ESTADO DE LA ASTRONOMIA EN EUROPA,

Y juicio de los fundamentos sobre que se erigieron los Systemas del Mundo, para que sirva de guia al método en que debe recibirlos la Nacion, sin riesgo de su opinion, y de su religiosidad.

LA Astronomía ha sido en todos tiempos considerada por una de las Ciencias mas útiles é instructivas. Ella es la que ha reglado, regla y mide las horas, dias, meses, años y siglos: la que nos ha dado á conocer los phenómenos celestes, sacandonos de los temores y espantos con que aquellos nos afligian: la que ha enseñado á los hombres á surcar los Mares mas desconocidos y peligrosos; y por último, ella es la que nos abrió camino para estender por todo el Orbe la Religion y las Armas de nuestro Soberano.

En los siglos mas remotos, y antes de la Era de Christo Señor nuestro, apenas se tenian algunas luces de esta Ciencia; pero no se ignoraba su utilidad para la ordenacion

de

de los tiempos; porque todos estamos sujetos á reglarnos por el dia y por las sazones del año, que goviernan igualmente las sementeras, las cosechas, el tráfico, y la mayor parte de nuestros exercicios y ocupaciones.

Esto hizo que desde los primeros siglos se dedicaran los Sabios á cuidar de los movimientos de los Luminares y demas Cuerpos celestes, midiendo los tiempos de sus periodos, sus caminos, distancias y magnitudes. Bien percibian que los errores podian ser muy crecidos á no emplear las mayores precauciones; pero les faltaban las artes que debian contribuir á la fabrica de los instrumentos mas precisos. No alcanzaban tampoco todas las utilidades que la Ciencia podia producir procurando cultivarla; y sin embargo se quejaban de que no fuese mayor la aplicacion.

Ordenaron los tiempos; pero con tan poca precision, que no se veían sino años diversos, que necesitaban de continuas correcciones: los compusieron de 354 dias, de 360, y de 365; pero *Julio Cesar*, con la ayuda del célebre Astrónomo *Sosígenes*, estableció el año de 365 dias y un quarto, haciendo entre cada quatro uno de 366, que es el visiesto. Para aquellos tiempo era un especial reglamento, y dificil mayor justificacion.

Como la verdadera medida del año se ha hallado despues, por sutilísimas observaciones, de 365 dias, 5 horas, 49 minutos, con corta diferencia, el exceso de los 11 minutos produxo con el tiempo error considerable, y en el siglo XV ya se presentó proyecto al Concilio *Constanciense*, y al Papa *Juan XXIII* para reformar el Kalendario; pero no tuvo efecto por entonces. El Papa *Sixto IV* pensó en ello, y llamó á Roma á *Regio Montano*, cuya opinion en la Astronomía se estendia por toda Europa; pero este célebre

As-

Astrónomo murió en la misma Ciudad antes de poder complétar sus deséos. En fin, el Papa *Gregorio XIII* perfeccionó la obra pidiendo la proteccion de todos los Príncipes Católicos, y el dictamen de sus Astrónomos: de suerte, que con el reglamento que estos hicieron, fundado en las mas exâctas observaciones, se ha continuado, y puede continuar sin error sensible por muchos siglos.

Iguales aumentos de perfeccion ha conseguido la Navegacion por medio de la Astronomía: apenas los antiguos se atrevian á separarse de las costas: ningunos principios podian determinarlos á cruzar los anchurosos Mares. El descubrimiento de la *Bruxula*, tan utilísimo, aun no bastaba: se hacia preciso el conocimiento perfecto del Cielo, y del movimiento de los Astros, para observar y determinar las Latitudes. Los instrumentos que produgeron los Astrónomos con sus principios teóricos, y Tablas diarias de la declinacion del Sol, aseguraron las observaciones, y dieron lugar á internarse en los Mares, y á exâminar y conocer el resto de nuestro Globo terraqueo, borrando los límites que en Cadiz puso *Hercules*, para establecerlos en lo mas remoto de la América.

