que para reconocer si un año es bisiesto, es menester dividir por cuatro las dos cifras de la derecha del milésimo; si el cociente es exacto, el año es bisiesto; si la division da 1, 2 ó 3 por resto, el año es 1º, 2º ó 3º despues de un bisiesto. El año 1840 era bisiesto; el 1841 es 1º despues de un bisiesto, porque dividiendo 41 por cuatro quedará 1. Del mismo modo debe obrarse si el año es secular.

EUG.— ¿Qué quiere decir año secular?

TEOD.— Graves cuestiones se han debatido entre los eruditos sobre la cuestion de saber si el año 1800 debe considerarse como el último del siglo 18º ó el primero del 19º. Dejadlos en sus cuestiones y tened por año secular el que sirve de enlace á dos siglos y que se termina por dos ceros.

EUG.— Pasad adelante, yo lo entiendo.

TEOD.— Digo pues que puede obrarse del mismo modo cuando el año es secular suprimiendo los dos ceros de la derecha del milésimo: el año 1800 fué uno de los bisiestos suprimidos en el *calendario gregoriano*, porque 18 no es multiplice de 4. Lo mismo podriamos decir del 1700 y del 1900.

EUG. — Nunca hubiese creido que esto fuese tan facil de hallar. Ya sabré ahora por mí mismo en qué años toca contar 29 dias en el mes de febrero.

TEOD. — Nada mas facil que descomponer en dias cualquier número de años civiles : multiplíquese este nombre por 365, y añádase al producto tantos dias cuantos años bisiestos intermedios haya habido desde principios de 1805 á los de 1822, la diferencia 19 es el número de años intermedios, entre los cuales se cuentan 5 bisiestos : estos 19 años, pues, forman $19 \times 365 + 5$, ó bien 6940 dias.

EUG. — Ahora se me ocurre una idea : el año tiene doce meses. y cada mes lleva su número de dias, cuyo conjunto forma el de los que tiene el año ¿por qué hay meses que tienen 30, y otros 31, y febrero por lo comun 28 dias?

TEOD. — Yo os lo esplicaré. En las subdivisiones del año no se han conducido por fenómenos solares. Es cierto que se divide el año en 12 meses : si se hubiese dado á cada mes la misma cantidad de dias, hubiese resultado el número 360 : así pues ha sido preciso repartir los 5 ó 6 dias restantes entre estos doce meses. Hé aquí el orden que se ha seguido, suponiendo que concuerda con la marcha del sol y que conduce á la misma data el paso de este astro por los diferentes signos.

INVIERNO.		PRIMAVERA.		VERANO.		OTONO.	
1 Enero	31	4 Abril	30	7 Julio	31	10 Octubre	31
2 Febrero	28 ó 29	5 Mayo	31	8 Agosto	31	11 Noviembre	30
3 Marzo	31	6 Junio	30	9 Setiembre	30	12 Diciembre	31

Así, veis que los meses son alternativamente de 31 y 30 dias escepto los meses consecutivos de julio y agosto que tienen 31, y febrero que tiene 28 en los años comunes y 29 en los bisiestos.

EUG. — Ya tenemos los años y los meses esplicados: hacedme ahora el favor de esplicarme las semanas y de que proceden los nombres de los dias.

TEOD. — Por lo que toca al origen de los nombres de los dias semanales debo deciros que proceden de los de los planetas. *Lunes* viene de *luna*, *martes* de *Marte*, *miércoles* de *Mercurio*, *jueves* de *Júpiter*, *viernes* de *Venus*, *sábado* de *Saturno*, y *domingo* del *sol* ó *Señor*. He aquí como se dieron tales nombres á los dias. Las distancias de la tierra á los siete planetas, que se conocian en otro tiempo, se apreciaban por el tiempo que estos astros empleaban para volver á los mismos signos. Suponíase en estos cuerpos, en el orden siguiente, distancias menguantes, empezando por Saturno que era el mas distante, y que daba el nombre al dia primero de la semana el *sábado de los Hebreos*: *Saturno*, *Júpiter*, *Marte*, el *sol*, *Venus*, *Mercurio* y la *luna*. Era costumbre religiosa consagrar cada hora del dia á las deidades, adoradas bajo el nombre de estos planetas. La primera hora del sábado se consagraba á *Saturno*, la 2ª á *Júpiter*, la 3ª á *Marte*, etc. A la hora 8ª volvia *Saturno* y en pos de él los demas astros, de suerte que la 25ª hora ó la 1ª del dia siguiente *domingo* se hallaba consagrada al sol, observando siempre el orden prescrito. Como esta sucesion de las 24 horas del dia diera tres filas despues de Saturno, avanzando tres filas despues del sol vióse que la hora 1ª del lunes era consagrada á la luna, y así como se llamó al dia cuya 1ª hora correspondia al sol, domingo (de *dominus* que significa

Señor, y en las demas lenguas tambien tiené la misma etimología), así se llamó el dia cuya 1ª hora correspondia, á la luna *lunes*, y lo mismo debeis entender de los planetas y dias restantes. Y como despues de haber pasado Venus, volvia Saturno, se obtuvo el pequeño periodo de siete dias, ó de la semana que hemos conservado.

Eug. — Con que, si mal no lo he comprendido, la revolucion del sol en la eclíptica ha regulado la duracion de nuestro año; la de la luna ó mejor sus faces ha dado el mes, y por último el culto de los planetas ha servido para formar la semana.

