AÑO II NOVIEMBRE-DICIEMBRE 1930 TOMO II, Nº IX-X

REVISTA ASTRONOMICA

ORGANO MENSUAL DE LOS
"AMIGOS DE LA ASTRONOMIA"
DIRECTOR;
CARLOS CARDALDA
BUENOS AIRES

SUMARIO

Juan Kepler: 1630-15 Noviembre-1930.

El homenaje a Kepler.

Las leyes de Kepler, *por M. D.*

Resolución de la ecuación de Kepler, *por Jorge Bobone.*

La velocidad de los planetas, *por Martin Dartayet.*

Método gráfico para resolver la ecuación de Kepler, *por F. R. Moulton, (traducido por C. C.)*

Sobre la conferencia del Ing. Numa Tapia.

El adelanto de la hora: una acertada iniciativa del gobierno argentino, *por Alberto Reyes Thèvenet.*

Observaciones - Meteoros notables - Visibilidad de Venus de día - RY Sagittarii.

Noticiario astronómico - Denominación de dos planetoides - Cometa Nakamura - Notas sísmicas.

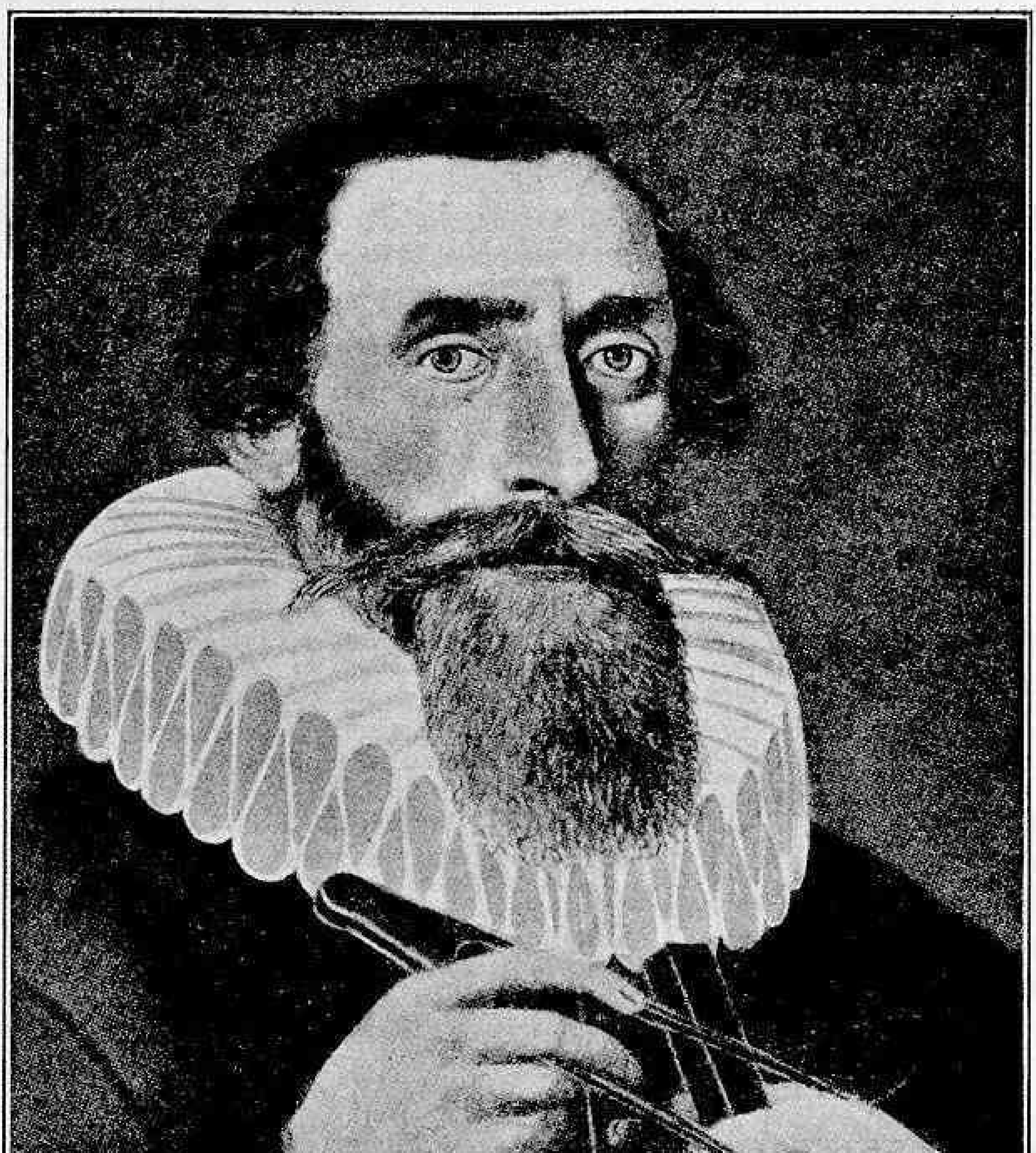
Noticias - Reunión observacional - Hora de verano - Fotografías del Observatorio de La Plata - Vista estereoscópica de la Luna - "Manual del Aficionado" Cambio en la salida de la Revista - Encuadernación de la Revista Astronómica.

Indice de ilustraciones (tomo II)

Tabla de nombres y materias (tomo II)

SALA DE LA WAGNERIANA

FLORIDA 940 BUENOS AIRES



JUAN KEPLER

1630 - 15 DE NOVIEMBRE - 1930.

HOMENAJE DE LOS "AMIGOS DE LA ASTRONOMIA"

AL LEGISLADOR DEL CIELO

EN EL TERCER CENTENARIO DE SU MUERTE.

El homenaje a Kepler

Reproducimos la primera parte de la conferencia que nuestro estimado consocio y colaborador señor Ernesto de La Guardia dió, el 5 de noviembre, en el Colegio Nacional de Buenos Aires bajo el auspicio de "Los Amigos de la Ciudad", recordando el tercer centenario de la muerte de Juan Kepler.

La parte que publicamos contiene la biografía del gran astrónomo y fué la única leída durante su conferencia por el señor de La Guardia, quien, a continuación, explicó verbalmente, mientras exhibía algunas proyecciones luminosas, la obra de Kepler, exponiendo y comentando sus leyes, confrontando los sistemas de Ptolomeo, Copérnico (con sus antecedentes) y Tycho, refiriéndose a la herencia de este último, recogida por Kepler, el concepto cinemático de la astronomía kepleriana, el dinámico presentido ya en la antigüedad y luego por Copérnico, Kepler y otros y terminando con la síntesis newtoniana de la gravitación.

La parte de la conferencia que transcribimos, constituye en sí misma una labor digna de los antecedentes científicos del señor Ernesto de La Guardia.

Presentó al conferencista el ingeniero Nicolás Besio Moreno, cuyos conceptos también reproducimos.

N. de la D.

Presentacion del Ing. N. Besio Moreno

Señor Rector del Colegio.

Señor Decano de la Facultad de Ciencias de La Plata.

Señores de La Guardia y Ochoa.