Todos los dias se han ido perfeccionando los mismos Instrumentos, y aun las Tablas, por medio del estudio y de la aplicacion; pero si la Astronomía dió medio á los Navegantes para conocer la latitud en que se hallaban, faltaba aun producir el último ápice de perfeccion: esto es, la longitud. Esta parece quedaba reservada para estos siglos, en que el estudio y aplicacion en las Academias ha llegado al grado mas sublime. *Harrison* tiene sobre el asunto en espectacion á toda la Europa: ha ideado un *Chronómetro* que no discrepa del movimiento medio del Sol ni un minuto

en muchos meses; pero esta tan particular como excelente Máchîna, ya experimentada y puesta en práctica con el mas perfecto y deseado suceso, no basta: ha de concurrir la Astronomía, que ha de dar el modo de reglar el Instrumento, porque este mide solamente el tiempo medio ó igual, y el Sol solo el verdadero. Por la comparacion de uno con otro ha de resultar la longitud: y así no basta la perfeccion del uno, es preciso tener exâcto conocimiento del movimiento del otro.

¡Con quanto dolor debemos decir, que apenas se encontrarán en nuestro Reyno doce sugetos que sepan executarlo!

Por los mismos pasos que adelantó la Navegacion, caminó la Geographía: ningun conocimiento de los límites de los Reynos, de la situacion de los lugares, ni de sus respectivas direcciones se tenia antes que la Astronomía la iluminase.

Los eclipses del Sol y de Luna llegaron á anunciarse por medio del estudio Astronómico, y con ello se pudieron medir las diferencias en longitud que, acompañadas de las de latitud que se anticiparon, dieron el método de colocar en los Mapas los lugares, y de perfeccionar aquellos; pero aun quedó la mayor justificacion para estos últimos siglos. El gran *Galileo*, por medio de los *vidrios dioptricos*, descubrió quatro Lunas ó *Satélites* que circundan á *Jupiter*, y que diariamente eclipsa unas ú otras, con tanta mas prontitud quanta es mayor su velocidad respectiva: se perfeccionó la teórica de estas; y llegandose á predecir sus eclipses, particularmente de la primera, á un minuto de diferencia, se ha conseguido hacer observaciones diarias de longitud, y con ellas enriquecer y perfeccionar los Mapas.

¿Quien

¿Quien puede dudar que esta série de aciertos haya dependido de una teórica perfecta, y de una extraordinaria aplicacion? Era preciso, para conducirse, haberse formado una idea del movimiento de los Astros, de sus situaciones y distancias: compararla despues con las observaciones: exâminar si estas convenian con el proyecto formado; y de no corresponder, se hacia preciso revocar algo de este. Todo consistia en tentativas ó systemas: faltaban los principios sólidos de la verdadera *Mechânica*, á que se reduce todo el movimiento de los Cuerpos celestes; y por consiguiente, solo la suposicion y la congetura guiaban.

Ptolomeo supuso á la tierra immobil, y que al rededor de ella giraban el Sol y todos los Astros con dos movimientos, uno diurno y otro annuo; pero mucho antes que él ya *Pitágoras* habia enseñado que el Sól estaba fixo como centro, y que la Tierra, con los demas Astros, giraban, tanto sobre sus propios exes, como al rededor de aquel Luminar.

Dividieronse las opiniones de los Philósophos y Astrónomos: el movimiento aparente de un objeto, visto desde un cuerpo movible, parece real: esta verdad protegia á *Pitagoras*. Pero *Ptolomeo*, que siguió á *Aristoteles*, no queria desmentir lo aparente de su vista: pareciale que todo se movia, y esto le bastó para fundarse.

La continua série de observaciones dió algunas luces: advirtióse que *Venus* y *Mercurio* jamas estaban en oposicion con el Sol: y por consiguiente, que no podian girar al rededor de la tierra, segun pretendia *Ptolomeo*.

Se observaron tambien las estaciones y retrogradaciones de los Planetas en general, y para salvarlas llenaron los Astrónomos á los Cielos de *círculos* y *epicyclos*, pro-

duciendo nuevos movimientos á medida de sus caprichos y de la necesidad de sostener sus opiniones. Pero qué mucho, quando de ordinario excedió el amor de las escuelas al de la verdad!