Teod. — Cabalmente. Vamos pues mas adelante. El año se compone de 52 semanas; cada uno de los nombres de sus dias vuelve así 52 veces; mas como 52 veces siete dan 364, el dia que empieza el año se reproduce una 53ª vez para terminarla; así el inicial del año siguiente viene un dia despues. La denominacion del 1° dia del año es la misma que la del 31 de diciembre siguiente (del 30 si el año es bisiesto). Lo mismo se verifica para cualquiera otra data: el 5 de abril de un año lleva el mismo nombre que el 4 de abril del año siguiente; el 1° de marzo lleva el nombre del 28 de febrero siguiente, etc. Notad que en cualquiera mes que sea los números 1, 8, 15, 22 y 29 dispuestos de 7 en 7 pertenecen á datas de la misma denominacion. Si os fijais en la memoria estos cinco números, igualmente que el nombre del 1° dia del mes, se tiene el nombre de otras cuatro datas, y por consecuencia los nombres de otros dias de este mes. Yo sé, por ejemplo, que el mes empieza por un sábado; concluyo que,

el 8, el 15, el 22, el 29 de este mes son tambien sábados. Si quiero conocer el nombre del 19, 4 dias mas allá de 15, contando cuatro mas allá del sábado hallo que el 19 es un viernes. Conociendo el inicial de un mes y tomando 2, ó 3 filas mas allá segun que tenga este mes 30, ó 31 dias se tiene el inicial del mes siguiente. ¿Es el de mayo un martes? El de junio es un viernes; (tres filas despues de martes porque mayo tiene 31 dias) julio empieza por domingo (dos filas mas allá porque junio no tiene mas que 30 dias), etc.

Eug. — ¿Y si queremos averiguar lo de un mes lejano, cómo debemos proceder?

Teod. — Se cuenta cuantos meses hay intermedios, se dobla este número, y se añaden tantas unidades cuantos meses de 31 se hallan comprendidos: esta suma, de la cual se suprimirán todos los 7 contenidos, indicará cuantas filas mas allá del inicial del mes de partida deben contarse para tener el del mes de llegada. ¿El marzo de 1829 empezó por un domingo, cual habia de ser el inicial de setiembre? 6 meses intermedios, cuatro de los cuales fueron de 31 dias, dan 2 veces, 6 mas 4, ó 16 que se reducen á 2 quitando 14, así pues, es necesario proceder de dos filas despues del domingo, y setiembre empieza por un martes. En semejante cálculo nunca entra febrero en cuenta; solamente cuando tenga este mes 29 dias, se añade uno al resultado. Así octubre de 1827 empezó por un lunes ¿por qué dia empieza marzo de 1828?

Eug. — Hay cuatro meses intermedios, sin contar febrero, tres de los cuales tienen 31 dias y dan

11 dias, ó 4; pero se toman 5 porque febrero tiene 29; procediendo de 5 filas despues de lunes, me sale un sábado para el 1° de marzo de 1828.

TEOD. — Perfectamente, ya veo que me habeis comprendido y sabeis tanto como yo. Veis pues que se conoceria el nombre del dia que corresponde á una data propuesta, si se conociese la data de cualquiera mes. Busquemos un dia que comience marzo: en primer lugar es preciso saber que el 1° de marzo es siempre un

	miércoles		lunes		sábado		jueves	
en	1600	2000	1700	2100	1800	2200	1900	2300

y así periódicamente de 4 en 4 siglos. Tómense las dos cifras de la derecha del milésimo propuesto y divídase este número por 4, tendreis un cuociente y un resto: tómese cinco veces el cuociente, añadid este resto y quitad todos los siete contenidos: el resultado indicará de cuantas filas es necesario proceder mas allá del inicial de marzo en el año secular para tener el del año propuesto.

EUG. — Ponedme un ejemplo y lo acabaré de comprender.

TEOD. — Supongamos 1637; 37 es 4 veces 9 mas uno, multiplico 9 por 5, ó mas bien 2 por 5 y tengo 10; añadiendo el resto 1 de la division, quitando luego 7 tengo 4: así es menester contar cuatro dias despues del miércoles inicial de 1600, y marzo de de 1637 empieza por el domingo. Ya os daré despues un calendario perpetuo; los nombres de los

dias de la semana estan reemplazados en él por las letras A B C D E F G escritas periódicamente delante las datas respectivas. Si el año empieza por un miércoles se señala este dia con una A durante todo el año, jueves lo es por una B... domingo por una E. La letra que indica el domingo se llama *dominical;* muda todos los años y retrograda una fila, porque el año tiene un dia mas de los que hacen 52 semanas. En los años bisiestos, como febrero tiene un dia mas de lo que trae el calendario, la letra que ha señalado el domingo en enero y febrero designa lunes, en marzo, abril... así los bisiestos tienen dos letras dominicales, y la que conviene á los 10 últimos meses precede la de los meses de enero y febrero en el orden A B C D E F G A. Despues de un bisiesto se halla por lo mismo la letra dominical que ha retrogradado dos filas. Las dominicales no se reproducen periódicamente sino despues de 7 bisiestos ó 7 veces cuatro años. Esta duracion de 28 dias lleva el nombre de *ciclo solar* ó de las *letras dominicales*, como ciclo empezó el año 9 antes de nuestra era, se tiene esta regla sumamente sencilla; añádase 9 al milésimo, divídase por 28, el resto es el ciclo solar del año propuesto. El cuociente señala cuantas veces se ha reproducido el periodo desde el año 9. Así en 1829, por ejemplo, se tiene $\frac{1829+9}{28}$ que da 65 por cuociente, y 18 por resto; 18 es el ciclo solar, el cual se ha reproducido 65 veces desde el origen.

Eug. — Ya podeis pasar adelante, pues entiendo completamente este punto.

TEOD. — Despues de haber hallado el inicial del año que es una A en el calendario perpetuo será facil reconocer la letra que designa el domingo, observando el orden de las letras A B C... Así es que el año de 1840 ha empezado por un miércoles que se representa por una A; la G es la letra dominical para enero y febrero solamente porque, este año es bisiesto, D sirve para los demas meses.

EUG. — Suponed que despues de haber reconocido la letra dominical ó el nombre del 1° dia de marzo quiero formar el calendario de un año ¿qué he de hacer?