Señoras y señores:

No se si fuera preciso envolvernos en aroma mística y de ansiosa inquietud para recordar la memorable razón que tuvo su forma encumbrada de expresarse en Juan Kepler, uno de los arquetipos absolutos del renacimiento en toda su flor, en el ramo del saber astronómico.

El árbol que llega a su madurez lozana abre su fronda para sazonar el fruto mejor de fragancia y de sabor, cuando su raiz abreva en el suelo generoso. El árbol del renacimiento resplandecía no menos que veinte siglos antes que aquel otro árbol egeo que aun nos estremece cuando retorna a nuestra memoria; y en sus variados frutos cargados de simiente fué Kepler un ejemplar predestinado que, ya tarde, alejóse de la vida hace exactamente tres siglos en estos días.

Aquel mar de saber que brilló en el Egeo parecía guardar sus antiguas fuentes con obstinada reserva y luego de ostentar un botón — brillante sin duda pero incompleto — en el gran seno de Roma, se derramó inefablemente en el no menos rumoroso mar toscano, tan dispuesto a recibirlo como la tierra mejor preparada a la semilla fuerte, preñada de vida.

Así la hegemonía toscana fué resplandeciente e insensata: abierta por Dante, afianzada por Petrarca, iluminada por Leonardo, tuvo para consagrarse esa inaudita imagen que en conjunto fueron Donatello, Savonarola, Maquiavelo, Buonarroti y Cellini, terminando en ese otro monumental soporte que fué Galileo. Allí para hacer trama en esta cadena fabulosa, se mezclaban Cimabue, Giotto, Orcagna, Boticelli, Boccaccio, Cesalpino, Ficino, Filelfo, Cuiciardini, Toscanelli, Vespuccio, Verrocchio, a lo que se agregaban las academias que todos recordáis della Crusca y del Cimento, precursoras de tantos otros.

Sola o casi sola había imperado la Toscana en el campo del saber y preciso era extender sus luces al mundo todo, derramar más allá de sus fronteras, dilatar y esparcir sus obras para que al agotarse como antes sus magníficas predecesoras, Atenas y Roma, no se cerrara el ciclo poderoso del engrandecimiento humano que se abría tan formidablemente, y se iniciara en ella una cadena infinita y progresiva .

Este movimiento iniciado al final del siglo XIV tímidamente por Juan Huss, Van Eyck y Gutemberg, cuando ya habían florecide Boccaccio, Brunelleschi, Donatello, Pisano, Gaddi y del Castagno, tuvo su estallido sonoro en tiempos de Miguel Angel, con Memling, Colón, Erasmo, Gama y Lutero y sobre todos, Copérnico comenzó a brillar con propio resplandor cuando el astro florentino debía comenzar a palidecer, agotado acaso de dolor por la muerte de Leonardo y Buonarroti y de esfuerzo por haber dado a Galileo; llegaba en efecto Camoens y Cervantes; Delorme, Vignolo y Vesalio; Servet, Mercator, Palladio y Ronsard; Montaigne, Mariana, Agrícola y Tasso; Lope y Shakespeare, para cerrar con el definitivo triunfo de la ciencia imperecedera asegurado por Kepler y Descartes.

Si es exacto aquel aforismo según el cual "omnia tria is perracta", nunca esta perfección fué mayor que con este trío sobrehumano de Copérnico, Galileo y Kepler.

Y los "Amigos de la Ciudad" al celebrar a Kepler por la palabra armoniosa de de La Guardia, continúa su obra de armonía y de cultura, íntimo concepto de su programa permanente de acción.

¿Quién susurró al oído de este extraño personaje que fué Kepler, el ensueño sideral de sus tres leyes divinas por su contenido certero y divinas por su gracia funcional?

Acaso acertó a escalar el monte que se eleva junto al Alfeo, no lejos de la Arcadia y frente a la fatídica isla de Estrofades y del que antes Prometeo arrancara el fuego purificador de la morada misma de Zeus tonante. Sólo allí parecía posible elaborar leyes tan hábilmente urdidas, tan agudamente concebidas, como las tres leyes de Kepler.

Esta armonía triunfante que va de Copérnico a Kepler, tanto hizo sentir su celeste música sobre el orbe, que los hijos ilustres que se sucedieron adivinaron el modo de trasladar sus ecos inefables a las cuerdas sensibles y las gamas siderales se tradujeron en los arpegios inesperados de un arte verdaderamente nuevo en su interpretación, arte que antes Palestrina y Byrd no habían logrado captar, pero que sorprendieron y fijaron Juan Sebastián Bach, Haendel, Pergolese, Haydn, Cherubini, Gluck y Mozart.

He aquí porqué "Los Amigos de la Ciudad" han elegido entre los versados en la astronomía a un espíritu de la calidad inspirada de de La Guardia en quien el amor a la ciudad comparte sus galas con la dedicación conocida y triunfante en las armonías musicales en las que es docente y creador.

Por la definición que de Kepler os dará de La Guardia habréis de comprender el significado de aquel personaje y habréis de ver cómo en sus obras magistrales de astrónomo tenían que afirmarse las bases de un desarrollo científico inconmovible, el que en solo dos siglos recorrería la escala luminosa que constituyeron Torricelli, Mariotte, Huygens y Pascal; Newton, Halley y Mac Laurin; Franklin, Euler y D'Alembert; Lagrange, Herschel y Volta; Delambre, Laplace y Fourier; Ampère, Arago y Fresnell; Becquerel, Cauchy, Encke y Faraday.

Hoy, pues, señores, será todo armonía; el sabio que conmemoramos, la palabra erudita y galana de de La Guardia; el hondo contenido de su conferencia y las melodías que en columnas vibrantes de aire brotarán de los hábiles dedos del maestro Ochoa en el gran órgano de cámara del Colegio Nacional de Buenos Aires.

Doy, pues, ya la palabra en nombre de "Los Amigos de la Ciudad" al distinguido conferencista.

PARTE BIOGRAFICA DE LA CONFERENCIA DEL Sr. ERNESTO DE LA GUARDIA.

Señor Rector del Colegio Nacional.

Señor Decano de la Facultad de Ciencias de La Plata.

Señor Ingeniero Nicolás Besio Moreno.

Señoras y señores:

El 15 de noviembre de 1630 fallecía en Ratisbona Juan Kepler, el "legislador del cielo".

No pocos puntos de su biografía son obscuros, pero aquellos mejor conocidos y los caprichosos rasgos de su psicología lo hacen digno de inspirar una de esas vidas novelescas hoy tan en boga. No se sabe con exactitud la fecha ni el lugar de su nacimiento. Kepler o Keplero, según se decía en otro tiempo, vino al mundo en el año 1571. En cuanto a mes y día, indícase el 16 de mayo, el 21 de diciembre y el 27 de este mismo mes. Una aldea del Würtemberg, llamada Weil, fué probablemente su cuna, más también hay quienes afirman que nació en Magstat. Por lo que respecta a la muerte de Kepler no falta algún biógrafo que fija la fecha del 15 de noviembre de 1631. Sin embargo, ya está definitivamente aceptado el año de 1630, como correspondiente a tal acontecimiento. El sabio matemático, en efecto, contaba 59 años cuando falleció.

