

Teatro crítico universal Tomo tercero, Discurso séptimo

Benito Jerónimo Feijoo

Paradoxas matemáticas

Entro en esta materia con el preciso desconuelo de no poder darme á entender bastantemente á la mayor parte de los Lectores. Son en España tan forasteras las Matemáticas, que aun entre los eruditos hay poco que entiendan las voces facultativas más comunes; pero la importancia de este Discurso, para defengañar al espíritu humano de lo poco que debe fiar de sus más establecidas aprehensiones, me obligó á vencer este reparo. Sirve esto mucho á otro fin más noble. Nunca nuestro entendimiento está más bien dispuesto á rendirse á los sobrenaturales, y revelados mysterios, que quando hace la reflexion debida sobre la cortedad de su alcance aun en las cosas naturales. Y esta reflexion se excitará necesariamente en los Lectores capaces, al ver en el presente Discurso demostradas con evidencia algunas proposiciones, en que antes concebía una manifiesta repugnancia. Procuraré familiarizarme á la inteligencia de los más tardos, quanto lo permitiere la materia, más porque este conato en algunos puntos sería inútil sin la ayuda de figuras, hice estampar las precisas que se hallarán al fin de este Discurso. Las Paradoxas irán divididas segun el orden de las diversas Facultades Matemáticas á que pertenecen.

§. I

Geometria [134]

Posibles son dos líneas que continuamente se vayan acercando más, y mas una á otra, y que por mas que se prolonguen nunca lleguen á tocarse.

2. Desde el punto C (ver figura 1, p. 152) se tirarán las rectas que le quisiere ácia la línea *AL*, haciendo ángulos con ella, los quales tanto serán mas agudos, quanto las líneas sean mas inclinadas, ó se tiraren á mayor distancia. Tales son las líneas *CA*, *CN*, *CO*, *CP*, *CQ*, *CL*. Córtese de todas ellas una igual porcion, v. gr. de dos dedos, ácia la línea *AL*, como se demuestra en la figura. Digo, que si desde el punto *B* se tirase una línea, cortando las que van del punto *C* á la línea *AL*, en los puntos *D*, *E*, *F*, *G*, *H*, *I*, donde se hizo la división dicha, la línea oculta *B*, encaminada por dichos puntos se irá acercando siempre mas, y mas á la línea *AL*. Pero por mas que se prolonguen una, y otra, nunca llegará á tocarla.
3. La razón es clara, porque los puntos de la división, á proporcion que las líneas fueren mas inclinadas, é hicieren ángulo mas agudo, estarán mas cerca de la línea *AL*, y por otra parte ninguno de aquellos puntos tocará á dicha línea, por la suposición hecha de que la división se hizo en la distancia de dos dedos de la línea antes del punto del contacto.
4. De otro modo. Por mas que se prolongue la línea *AL*, á qualquiera distancia suya se podrá tirar una línea desde el punto *C* que haga ángulo con ella; *sed sic est*, que en esta misma línea tirada del punto *C*, se puede señalar un punto por donde se corten dos dedos de su longitud, antes de llegar al punto del contacto: luego hay un punto por donde la corte la línea que viene del punto *B*, y por consiguiente ésta quando llegue á cortarla, no tocará á la línea *AL*.
5. Llamán los Matemáticos *Asymptotas* á estas líneas, [135] que prolongadas siempre distan menos, sin poder llegar á tocarse. Y aunque la voz *Asymptotas* se apropie con particularidad á las dos líneas del triángulo que comprehende á la línea *Hypérbola*, hay otras de este género, fuera de estas, y de las que hemos señalado en la figura. Como son dos *Parabolas* iguales, puesta una deaxo de la otra; tambien dos *Hypérbolas* se pueden descubrir de modo que sean *Asymptotas*. Pero en estos casos es la demostración embarazosísima, y para entenderla es menester mas que mediana tintura de Geometria.
6. Advierto que la verdad de nuestra proposición, aunque se conviene con demostración teórica, es imposible la execucion en la práctica, por ser imposible formar líneas indivisibles, quales eran necesarias para la execucion; pero haremos mas sensible su verdad á los que no hubieren penetrado bien la demostración propuesta, con otra *Paradoxa* equivalente á la que acabamos de probar, y que en el fondo viene á ser la misma.
7. Digo que puede suceder que entre dos qualidades desiguales, aunque se vayan haciendo infinitas adiciones á la menor, nunca llegue á igualar la mayor. Esto sucederá infaliblemente, como las adiciones se vayan

haciendo en progresion geométrica descendiente. Por exemplo. Pongámos una cantidad de dos varas, y otra de una; añádale a ésta media vara. después una quarta, luego una ochava, y así, continuando infinitamente, añadale siempre la mitad de la parte añadida antecedente; nunca podrá la añadida igualar á la entera, porque como lo que le falta para igualar es siempre otro tanto como la inmediata añadida; añadiéndole solo la mitad de ésta, nunca puede llegar á igualar, esto es, nunca la cantidad de una vara podrá con infinitas adiciones llegar á tener dos varas.

8. He dicho que esta Paradoxa en el fondo es una misma con la antecedente; porque así como la razon de no llegar á igualarle las dos cantidades, es que las adiciones se van disminuyendo en cierta proporcion geométrica; [136] la razon de no llegar jamás á tocarse las dos líneas, es porque la inclinacion de una á otra tambien se va disminuyendo sucesivamente en alguna determinada proporcion geométrica, al paso que las líneas se van prolongando.

9. La proposicion establecida puede tener su uso, como muy oportunísimo en algunas materias filosóficas, y teológicas, para confirmar la máxima repetida de que las cosas del orden inferior, por mas que crezcan en perfeccion, nunca pueden igualar las cosas colocadas en orden superior, y disolver el molestísimo argumento que contra ella se hace. Esta disquisicion ocurre en varios asuntos, pero especialmente se interesan en la máxima referida muchos Teólogos, que sin embargo de negar que el pecado en razon de ofensa sea *simpliciter* infinito, afirman que nunca puede igualarle con su valor satisfaccion alguna de la pura criatura. Los contrarios instan sobre que siendo finito el pecado, podrá crecer la satisfaccion mas, y mas hasta llegar á igualarle; y para ocurrir á esta dificultad, digo que es oportunísimo el finil de la línea, que acercándose siempre mas, y mas á la otra, nunca llega á tocarla. Sirve tambien para explicar cómo por mas que el hombre crezca en perfeccion, nunca llegará á igualar al Angel: acercarsele mas, y mas; pero nunca llegará á tocarle. Lo mismo digo del bruto, respecto del hombre.