TEOD. — Será menester distribuir á las diversas datas los nombres de los dias correspondientes, los santos y las fiestas que se refierená ellas: aquí teneis escritas las datas de las fiestas fijas. *La Circuncision*, cae á 1 de enero; la *Epifania ó dia de Reyes*, el 6 del mismo mes; la *Purificacion ó Candelaria*, el 2 de febrero; la *Anunciacion*, el 25 de marzo; *San Juan*, á 24 de junio; *San Pedro*, á 29 de junio; la *Asuncion*, á 15 de agosto; la *Natividad*, á 8 de setiembre; *Todos los Santos*, á 1 de noviembre; la *Concepcion*, á 8 de diciembre; *Navidad*, á 25 del mismo mes, etc. Por lo que toca á las fiestas movibles, llamadas así porque mudan de data, segun el año, para distribuirlas es menester, en primer lugar, hallar el dia de *Pascua*, como os lo enseñaré luego; en seguida se coloca la *Septuagésima*, el 9° domingo, ó 63 dias antes de Pascua; la *Quinquágesima*, ó el domingo de *Carnestolendas*, 49 dias antes de Pascua; el *miércoles de Ceniza*, ó entrada de la cuaresma que es tres dias despues; el 7° dia an-

tes de *Pascua* es el *domingo de Ramos* que abre la semana santa; el domingo antes es el de la *Pasion*: el *Quasimodo* es el domingo que sigue la *Pascua*; el jueves 40 dias despues de *Pascua* es la *Ascension*; la *Pentecostes* es el 10° dia despues de la *Ascension*; *la Trinidad* es el domingo siguiente ó el 8° domingo despues de *Pascua*: *Corpus* es el jueves despues, cae á la misma data que el sábado santo, pero dos meses mas tarde. Los cuatro domingos antes de *Navidad* son los del *Adviento*. Por último los cuatro tiempos se colocan en los miércoles que siguen: 1° *Ceniza*; 2° *Pentecostes*; 3° 14 de setiembre; 4° el 13 de diciembre.

Silv. — Ya podeis estar contento: ya podeis hacer calendarios: con lo que acaba de enseñaros Teodosio, os hallais en disposicion de arreglar las fiestas; por astronomía sabeis cuando corresponden los signos, y por la física anunciareis á las mil maravillas el bueno y mal tiempo, las nieves, vientos, tronadas y terremotos.

Eug. — Satírico está el doctor esta tarde, sin duda porque ve que pongo empeño en saberlo todo; mas que se divierta enhorabuena á espensas mias; decidme, Teodosio, lo que haya curioso todavía sobre este asunto.

Teod. — Vamos andando. Cada 19 años las fases de la luna vuelven á las mismas datas, porque hay justamente 235 lunaciones trascurridas; si se construyesen 19 tablas para otros tantos años indicando la data de cada fase, bastaria elegir para un año propuesto la tabla que debe aplicarse á él. Suponed que les damos números 1 2 3... 19 en el orden de

su sucesion natural. El *número de oro* es el que conviene á este año.

EUG. —¿Qué viene á ser esto del *número de oro*?

TEOD. — Es un período de 19 años, despues del cual el sol y la luna se hallan á la misma posicion ó á poca diferencia, puesto que las conjunciones, las oposiciones, etc. de estos cuerpos, son cerca de una hora y media las mismas que al principio del periodo, los mismos dias de los meses.

EUG. — Ya lo entiendo.

TEOD. — El año que precedió la 1ª de nuestra era fué la primera del ciclo; la siguiente fué el 2º, el año 2 fué el 3º, y el periodo volvió á empezar el año 19. Si se añade, pues, uno al milésimo, y se divide por 19; el resto será el número de periodos cumplidos, desde el origen de nuestra era. Así, en 1859, como $\frac{1860}{19}$ da el resto 16; 16 es el número de oro. Una sola Tabla puede hacer las veces de las 19 de que acabo de hablar. Inscríbese cerca de los dias sucesivos los números llamados lunares, de 1 á 30, en orden inverso ó retrógrado, á saber 30, ó de 0 al 1 de enero, 29 al 2, 28 al 3, y así sucesivamente. Y como la lunacion no tiene mas que 29 dias $\frac{1}{2}$, se hacen alternativamente estos periodos de 30 y 29 dias, esto es, que se acumulan los números 25 y 26 de 2 en 2 meses lunares, si el número de Oro es $>$ 11 y 24 con 25, si es de 1 á 11.

EUG. — Hasta ahora os confieso que acierto en el uso de lo que me acabais de enseñar.

TEOD. — Voy á deciros el uso de los números lunares, y antes de todo os esplicaré qué es la *Edad de la luna*, la *Epacta* y la *Neomenia*. La Neomenia

es la luna nueva ó novilunio, cuando no se ve este astro ni de dia ni de noche; la Edad de la luna es el tiempo trascurrido desde la última neomenia ó novilunio. Ahora bien si se tiene la *Edad de la luna* á la renovacion del año ó la Epacta se halla fácilmente la primera neomenia, y todas las demas de por junto con las diversas fases medias. Supongamos dada esta edad: segun el orden retrógrado de los números lunares 30, ó 0, 29, 28, el número de esta edad debe responder á la data de la neomenia ó novilunio, y á continuacion á todos los novilunios del año. Las demas fases se obtienen añadiendo 6, 15 y 20 á esta epacta. En 1840, la epacta es 26, y hallamos este número en las datas de los 5 de enero, 4 de febrero, 5 de marzo, etc., y son las datas de las neomenias medias. Los plenilunios corresponden á los números 9, los primeros cuartos á los 2, y los últimos cuartos á los 16; se suprimen 30 de la suma cuando es posible. Voy á enseñaros pues á hallar esta epacta. Puesto que el año solar sobrepasa el lunar de 11 dias, si la epacta es 0 en un año, es 11 en el siguiente, despues 22, despues 33 (ó mejor 3 quitando 30), etc., de aquí proviene esta tabla de correspondencia que voy á trazaros.