Copernico, Canonigo de la Cathedral de Fravemberg, que le tuvo extremo á la Astronomía, se dedicó á aclarar la confusion introducida. Observó y comparó con sus observaciones los systemas, y deduxo: que nada correspondía ni se hacia mas facil que la opinion de *Pitagoras*; pero aunque estendió un escrito sobre el asunto, temió publicarle. El partido *Ptolomaico* era grande: se tenia por cierto que el otro systema era contrario á las *Sagradas letras*, y el obice no era pequeño, no teniendo mas armas para vencerle que la apariencia.

No obstante, el Cardenal de Capua *Schoemberg* exôrtó á *Copernico* le diese al Público; pero él no se determinó á confiarle sino al Obispo *Gysio*, quien despues le pasó á *Rhetico*, que le hizo imprimir en *Nuremberg*.

Breve se estendió por la Europa el systema, que corrió con el nombre de *Copernicano*: cada qual le adaptaba á su idéa ó capricho, y los mas le reprobaban. Faltando argumentos sólidos, lo literal de las Sagradas escrituras debe ser preferido.

Tychô, noble Dinamarques, y uno de los mayores Astrónomos del mundo, que mereció por su ciencia hasta ser visitado de los Soberanos, siguió esta última opinion; y viendo que el Systema de *Ptolomeo* no podia tener lugar, á causa de no corresponder con las observaciones, compuso otro nuevo, que ha corrido con el nombre de *Tychônico*, y con grande aceptacion de toda la Europa.

Sin embargo, su digno discípulo *Keplero*, que siguió pri-

primero la carrera de la Iglesia, y fue despues uno de los mas respetables Astrónomos que el mundo ha producido, escribió una Obra intitulada *Astronomía Copernicana*, con que reproduxo las idéas de aquel Systema ya casi abandonado.

Las mismas observaciones de *Tychô* induxeron á *Keplero*, que estimulado de ellas, y de sus infatigables taréas, halló una admirable armonía en el movimiento de los *Astros*, y una constante proporcion entre los quadrados de sus tiempos periódicos, y los cubos de sus distancias, así como de las áreas descritas con los tiempos; pero todo respective al *Sol*, no á la *Tierra*, antes esta halló asimismo que seguia la luz de los *Planetas*.

Estos progresos favorecieron al *Systema Copernicano*: muchos Astrónomos le adoptaron, y para ello interpretaban los pasages de la Escritura. *Sol contra Gabaon ne movearis. Steterumque sol & luna. Stetit itaque sol in medio cœli, & non festinavit occumbere spatio unius diei.* (1)

Generatio præterit & generatio advenit, terra autem in eternum stat. Oritur sol & occidit, & ad locum suum revertitur: ibique renascens, girat per meridiem, & flectitur ad aquilonem. Lustrans universa, in circuitu pergit spiritus, & in circulos suos revertitur. (2)

Son Textos expresos y claros; pero no son menos fáciles de explicarse, que los que emplean los mas fuertes Copernicanos: dicen que el Sol sale, que llega al Meridiano, y que se pone; sin creer por ello que sea sino en apariencia. En este sentido se salvan otros muchos Textos de la misma Sagrada Escritura, como quando dice: *Fecitque Deus duo luminaria. Fiant luminaria in firmamento cœli.* (3)

Do-

(1) Josue cap. X. (2) Eccles. cap. I. (3) Genesis cap. I.

Domini est terra, & plenitudo ejus; Orbis terrarum, & universi qui habitant in eo. Quia ipse super maria fundavit eum, & super flumina preparavit eum.[1]

Pero para resolver no bastaban las interpretaciones; era necesaria una prueba que obligára á ello, y hasta entonces el Systema de *Copérnico* no las tenia sino en su simplicidad y conformidad con los Cielos.