§. II

Geometria

Das paredes de un edificio, si están hechas á plomo, no pueden ser paralelas, ó equidistantes: antes bien es preciso que disten mas una de otra por la parte superior, que por la inferior

10. Esta Paradoxa está ya bastante vulganzada: sin embargo me pareció proponerla aquí, [137] porque aunque muchos la saben, son muchos mas los que la ignoran. A estos parecerá á primera vista tan falsa que lo contrario juzgarán evidente: no obstante la demostración de ella es facilísima, aun sin usar de figuras. El estár las paredes hechas á plomo no es otra cosa que estár formadas en línea recta ácia el centro de la tierra, que es la línea de la dirección del plomo, y de todos los graves. Confíderese ahora, que las líneas rectas que van de la circunferencia ácia el centro, quanto mas se acercan al centro, menos distan entre si (proposición evidente entre los Matemáticos); y se hallará, que estando las dos paredes mas vecinas al centro por la parte inferior, que por la superior, es preciso que disten menos una de otra por la inferior, que por la superior; pero esta diferencia, á causa de la gran distancia del centro, es totalmente insensible.

11. Adviértese que esta demostración procede en suposición de la comun opinión filosófica que los graves baxan por línea recta ácia el centro de la tierra, lo qual no es tan cierto que no admita alguna duda, como se verá mas abaxo. No obstante lo mismo sucederá, y lo mismo se puede demostrar, en suposición de que baxen los graves por línea recta al exe de la tierra, como no estén tiradas de Oriente á Poniente, cruzando el exe, sino de Polo á Polo, siguiendo la dirección del exe.

§. III

Óptica

Es imposible saber si los objetos se nos representan á los ojos, segun la verdadera magnitud que tienen en sí mismos

12. La parte mas interna del ojo es una túnica, llamada retina, donde paran los rayos, ó especies visibles de los objetos, después de pasar por los tres humores, aqueo, cristalino, y vítreo, que componen el ojo, y por las túnicas que contienen los dos primeros

[138] La razon de parar en la retina los rayos, y no antes, es porque allí los humores, como las demas túnicas, son transparentes, y la retina es opaca

13. En esta túnica, pues, estando el objeto proporcionado, y el órgano en todo bien dispuesto, se forma una imagen perfectísima de aquel, la qual viene á ser el objeto inmediato en que se exercita la vision.

14. Es cosa manifiesta entre los inteligentes de la Óptica, que quanto esta imagen es mayor, tanto mayor se representa el objeto. Esta regla coincide con otra de la Óptica, que es, que aquellos objetos parecen mayores que se ven debaxo de mayor ángulo óptico, y aquellos menores

que se ven debaxo de menor ángulo óptico; porque de hecho á proporcion del ángulo óptico, es mayor, ó menor la imagen que se forma en la retina. Pero porque el explicar qué es ángulo óptico, cómo, y de dónde se forma, sería cosa muy prolixa, tomamos ahora la medida de la aparente magnitud del objeto, solo por el tamaño de la imagen.

15. Esta imagen es mayor, ó menor, aun respecto del mismo objeto, á proporcion que el objeto está mas, ó menos distante. Por esta razon el mismo objeto quanto está mas distante parece menor, y quanto mas próximo parece mayor. Esto supuesto, pregunto: ¿en qué distancia se nos representan los objetos, de modo que formen la imagen proporcionada á su verdadera magnitud? Nadie me podrá responder: porque nadie lo sabe, ni para esto es dable hallar ninguna regla. Que se diga que á la distancia de dos pies, que á la de quatro, que á la de ocho, todo será voluntario. Luego es imposible saber si los objetos se nos representan á los ojos segun la verdadera magnitud que tienen en si mismos.

16. Añadese á esto, que el mismo objeto no daña igualmente segun todas sus partes, sino desigualmente del ojo. Pongo por exemplo. Una pared que tengo enfrente, á corta distancia, segun una parte suya, está mas cerca del ojo, y segun las otras sucesivamente se van alexando (139) mas, y mas. Luego partes iguales en si mismas de un mismo objeto (y. gr. dos partes de la pared, cada una de la dimension de una vara tomando la una en la mayor vecindad al ojo, y la otra en la mayor distancia) se representan desiguales, porque forman las parciales imágenes desiguales. ¿Cuál, pues, se representa segun su verdadera magnitud? Acaso ninguna.

17. Aun no pára aqui la dificultad. Es cierto con certeza moral, ya que no con evidencia matemática, que no á todos los hombre, aun supuesta la misma distancia, se les representa un mismo objeto con igual magnitud. La razon es, porque la magnitud de la imagen no depende precisamente del tamaño, y distancia del objeto, mas tambien de la estructura, y conformacion del ojo. Segun es mas, ó menos convexo el cristalino, segun los humores, y túnicas son respectivamente mas, ó menos diáfanos, padecen mas, ó menos refraccion los rayos que vienen de los objetos, y de la mayor, ó menor refraccion, viene á ser mayor, ó menor la imagen en la retina. Esto se ve en los vidrios que se forman para ayudar la vista, los quales á proporcion de su convexidad abultan el objeto ni depende de otro principio el que un microscopio represente el objeto cien veces mayor que un vidrio plano. Asi hay ojos que son microscopios naturales: tales son los de los animales minutísimos. El Padre Gaspar Scotto (In Mag. natur. part. 1. lib. 10) refiere que vió con

el microscopio, y hizo ver á otros unos animalillos tan menudos que infestan á las pulgas, como las pulgas á nosotros. Con todo, es cierto que estos vivientes átomos se ven unos á otros ven uno por uno sus propios miembros: ven el mismo alimento de que se nutren; lo qual no puede ser sin que sus ojos sean unos naturales microscopios insignes, y esto depende de su material estructura.

18. Es verdad que no cabe tanta desigualdad en los ojos de diferentes hombres: pero no se puede negar que hay [140] alguna en atencion á que en todos los demas miembros observamos sensible discrepancia. Apenas, ni aun apenas se hallarán dos hombres que tengan perfectamente semejantes en la figura la nariz, la frente, las manos, ú otro qualquiera miembro. Lo mismo debemos discurrir de los ojos.

19. La experiencia lo confirma. Gasendo refiere de sí que tenia los ojos tan diferentes, que en el uno se le representaban los objetos con mucho mayor magnitud que en el otro; y aunque esto es una cosa admirable, se le haria notable injuria á aquel excelente varon en no creerla. El Padre Declailes dice de sí lo mismo, aunque la desigualdad no era tanta y de un Coadjutor, Portero del Colegio donde habitaba, cuenta, que con un ojo veia bien los objetos distantes, y mal los cercanos, con el otro al contrario, veia bien los cercanos, y mal los distantes. Si estas desigualdades se observan en los ojos de un mismo individuo, mucho mas es de creer que las hay en los individuos diferentes. Y así debemos concluir, que diferentes hombres ven, segun diferente magnitud, los objetos.