Número de oro	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Epactas	*	11	22	3	14	25	6	17	28	9	20

Número de oro	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX
Epactas	1	12	23	4	15	26	7	18

Sea la equidiferencia 0, 11, 22, 33, 44, suprímase

todos los multíplices de 30, tendreis 0, 11, 24, 14, que es la serie de las epactas : para tener la epacta de un año propuesto, no se trata sino de tomar el número cuya fila está indicada por el número de Oro. Esta tabla debe mudar con el decurso de los siglos; de 1900 á 2100 será menester quitar 1 á cada epacta; 15 corresponderá al número de Oro V, 22 al XIV, * á XII, 29 á I, etc. Esta alteracien depende de la reforma gregoriana; no siendo el periodo de 19 años rigorosamente exacto tambien es menester mudar esta correspondencia cada 300 años. Como este cálculo supone á la luna movimientos medios, no da el verdadero novilunio sino uno ó dos dias menos, lo cual es poco exacto para una marcha tan complicada; pero como en los años civiles mas se tiene por objeto fijar la data de las fiestas movibles que dar las épocas de las fases, dejemos esto aparte y veamos cómo se procede para fijar dichas fiestas.

Eug. — Rato hace que os estaba aguardando para este punto.

Teod. — Siendo el año lunar 11 dias mas corto que el solar, el mes sobrepasa á poca diferencia un dia la lunacion : cada data del novilunio llega pues cerca un dia mas pronto que en el mes precedente. De aquí nace esta regla : *Para hallar la edad de la luna, propuesto un dia, añádase á la data la epacta del año, y tantas unidades cuantos meses hayan pasado enteramente á partir de marzo, el resto será la data lunar.* Si es posible, es menester sacar 30. Pídese por ejemplo la edad de la luna para el 29 de mayo de 1822 : la epacta es 7; añado á 7 y 29

el número 2 de los meses, y quito 30 de la suma, el resto 8 anuncia que el 29 de mayo es el 8 de la lunacion. Cuando se trata de los dos primeros meses del año, se sustituye marzo á enero, y abril á febrero, siendo respectivamente las mismas las datas lunares. Ya sabeis que, segun las decisiones de la Iglesia, la Pascua debe celebrarse el primer domingo despues del plenilunio que sigue el 20 de marzo. Esta regla, suponiendo que el equinoccio de la primavera llega siempre el 21 de marzo, y que se regulan las lunaciones sobre las epactas civiles, considerad como la luna del primer equinoccio el primer novilunio que viene despues del 7 de marzo, á fin de que contando 13 dias despues de esta data, este dia 13, que es el del plenilunio, caiga lo mas pronto al 21 de marzo. Siendo estas suposiciones defectuosas, no se puede mirar la determinacion de esta fiesta sino como el resultado de una convencion bastante complicada, y casí estraña á los fenómenos astronómicos á que se ha creido sometida. El número de Oro da á conocer la epacta de donde resultan los novilunios de los meses de marzo y abril. Contando 13 dias despues del dia de este novilunio, se llega al plenilunio (despues del 20 de marzo) : el domingo que sigue es el de Pascua. Fácilmente echareis de ver, Eugenio, que la duracion desigual de los meses, la distribucion de las epactas, la movilidad de las fiestas, ofrecen en el calendario el caracter de la mas estraña é inutil complicacion. Hasta la misma intercalacion puede considerarse superflua : mas es preciso someternos á la voluntad general, hasta que ella misma haya

fallado una sentencia mas filosófica. Así sigamos nuestro cómputo como todo el mundo. En 1817, por ejemplo, el número es 15 (resto de $\frac{17-4}{19}$), por lo tanto la epacta es 12; buscando 12 entre los números lunares de marzo en el calendario perpetuo, veo que el 19 de marzo se reputa el dia del novilunio : 15 dias mas allá tengo el 19+15, ó el 32 de marzo, ó el 1 de abril, es el plenilunio pascual. En 1817, pues, la letra dominical es E, el domingo que sigue el 1 de abril, es el 6 que es el dia de la fiesta de Pascua. Procurad no olvidar que si la epacta es 25, se acumula con 26 ó 24, segun sea ó no el número de Oro > 11. Para facilitar la operacion, os daré una tabla donde tengo indicado para 22 años la data de la fiesta pascual, la epacta y el número del dia que empieza marzo.

Eug. — Me hareis mucho favor que para estas cosas vale tanto un ejemplo como cien esplicaciones.

Teod. — Otras siete tablas sirven para hallar perpetuamente el domingo de Pascua, cuando se conoce el inicial de marzo y la epacta. Elíjese la seccion que se refiere al inicial de marzo, la epacta da luego la data pascual. Por ejemplo, en 1661 la epacta es 18, marzo empieza por un viernes; la tabla que lleva este dia á la cabeza contiene la línea (14 á 20, 31 m.) que manifiesta que el 31 de marzo es el domingo de Pascua. Aquí teneis la tabla.

AÑO.	1 DE MARZO	EPACTAS	PASCUA.	DOMINGO.		MIERCOLES.		SABADO.	
				0 y 1	19 A	0 á 4	16 A	0	20 A
				2 á 8	12 A	5 á 11	9 A	1 á 7	13 A
1827	Juév.	3	15 A	9 á 15	5 A	12 á 18	2 A	8 á 14	6 A
1828	Sáb.	14	6 A	16 á 22	29 M	19 á 23	26 M	15 á 21	30 M
1829	Dom.	25	19 A	23	22 M	24 á 27	23 A	22 á 23	23 M
1830	Lún.	6	11 A	24 á 30	19 A	28 á 30	16 A	24 á 30	20 A
1831	Márt.	17	3 A						
1832	Juév.	28	22 A	LUNES.		JUEVES.			
1833	Viérn.	9	7 A					A indica *Abril*	
1834	Sáb.	20	30 M	0 á 2	18 A	0 á 5	15 A	M *Marzo*	
1835	Dom.	1	19 A	3 á 9	11 A	6 á 12	8 A		
1836	Márt.	12	3 A	10 á 16	4 A	13 á 19	1 A		
1837	Miérc.	23	26 M	17 á 23	28 M	20 á 23	25 M		
1838	Juév.	4	15 A	24 y 25	25 A	24 á 28	22 A		
1839	Viérn.	15	31 M	26 á 30	18 A	29 y 30	15 A		
1840	Dom.	26	19 A						
1841	Lún.	7	11 A	MARTES.		VIERNES.			
1842	Márt.	18	27 M						
1843	Miérc.	*	16 A	0 á 3	17 A	0 á 6	14 A		
1844	Viérn.	11	7 A	4 á 10	10 A	7 á 13	7 A		
1845	Sáb.	22	23 M	11 á 17	3 A	14 á 20	31 M		
1846	Dom.	3	12 A	18 á 23	27 M	21 á 23	24 M		
1847	Lún.	14	4 A	24 á 26	24 A	24 á 29	21 A		
1848	Miérc.	25	23 A	27 á 30	17 A	30	14 A		

* Si marzo empieza por lunes, la epacta es 23 y el nombre de oro XII, la Pascua cae el 18 de abril, y no al 25.