El gran *Galiléo*, á quien diximos ser deudores del descubrimiento de las lunas ó *Satélites de Júpiter*, se arrojó sin embargo á enseñarle públicamente en Italia, y dió motivo, no solo á que la Congregacion de Cardenales Inquisidores condenase el Systema, sino á que le sentenciara á abjurar el error. Pero dicha sentencia no se estendió á condenar el Systema por heretico, sino por solo *sospechoso de heregía.*

En este estado se hallaba la Astronomía á principios del siglo pasado: nada se sabía entonces con fundamento, reduciendose todo á observaciones, y á congeturas aparentes; lo mas sólido que nos había quedado fueron las reglas de *Keplero*, que despues han sido la llave de la *Teórica celeste.*

Así se continuó hasta que á fines del mismo siglo pasado vino al mundo el mayor de los Philósophos, el gran *Newton*, cuyas luces en las Mathemáticas no solo adelantaron la Geometría, Mechânica y Phísica á la perfeccion que hoy tienen estas Ciencias, sino que, cansado ya de juzgar por apariencias y por pasiones, le movieron á escribir sus *Principios de Philosophia natural*, arrojando de sí toda autoridad mal fundada, para no valerse sino de la Geometría, (que jamás engaña) de las leyes de la Mechânica, y de la Observacion.

(1) Psalm. XXIII.

Con

Con las primeras guias halló, que *si un cuerpo* (qualquiera) *gira al rededor de un punto, describiendo áreas proporcionales á los tiempos, á mas de la fuerza de proyeccion, tiene otra con que tiende al punto-céntrico*: y que *si los cubos de sus distancias son como los quadrados de los tiempos, será una elîpse la descripta.* Es demostracion en que no cabe la menor duda: y habiendose verificado por las observaciones de *Tychô* y de quantos Astrónomos le han seguido, que *todos los Planetas se gobiernan por estas mismas leyes, girando al rededor del Sol*, tampoco debe dudarse yá en que describen elipses, y que tienden ó gravitan con determinada fuerza hacia dicho punto-céntrico, contravalanzando esta á la centrífuga, que nace de la proyeccion. Las mismas reglas y correspondencia se han observado en las *Lunas de Júpiter* respecto de este Planeta, en las de *Saturno*, y aun en la nuestra respecto de la *Tierra.*

Pasa mas adelante el Cavallero *Newton*: inquiere con el mismo método Geométrico si la propia fuerza que obliga á qualquiera de los *Planetas* á girar al rededor del *Sol*, obliga tambien á girar á los otros, y halla una generalidad en la ley, que no hay uno que se exceptúe, inclusa asimismo la *Tierra.* Averigua despues si la gravedad con que tienden los cuerpos hacia el centro en la superficie de la Tierra puede ser la misma que mantiene á la *Luna* en su orbita, y halla tan precisa correspondencia, que es digna de admiracion. No se contenta con esto: demuestra patentemente, que no hay phenómeno en los *Cielos* ni en la *Tierra* que no esté sujeto á las mismas leyes. Convinando el movimiento diurno de *Júpiter* con la gravedad que en él actua, determina la diferencia de sus diámetros, y las observaciones la acreditan: hace lo propio con la *Tierra*,

sin

sin embargo de contrarias opiniones respetables, y las medidas mas justificadas le dieron igual honor. Aplica aun con sus principios el cálculo al fluxo y refluxo del Mar, y su correspondencia admira á los mas sábios: inquiere si del mismo modo puede satisfacer al movimiento en longitud llamado *precision de los Equinocios*, y halla en él la mayor puntualidad. En fin llega á predecir que *Júpiter* y *Saturno* deben hacer sus movimientos con su respectiva atraccion, y los Astrónomos, que por la primera vez oyeron admirados la sentencia, la confirmaron despues con sus observaciones.

No se libertaron tampoco de sus leyes los *Cometas*: aquellos que no ha mucho tiempo se creían fuegos sublunares, creyendose, casi en nuestros dias, que amenazaban á los Reyes, á los Pueblos, y aun á todo el Orbe; ya no solo dice *Newton* que son *Planetas* como los otros, sino que están igualmente sujetos á las propias leyes: que todo se había de gobernar por una ley; y á todo correspondieron las experiencias. ¿Pero con qué extremo se ha llegado á predecir la venida del último *Cometa* (1), obedeciendo este á la ley prescripta? Ni quien hubiera creido dos siglos há, ó quando se sentenció á *Galileo*, esta tan admirable correspondencia?