20. Opondrálame acaso, que quando diferentes hombres tratan de determinar la altura de una pared, ú de una torre, todos convienen en que tiene tantas varas, ó tantos pies. Respondo que es así. Pero cómo se me probará que las varas, ú los pies se le representan de la misma magnitud á uno que á otro? Así que la dificultad, después de esta convencion, toda subsiste. Concordamos en que la pared tiene tantas varas: pero queda la duda de si la vara se me representa á mí mayor, ó menor que al otro. Concordamos tambien en que cada vara tiene tantos pies, cada pie tantos dedos, y cada dedo tantas lineas: pero todo esto no es mas que ir sucesivamente transfiriendo la questron de las mayores medidas á las menores: pues de esta última medida que se señala, preguntaré de dónde consta que al otro se le representa tan grande, y no mayor, ni menor que á mí. [141]

§. IV

Optica

Ningun objeto se ve claro, y distintamente sino con un ojo solo

21. Es el sentido que quando se ve algun objeto, aunque concurren ambos ojos á la vision, solo con el uno se ve claramente, y con el otro con alguna confusion.

22. sobre el asunto de esta proposicion se encontraron los dos grandes hombres que poca ha cité, Pedro Gasendo, y el Padre Claudio Dechaies. Gasendo afirmó lo que yo afirmo. El Padre Dechaies le impugnó, siguiendo el sentir comun, en que parece están todos los hombres. Esta quæstion viene á reducirse á otra, conviene saber, si los exes ópticos son paralelos, ó no. Llámase exe óptico aquel rayo, ó linea, que desde el objeto, ú de un punto del objeto se entiende pasar por el centro del ojo á la retina, ú de la retina (que todo es uno) pasar por el centro de todo el orbe del ojo á aquel punto del objeto donde se termina la vista. Y como cada ojo tenga su exe óptico distinto, se duda si los dos son paralelos; esto es, si necesariamente guardan en toda su longitud la misma distancia que tienen considerados en el centro de los ojos, de tal modo que se terminen siempre dos puntos del objeto igualmente distantes que distan los centros de los ojos entre si; ó si se pueden terminar á un punto mismo del objeto, en cuyo caso, acercándose uno á otro, se desvian del paralelismo, como es claro.

23. Es constante que el ojo, no solo ve aquel punto del objeto donde se termina el exe óptico, si tambien un espacio muy dilatado en torno de él. Pero tambien es cierto que lo que ve con toda claridad solo es aquel punto (no se habla aqui del punto matemático, sino de el sensible, y fisico), y las demás partes del objeto se ven algo confusamente, tanto mas, quanto mas distaren de aquel punto. De aqui se infiere evidentemente que si los exes [142] ópticos de ambos ojos se terminan en un punto mismo del objeto, con ambos ojos se verá aquel punto claramente; pero si los exes son paralelos, y se terminan necesariamente en dos puntos igualmente distantes que los centros de los ojos, ningún punto del objeto podrá ser visto claramente sino por un ojo solo, ésto, ó aquel á arbitrio del que mira.

24. Gasendo prueba su opinion, y muestra, con la experiencia arriba alegada, de que en un ojo se le representaba el objeto con triplicada magnitud que en el otro de lo qual infiere, que quando miraba á qualquiera objeto, uno de los dos ojos estaba ocioso, porque si usase de entrambos se le representaría el objeto duplicado, esto es, no como uno solo, sino como dos, siendo preciso en la suposicion hecha que el objeto se le representase, ocupando á un tiempo, ya mayor, ya menor espacio, lo qual es imposible sin que parezca duplicado, pero Gasendo no veia el objeto duplicado. Luego le veia con un ojo solo.

25. El Padre Dechales, aunque propone este argumento de Gasendo (Lib. 1. Optic. Prop. 10), le dexa sin respuesta. No sé si fue por desleído, ó por falta de solución competente. Lo que yo noto en él es, que si pretende inferir total ociosidad en uno de los dos ojos, la ilacion es falsa, pues nunca sucede que alguno de los dos, estando abierto dexa de ver algo. La prueba experimental es fácil. Pongáse uno á poca distancia á mirar el punto medio de una pared bastantemente larga, observará que ácia uno, y otro extremo ve, aunque con alguna confusión, alguna parte, la qual, por la interposicion de la nariz, se oculta al ojo que está en la parte opuesta; lo qual prueba que en ambos ojos se está exerciendo á un mismo tiempo la potencia visiva.

26. La que me parece prueba decisiva á favor de la sentencia de Gasendo (bien que Gasendo no la trae) es la siguiente: Pongáse uno á mirar con un ojo solo, ó cerrado el otro, algun objeto pequeño, por un vidrio interpucho [143] á la mitad de la distancia, poco mas, ó menos: entre la villa, y el vidrio notará que el objeto se descubre por una parte determinada del vidrio, la qual señalará. Cierre luego el ojo con que miraba, y abra el otro, notará, que el objeto se le descubre por otra parte del vidrio, distante de la primera, como cosa de desto y medio, la qual tambien señalará. Mire después el objeto con ambos ojos, sin mudar de situacion, verá que no se le descubre por un punto del vidrio medio entre los dos señalados, ni tampoco por los dos á un tiempo, sino por alguno de ellos: luego evidentemente no le ven distintamente ambos ojos, porque el eje óptico del ojo izquierdo no puede penetrar el vidrio por el punto por donde le penetra el del derecho, ni éste por donde le penetra aquel, porque esto no podria ser sin perder la rectitud. Esto se entenderá claramente en la figura.

27. Sean (figura II. p. 152) AB los dos ojos, GF el vidrio por donde miran, E el objeto, AE el eje óptico del ojo derecho, BE el eje óptico del izquierdo. Es claro que el ojo derecho solo puede ver el objeto por el punto C , y el izquierdo solo por el punto D , porque por aquel pasa el eje óptico del derecho, y por éste el del izquierdo; y si el ojo izquierdo viera por el punto C , ó el derecho por el punto D , se torcieran de la rectitud los axes ópticos, lo qual es imposible. Luego suponiendo, por la experiencia alegada (la qual yo repeti muchas veces), que el objeto E no se puede ver á un tiempo (aun mirando con ambos ojos) por entrambos puntos C , y D , sino por uno solo, es claro que solo el eje óptico de un ojo se dirige al objeto, y solo éste le ve distintamente. Este argumento (si yo no me engaño mucho) es perfectamente demostrativo.

28. Oponie el Padre Dechales lo primero si quando se está mirando algun objeto se cierra qualquiera de los dos ojos, sin mover el otro, se ve

aun distintamente el objeto luego entrambos dirigen los axes opticos al mismo objeto. Respondo negando que en el caso dicho no se mueva [144] uno de los ojos. Es verdad que no tenemos sensación clara de este movimiento; pero esto depende, no solo de que el movimiento es velocísimo, mas tambien de que es brevísimo, y casi insensible el espacio que ha tueneliter moverse el ojo para dirigir el exe óptico al punto que terminaba el exe óptico del otro ojo. Añado, que Galendo testifica que habiendo hecho que otro le observase los ojos en el caso que propone el argumento, fue claramente advertido el movimiento del ojo que antes no se dirigía al objeto.