EUG. — Bueno, la copiaré en casa y mañana os volveré esta.

TEOD.—Ya os la podreis guardar pues no la necesito. Si el plenilunio cae al 21 de marzo y el dia siguiente es domingo este será el dia de Pascua; es lo mas pronto que puede llegar esta fiesta (en 1818) lo mas tarde sucede cuando el plenilunio cae al 20 de marzo, y cuando obligado á recorrer la lunacion siguiente que es el 18 de abril, hállase este dia en domingo, pues es necesario proceder 7 dias mas lejos ó al 25 de abril (en 1886). La Pascua cae, pues, siempre entre el 21 de marzo y el 26 de abril. Esta esposicion basta para componer el calendario; se busca el inicial de marzo ó la letra dominical que

regula las denominaciones de cada dia del año, el número de oro, luego la epacta que determina las faces de la luna y la Pascua. Resta en seguida distribuir las fiestas movibles segun sus distancias á esta fiesta, é inscribir á las demas datas los nombres de los santos y de las fiestas fijas ó inamovibles.

EUG. — Pero en los calendarios hay ademas determinadas las faces lunarias, los eclipses de sol y luna y otros fenómenos astronómicos; y si yo estuviese encargado de hacer un calendario aquí me estrellaria.

TEOD. — Para esto es preciso tener un conocimiento mas profundo del que os he dado del juego de los astros, y saber calcular sus movimientos, lo cual no es para el caracter de nuestras conferencias. Con todo si quereis meteros á compositor de calendarios, fuerza os será estudiar mas á fondo este punto de astronomía.

EUG. — Lo que es de las predicciones morales ó de las variaciones atmosféricas de que salen atestados los calendarios no os hablo, porque se me figura que han de ser todas paparruchas.

TEOD.— En efecto es así, debeis considerarlas como ridículos presagios, como absurdos sueños de la astrología judiciaria, y nada mas; y me inclino á creer que solo se afea el calendario con estas farsas, porque tal habria que dejaria de comprarlo creyendo que, no habiendo en él vaticinios de nieblas, vientos, lluvias, buenos y malos tiempos, el pronóstico no habrá de valer un pito. Os he prometido la tabla del calendario gregoriano perpetuo, aquí la teneis pues.

DIAS.	ENERO.		FEBRERO.		MARZO.		ABRIL.		MAYO.		JUNIO.		JULIO.		AGOSTO.		SETIEMBRE.		OCTUBRE.		NOVIEMBRE.		DICIEMBRE.	
1	A	0	D	29	D	0	G	29	B	28	E	27	G	26	C	24*	F	23	A	22	D	21	F	20
2	B	29	E	28	E	29	A	28	C	27	F	26	A	25	D	23	G	22	B	21	E	20	G	19
3	C	28	F	27	F	28	B	27	D	26	G	24*	B	24	E	22	A	21	C	20	F	19	A	18
4	D	27	G	26	G	27	C	26	E	25	A	23	C	23	F	21	B	20	D	19	G	18	B	17
5	E	26	A	24*	A	26	D	24*	F	24	B	22	D	22	G	20	C	19	E	18	A	17	C	16
6	F	25	B	23	B	25	E	23	G	23	C	21	E	21	A	19	D	18	F	17	B	16	D	15
7	G	24	C	22	C	24	F	22	A	22	D	20	F	20	B	18	E	17	G	16	C	15	E	14
8	A	23	D	21	D	23	G	21	B	21	E	19	G	19	C	17	F	16	A	15	D	14	F	13
9	B	22	E	20	E	22	A	20	C	20	F	18	A	18	D	16	G	15	B	14	E	13	G	12
10	C	21	F	19	F	21	B	19	D	19	G	17	B	17	E	15	A	14	C	13	F	12	A	11
11	D	20	G	18	G	20	C	18	E	18	A	16	C	16	F	14	B	13	D	12	G	11	B	10
12	E	19	A	17	A	19	D	17	F	17	B	15	D	15	G	13	C	12	E	11	A	10	C	9
13	F	18	B	16	B	18	E	16	G	16	C	14	E	14	A	12	D	11	F	10	B	9	D	8
14	G	17	C	15	C	17	F	15	A	15	D	13	F	13	B	11	E	10	G	9	C	8	E	7
15	A	16	D	14	D	16	G	14	B	14	E	12	G	12	C	10	F	9	A	8	D	7	F	6
16	B	15	E	13	E	15	A	13	C	13	F	11	A	11	D	9	G	8	B	7	E	6	G	4
17	C	14	F	12	F	14	B	12	D	12	G	10	B	10	E	8	A	7	C	6	F	5	A	5
18	D	13	G	11	G	13	C	11	E	11	A	9	C	9	F	7	B	6	D	5	G	4	B	3
19	E	12	A	10	A	12	D	10	F	10	B	8	D	8	G	6	C	5	E	4	A	3	C	2
20	F	11	B	9	B	11	E	9	G	9	C	7	E	7	A	5	D	4	F	3	B	2	D	1
21	G	10	C	8	C	10	F	8	A	8	D	6	F	6	B	4	E	3	G	2	C	1	E	0
22	A	9	D	7	D	9	G	7	B	7	E	5	G	5	C	3	F	2	A	1	D	0	F	29
23	B	8	E	6	E	8	A	6	C	6	F	4	A	4	D	2	G	1	B	0	E	29	G	28
24	C	7	F	5	F	7	B	5	D	5	G	3	B	3	E	1	A	0	C	29	F	28	A	27
25	D	6	G	4	G	6	C	4	E	4	A	2	C	2	F	0	B	29	D	28	G	27	B	26
26	E	5	A	3	A	5	D	3	F	3	B	1	D	1	G	29	C	28	E	27	A	26	C	25
27	F	4	B	2	B	4	E	2	G	2	C	0	E	0	A	28	D	27	F	26	B	24*	D	24
28	G	3	C	1	C	3	F	1	A	1	D	29	F	29	B	27	E	26	G	25	C	25	E	25
29	A	2			D	2	G	0	B	0	E	28	G	28	C	26	F	24*	A	24	D	22	F	22
30	B	1			E	1	A	29	C	29	F	27	A	27	D	25	G	25	B	25	E	21	G	21
31	C	0			F	0			D	28			B	26	E	24			C	22			A	20