Como por entonces la astrología no había caído aún en el descrédito y el mismo Kepler le rindió culto, cabría imaginar caprichosamente que algún astro maléfico presidió su nacimiento. Entre los grandes hombres, lo mismo que entre los demás mortales, obsérvanse preferencias y desdenes de la diosa Fortuna. Unos colmados de gloria y de favores, vivieron como príncipes de la ciencia o de las artes. Otros, los más, muchos que unieron al genio la bondad, sufrieron miserable e injusto destino.

Tycho Brahe y Newton, para no citar más que dos nombres íntimamente unidos al de Kepler, gozaron de posición y honores magníficos, naturalmente, merecidos, a diferencia de ciertas falsas celebridades, muy agasajadas en vida. Kepler, en cambio, fué uno de los grandes hombres infortunados que arrastraron doliente y lamentable existencia.

Es probable que la familia de Kepler tuviese ascendencia noble por la rama paterna, pero se hallaba muy degenerada material y aun moralmente. Los padres del muchacho que había de hacer tan ilustre su nombre eran dueños de un humilde mesón, y allí servía de mozo el futuro "legislador del cielo".

La constitución enfermiza del niño fué beneficiosa para su temprano desarrollo intelectual, pues inapto para el trabajo físico al que estaba destinado, se le hizo estudiar y así demostró sus precoces aptitudes. En aquellos tiempo, "cursar estudios" apenas podía significar nada fuera de la carrera eclesiástica, y con tal fin el joven Kepler ingresó en la famosa Universidad de Tubinga. Pero allí, además de teología, aprendió matemáticas, y el brillante alumno decidió ser geómetra, en vez de sacerdote. Su profesor, Mœstlin ejerció beneficiosa y trascendente influencia sobre Kepler, pues si oficialmente enseñaba en la cátedra el sistema astronómico de Ptolomeo, universalmente consagrado por entonces, en las conversaciones del sabio maestro con sus discípulos les participaba su verdadera y a la sazón audaz creencia respecto al sistema de Copérnico. Y Kepler fué en seguida ferviente prosélito del genio copernicano.

En 1594 el joven matemático ocupaba la cátedra de astronomía en la Universidad de Grätz, y dos años después, cuando contaba 25 de edad, escribía su primera obra, cuyo título en latín contenía más de veinte palabras. Las primeras eran "Prodromus Dissertationum continens mysterium cosmographicum". Es decir, "Introducción a las disertaciones continentes al misterio cosmográfico".

En esta obra exponía Kepler una teoría fantástica y absurda — reminiscencia pitagórica — sobre una supuesta relación entre los planetas conocidos entonces, y los cinco poliedros regulares. Sin embargo, aquí entrevé ya una de sus leyes que veinte años después definirá como la tercera de las mismas.

Desde su juventud mostró ya Kepler la extraordinaria mezcla de visiones e ideas extravagantes con el razonamiento matemático más severo y profundo. La imaginación febril, delirante, equilibrábase con el calculador frío, obstinado, imperturbable. A este último debemos las tres maravillosas leyes de la astronomía cinemática, pero la imaginación ardiente y loca de Kepler no dejaba de ser también genial. ¡Personalidad extraordinaria y paradójica!

Es evidente que en los absurdos keplerianos influyó mucho el atraso científico y el ambiente de superstición que entonces rodeaba a los sabios. Hoy sería inconcebible que un astrónomo estuviese obligado a formular predicciones astrológicas de toda suerte, inclusive sobre acontecimientos políticos. Sin embargo, en aquellos tiempos, lo único que realmente interesaba no eran los descubrimientos científicos, sino los horóscopos, juego peligroso que podía sumir fácilmente en el descrédito a un sabio ilustre. Y para deshonor de los contemporáneos de Kepler cabe recordar que el inmortal "legislador del cielo", al cual persiguió implacablemente la miseria, se vió en la frecuente necesidad de trazar horóscopos para no morirse de hambre y poder alimentar a su numerosa familia. Sin duda, desde la antigua Caldea, cuya ciencia astronómica, apenas era otra cosa que astrología, hasta ya bien entrada la Edad Moderna, el nivel cultural de la humanidad había progresado poco. Todavía en 1638, al nacer Luis XIV, uno de los últimos astrólogos, llamado Morni, compuso el horóscopo regio. A veces la superstición relacionada con los astros determinó acontecimientos extraordinarios, como la abdicación de Carlos V, en 1556, debida a un cometa.

Se ha discutido si Kepler creía sinceramente en las fantasías astrológicas, y al respecto cítase el siguiente juicio del propio astrónomo: "No hay por qué lamentarse si una hija loca alimenta a su madre cuerda, pero pobre". Sin embargo, otras veces parecía o fingía creer. Por otra parte, la astrología, a pesar de toda su ridiculez y absurdidad, no deja de conservar cierto interés histórico, pues ella es a la astronomía lo que la alquimia a la química. La fantasía y la magia conduciendo a la ciencia es algo bello y sugestivo, como el delirio y el ensueño del espíritu subconsciente que se iluminan con la luz de la razón en procura de la verdad.

No están muy claras las causas por las cuales Kepler fué privado de su cátedra en Grätz. Los católicos dominaron en la Universidad, y los protestantes — Kepler entre ellos — fueron expulsados. Sin embargo, también se cuenta que nuestro sabio conservó buenas relaciones con los jesuítas, siendo repuesto en la cátedra; pero dispersos sus alumnos, el maestro hallábase solitario. De cualquier modo, no tardó en aceptar el ofrecimiento de Tycho Brahe, que a la sazón — año 1600 — se hallaba en Praga como astrónomo de Rodolfo II, para que colaborase en sus trabajos. Esta relación con Tycho fué trascendental en el desarrollo del genio de Kepler. Cuando falleció en 1601 el maestro danés, sin haber concluído las "Tabulæ Rudolphinæ", el joven astrónomo alemán iba a ser su heredero. Tycho, notable observador, legaba su obra a Kepler, gran matemático, y de este feliz complemento surgirían las tres luminosas leyes de los movimientos planetarios. Pero si Kepler recogía las preciosas observaciones acumuladas por Tycho Brahe, rechazaba en cambio el absurdo sistema de éste para seguir fiel al copernicano, en que le iniciara su primer maestro. Kepler vino, pues, a reunir la doble herencia de Copérnico y de Tycho, y en ella había de infundir su propio y brillante genio para hacerla fecunda y gloriosa.

Kepler no sólo heredó la ciencia de Tycho, sino también su puesto de astrónomo imperial. La fama del joven sabio se extendía. Galileo, quien participaba de las ideas de Kepler sobre Copérnico, iniciaba su relación epistolar con el colega alemán. A los treinta años parecía asegurada la gloria y la fortuna de Kepler. Desgraciadamente, cuando iba a comenzar los profundos estudios que le condujeron a sus inmortales descubrimientos, empezó también la fatalidad a amargar la vida del grande hombre.