Si *Newton* sacó la Phísica, la Mechânica, la Astronomía y la Philosophía de las tinieblas; tampoco han dexado de concurrir á ello sus Discípulos. El célebre *Mr. Clairaut*, honor de la Francia, ha convidado á formar una Teórica de la *Luna*, baxo de los principios Newtonianos, y à exâminar si convendrian con las muchas desigualdades que en ella se notan. Este excelente Geómetra, sin mas Anteojos

ni

(1) Esta Obrita la escribió D. Jorge Juan el año de 1705.

ni Instrumentos para observar que su perspicáz cálculo y particular Geometría, desenvolvió hasta los ápices la Teórica: y formando por ella nuevas *Tablas Lunares*, han correspondido tanto á las Observaciones, que se han abandonado todas las demás para no usar sino las suyas. Otro no menos célebre Geómetra Aleman *Eulero* ha dado últimamente iguales *Tablas*, deducidas de los mismos principios, y tuvieron no menor aceptacion. Un Inglés, *Mayer*, les ha seguido con el fin de determinar la Longitud en el Mar por la *Luna*; y yá ha merecido que el Parlamento le conceda quinientas Libras Esterlinas por principio del premio.

Este cúmulo de acertadas predicciones, y demostraciones Geómetricas (sin otras que se omiten) clama y excluye todo argumento aparente; toda pasion escolástica, y toda infundada autoridad. Ya no basta decir que puede girar este ó el otro cuerpo: es preciso que corresponda á las leyes generales que la Theórica demostrada, y la Observacion dictan.

Si el *Sol* y la *Luna* girasen al rededor de la *Tierra*, los *quadrados de sus tiempos-periódicos* habían de ser como los *cubos de sus distancias*, á menos que las leyes que gobiernan á la *Luna* no fueran distintas de las que gobiernan al *Sol*; pero estas, aun la misma experiencia nos las enseña al contrario. Si el centro de los movimientos fuese la *Tierra*, habia de cesar la proporcion entre la *Gravedad* y la *Masa*, porque la mayor es la del *Sol*, como lo acreditan las revoluciones de los demás *Planetas*; y aun quando esto se concediera ¿podrian negarse las *fuerzas-centrales* que la proposicion Geométrica de *Newton* demuestra? Y si estas exîsten ¿como, si supusieramos á la *Tierra* el centro del movimiento, podria dexar de ser su *fuerza-central* infinita, respecto á la del

Sol? Esto, pues, acordado ¿cómo podia dexar de extraer la *Tierra* á todos los *Planetas* de las Orvitas que hoy describen al rededor del *Sol*, para obligarles á hacerlas, ó á girar, en tal caso, al rededor de ella? Estos, y aun otros infinitos absurdos podrian deducirse: y en una palabra, ninguna de quantas teóricas han resultado de las atracciones, debian corresponder, á ser la *Tierra* el centro del movimiento, por mas que para cada *cuerpo* y *phenómeno* se intentára considerar distinta *ley*, y distinta *fuerza-central*. Y por último, querer establecer fixa á la *Tierra*, es lo mismo que querer derribar todos los principios de la *Mechânica*, de la *Phisica*, y aun toda la *Astronomía*, sin dexar auxîlio ni fuerzas en lo humano para poder satisfacer.

Estas reflexîones se han hecho ya en casi toda la Europa: no hay Reyno que no sea *Newtoniano*, y por consiguiente *Copernicano*; mas no por eso pretenden ofender (ni aun por imaginacion) á las Sagradas Letras, que tanto debemos venerar. El sentido en que estas hablaron es clarísimo, y que no quisieron enseñar la Astronomía, sino darse solamente á entender en el Pueblo. Hasta los mismos que sentenciaron á *Galileo* se reconocen hoy arrepentidos de haberlo hecho, y nada lo acredita tanto como la conducta de la misma Italia: por toda ella se enseña públicamente el *Systema Copernicano* y *Newtoniano*: no hay Religioso que no lo dé á la prensa: los PP. *Lesieur*, *Jacquier* y *Boscowich*, y aún la *Academia de Bolonia* no aspiran á otra cosa.

¿Puede haber prueba mas evidente de que ya no cabe en ellos ni aun la sola *sospecha de heregia*, que fue la condenada, y que, lexos de ella, abrazan el Systema como único?