29. Opono lo segundo, que si los dos axes ópticos se terminasen á distintos puntos, vieramos á un tiempo distintamente dos objetos distintos, y así pudiéramos leer á un tiempo las dos páginas de un libro, ó las dos columnas de una plana. Respondo que no se sigue; porque uno de los dos ojos tiene en parte suspensa la actividad, de modo que no ve con entera claridad algun objeto. O aunque acaso sea inaveriguable la causa física de esta suspension, no por esto debemos dexar de asentir al efecto, quando nos obliga á ello un argumento demostrativo. En infinitas materias vemos los efectos, sin poder penetrar las causas.

30. Añado que este argumento se puede retorcer fuertísimamente contra la sentencia comun, probando que de ella se sigue que los ojos verian claramente á un tiempo dos objetos distantes, mucho mas que aquellos, sobre que se forma contra nosotros el argumento sean (figura III, p. 152) los ojos MV que miran al objeto O , como quiere la sentencia comun. Remuevale después el objeto O , sin variar la situación, ni mover los ojos, y no haya objeto alguno intermedio que estorve la vista hasta el plano PR . Es claro que el rayo óptico del ojo V se termina al objeto P , y el del ojo M al objeto R , que distan entre si mucho mas que los centros de los dos ojos, y por consiguiente los verian claramente entrambos. Luego en la sentencia comun se sigue que los ojos podrian ver á un tiempo objetos mucho mas distantes que aquellos sobre [145] que se forma el argumento contra la nuestra porque el paralelismo de los axes ópticos solo puede, quando mas, inferir que se vean distintamente dos objetos distantes entre sí, quanto distan entre sí los centros de los dos ojos; pero en la sentencia comun, como después de convenir en un punto los axes ópticos, es preciso que se crucen siguiendo la rectitud, si el plano en que paran está muy distante, se terminarán á dos objetos distantes entre si veinte, treinta, quarenta, y cien veces mas que distan los centros de los ojos.

§. V

Astronomia

Los días naturales son entre si desiguales

31. El día en su primera division es, ó natural, ó artificial. El día artificial es aquel espacio de tiempo que el Sol alumbrá el Horizonte: y éste manifestamente es desigual. salvo en las regiones que están debaxo de la Tórrida, donde son sensiblemente iguales los días, y en las regiones Subpolares, ó Circumpolares, donde el año no consta mas que de un día, y una noche.

32. El día natural (que se toma por lo mismo que el espacio de veinte y quatro horas) se divide en día del primer móvil, Sydéreo, y Solar. Día del primer móvil es aquella duracion que corre desde que un punto del primer móvil se aparta del Meridiano (o línea que imaginamos ir sobre nuestras cabezas de un Polo a otro), hasta que vuelve á él. Día Sydéreo es el tiempo que gasta qualquiera estrella de las fixas en hacer el mismo círculo, saliendo, y volviendo al Meridiano. Día Solar es el tiempo en que el Sol abuelve la circulación misma. Este día es mayor que el Sydéreo, porque el Sol se mueve mas tardamente que las estrellas que las estrellas de Oriente á Poniente; lo qual viene de su movimiento particular, con el qual por la Ecliptica retrocede (digámoslo así) de Poniente á Oriente, cerca de un grado cada día. Si suponemos, pues, que el Sol, y una estrella de las fixas se hallan hoy al punto del Meridiano [146] en nuestro Meridiano, quando mañana vuelva á él la estrella, aun no habrá llegado el Sol, si que le faltará un grado, que es la trecentésima sexagésima parte de la Esfera para llegar; y así llegará al Meridiano quatro minutos primeros despues que la estrella. El día Sydéreo tambien es algo, aunque insensiblemente, mayor que el día del primer móvil, porque las estrellas fixas tambien tienen su movimiento de Poniente á Oriente, aunque tardísimo, del qual hablaremos abaxo.

33. En el uso civil solo se hace cuenta del día solar, por ser el mas sensible, y de élle decimos que no es siempre de igual cantidad, si que uno días son mas largos que otros: y aunque todos se componen de veinte y quatro horas, esto no quita la desigualdad, porque no son las horas de un día iguales con las de otro qualquier día.

34. Esta desigualdad se toma de dos principios. El primero es la obliquidad que tiene la Ecliptica respecto de la Equinoccial, por cuya razon á arcos iguales de la Equinoccial corresponden arcos desiguales en la Ecliptica. Y como se supone que arcos iguales de la Equinoccial (tomando la Equinoccial en el primer móvil, en el qual se supone siempre uniforme el movimiento) pasan por el Meridiano en tiempos

iguales, se infiere que aquella parte de tiempo que se añade al espacio que dura la revolución del primer móvil, para perfeccionar la revolución Solar, no es siempre igual, sí unas veces mayor, otras menor. Esta razón es algo difícil de percibir para los que no tienen ya algunas noticias de la Esfera celeste, y sus círculos.

35. El segundo principio de la desigualdad de los días es la desigualdad del movimiento del Sol en la Eclíptica, con el qual en tiempos iguales anda arcos desiguales de la Eclíptica: ó por explicarme mas ácia el vulgo, el movimiento del Sol en la Eclíptica no es siempre de igual velocidad, antes bien corrijados dos espacios de tiempo iguales, se halla, que en uno anda mayor porción, ó arco de la Eclíptica que en otro. Esto se ve claramente. [147] en que tarda algunos días mas en andar la mitad de la Eclíptica (llamada semicírculo Boreal, que se cuenta desde el Equinoccio Verano al Autumnal, que en andar la otra mitad, llamada semicírculo Austral, y se cuenta desde el Equinoccio Autumnal al Verano. El famoso Astrónomo Tycho Brahe halló que del Equinoccio Verano al Autumnal pasaban 186 días, diez y ocho horas, y veinte y cinco minutos; y del Autumnal al Verano 178 días once horas, y quatro minutos.

36. Caminando, pues, mas el Sol cada día, con su movimiento particular de Poniente á Levante por la Eclíptica, desde el Equinoccio del Otoño al de la Primavera, (pues tarda menor número de días en correr aquel Semicírculo que desde el Equinoccio de la Primavera al Otoño) es claro que á proporción es mas tarde su movimiento diario de Oriente á Poniente desde el Equinoccio del Otoño al de la Primavera, que desde el Equinoccio de la Primavera al del Otoño; y así los días naturales de Invierno son de algo mayor duración que los del Estío, y tanto mayores son, quanto el Sol se acerca mas al Perigéo, (ó menor distancia de la tierra) que coincide casi con el Solsticio del Invierno; como tambien son tanto menores, quanto el Sol se acerca mas al Apogéo, (ó mayor distancia de la tierra) que coincide con el Solsticio del Verano.