Complicábase la situación del país y el emperador no obstante sus aficiones científicas y astrológicas, se olvidaba con frecuencia de su astrónomo. Los emolumentos de Kepler se hacían más nominales que efectivos, mientras su prole aumentaba. Los recursos se hallaban exactamente en razón inversa con las necesidades domésticas. Además, el astrólogo si creyó favorable a su matrimonio el horóscopo de su esposa, erró gravemente. Casado a los 26 años con una mujer muy joven, viuda de un primer marido y divorciada de un segundo, la felicidad no fué propicia al tercero, sin duda más ilustre que sus antecesores. Duelos familiares, penurias y tribulaciones de todo género atormentaron al sabio. Su esposa, enferma, concluyó demente y falleció en 1611, y en el mismo año Kepler tuvo que hacer largas gestiones para salvar a su propia madre encarcelada bajo la acusación de hechicera y a la que esperaba el auto de fe, como fin de su proceso.

Un hombre sometido a tales angustias acababa de escribir, en 1609 su "Astronomía nova" o, como también se denomina a esta obra, "De motibus stellae Martis", fruto de meditaciones y cálculos que duraron años enteros. Allí se encuentran las dos primeras de las famosas leyes sobre la forma elíptica de las órbitas planetarias y la proporcionalidad de las áreas y de los tiempos.

En seguida, en 1610, introdujo en el anteojo astronómico un perfeccionamiento importante con la invención del ocular de lente biconvexa, que aun lleva su nombre. Poco después, Kepler escribía una "Dióptrica", o sea un tratado sobre la refracción de la luz.

Al publicar el "De motibus stellæ Martis", Kepler dedicó su obra al emperador, escribiéndole una carta redactada en términos curiosos. Decía, entre cosas: "Entrego a V. M. un noble prisionero, fruto de una guerra laboriosa y difícil, emprendida bajo vuestros auspicios. Ya otra vez estuvo cautivo el terrible dios de la guerra, cuando cayó en las redes de Vulcano". Agregaba que la lucha en todos los tiempos había sido ardua, pues Marte derrotaba a todos los astrónomos y Plinio lo denominó "astro inobservable". Refería en qué forma utilizó para sus estudios las observaciones realizadas por el "valiente capitán Tycho Brahe" durante veinte años, y las cuales fueron preciosa herencia del nuevo y no menos bravo jefe. Describió los desastres de la guerra, alusión a las propias calamidades del astrónomo, y concluía: "En fin, el enemigo pide la

ASTRONOMIA NOVA
ΑΙΤΙΟΛΟΓΗΤΟΣ,
SEV
PHYSICA COELESTIS,
tradita commentariis
DE MOTIBVS STELLÆ
MARTIS,
Ex obſervationibus G. V.
TYCHONIS BRAHE:

Juſſu & ſumptibus
RVDOLPHI II.
ROMANORVM
IMPERATORIS &c:

Plurium annorum pertinaci ſtudio
elaborata Pragæ,

A Sæ. Cæ. M.tis Sæ. Mathematico
JOANNE KEPLERO,

Cum ejusdem Cæ. M.tis privilegio ſpeciali
ANNO æræ Dionyſianæ cIↄ Iↄ c ix.

Fig. 29 - Portada de la primera edición de la "Astronomía Nova" de Kepler.

paz, y por intermedio de su madre, la Naturaleza, me envía la confesión de su derrota. Se entrega prisionero y la aritmética y la geometría lo escoltan hasta nuestro campo. Ahora desea que los dioses entre quienes residía, Saturno, Júpiter, Venus y Mercurio, le acompañen y también queden sujetos a vuestra hospitalidad. Es preciso, pues, continuar la lucha. Por ello recuerdo a V. M. que el dinero es nervio de la guerra y le suplico quiera ordenar a su tesorero que entregue a vuestro general las sumas necesarias para levantar nuevas tropas.''

En esta forma caprichosa y alegórica, donde tan bien se refleja el carácter de Kepler, el astrónomo imperial reclamaba al soberano el pago de cuanto se le adeudaba.

Pero en 1612 muere Rodolfo, sucediéndole Matías. Kepler sale de la corte, y en Linz enseña matemáticas, filosofía, historia. Además, el astrónomo que ha vencido a Marte, no es menos valeroso ante Venus, pero en su lucha con la bella diosa es él quien cae prisionero por segunda vez. Uno de sus biógrafos, Sir Robert S. Ball que fué profesor en la Universidad de Cambridge, pone en boca del mismo Kepler la declaración de que al saberse sus deseos de contraer nuevas nupcias, no menos de once hilanderas se ofrecieron para compartir sus penas y alegrías. Como nuestro sabio, de físico mediocre, había traspasado la cuarentena y su bolsa era tan chica como grande su fama, se puede pensar sin irreverencia que esta jactancia sexual era menos fidedigna que los cálculos del matemático. Eligió una huérfana pobre, pero generosa que le dió siete hijos, después de los cinco habidos en el primer matrimonio del sabio. La muerte de varios de ellos aumentó las tristezas de Kepler. Pero siquiera su segunda esposa le hizo más feliz que la primera.

Por entonces Kepler estudió el aforo y cubicación de las vasijas y toneles, atisbando el cálculo infinitesimal que habrían de inventar Newton y Leibniz.

Sigue otra de sus obras trascendentales: el ''Harmónices mundi'', en que presenta la tercera ley, referente a la proporcionalidad de los cuadrados de los tiempos y los cubos de las distancias medias al Sol, cuya gestación duró más de veinte años. Y con este gran triunfo de la ciencia vuelve el fárrago de la astrología y las ideas místicas pitagóricas sobre la armonía de las esferas, así como la teoría de los poliedros ya tratada en el ''Mysterium Cosmographicum''.

La nueva ley fué por fin descubierta en 1618 y el libro se publicó algo más tarde. Pero la fecha mencionada, cumbre de la gloria de Kepler, fué también desgraciada para el astrónomo y para toda Alemania. Señala el comienzo de la funesta ''guerra de los treinta años''. No era ésta ciertamente la guerra astronómica y mitológica que descubría Kepler en aquella carta al emperador, sino la guerra humana y salvaje, aun más salvaje porque se hacía en nombre de odios que se decían inspirados por Dios. Si los tiempos eran propicios para los capitanes de Marte, que descendía a la tierra con todo su horror, se hacían más y más desfavorables para los campeones de Urania, que huía, muy lejos, hacia su patria celeste. Kepler se hallaba desamparado como nunca y empeñado en la publicación de las Tablas Rudolfinas, obra de dos grandes astrónomos, fruto de medio siglo de preciosos trabajos. La impresión era costosa. El autor, en la miseria, luchaba desesperadamente para conseguir fondos. En una carreta, conduciendo su manuscrito, se dirigió a Ulm, donde se hallaba la corte. Al fin, en 1627, las tablas eran impresas, pero el tesoro imperial dejaba a deber una suma importante a Kepler. Este, poco después llegaba a ser astrólogo de Wallenstein, sin mejorar por ello su situación.