¿Será

¿Será decente con esto obligar á nuestra Nacion á que, despues de explicar los *Systemas* y la *Philosophia Newtoniana*, hayá de añadir á cada phenómeno que dependa del movimiento de la Tierra: *pero no se crea éste, que es contra las Sagradas Letras*? No será ultrajar estas el pretender que se opongan á las mas delicadas demostraciones de Geometría y de Mechânica? Podrá ningun Católico sabio entender esto sin escandalizarse? Y quando no hubiera en el Reyno luces suficientes para comprehenderlo ¿dexaría de hacerse risible una Nacion que tanta ceguedad mantiene?

No es posible que su Soberano, lleno de amor y de sabiduria, tal consienta: es preciso que vuelva por el honor de sus Vasallos; y absolutamente necesario, que se puedan explicar los Systemas, sin la precision de haberlos de refutar: pues no habiendo duda en lo expuesto, tampoco debe haberla en permitir que la Ciencia se escriba sin semejantes sujeciones.

PROLOGO

R. ACADEMIA DE LA HISTORIA
BIBLIOTECA
SAN ROMAN

UNO de los testimonios mas relevantes del zelo con que solicitó el adelantamiento de las Ciencias en España el Rey N. Sr. D. Phelipe Quinto, que está en el Cielo, fue sin duda la generosa resolucion con que, no solo permitió pasar á sus Reynos de la America Meridional los Académicos Franceses destinados á tomar en ellos la medida del grado terrestre debaxo del Equador, sino que quiso tambien que los acompañasen Vasallos suyos, que á sus Reales expensas executasen estas y otras Observaciones. La eleccion de Sugetos recayó en *D. Antonio de Ulloa* y en mi, que la estimamos, aun mas que por las particularidades que en tan dilatado Viage se nos ofrecian exâminar, por la recomendacion singular que en sí misma trahía tan soberana dignacion.

Salimos de Europa por Mayo de 1735, y estuvimos en ella de regreso, despues de

dar

dar cumplimiento á nuestra comision, en el de 1746. Pero todo el trabajo de una peregrinacion de once años, hecha con tantas incomodidades y peligros, como se podran ver en la parte histórica de esta Obra, hubiera sido inútil, á lo menos al Público de nuestra Nacion, por faltarnos la alta proteccion y amparo del Monarca que nos embió, si ya que á nuestra vuelta lloramos su falta, no tuvieramos el consuelo de ver sobro su Trono un tan esclarecido Succesor, aun mas que de su Cetro y de su Sangre, de su Zelo y de sus Virtudes. Pues apenas se halló informado S.M. por el zeloso y sabio Ministro el Ex.mo Sr. *Marques de la Ensenada* de nuestro regreso á *Madrid*, y quan útil sería al adelantamiento de las Ciencias, y bien universal de las Naciones de Europa, se publicase esta Obra, quando no solo dispuso con su Real magnificencia se diese al público á costa de su Real Erario, sino que la honró constituyendose Protector de ella.

En conseqüencia de sus soberanas Ordenes, hemos dispuesto nuestro trabajo con la mayor brevedad que nos ha sido posible;

por

por este motivo, y para mayor claridad y buen método le hemos dividido en dos partes. La una (de que se ha encargado *Don Antonio de Ulloa*) contiene la relacion del Viage, Mapas, Descripciones de Paises y noticias de todo lo que se halla de particular en los Reynos del Peru por donde hemos transitado. La otra, que es la que comprehende este Volumen, ha corrido á mi cargo, y encierra todas las Observaciones Astronómicas y Phísicas que executamos, ya para el fin principal de nuestro Viage, ya para otros que se sirvió ordenarnos en su Real Instruccion S. M.

El principal fin del Viage fue el averiguar el verdadero valor de un grado terrestre sobre el Equador, para que cotejado este con el que resultase tener el grado, que habian de medir los Astrónomos embiados para esto al Norte, se infiriese sin duda, de uno y otro, la figura de la Tierra; y á mas de su utilidad, se decidiese de una vez, con tan ilustres experiencias, esta ruidosa question que ha agitado á todos los Mathemáticos, y aun á las Naciones enteras por casi un Siglo.