37. Mr. Wallis, famoso Matemático Inglés, hizo el cómputo de que los sesenta y un días de los meses Noviembre, y Diciembre exceden en media hora, y medio quarto á los sesenta y uno de Septiembre, y Octubre. Así si se dividiese este exceso con igualdad entre todos estos días, cada día de los de Noviembre, y Diciembre excedería en treinta y siete minutos segundos á cada uno de los de Septiembre, y Octubre: pero no se debe dividir el exceso igualmente, porque aquel exceso tanto es mayor, quanto de los días comparados, el uno es á mas cerca del Perigéo, y el otro del Apogéo. Por esto hay día en que excede á otro mucho mas de los treinta y siete minutos segundos, [148] y dia que

excede mucho menos. En un trasdillo que el año pasado salió á luz en Madrid, sobre el régimen de relojes, se propone mucho mayor exceso de unos días á otros, y tampoco concuerda con lo que llevo dicho en quanto á la asignacion del tiempo en que caen los días mayores. Yo sobre este punto no he hecho, ni puedo hacer observacion propia; sólo refiero lo que hallé escrito, y observado por otros

38. De lo dicho se infiere, lo primero ser verdad una cosa que tal vez se oye decir por chanza, esto es, que hay muestras, ó relojes de movimiento mas regular que el del Sol. Es claro que una muestra bien fabricada, en igual espacio de tiempo se hace girar la rueda por las doce horas que señala el día 22 de Junio, que el día 22 de Diciembre: siendo así que el Sol gasta mas tiempo en el giro diurno el día 22 de Diciembre, que el día 22 de Junio. Infierese lo segundo otra que parece Paradoxa; esto es, que una muestra regularísima, ó reducida á suprema exactitud, es imposible que concuerde en todo el discurso del año con el Sol. Es claro, porque la muestra hará las horas siempre iguales, y el Sol las hace desiguales, siendo mayores las del Invierno que las del Verano

§. VI

Astronomía

Supuesta la duracion del Mundo vendrá tiempo en que hiele en la Cunicula

39. Habiendo yo escrito esta proposicion en el Discurso octavo del primer tomo, sin detenerme en probarla, porque no me pareció necesario, y repetidola despues en un papel volante un ingenioso Anónimo otro Anónimo hizo mofa de ella, como si fuese un insignie delirio. Sin mas motivo que su voluntad, y su ignorancia. Ahora, pues, demostraré su verdad con evidencia matemática {149}

40. Supongo lo primero, que el tiempo de Cunicula, ó dias Cuniculares toman su denominacion de una constelacion Celeste, llamada Cunicula, ó Procyon, compuesta de dos Estrellas, de las quales la una es de primera magnitud: y tambien á esta sola se suele dar el nombre de Cunicula

41. Supongo lo segundo, que se dicen dias Cuniculares, ó tiempo de Cunicula, aquellos en que el Sol se halla en aquella parte del Zodíaco, donde se halla dicha constelacion, de modo que en aquel tiempo la Cunicula nace por el Horizonte, y se pone con el Sol. Este tiempo se computa desde veinte y quatro de Julio, hasta veinte y quatro de Agosto: y así se dice que á veinte y quatro de Julio entra el Sol en la Cunicula.

porque entonces con su movimiento anual por la Eclíptica llega á aquella parte del Zodiaco donde está la Canícula.

42. Supongo lo tercero, que las Estrellas fijas, además de su movimiento diurno, común á todos los Astros de Oriente á poniente, tienen otro movimiento particular de Poniente á Oriente, segun el orden de los Signos, con el qual se apartan más, ó menos de la Equinoccial. Este movimiento es lentísimo, y bien que no están convenidos los Astrónomos en determinarle con la última precisión, antes los antiguos le ponian mucho mas lento que los modernos, entre estos es corta la diferencia, de suerte que, después de las diligentes observaciones de Ticho Brahe, el Padre Ricciolo, y Felipe de Hire, se conviene en que las fijas con su movimiento, segun el orden de los Signos, tardan en caminar un grado setenta y dos años, ó muy poco menos.

43. De aqui se infiere con evidencia, que si este año en que estamos, el Sol entra en la Canícula el día veinte y quatro de Julio, como se nota en los Almanaques, pasados setenta y dos años no entrará hasta el día veinte y cinco, porque estará entonces la Estrella un grado mas allá, y para andar este grado por la Eclíptica ha menester el Sol un día, ó muy poco más. Hecho, pues, el cálculo [150] de un grado de movimiento por setenta y dos años, se halla que la Canícula dentro de siete mil y doscientos años caminará por el Zodiaco ácia el Oriente cien grados, y otros tantos tendrá el Sol que andar entonces desde veinte y quatro de Julio en adelante: luego dándole un día, y muy poco mas por cada grado, no entrará entonces en la Canícula, hasta veinte y dos de Noviembre, poco mas, ó menos: y éste será después de siete y mil doscientos años el tiempo de Canícula, ó que se debe llamar Canicular. Luego como en aquel tiempo (compreendiendo los treinta días consecutivos, como ahora se cuentan) sea muy natural el hielo, se infiere que llegará tiempo en que hiele en la Canícula.

44. Si sucesivamente se va añadiendo mas número de años, se llegará el tiempo en que el Sol entre en la Canícula en Diciembre, en Enero, &c.

45. Suponiendo, segun la Cronología de Ufero, de la qual no se desvian mucho Scaligero, Petavio, Tornelio, y los demás que siguen la Vulgata, que desde la creacion del Mundo hasta ahora han pasado cinco mil setecientos y treinta y un años, se concluye, que si hoy la Canícula está en el segundo, ó tercer grado de Leon, al principio del Mundo estaba en diez y seis, ó diez y siete grados de Tauro; y así entraba el Sol en esta constelacion á seis de Mayo, poco mas, ó menos. Pero si estuviéramos á las Tablas Alfonsovas, que es la Cronología mas larga de todas, y por la qual corresponde haber pasado desde la creacion del Mundo hasta ahora ocho mil setecientos y once años, puesto que la Canícula se halle hoy en

el segundo grado de León, se hallaba al principio del Mundo en el segundo grado de Aries, y así entonces entraba el Sol en ella veinte y dos á veinte y tres de Marzo, tiempo en que podía helar muy bien. [151]

§. VII

Geografía

La tierra no es de figura Esférica

46. Enormemente erraron algunos de los antiguos en quanto á determinar la figura, y magnitud de la tierra. Tales Malesio la concibió plana, y sustentada en las aguas, como un leño. La misma figura le dieron Anaximenes, Anaxágoras, y Demócrito, pero no la pusieron sobre el agua, si sobre el ayre: añadiendo, que sin embargo de su pesadez, era preciso mantenerse sobre él, no pudiendo romperle á causa de su inmensa amplitud. Los Filósofos de la China tambien son de sentir que la tierra es plana. Leucipo le dió la figura de un Tambor Empedocles, y Xenofanes decian que la tierra era de infinita profundidad, y esto la preservaba de precipitarse; porque ocupando todo el espacio inferior imaginable, no tenia adonde caer. La misma sentencia se atribuye á Luciano Heráclito, bien lexos de suponerla convexa, la fingió cóncava á la manera de un barco.