EUG. — Si teneis copia de él me lo guardaré.

TEOD. — Conservadlo pues, para vos lo tracé: apliquemos las reglas del calendario al año 1830 para hallar el dia inicial de marzo el número 74 daria á conocer que este mes empieza por lunes. De aquí resultan los nombres de los otros dias del año. Por otra parte, segun lo que os llevo dicho, la letra

dominical es C y puede inscribirse en el calendario perpetuo domingo en cada vuelta del lunes por D, etc. Voy á indicaros el principio de cada mes.

	ENERO.	FEBRERO.	MARZO.	ABRIL.	MAYO.	JUNIO.	JULIO.	AGOSTO.	SETIEMBRE	OCTUBRE.	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	Viérn.	Lún.	Lún.	Juév.	Sáb.	Márt.	Juév.	Dom.	Miérc.	Viérn.	Lún.	Miérc.
2	Sáb.	Márt.	Márt.	Viérn.	Dom.	Miérc.	Viérn.	Lún.	Juév.	Sáb.	Márt.	Juév.
3	Dom.	Miérc.	Miérc.	Sáb.	Lún.	Juév.	Sáb.	Márt.	Viérn.	Dom.	Miérc.	Viérn.
4	Lún.	Juév.	Juév.	Dom.	Márt.	Viérn.	Dom.	Miérc.	Sáb.	Lún.	Juév.	Sáb.

Distribuidos de esta manera, los dias de la semana se clasifican fácilmente los santos y fiestas fijas, colocándolos á sus respectivos puestos, y solo resta señalar las fiestas movibles segun la data pascual. La regla que os he dado mas arriba ofrece VII para el nombre de oro, resto de $\frac{30-4}{19}$, y por lo tanto la epacta 6; así segun el cuadro, ó tabla primera que os he dado, Pascua cae á 11 de abril. Luego pues tenemos distribuidas las fiestas movibles de esta manera:

Septuagésima.	7 de febrero.	Pascua.	11 de abril.
Quincuagésima.	11 —	Quasimodo.	18 —
Ceniza.	24 —	Ascension.	20 de mayo.
Anunciacion.	25 de marzo.	Pentecostes.	30 —
Pasion.	28 —	Trinidad.	6 de junio.
Ramos.	4 de abril.	Corpus.	10 —

El primer domingo del Adviento es el 28 de no-

viembre. Los cuatro tiempos los 3 de marzo, 2 de junio, 15 de setiembre y 15 de diciembre. En cuanto á los novilunios se colocan cada vez que la epacta es 6, á saber el 25 de enero y marzo, 23 de febrero, abril y mayo, 21 de junio y julio, 19 de agosto... Los plenilunios vendrán á las epactas 19, á saber 12 de enero y marzo, 10 de febrero, abril y mayo, 8 de junio... Ahí teneis todo y mas de lo que os toca saber sobre este punto al cual doy aquí fin lo mismo que á la astronomía.

Eug. — Os aseguro que cultivaré cuanto me acabais de decir porque esto es para mí curioso; y puesto que ya dais por acabada la astronomía, haced como hicisteis en la física; esto es, dadme una noticia histórica de la ciencia de los astros para que conozca su cuna y sus progresos hasta nosotros

§ XI.

De la historia de la astronomía.

Teod. — La astronomía es otra de las ciencias cuya cuna está envuelta de tinieblas, tan antigua como el mundo, unida á las primeras necesidades del hombre, debió de escitar al principio su curiosidad y atraer sus observaciones: pero estos primeros elementos de la ciencia, recogidos en diversos lugares á épocas lejanas quedaron perdidas para ella, como lo son para su historia: así pues yo no tomaré la historia de esta ciencia desde su pri-

mitivo origen, no perdiéndola de vista ni un momento en medio de las tinieblas de que está cubierto su sendero, sino que os la mostraré de cuando en cuando en los puntos que sale de semejante oscuridad.

EUG. — Hacedlo del modo que os parezca mejor: pues yo no pretendo ser tan erudito en este punto que una tilde me escape: bástame tener de la tal historia una tinta general.