Pe-

Pero porque al mismo tiempo nos ordenó S. M. que hiciesemos otras varias Observaciones muy importantes para la Geographía y Navegacion, teniendo estas, como tienen, total dependencia de la medida y figura de la Tierra, y siendo bien que vayan delante para desembarazarnos de ellas, y para llegar con las luces necesarias al objeto principal, el método que nos hemos propuesto observar es el siguiente.

La Introduccion da una breve idéa de la question principal, y de los motivos científicos de tan largas y costosas jornadas.

El Libro primero contiene las Observaciones sobre la máxima Obliqüidad de la Eclíptica, y determinacion de ella, con la descripcion del Instrumento con que se hicieron.

El segundo contiene las Observaciones de Latitud hechas en todo el discurso del Viage, con una breve descripcion del Quarto de Círculo con que se executaron, y una Tabla de las Declinaciones del Sol para cada 15 minutos de la Eclíptica, con diferencias para cada minuto, y otras para cada 10 se-

gun-

gundos de mayor ó menor Obliqüidad nuevamente calculada, y distinta de las antiguas.

El tercero, las Observaciones de las Inmersiones y Emersiones de los Satélites de Jupiter, como asimismo de los Eclipses de Luna; de las quales se deduce la Longitud de los Lugares.

El quarto, las experiencias hechas sobre la dilatacion y compresion de los Metales por causa del Calor ó Frio; con la Tabla de lo que se dilatan por cada 10 grados de diferencia del Termómetro de *M. Reaumur.*

El quinto, las experiencias del Barómetro simple, de las quales se deduce la ley con que se dilata y comprime el Ayre: el método de hallar la altura de los Montes ó Cerros en la Zona Tórrida, y la de la Atmósphera sensible.

El sexto, las Experiencias sobre la velocidad del Sonido, y determinacion de lo que corre en un segundo de tiempo en la Zona Tórrida; todo aplicado á varios casos de Geographía y Navegacion.

¶¶¶¶ El

El septimo, la medida del grado de Meridiano terrestre contiguo al Equador, con la explicacion del método que se tuvo en medirle: construccion y uso del Instrumento de 20 pies de radio, con que se hicieron las Observaciones Astronómicas; y conclusion de la razon del Exe de la Tierra al Diámetro del Equador.

El octavo, las experiencias del Péndulo simple: la descripcion del Instrumento con que se executaron; y determinacion de la Figura de la Tierra: sobre la qual se dan Tablas del valor de cada grado del Meridiano terrestre, y de la longitud del Péndulo para cada Latitud.

El noveno y ultimo, la práctica de la Navegacion sobre la Figura de la Tierra, ya determinada: con una nueva Tabla de partes Meridionales, para el uso de la misma práctica.

Advierto ultimamente, que siendo muchas de las cosas que se tocan en esta Obra de muy sublime Geometría, he procurado explicarme del modo mas claro y perceptible, para que me entiendan aun los no muy

ver-

versados en sus abstrusas especulaciones. De esto se deberán hacer cargo los grandes Geómetras, á quienes pareciesen algunas explicaciones demasiado largas, ó poco necesarias; y por el contrario, si los no muy versados en Geometría no comprehendiesen algunos Cálculos, podran hacernos la justicia de suponer la demonstracion de la Proposicion como dada, enterados de que no será fácil hallar explicacion que les sosiegue, sin adquirir otros principios. Con el que ningunos tuviese, no puede hablar una Obra en que no se dan estos, sino que se suponen; pues para darlos todos, fueran sin duda necesarios otros volúmenes, y aun acaso no se darian con ellos por satisfechos.

TABLA
DE LOS LIBROS Y CAPITULOS contenidos en este Tomo.

LIBRO I.

Observaciones sobre la máxîma Obliqüidad de la Ecliptica.

CAP. I. *De lo util y necesario que es el observar la máxîma Obliquidad de la Ecliptica.* 1
II. *Observacion del Solsticio hyemal del año 1736.* 4
III. *Observacion del Solsticio estival del año 1736, con la conclusion de la máxîma Obliquidad de la Ecliptica.* 15
IV. *Reflexîones sobre la diminucion de la máxîma Obliquidad de la Ecliptica.* 18

LIBRO II.

Observaciones de Latitud.