47. Fue facil disipar estas dudas, ya con la observacion de la sombra de la tierra en los Eclipses de la Luna, la qual la representa de figura redonda en qualquiera parte de la Ecliptica que suceda el Eclipse ya con la del orden, y progreso con que se nos descubren, y ocultan los Astros: ya con la de la sucecion con que á los que navegan, apartándose de la tierra, se les van encubriendo los edificios, y las eminencias de ella.

48. En fuerza de estas observaciones, todos los Filósofos, y Matemáticos convinieron en suponer la tierra de figura esférica. Esta sentencia estuvo en pacífica posesion por mas de veinte siglos, hasta que cerca de los fines del pasado se empezó á dudar de su verdad. El deseo de averiguar á punto fijo la magnitud de la tierra, hizo, sin pensar en ello, nacer la duda suponiendo ser la tierra perfectamente esférica, como se suponía. el medio para conocer su magnitud era exáminar la distancia que [152] comprehende en la tierra un grado; porque como la circunferencia de la tierra, y de todo cuerpo, ó figura esférica se divide en trescientos y sesenta grados, averiguada la distancia de un grado, se computa la magnitud de toda la circunferencia. Entre los antiguos se aplicaron especialmente á este exámen Eratóstenes, que floreció en tiempo de Ptolomeo Evergetes, 276 años antes de Christo: Hiparco, que sucedió

cien años después de Eratóstenes: y Posidonio, celebre Filósofo, y Matemático, en tiempo del gran Pompeyo; de los modernos Juan Fermelo, Médico famoso, Wylibrundo Snellio, Matemático Olandés, el Jesuita Ricciolo, y el señor Picardo, de la Academia Real de las Ciencias.

49. Habiéndose combinado las observaciones, así antiguas, como modernas, se hallaron todas discordes poco, ó mucho. De aquí se hizo palo para advertir que á proporcion que las observaciones se habian hecho á menor distancia de la Equinoccial, daban mayor distancia á los grados del Meridiano, tomados en la superficie de la tierra, y menor á proporcion de las observaciones hechas en mayor latitud, ó distancia de la Equinoccial.

50. Es evidente que siendo la tierra de figura esférica no podría suceder esto; antes bien todas las líneas perpendiculares, que se consideran bajar de la Esfera Celeste á dividir los grados en la superficie de la tierra, en qualquiera parte del globo que se observasen, comprehenderian igual espacio, y solo pueden comprehender espacios desiguales con la proporcion explicada, siendo la tierra de figura Elíptica, u oval, en que degenera de la esférica, prolongándose algo acia los Polos: de fuerte que el diámetro de la tierra que se toma de Polo á Polo sea mas largo que el que se toma entre dos puntos opuestos de la Equinoccial, en cuya suposicion tambien es preciso que las líneas que determinan los grados en la superficie de la tierra, no se terminen en su centro, sino en varios puntos del eje, ó diámetro que se toma de Polo á Polo. [153]

51. Véase la Figura IV (p. 152), donde el círculo exterior representa la Esfera Celeste, y la Elipse interior la tierra. La línea *OtFO* la Equinoccial; *R* el Polo Arctico tomado en el Cielo, *D* el Polo Arctico tomado en la tierra; *G* el Polo Antártico tomado en el Cielo; *E* el Polo Antártico tomado en la tierra, y la línea *AA'* el diámetro mayor, ó eje de la tierra. Divídase un cuadrante del círculo en tres partes iguales, que cada una comprehenda treinta grados. Tirése de los puntos de la division líneas perpendiculares á la Elipse que caerán en los puntos *ABCD*: hallaráse que la porcion de los treinta grados que se toma acia la Equinoccial desde *B* á *A*, es mayor que la que se toma desde *C* á *B*, y ésta mayor que la que se toma desde *D* á *C*. Hallaráse tambien que las líneas perpendiculares que entre el Polo, y la Equinoccial se tiran desde el círculo á la Elipse, prolongadas, no paran en el centro, sino en varios puntos del eje.

52. Todo lo contrario sucedería, siendo la tierra de figura esférica, como se verá con evidencia describiendo en la parte interior un círculo en lugar de la Elipse; pues las líneas perpendiculares que de la division de

los treinta grados en el círculo exterior se tiran al interior, comprehenderan en éste iguales espacios, y prolongadas se terminarán en el centro.

53. Por si algunos desearan saber cómo se miden los diferentes espacios que comprehenden los grados de la superficie de la tierra, de la Equinoccial á los Polos, digo que el método es fácil. Tómase ácia la Equinoccial, ó en la parte mas vecina á ella que se pueda, un espacio de tierra, el que fuere bastante para que andandose desde el extremo Meridional al Septentrional (en nuestro hemisferio) se aumente en un grado la altura del Polo; ó siguiendo el mismo Meridiano, ó en otro Meridiano diferente, aunque lo primero es mas seguro ácia la parte Septentrional, se anda el espacio que es menester para aumentar otro grado de la altura del Polo; midiendo este espacio en la tierra, se halla que es menor que la antecedente. De aqui [154] se infiere que los grados tomados en el Meridiano comprehenden mayor espacio de tierra ácia la Equinoccial, que ácia el Polo.

54. Pero sin embargo de que el método en lo teorico es fácil, la práctica es trabajosa, y difícil, y pide una extrema exactitud, para que en las observaciones no haya alguna falencia. Por esta razon, non despues de notada la desigualdad de espacios terrestres, comprehendidos de los diferentes grados del Meridiano, segun las observaciones de antiguos, y modernos; los Matemáticos, que no son gente de tan faciles creederas como los Filósofos, no asintieron á la figura Elíptica de la tierra, pareciendoles que era menester proceder en esta materia con mas atento, y severo exámen. Este se emprendió el año de 1683, á instancias de Mr. Cassin, y debaxo de la proteccion de Mr. Colbert, que era á la sazón secretario, y Ministro de Estado de la Francia. La idea era tirar una linea Meridiana por toda la latitud de aquel Reyno, y tomar en ella la medida de los grados. Pero habiendo arribado la muerte de Mr. Colbert, esta grande obra se interrumpió hasta el año de 1700, en que de nuevo se aplicaron á ella, de orden del Gran Luis, quatro excelentes Matemáticos, los dos Cassinis, padre, é hijo, Mr. Maraldi, y Mr. de la Hire. Es verdad que no se extendió la Meridiana entonces por toda la latitud de Francia; pero si lo bastante para asegurarse de la desigualdad de los grados en la forma explicada.