TEOD. — Vamos pues al caso. Probablemente fueron los Caldeos los primeros que se ocuparon en la astronomía: habitaba este pueblo pastor las deliciosas comarcas del Asia, el mas hermoso pais del mundo. La costumbre de pasar las noches en descubierto, la pureza del cielo, la inmensidad del horizonte, todo debió de invitar bien pronto á seguir los movimientos de los cuerpos celestes y á estudiar los imponentes fenómenos. De la Caldea trasladóse prontamente la astronomía al Egipto, cuna de las artes y de las ciencias, donde hizo grandes progresos. Apoderáronse de ella los sacerdotes, la mezclaron á la religion y la convirtieron en instrumento de dominacion sobre un pueblo crédulo que se esforzaban á retener en la ignorancia y la supersticion. Los Fenicios aplicaron antes que nadie á la navegacion las observaciones astronómicas. Habian observado que en medio del movimiento general de la esfera una de las estrellas de la pequeña orsa parecia quedar siempre en la misma situacion. Sobre esta estrella regularon su marcha, y era tal su superioridad, que en el tiempo de hechos, época en que los demas pueblos apenas se

atrevian á abandonar sus playas y sus costas, ya habian salido aquellos del mar Rojo, dado la vuelta al Africa, y vuelto al cabo de tres años por la embocadura del Nilo. En la misma época, á poca diferencia, introdujo Thales la astronomía de Egipto en Grecia y enseñó á los Griegos que no sabian observar mas que la orsa mayor, cuanto mas segura era para la navegacion la estrella del polo, justamente con las leyes del movimiento del sol y de la luna, de donde sacaba la esplicacion de la duracion de los dias y la determinacion del año solar. Conocia ademas este sabio la causa de los eclipses, y segun parece hasta sabia el medio de predecirlos, pues adquirió una celebridad estrepitosa por haber anunciado un eclipse que aconteció el dia de la batalla entre los Medos y Lidios. Anaximandras, uno de sus discípulos, inventó el globo terrestre, hizo construir en Esparta el Gnomon que le servia para observar los equinoxios y solsticios, y determinó con bastante precision la oblicuidad de la eclíptica.

Eug. — Antes de pasar adelante, decidme que es el gnomon, que yo no entiendo esta palabra ni sé lo que significa.

Teod. — El gnomon es el estilo ó aguja que señala las horas en el reloj de sol. Poco tardaron los Griegos en aprovecharse de las ideas nuevas para la navegacion; pero fueron poco reconocidos para con el sabio que se las habia traido, pues lo desterraron, y le hubieran dado muerte á no arrancarlo Pericles del furor del pueblo supersticioso. Todo su crimen consistia en haber profesado que el mundo

se regia por leyes inmutables. Pitágoras, que vivia quinientos años antes de nuestra era, hizo dar grandes pasos á la ciencia, y la enriqueció de casi todos los grandes conocimientos sobre que apoya hoy dia. Pitágoras es el que descubrió el sistema del mundo, al cual ha dado Copérnico su nombre, y el primero que concibió la idea atrevida de que los planetas son globos habitados como el globo que pisamos, y que las estrellas que pueblan la inmensidad del espacio son otros tantos soles destinados á dispensar el calor y la luz á los sistemas planetarios, que gravitan sobre ellos. Los cometas eran, para Pitágoras, no metéoros fugitivos formados en la atmósfera, sino astros permanentes que se mueven alrededor del sol segun leyes que le son propias.

Eug. — Pues hombre, ¿si casi todo cuanto me habeis enseñado relativamente al movimiento general de los astros se encierra aquí, razon teneis de decir que á Pitágoras se debe la mayor parte de conocimientos astronómicos?

Teod. — Con todo fué necesario que Copérnico, al cabo de muchos años, diese nuevo impulso á esta sublime concepcion, para que tomase cuerpo. Mas ya veremos eso luego, continuemos el hilo de nuestra historia. El primero que enseñó á clasificar los climas, segun la longitud de los dias y noches, fué Pytheas que adquirió ó vió nacer entre los Griegos, decidido gusto por la astronomía, los cuales no pudiéndole ya satisfacer en Atenas se remontaron al origen de esta ciencia, fuéronse á estudiarla á Egipto, y Eudoxio trajo, á su vuelta, nuevos conocimien-

tos que publicó en diversas obras. Este fué el que esplicó é hizo adoptar á los Griegos, reunidos en los juegos olímpicos, el famoso ciclo de diez y nueve años, imaginado por Meton, para conciliar los movimientos del sol y de la luna. Este es el año del ciclo que se indica en nuestros calendarios bajo el nombre de *número de oro*. Como todas las ciencias se encadenan y se dan mutuamente la mano, la astronomía se puso al servicio de la física y la geografía, y les prestó sus grandes puntos de vista. Aristóteles determinó, por medio de observaciones astronómicas, la figura y magnitud de la tierra; dedujo la prueba de su esferoicidad de la apariencia de la sombra que arroja circularmente en los eclipses sobre el disco de la luna, y de la desigualdad de las alturas del meridiano solar en las diversas latitudes. De esta manera se engrandecia entre las manos de estos célebres sabios el dominio de la ciencia astronómica; pero la escuela que descolló con mas brillante y justa nombradía entre todas las de la antigüedad, donde se enseñaba esta ciencia, fué sin duda la de Alejandria, la cual recogia con inteligencia una infinidad de observaciones que practicaba con instrumentos trigonométricos, describia con cuidado las constelaciones, determinaba de una manera precisa la posicion de las estrellas, los cursos de los planetas, y empezaba á darse cuenta de las desigualdades de los movimientos del sol y de la luna. Hiparco determinó en ella la longitud del año trópico con una precision, á que no se habia llegado todavía hasta entonces, y la fijó á la poca diferencia de unos cuatro minutos y medio. Ptolomeo á

quien se mira como el primero de los astrónomos, vivia en el segundo siglo de nuestra era. En su grande *sintaxis* nos ha trasmitido las observaciones y principales descubrimientos de los antiguos; nos ha dado la teoría y las tablas del movimiento del sol, de la luna, de los planetas y las estrellas fijas; y habia adoptado el sistema que supone la tierra colocada en el centro del mundo, al cual se ha dado su nombre. Las ideas inexactas que envuelve no impidieron que este grande hombre calculase los eclipses que habian de acaecer en los seis siglos siguientes. Por los años de 826, los Arabes tradujeron la sintaxis que llamaron *Almagesta*. Cuatro siglos mas tarde, Federico II mandó que se tradujera en latin. Alfonso, rey de Castilla, juntó los principales astrónomos conocidos y les hizo componer nuevas tablas que se llamaron *Alfonsinas*. Semejante proteccion para los astrónomos hizo impresion á los hombres ilustrados que poseia la Europa: la astronomía conducia á los favores, á la reputacion, y se pusieron á cultivarla; ocioso es decir que con este general arranque se multiplicaron los tratados y con ellos los instrumentos que facilitan las observaciones. Pero el acontecimiento mas memorable de esta época fué la reproduccion del antiguo sistema del mundo descubierto por Pitágoras, siendo Copérnico, natural de Thorn en 1472, el que lo resucitó, habiendo hallado que el sistema de Ptolomeo que supone la tierra fija, y el sol, la luna y los planetas dando vueltas en círculos concéntricos alrededor de este cuerpo, no estaba acorde con los fenómenos, y que las dificultades que lo