Kepler no estuvo mucho tiempo al lado del célebre guerrero, porque Wallenstein no cumplió sus promesas. En 1630 obtenía una cátedra en Rostock, pero la naturaleza del maestro estaba muy debilitada, y falleció a los pocos meses, en Ratisbona, adonde había ido nuevamente para solicitar un pago. Por fin halló la paz su espíritu inquieto y atormentado, pero no sus restos, pues la ciudad fué saqueada poco después y no se encontró luego ni el vestigio de su tumba. En 1807 se erigió en el jardín botánico de aquella ciudad, situado en el emplazamiento del antiguo cementerio, un monumento a la memoria del grande hombre, y en 1858 se emprendió la publicación de sus obras completas. Entre las últimas se cuentan un estudio sobre los logarítmos, que acababan de ser inventados por Neper y perfeccionados por Briggs, y una fantasía sobre los habitantes de la Luna, titulada "Somnium Kepleri".

Entre las apologías de este hombre extraño, paradójico y genial, se destacan estas bellas palabras de Arago: "En la historia de la ciencia, Kepler ocupa un puesto excepcional. Ambicioso, desafía el enigma de la Naturaleza, elevándose por el razonamiento al conocimiento de los planes estéticos del Creador. Pero el orgullo no le ciega. Siempre severo consigo mismo, sacrifica invenciones, para atenerse a la demostración rigurosa. ¡Qué entusiasmo cuando el éxito justifica sus audacias! Soberbio cuando busca, vuelve a ser modesto cuando ha encontrado. Su alma grande carece de vanidad. Sus leyes son el fundamento de la astronomía moderna. Su gloria es inmortal. Está escrita en el cielo y los planetas, con sus constantes movimientos regulares, la contarán siempre de siglo en siglo."

LAS LEYES DE KEPLER

(Enunciados)

1ª Ley. — Los planetas se mueven en órbitas elípticas en las que el Sol ocupa uno de los focos.

2ª Ley. — El radio vector de cada planeta describe áreas iguales en tiempos iguales o, en otros términos, las áreas descriptas son proporcionales a los tiempos.

Llámase *velocidad areal* al área de la elipse dividida por el período de revolución:

$$\text{Velocidad areal} = \frac{\pi\, a\, b}{T} = \frac{\pi\, a^2 \sqrt{1 - e^2}}{T}$$

3ª Ley. — Los cuadrados de los tiempos de revolución de los planetas son proporcionales a los cubos de sus distancias medias al Sol.

Sea: T el tiempo de revolución y D la distancia del planeta A
T' ,, ,, ,, ,, ,, D' ,, ,, ,, ,, B
etc. etc.

Entonces:

$$\frac{T^2}{T'^2} = \frac{D^3}{D'^3}\ ;\ \frac{T'^2}{T''^2} = \frac{D'^3}{D''^3}\ ;\ \text{etc.}$$

o, en otra forma:

$$\frac{T^2}{D^3} = \frac{T'^2}{D'^3} = \frac{T''^2}{D''^3} = \text{constante}$$

Si expresamos el tiempo de revolución en días medios y la distancia en millones de kilómetros (10^6 Km.), entonces el valor de la constante es:

$$\text{const.} = 0.039925 \qquad \text{y} \qquad \log \text{const.} = \bar{2}.60124$$

y tenemos las siguientes fórmulas para calcular el tiempo de revolución conociendo la distancia o vice-versa:

$$\log T = 1/2\ (3 \log D + \bar{2}.60124)$$

$$\log D = 1/3\ (2 \log T - \bar{2}.60124)$$

Ejemplos:

MARTE: $D = 227.79 \times 10^6$ Km.	SATURNO: $T = 29^a.4577 = 10759^d.2$
$\log D = 2.35753$	$\log T = 4.03178$
$3 \log D = 7.07259$	$2 \log T = 8.06356$
log const. $= \bar{2}.60124$	log const. $= \bar{2}.60124$
Suma $= 5.67383$	Dif. $= 9.46232$
$1/2 = \log T = 2.83692$	$1/3 = \log = 3.15411$
$T = 686.^d95 = 1^a\ 8808$	$D = 1426.0 \times 10^6$ Km.

Si, en cambio, expresamos el tiempo de revolución en años siderales y la distancia en unidades astronómicas, resulta entonces la constante igual a cero, y las fórmulas anteriores se convierten en:

$$\log T = \frac{3}{2} \log D$$

$$\log D = \frac{2}{3} \log \mathrm{T}$$

M. D.

RESOLUCION DE LA ECUACION DE KEPLER

Según lo manifesté al tratar la anomalía verdadera en mis artículos sobre "Orbitas" (pág. 128 de este tomo), para deducir la misma, era necesario primeramente obtener el valor de la anomalía excéntrica por medio de la relación:

$$u - e. \operatorname{sen} u = M$$

Esta ecuación, llamada de Kepler, es de una resolución difícil, basándose todos los métodos en aproximaciones sucesivas o en desarrollos en series, tanto menos convergentes cuanto mayor es el valor de la excentricidad (métodos de Newton, Gauss, Lagrange, Encke, etc.).

En el artículo referido primeramente, hice conocer una forma simple de resolver la ecuación de Kepler. En el presente me propongo desarrollar matemáticamente, no los métodos ya conocidos, sino uno original del suscripto, que según podrá apreciarse por el ejemplo inserto al final, tiene la ventaja sobre los otros, de que sus aproximaciones son rápidas, necesitándose en consecuencia muy pocas, para obtener el resultado con toda exactitud. Razón por la cual él será práctico en su empleo.

Antes de entrar a su deducción, he creído conveniente hacer una somera discusión de la ecuación de referencia. En primer lugar, y estando siempre conprendidos los valores de M y u entre $-\pi$ y $+\pi$, podemos considerar que ellos sean siempre positivos y menores que 180°, sin que altere la generalidad de la ecuación. En efecto, la sustitución de valores negativos, nos daría:

$$-u - e. \operatorname{sen}(-u) = -M$$

o lo que es lo mismo:

$$-u + e. \operatorname{sen} u = -M$$

y cambiando signos:

$$u - e. \operatorname{sen} u = M \quad ;$$

reproduciéndose la ecuación que nos ocupa.

A continuación vemos que siendo la derivada de la función: $u - e. \operatorname{sen} u$, igual a:

$$1 - e. \cos u$$

su valor es siempre positivo con la condición de ser $e < 1$; la función, en consecuencia, es siempre *creciente* y puede variar entre $-\infty$ y $+\infty$. De donde se deduce que la ecuación de Kepler no puede tener más que una sola raíz.

Sentadas estas premisas, paso a continuación a desarrollar el método en cuestión.

Resolución

La consideraré dividida en dos partes bien distintas: una cuando el valor de u sea completamente desconocido, la llamaré *primera aproximación;* y la otra, o *aproximaciones ulteriores,* cuando de la anomalía excéntrica se conozca un valor u_o relativamente exacto.