55. No obstante, para hacer la seguridad mayor, y ponerla en punto de demonstracion, en el año de 1718, de orden del señor Duque de Orleans, Regente del Reyno, se prolongó la Meridiana todo lo que faltaba hasta la parte mas Septentrional, y repetidas las observaciones, se halló que en los ocho grados de latitud que tiene la Francia, hay la proporcion dicha de comprehender mayor espacio de tierra, segun son mas Meridionales,

y menor segun son mas Septentrionales. Estas observaciones, executadas con la mayor exactitud por los mas célebres Matemáticos [155] que entonces testia la Francia, quitaron toda la duda; y abandonada la antigua sentencia de la redondez de la tierra, se dió la posesion á la nueva de la figura Eliptica.

56. Dos cosas restan ahora que axáminar á los Matemáticos sobre esta materia. La primera, si ácia el otro Polo se observa la misma desigualdad de grados que acá el nuestro. La segunda, si en los Eclipses de Luna la sombra de la tierra parece perfectamente redonda, como hasta ahora se creia, ó declinante á la figura Eliptica. Una observacion hecha debaxo de la Equinoccial quitaría toda la duda; pero en la distancia que nosotros estamos del Equador no es tan facil distinguir si la figura declina algo de esférica á elíptica, especialmente no siendo la prolongacion á los Polos muy sensible, respecto de la gran mole de la tierra.

§. VIII

Stática

Los graves no descienden por la linea recta ácia el centro de la tierra

57. Esta proposicion se infiere con evidencia de la pasada, suponiendo que los graves baxen por linea perpendicular á la superficie de la tierra siendo ésta de figura Eliptica, y perpendicular á ella la linea que describen los graves en el descenso, es preciso que su direccion no sea al centro, sino á varios puntos del exe, mas ó menos distantes, quanto los graves estén en paralelos, [156] mas, ó menos remotos del Equador; y solo puestos debaxo del Equador, ó en uno de los Polos se podrán dirigir al centro. Todo esto se verá claro en la Figura IV (p. 152) supóngase un grave en *S*. es claro que si cae por la linea *SC* perpendicular á la superficie de la tierra, no se dirige en el descenso al punto *K*, que es el centro, si al punto *I* del exe. Asimismo el grave, puesto en *γ*, se dirigirá al punto *H*, y así de todos los demás puntos desiguales, fuera del Equador, y los Polos, puesto en los quales caerian ácia el centro, como en *X*, ó en *R*, ó en *G*.

58. Esta demostracion procede debaxo de la hipótesis, que los graves baxan por linea perpendicular á la superficie de la tierra; porque si baxasen por linea algo inclinada al Oriente, en las partes distantes de la Equinoccial, no estorvaria la figura Eliptica de la tierra su direccion al centro. Pero esta suposicion, aunque recibida de todo el Mundo, no está demostrada, ni yo alcanzo que haya método fijo para demostrarla, por razon de la desigualdad que hay en la superficie de la tierra, y aun en la

del Mar, aunque no tanta. Y así, si alguno negare que los graves baxen perpendicularmente à la tierra, no sé cómo se le podría probar matemáticamente lo contrario.

§. IX.

Stática.

Si el movimiento de los graves fuese uniforme, esto es, que no se acelerase en el descenso, una piedra molar, moviéndose continuamente por espacio de treinta mil años, no baxaria un dedo.

59. Esta proposición, con poca diferencia en los terminos, demolió el Padre Dechales en el lib. 2. de la Stática, suponiendo la proporción con que aumentan su velocidad los graves en el descenso. suponiendo, pues, aquella proporción, y dividiendo el tiempo en minutos [157] decimos (parte verdaderamente minutísima, pues un minuto primero tiene setenta segundos, un minuto segundo setenta terceros, y un minuto tercero setenta quartos, &c.) hace el cómputo de que si una rueda de molino no acelerase su movimiento, antes se conservase en aquel grado de velocidad, ó por mejor decir de tardanza, con que se mueve en el primer minuto décimo, empezando à caer desde el principio del Mundo, y continuando el descenso hasta ahora, aun no hubiera baxado en este tiempo la séptima parte de un dedo.

60. Pero porque la proporción con que aumentan su velocidad los graves no está tan del todo ajustada, que no haya alguna controversia, y por otra parte el cómputo Arithmetico, con que prueba la proporción el Padre Dechales, sobre no ser perceptible para todos, es algo molesto; daré à conocer su verdad, prefiriendo de qualquiera determinada proporción, y sin particularizar el cómputo.

61. Para lo qual se debe suponer con todos los Filósofos, y Matemáticos, que el movimiento de los graves, quanto mas cerca de su origen, tanto es mas tardó. La prueba es evidente, pues si quanto mas se continúa tanto mas se acelera, tanto menos tendrá de celeridad, ó tanto mas de tardanza, quanto mas está en los principios del progreso. Ahora suponiendo, con la sentencia mas común entre los Filósofos, así antiguos, como modernos, que el tiempo como verdadero, quanto continuo, es infinitamente divisible, la celeridad de los graves va disminuyéndose ácia el principio del movimiento hasta un estado mínimo, ó (lo que es lo mismo) creciendo la tardanza à un estado sumo, de fuerte que no hay grado de tardanza imaginable que no se halle en el movimiento primero que se sigue à la quietud del grave; de fuerte, que en aquella primera particula conceptible de tiempo se mueve el grave

con un grado de tardanza mayor que qualquiera designable. De aqui se indiere, que si la piedra continuara á moverse con aquel mismo grado de tardanza, sin acelerar nada el [158] movimiento, no solo desde el principio del mundo hasta ahora no hubiera baxado la séptima parte de un dedo, pero ni aun en un millon de años, pues qualquiera tardanza que se señale, aun hay otra tardanza mayor en aquel progreso indefinido del movimiento ácia su origen.

62. Para mas facil inteligencia pongamos, que el primer minuto segundo en que se mueve el grave, se divide en un millon de partes. Aun quando en cada una de ellas no adquiriese mas que la tercera parte de la velocidad que tenia en la antecedente, como tomando la serie del millon de partes por orden inverso, desde la última á la primera, en cada una de ellas se va quitando sucesivamente la tercera parte de la velocidad del grave, es preciso que en la primera la velocidad esté en un grado muy remiso, ó la tardanza en un grado muy intenso.

Pongamos que aquella primera parte se divide en otro millon de partes, formando en éstas el mismo progreso, ballaremos en la primera de éstas la tardanza del movimiento, ya sin comparacion mayor que la que se habia calculado antes. Y como el tiempo (por la suposicion hecha) se puede dividir infinitamente, se puede ir deduciendo sucesivamente, sin término, mayor y mayor tardanza en el principio del movimiento del grave. Luego se puede llegar á tal grado de tardanza, que si, segun él, continuase su movimiento el grave, en muchos millones de años no baxase la décima parte de un dedo.