complican desaparecian, admitiendo que el sol es un centro alrededor del cual la tierra hace como los demas planetas su revolucion anual. Esta teoría se apoya en razonamientos tan incontestables por otros que es la única enseñada hoy dia en toda la Europa. Desgraciadamente Copérnico no tuvo la satisfaccion de ver triunfar su doctrina que habia defendido tan bien. Perseguido por los que veian en él un herege, objeto de las intrigas de otros sabios, dejó pasar mucho tiempo antes de publicar la obra en que habia depositado el resultado de sus observaciones: pocos dias despues de haber visto el primer ejemplar de esta obra dejó de existir.

Eug. — Es una cosa bien singular que todos estos grandes genios innovadores hayan sido cruelmente perseguidos. ¡Cuanto puede la envidia unida á la ignorancia de los hombres!

Teod. — La única oposicion un poco seria que esperimentó la teoría de Copérnico provino de Tico-Brahe, célebre astrónomo danés, que quiso hacer prevalecer la suya. Poco difiere su sistema del de Ptolomeo, con todo conócese bajo su nombre. Supone que la tierra está en el centro del mundo, y que el sol da alrededor de nuestro globo un giro en veinte y cuatro horas. Otro tanto hacen los planetas relativamente al sol, pero en tiempos periódicos, Mercurio en primer lugar como colocado á menor distancia, despues Venus, Marte, Júpiter y Saturno, que recorren la misma órbita. Algunos de sus discípulos, sin embargo, suponian que la tierra estaba animada de un movimiento diurno en torno de su eje, y que el sol y todos los planetas hacian su re-

volucion alrededor de la tierra en un año. Uno de los discípulos de Tico-Brahe, Kepler, hizo dar á la ciencia pasos agigantados. Hiparco, Ptolomeo, y hasta el mismo Copérnico debian la mayor parte de sus conocimientos á los Egipcios, Caldeos é Indios, y seguian una senda ya trillada; mientras que Kepler solo debió á su genio los descubrimientos que le han hecho tan célebre, pues la antigüedad no le habia legado ningun vestigio que pudiese ponerle en marcha. Por los mismos dias vivia Galileo, y mientras que el uno trazaba las órbitas de los planetas y hallaba las leyes de sus movimientos, el otro sometia á sus investigaciones las leyes del movimiento en general que se habian despreciado mas de dos mil años á aquella parte. Ayudado de los trabajos de estos dos sabios, aparecieron Newton y Huygens, y determinaron todos los movimientos planetarios. Galileo habia demostrado de una manera incontestable que la tierra estaba animada de un movimiento diurno y de un movimiento anual; pero era su doctrina contraria á las ideas recibidas, y los cardenales le condenaron como ya os he dicho, haciendo la historia de la física, á una carcel perpetua, sin respetar su edad, sus virtudes y sus luces. A los nombres y trabajos de los citados astrónomos, debemos añadir los de Laplace, Herschell, Harding, Schrœter, Riazzy, Olbers, Arago y otros, los cuales han elevado la ciencia astronómica á un grado tal de esplendor que hace el orgullo de la inteligencia humana. Ocioso será deciros que entre los citados se halla el autor de la mecánica celeste, y los descubridores de los planetas telescópicos y Urano. Con

esto me parece que ya teneis bastante para poseer una idea general de la marcha de la astronomía. No os he dicho nada de los instrumentos astronómicos, porque, como casí todos pertenecen á la física, por estar bajo la teoría de la luz, ya os dije allí quien los habia inventado, y en qué tiempo. Descansemos, pues por hoy, que bastante nos hemos estendido; mañana continuaremos abriendo nuevo campo á nuestras conferencias.

SILV. — Ya sois físico y astrónomo, y no hace un mes que nada sabiais : si así se aprenden las ciencias hoy dia, feliz es el que en estos tiempos nace.

TEOD. — En tan poco tiempo no se aprenden estas ciencias, pero se tiene una tintura de ellas, y si se repasa lo que se ha aprendido todo se va quedando fácilmente.

EUG. — Yo os aseguro, Teodosio, que no descuido nada; pues, allá en mi casa, antes de acostarme, procuro tomar apuntes de lo que me habeis enseñado. Mas decidme de qué pensais tratar en las conferencias primeras que se sigan.

TEOD. — De la *Química*, pues es ciencia que completa la física y da cuenta de una infinidad de fenómenos que esta no esplica, ademas de que reporta grandes utilidades para las artes.

EUG. — ¿Será mañana?

TEOD. — Mañana será, si no pone en ello obstáculo, Silvio.

SILV. — Ninguno he de poner.

TEOD. — Pues entonces, hasta mañana y vamos ahora á dar una vuelta.

FIN DEL TOMO CUARTO.

INDICE

DEL TOMO CUARTO.

TARDE DECIMATERCERA.

De los cielos y de los astros en comun.

TARDE DECIMACUARTA.

Del sol y la luna en particular.

TARDE DÉCIMAQUINTA.

De las demas planetas en particular, y de los cometas y estrellas.

TARDE DÉCIMASESTA.

De los movimientos de los astros comparados entre sí.

TARDE DECIMASÉPTIMA.

De la causa física del movimiento de los astros, y de las leyes que perennemente observan.

TARDE DÉCIMAOCTAVA.

De los efectos que nacen de la figura y situacion del globo de la tierra respecto de los astros.