Primera aproximación. La ecuación de Kepler se puede escribir en la siguiente forma:

$$u - M = e.\ \text{sen}\ u$$

Poniendo ahora

$$u - M = x$$

tendríamos:

$$x = e.\ \text{sen}\ (M + x) \qquad (1)$$

En consecuencia, la determinación de la anomalía excéntrica, se reduce a resolver esta última ecuación, desde que:

$$u = M + x$$

Descomponiendo en factores la función trigonométrica de la suma de los arcos M y x, del segundo miembro de la relación (1), se obtiene:

$$x = e.\ (\text{sen}\ M.\ \cos x + \cos M.\ \text{sen}\ x)$$

o lo que es lo mismo:

$$x = e.\ \text{sen}\ M.\ \cos x + e.\ \cos M.\ \text{sen}\ x \qquad (2)$$

Siendo los desarrollos en series de las funciones cos x y sen x, los siguientes:

$$\cos x = 1 - \frac{x^2}{1.2} + \ldots\ldots..$$

$$\text{sen}\ x = x - \frac{x^3}{1.2.3} + \ldots\ldots..$$

la ecuación (2) se podrá sustituir por:

$$x = e.\ \text{sen}\ M.\ (1 - \frac{x^2}{2} + \ldots.) + e.\ \cos M.\ (x - \frac{x^3}{6} + \ldots.)$$

Quitando paréntesis y ordenando con respecto a las potencias crecientes de x, se tiene:

$$e.\ \text{sen}\ M - (1 - e.\ \cos M).\ x - \frac{e.\ \text{sen}\ M}{2} x^2 - \frac{e.\ \cos M}{6} x^3 + \ \ldots \ = 0$$

y dividiendo por (e. sen M):

$$1 - \frac{1 - e.\ \cos M}{e.\ \text{sen}\ M} x - \frac{1}{2} x^2 - \frac{1}{6} \text{ctg}\ M.\ x^3 + \ldots. = 0.$$

Como los valores de x son siempre pequeños, para obtener una primera aproximación, despreciaré las potencias superiores a la segunda, resultando la ecuación:

$$\frac{1}{2} x^2 + \frac{1 - e. \cos M}{e. \operatorname{sen} M} x - 1 = 0 \qquad (3)$$

Haciendo ahora:

$$\frac{1 - e. \cos M}{e. \operatorname{sen} M} = \alpha$$

y multiplicando por 2 la relación (3), se transforma en:

$$x^2 + 2\,\alpha.\,x - 2 = 0. \qquad (4)$$

La resolución de esta ecuación de segundo grado de la forma

$$x^2 + p.\,x - q = 0$$

puede hacerse trigonométricamente por las fórmulas:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{2 \sqrt{q}}{p}$$

$$x' = \sqrt{q}.\ \operatorname{tg} \frac{1}{2} \varphi$$

$$x'' = - \sqrt{q}.\ \operatorname{ctg} \frac{1}{2} \varphi$$

las que aplicadas a la ecuación (4), nos daría:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{2 \sqrt{2}}{2\,\alpha} = \frac{\sqrt{2}}{\alpha}$$

y

$$x = \sqrt{2}.\ \operatorname{tg} \frac{1}{2} \varphi$$

ya que en este caso, sólo la raíz positiva es admisible, siendo por otra parte el valor de α siempre positivo.

En resumen, para obtener en primera aproximación el valor de u, emplearemos las siguientes fórmulas sencillas:

$$\left.\begin{array}{r}
\operatorname{tg} \varphi = \dfrac{\sqrt{2}.\ e.\ \operatorname{sen} M}{1 - e. \cos M} \\[2ex]
x \text{ (en radianes)} = \sqrt{2}.\ \operatorname{tg} \dfrac{1}{2} \varphi \\[2ex]
x \text{ (en segundos de arco)} = \dfrac{\sqrt{2}}{\operatorname{sen} 1''}\ \operatorname{tg} \dfrac{1}{2} \varphi \\[2ex]
u = M + x
\end{array}\right\} \qquad (5)$$

Aproximaciones ulteriores. Conociendo un valor aproximado u_o de la anomalía excéntrica, y haciendo:

$$u = u_o + x$$

la ecuación de Kepler se escribe:

$$u_o + x - e.\ \operatorname{sen} (u_o + x) = M$$

o lo que es lo mismo:

$$x - e.\ \operatorname{sen} (u_o + x) = M - u_o$$

Descomponiendo ahora la función sen $(u_o + x)$ en factores, se tiene:

$$x - e\,(\text{sen}\ u_o\ \cos x + \cos u_o\ \text{sen}\ x) = M - u_o$$

o

$$x - e.\ \text{sen}\ u_o\ \cos x - e.\ \cos u_o\ \text{sen}\ x = M - u_o$$

Sustituyendo los desarrollos en series de cos x y sen x, y conservando únicamente hasta los cuadrados:

$$x - e.\ \text{sen}\ u_o \left\{ 1 - \frac{x^2}{2} \right\} - e.\ \cos u_o\ x = M - u_o$$

La reducción y ordenamiento de la ecuación precedente, será:

$$x - e.\ \text{sen}\ u_o + \frac{e.\ \text{sen}\ u_o}{2}\ x^2 - e.\ \cos u_o\ x = M - u_o$$

$$\left\{ \frac{e.\ \text{sen}\ u_o}{2} \right\} x^2 + (1 - e.\ \cos u_o)\ x - (M - u_o + e.\ \text{sen}\ u_o) = 0$$

Dividiendo ahora por el factor que multiplica a x^2, se obtiene:

$$x^2 + \frac{2\,(1 - e.\ \cos u_o)}{e.\ \text{sen}\ u_o}\ x - \frac{2\,(M - u_o + e.\ \text{sen}\ u_o)}{e.\ \text{sen}\ u_o} = 0$$

y poniendo finalmente:

$$\left. \begin{aligned} p &= \frac{2\,(1 - e.\ \cos u_o)}{e.\ \text{sen}\ u_o} \\ &\text{y} \\ q &= - \frac{2\,(M - u_o + e.\ \text{sen}\ u_o)}{e.\ \text{sen}\ u_o} \end{aligned} \right\} \qquad (6)$$

la ecuación que nos dará a conocer el valor de x, tomará la forma:

$$x^2 + p\,x + q = 0.$$

En la resolución trigonométrica de esta última, se presentarán dos casos, según que el valor de q sea positivo o negativo. En el primer caso se harán uso de las fórmulas:

$$\left. \begin{aligned} \text{sen}\ \varphi &= \frac{2\,\sqrt{q}}{p} \\ x &= - \sqrt{q}.\ \text{tg}\ \frac{1}{2}\,\varphi \end{aligned} \right\} \qquad (7)$$

y en el segundo, o sea cuando la ecuación tome la forma: $x^2 + p\,x - q = 0$; de las siguientes:

$$\left. \begin{aligned} \text{tg}\ \varphi &= \frac{2\,\sqrt{q}}{p} \\ x &= \sqrt{q}\ \text{tg}\ \frac{1}{2}\,\varphi \end{aligned} \right\} \qquad (8)$$

que son las mismas que indiqué al resolver la primera aproximación.

Agregaré que las fórmulas (7) sólo deben emplearse, cuando se cumpla la condición: $\frac{p^2}{4} > q$, ya que en caso contrario las raíces de la ecuación de segundo grado, serían imaginarias.

