

§ 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 comprensión.

TEOD. — Vamos á los movimientos de la luna. Ya sabéis que se mueve alrededor de la tierra, como los satélites de Júpiter alrededor de él : en este movimiento ó período gasta 27 días, 7 horas y 45 minutos.

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

TEOD. — No me equivoco ; pero yo me explicaré, 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 días, 7 horas y 45 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 días 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

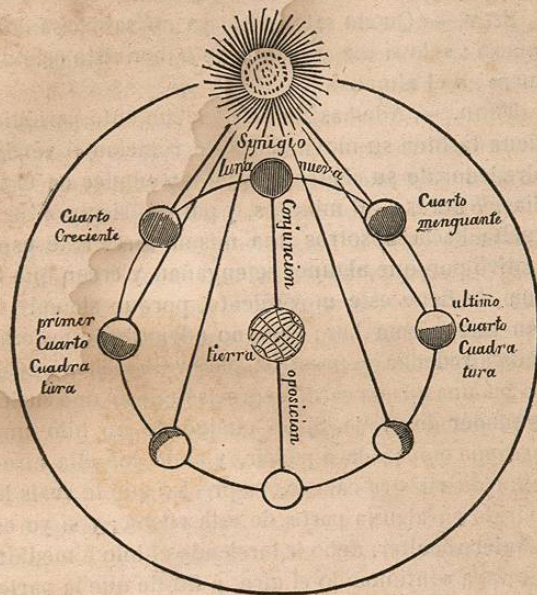


Fig. 7.

la luna es verdaderamente nueva corresponde á un determinado lugar del cielo ; de aquí á 27 días 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 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 45 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 periodo habré tambien hecho dar á la manzana una vuelta alrededor de su eje. Pues aquí tenéis 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. — Admirome 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 explicaré mejor. Solo resta decir que el eje de la luna, sobre el cual ella se revuelve en 27 días 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. Terros.*

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 explicar 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

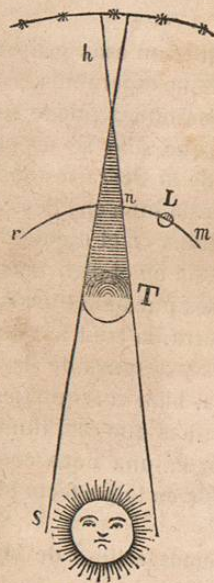


Fig. 8.

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 día, 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

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.

EUJ. — 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 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 recibis 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.

EUJ. — 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 estuyese 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; más 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 estuyese 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 sabéis 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 entenderéis, 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

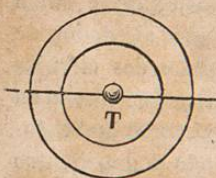


Fig. 10.

vesad 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;

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

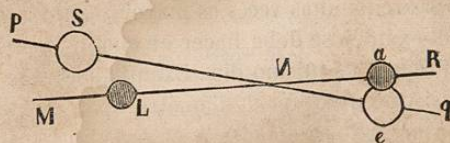


Fig. 11.

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 aprieta 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 exceso 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?

EUQ. — 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.

EUQ. — 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. 41) 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 exceso 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 explicado, 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 asuntos que nos restan.

SILV. — Dadme acá un anteojito, 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*,