Cap. I. *De las Observaciones hechas con el Annulo Astronómico, y Quarto de círculo.* 25
II. *De las Observaciones hechas con el grande Instrumento de 20 pies de largo.* 43
III. *Descripcion del Quarto de círculo.* 46
IV. *Explicacion y uso de la Tabla de Declinaciones del Sol, que se da al fin de él.* 52

LI-

LIBRO III.

Observaciones de las Inmersiones y Emersiones de los Satelites de Jupiter, como de los Eclipses de Luna.

Cap. I. *Observaciones de las Inmersiones y Emersiones de los Satelites de Jupiter.* 65
II. *Observaciones de los Eclipses de Luna.* 72
III. *Deduccion de la Longitud de los Lugares por las Observaciones antecedentes.* 75
IV. *Correccion que se debe hacer al Medio dia, hallado por las alturas correspondientes.* 83

LIBRO IV.

Sobre la Dilatacion y Compresion de los Metales. 89

LIBRO V.

Sobre las Experiencias del Barómetro simple.

Cap. I. *De las experiencias hechas en el discurso del Viage.* 102
II. *Sobre la Ley de la Dilatacion del Ayre.* 111
III. *Del modo de hallar la altura de los Montes y Cerros, por las experiencias del Barómetro.* 117
IV. *De otro modo de deducir las mismas alturas.* 125

LIBRO VI.

De la velocidad del Sonido.

Cap. I. *De las experiencias hechas sobre la velocidad del Sonido.* 132

II.

II. *Aplicacion del movimiento progresivo del Sonido, á algunos casos de Geometría y Navegacion.* 142

LIBRO VII.

De la medida del grado de Meridiano contiguo al Equador.

SECCION I.

Determinacion de la medida geometrica, segun las Observaciones de D. Jorge Juan.

Cap. I. *Medida de la Base fundamental.* 144
II. *Del exâmen de las divisiones de los Quartos de círculo.* 155
III. *Sobre los Angulos de la Série de Triángulos.* 158
IV. *De la reduccion de los Lados Occidentales de la Série de Triángulos á Horizontales.* 173
V. *De las Observaciones de Azimuth.* 181
VI. *De la deduccion de las distancias entre los Paralelos de las Señales.* 200
VII. *De la reduccion de las distancias entre los Paralelos, halladas al nivel del Mar.* 204

SECCION II.

Determinacion de la medida geometrica, segun las Observaciones de *D. Antonio de Ullóa.*

Cap. I. *Medida de la Base fundamental.* 214
II. *Sobre los Angulos de la Série de Triángulos.* 217
III. *Reduccion de los lados de los Triángulos á horizontales.* 228
IV. *Reduccion de las distancias horizontales á un propio nivel.* 251

V

V. *De las Observaciones de Azimuth.* 261
VI. *De la deduccion de las distancias entre los Paralelos de las Señales.* 266

SECCION III.

Sobre la amplitud del Arco comprehendido entre los dos Observatorios.

Cap. I. *Descripcion del Instrumento que se ideó, propio para hacer las Observaciones Astronómicas.* 270
II. *De las Observaciones hechas en el Observatorio de* Cuenca. 277
III. *De las Observaciones hechas en el Observatorio de* Pueblo viejo. 283
IV. *Determinacion de la amplitud del Arco comprehendido entre los dos Observatorios.* 287
V. *Determinacion del valor del grado de Meridiano contiguo al Equador.* 295
VI. *Sobre la figura de la Tierra.* 305

LIBRO VIII.

De las experiencias del Péndulo simple, y conclusion de la figura de la Tierra.

Cap. I. *Motivos que obligaron á emprender las experiencias del Péndulo.* 313
II. *Descripcion del Instrumento con que se hicieron.* 315
III. *De las experiencias hechas en* Quito. 319
IV. *De las experiencias hechas en el* Cabo Frances. 329
V. *Conclusion de la figura de la Tierra.* 332

LI-

LIBRO IX.

De la Navegacion sobre la Elipsoide.

Cap. I. *Correccion que se debe hacer á la Navegacion, y á la Tabla de partes Meridionales.* 348

II. *De la correccion de las diferencias en Latitud y distancias.* 386

III. *Práctica de la Navegacion sobre la Elipsoide.* 390

OB-