Aplicación

Conociendo los siguientes valores:

$$M = 27^\circ\ 31'\ 05''.23$$

$$\text{Log}\ e = \bar{1}.\ 3897262$$

determinar la anomalía excéntrica.

Primera aproximación: Emplearé para ella, tablas a cinco decimales por ser innecesaria mayor exactitud.

Haciendo uso de las fórmulas (5), se obtiene:

$$\log.\ (e.\ \text{sen}\ M) = \bar{1}.\ 05440 \qquad \log\ (1 - e.\ \cos M) = \bar{1}.89345$$

$$\varphi = 11^\circ\ 34'.7 \qquad \tfrac{1}{2}\ \varphi = 5^\circ\ 47'.35$$

$$x\ (\text{en radianes}) = 0.14338$$

$$x\ (\text{en arco}) = 8^\circ\ 12'.9$$

$$u_\circ = 35^\circ\ 44'.0$$

Segunda aproximación. Partiendo del valor aproximado hallado anteriormente, o sea:

$$u_\circ = 35^\circ\ 44'\ 00''.00$$

se tendrá, aplicando las relaciones (6):

$$\log p = 1.04844 \qquad \log q = \bar{3}.20369 +$$

Como el valor de q es positivo, deberán emplearse las fórmulas (7).

$$\varphi = 1475''.17 \qquad \tfrac{1}{2}\ \varphi = 737''.58$$

$$x = -\ 29''.49$$

y finalmente:

$$u = u_\circ + x = 35^\circ\ 43'\ 30''.51$$

Este valor de u, como podrá comprobarse, es exacto hasta en la última cifra decimal, por lo cual no es necesaria una nueva aproximación.

Para terminar diré que el ejemplo resuelto, hubiera necesitado por lo menos cuatro aproximaciones con el método de Gauss, e igual número con el de Newton.

Jorge Bobone.

Córdoba, octubre de 1930.

LA VELOCIDAD DE LOS PLANETAS

Nos proponemos en este artículo explicar en forma elemental la manera de obtener, gráfica y analíticamente, la velocidad lineal de los planetas en cualquier punto de sus órbitas. Nos basaremos para ello en las leyes de Kepler y en algunos teoremas de geometría elemental.

Sabemos que las órbitas de los planetas son elipses en las que el Sol ocupa uno de los focos. El radio vector, es decir, la recta que une el Sol con el planeta es, pues, de magnitud variable, siendo su valor mínimo cuando el planeta se encuentra en P (perihelio) y máximo cuando se halla en el punto diametralmente opuesto A (afelio).

De la figura se deduce fácilmente:

$$SP = OP - OS$$
$$SA = OA + OS$$

y teniendo en cuenta que:

$$OP = OA = \text{semi eje mayor} = a$$
$$OS = \text{semi distancia focal} = c$$

se obtiene:

$$SP = \text{dist. perihelia} = a - c$$
$$SA = \text{dist. afelia} = a + c$$

Por otra parte, de la definición de *excentricidad* en una elipse: $e = \frac{c}{a}$ se deduce $c = ae$, valor que substituído en las fórmulas anteriores nos da finalmente:

$$\text{dist. perihelia} = q = a\,(1 - e) \qquad (1)$$
$$\text{dist. afelia} = a\,(1 + e) = 2a - q \qquad (2)$$

La segunda ley de Kepler nos enseña que el radio vector de los planetas describe áreas iguales en tiempos iguales. Como hemos visto que el radio vector es de magnitud variable, para satisfacer a dicha ley se requiere que la velocidad sea también variable; el valor de ésta es máximo en el perihelio y mínimo en el afelio.

Sea, en la figura, T la posición que ocupa el planeta en un instante dado y T' la que ocupará un segundo de tiempo más tarde, de modo que el arco TT' es numéricamente igual a la velocidad del planeta en ese punto de la órbita. Cualquiera que sea el punto T, el área del sector focal TST' debe ser constante, de acuerdo con la 2ª ley de Kepler. Ahora bien, el área de ese sector es igual al área de la elipse dividido por el período de revolución expresado en segundos de tiempo, es decir:

$$s = \frac{\pi \; ab}{T} \qquad (3)$$

Siendo el arco TT' muy pequeño podemos considerarlo como rectilíneo; entonces el área del triángulo TST' es:

$$s = \frac{1}{2} \; TT'. SM = \frac{1}{2} \; V \; p \qquad (4)$$

en donde V es la velocidad del planeta y p la perpendicular trazada desde el foco S a la tangente a la elipse en el punto T. Igualando