63. Este argumento supone la infinita divisibilidad del tiempo, como tambien la del espacio por donde se mueve el grave: pero si ésta no se quisiese conceder, quedaria lugar al cálculo que forma el Padre Dechales, admitiendo la divisibilidad del tiempo hasta minutos décimos [159].

§. X

Dioptrica

El Sol se ve sobre el Horizonte antes de nacer, y despues de ponerse

64. Consta indubitablemente por experiencia, aunque hasta ahora no está averiguada la causa física, que el rayo de luz, pasando de un medio mas raro á otro mas denso, ó del mas diáfano al menos diáfano, si cae en este segundo oblicuamente, padece refraccion, esto es, no continua la linea recta que trala desde el cuerpo luminoso, antes al tocar en el segundo diáfano se quiebra, ó ladca ácia una parte, mas, ó menos, segun fuere

mayor, ó menor la desigualdad de los dos medios en diáfandad, formando por configuente un ángulo mas, ó menos obtuso.

65. Lo mismo sucede si el rayo pasa oblicuamente del diáfano mas denso al mas raro, con la diferencia de que en el primer caso se quiebra ácia la perpendicular: en el segundo desviándose de ella. La perpendicular aquí (que por otro nombre se llama eje de la refraccion) es una linea que en el segundo medio se considera recta, ó perpendicular á la superficie común de ambos medios, y pasa por el punto de la refraccion; esto es, aquel punto por donde el rayo de luz entra en el segundo medio. No es necesario para nuestro intento explicar las demás lineas, y ángulos que en este negocio consideran los Matemáticos.

66. Véase la Figura V (p. 152), donde *ABC* es un vaso lleno de agua: *F* es el cuerpo luminoso: *FD* el rayo de luz que cae oblicuamente en la superficie del agua: *CD* es el eje de la refraccion. supóngase toda la superficie de la agua cubierta con algún cuerpo opaco, abierto solo un agujero en el punto *D*, por donde entra el rayo *FD*. Digo que por quanto este rayo pasa de un medio mas raro, que es el aire, á otro mas denso, que es la agua, no se [160] continuará por la linea recta *DC*, sino que quebrando en *D*, seguirá la linea *DI*; y allí no el punto *C* sino el punto *I* se hallará ilustrado.

67. Pongamos ahora que el vaso *ABC* sea de vidrio, ó de otra materia transparente. Digo que puesta la vista en *G*, no verá el cuerpo luminoso *F*, si solo puesta en *H*, donde recibe el rayo refractado. Añádo que no le verá en el lugar *F*, donde verdaderamente existe, si en el lugar *M*, porque el objeto que se mira por rayo refracto, se ve por la linea recta del mismo rayo en aquella parte ácia donde se continúa, ó se considera continuar, siguiendo la rectitud de esta misma linea. Todo lo que decimos en este número consta asinusimo por experiencia, fuera de que no puede ser otra cosa en buena Física.

68. Esto supuesto, se debe advertir que los rayos del Sol, antes de llegar á la tierra, pasan de un medio mas raro, y diáfano, que es la Aura purissima Eúrea, á otro mas denso, que es la Atmósfera, ó aire craso que circunda todo el globo Terráqueo; por lo qual es preciso que al entrar en la Atmósfera oblicuamente padezcan refraccion, la qual continuándose halla nuestros ojos, se nos representa el Sol por el rayo refracto en distinto lugar del que verdaderamente ocupa en su Esfera, conviene á saber, en algo mayor altura de la que realmente tiene. Esta refraccion tanto es mayor, quanto mayor es la oblicuidad de la incidencia del rayo en la Atmósfera, y siendo ésta mayor, quanto el Sol está mas caido al Horizonte, y tanto menor, quanto mas se levanta sobre él, hasta el punto del Zénit, donde por caer perpendicular al rayo no hay refraccion

alguna, se sigue que es mayor la refracción, y por consiguiente mayor la distancia de el lugar, representando al verdadero, quanto el Sol está mas bajo, respecto del Horizonte.

69. Pongamos ya que el Sol baxa del Horizonte al punto *R* (para lo qual se finge por allora el Horizonte de la tierra en la línea *AB*) y que hiere oblicuamente la Atmosfera en el punto *S*, padeciendo allí refracción: trá [161] el rayo refracto al punto *D*, por consiguiente por este rayo refracto se verá el Sol no en el punto *R*, debaxo del Horizonte, donde verdaderamente está, sino en el punto *T*, adonde dirige la línea recta del rayo refracto. Luego se verá el Sol sobre el Horizonte, estando algunos grados debaxo del Horizonte, por consiguiente se verá antes de nacer, y después de ponerse.

70. No puede determinarse á punto fijo el espacio de tiempo que el Sol se ve por refracción, antes del nacimiento, y después del ocaso, porque la densidad de la Atmosfera es desigual en varios climas, y aun en el mismo clima en diferentes tiempos, y á proporcion que la Atmosfera es mas, ú menos densa, es mayor, ó menor la refracción: generalmente hablando, es mayor á mayor distancia del Equador; porque quando mas vecina al Polo, es mas densa la Atmosfera por razon del frio. Compárese tambien la oblicuidad de la Esfera, respecto del paralelo en que anda el Sol; porque en la Esfera mas oblicua dura mas la vista del Sol por refracción, estando debaxo del Horizonte, así como tambien es mayor la duracion de los crepúsculos. En la Esfera paralela, donde el Sol está la mitad del año debaxo, y la otra mitad sobre el Horizonte, dura muchos dias la presencia del Astro por refracción, como advertimos en otra parte.

71. Lo que decimos en quanto á esta materia de los cuerpos luminosos, se debe extender tambien de los objetos iluminados, cuyos rayos visibles (ó llámense especies, segun el idioma de la Escuela) padecen refracción, pasando por medios de desigual densidad, del mismo modo que los que vienen del cuerpo luminoso. De este principio dependen algunos fenómenos visuales, como el que la vara metida en el agua parezca torcida si se mira de lado, porque quebrantándose el rayo visible con delvío de la perpendicular, al entrar en el aire representa la parte de la vara que está dentro del agua, en distinto lugar del que verdaderamente ocupa en ella.

72. Pero la experiencia mas sensible, aunque vulgar, [162] para demostrar este efecto de la refracción, aplicado al asunto de la presente Paradoxa, es la siguiente: Póngase una moneda en el fondo de una caldera vacía, y retírese alguno de la caldera á distancia tal, que el borde de ella se interponga entre la moneda, y la vista; es claro que en esa

positura no la verá. Liéncse después de agua la caldera, sin variar positura. ó distancia: verá la moneda el que antes no la veía, porque en virtud de la refracción que hace el rayo visible, saliendo de la agua al aire, se representa la moneda en otro lugar mas adelante, que no oculta el borde de la caldera. Esto, ni mas, ni menos, es lo que pasa estando el Sol en alguna depression debaxo del Horizonte.