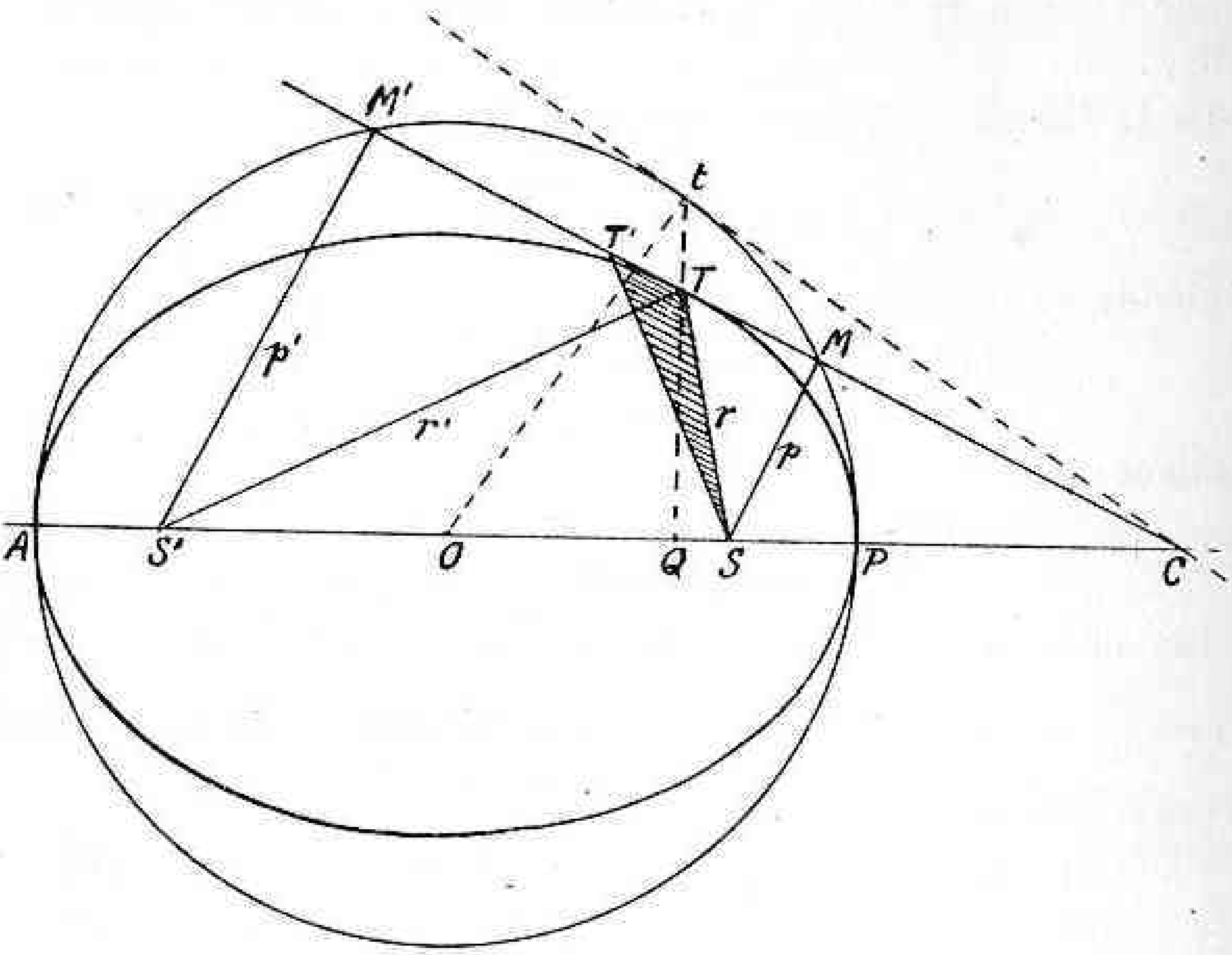


Fig. 30

ahora (3) y (4) tenemos:

$$\frac{\pi \; ab}{T} = \frac{1}{2} \; V \; p$$

de donde se deduce

$$V = \frac{2 \; \pi \; ab}{T} \cdot \frac{1}{p} \qquad (5)$$

fórmula que nos dice que la velocidad en un punto de la órbita es inversamente proporcional a la distancia del Sol a la tangente trazada por dicho punto. El primer factor del segundo miembro es una constante para cada planeta.

Como el elemento b no se usa en Astronomía, podemos expresarlo en función de a y e, pues sabemos que:

$$b = \sqrt{a^2 - c^2} = \sqrt{a^2 - (ae)^2} = a\sqrt{1 - e^2} \qquad (6)$$

y obtendremos:

$$V = \frac{2\pi\, a^2 \sqrt{1 - e^2}}{T} \cdot \frac{1}{p} \qquad (7)$$

Para trazar la perpendicular p a la tangente, se procede en la siguiente forma: Se traza primeramente el círculo principal, o sea el concéntrico con la elipse y de radio igual a a, y por el punto T la perpendicular al eje mayor que corta al círculo en t. Por este punto se traza la perpendicular al radio Ot, la que viene a ser tangente al círculo principal y corta a la prolongación del eje mayor en C. La recta CT es tangente a la elipse en el punto considerado. Siendo M el punto en que dicha tangente corta al círculo principal, la recta SM es la buscada.

Veamos ahora cómo podemos expresar la velocidad en función del radio vector. En virtud del teorema que dice que toda tangente a la elipse forma ángulos iguales con los radios vectores trazados desde ambos focos al punto de contacto, resulta que los triángulos SMT y S'M'T son semejantes y tenemos la siguiente proporción de sus lados:

$$\frac{r}{p} = \frac{r'}{p'} \qquad (8)$$

Sabemos también que la suma de ambos radios vectores a un mismo punto de la elipse es igual a $2a$, de modo que:

$$r' = 2a - r \qquad (9)$$

Otro teorema nos enseña que el eje menor de una elipse es media proporcional entre las perpendiculares trazadas desde ambos focos a una tangente cualquiera, es decir, que:

$$b^2 = p.p'$$

de donde:

$$p' = \frac{b^2}{p} \qquad (10)$$

Substituyendo en (8), r' y p por sus equivalentes en (9) y (10), tenemos:

$$\frac{r}{p} = \frac{(2a - r)\,p}{b^2}$$

o sea:

$$p = b\sqrt{\frac{r}{2a - r}} \qquad (11)$$

valor que, reemplazado en (5), nos da:

$$V = \frac{2\,\pi\,ab}{T} \cdot \frac{1}{b\sqrt{\dfrac{r}{2a - r}}} = \frac{2\,\pi\,a}{T}\sqrt{\frac{2a}{r} - 1} \qquad (12)$$

El factor $\frac{2\,\pi\,a}{T}$ de esta fórmula es la *velocidad media*, que representaremos por V_m, de modo que resulta:

$$V = V_m\sqrt{\frac{2a}{r} - 1} \qquad (13)$$

fórmula que nos permite calcular la velocidad de los planetas en cualquier punto de sus órbitas conociendo la distancia media a y el radio vector r correspondiente a ese punto.

Ensayaremos los valores que toma la velocidad para puntos particulares de la órbita. En el *perihelio* hemos visto al comienzo que:

$$r = a\,(1 - e)$$

y substituyendo en (13) nos da:

$$V_p = V_m\sqrt{\frac{1 + e}{1 - e}} \qquad (14)$$

y en el *afelio*:

$$r = a\,(1 + e)$$

con lo que:

$$V_a = V_m\sqrt{\frac{1 - e}{1 + e}} = V_m \div \sqrt{\frac{1 + e}{1 - e}} \qquad (15)$$

La relación entre las velocidades de perihelio y afelio es:

$$\frac{V_p}{V_a} = \frac{1 + e}{1 - e}$$

Cuando el planeta está sobre el eje *menor*, tenemos:

$$r = a$$

y la velocidad en ese punto:

$$V = V_m$$

resultado interesante que nos dice que cuando el planeta pasa por los extremos de su eje su velocidad es igual a la un móvil que recorriera con movimiento uniforme una circunferencia de radio a en el tiempo T.

Si calculamos esa velocidad para la Tierra, tomando $a = 149\ 501\ 000$ Km. y $T = 365^d, 2564$, obtendremos:

$$V_m \quad (\text{Tierra}) = 29{,}766 \text{ Km. por segundo}$$

La 3ª ley de Kepler nos permite calcular directamente la velocidad de los planetas en cualquier punto de sus órbitas, partiendo de la velocidad media de la Tierra. Según dicha ley:

$$\frac{T^2}{T'^2} = \frac{a^3}{a'^3}$$

de donde:

$$T = T' \sqrt{\frac{a^3}{a'^3}}$$

Si substituímos este valor de T en (12), tendremos:

$$V = \frac{2\,\pi\,a'}{T'} \sqrt{a'} \sqrt{\frac{2}{r} - \frac{1}{a}} \qquad (16)$$

Suponiendo ahora que a' y T' son, respectivamente, la distancia media y el período de revolución de la Tierra, entonces $\frac{2\,\pi\,a'}{T'}$ es su velocidad media que, según hemos encontrado ya, es de 29,766 Km. por segundo. Luego:

$$V = 29{,}766 \sqrt{a'} \sqrt{\frac{2}{r} - \frac{1}{a}} \text{ Km. por seg.}$$ (a', r y a en igual unidad), o bien, expresando a', r y a en unidades astronómicas ($a' = 1$), obtenemos finalmente la fórmula:

$$V = 29{,}766 \sqrt{\frac{2}{r} - \frac{1}{a}} \text{ Km. por seg. } (r \text{ y } a \text{ en u.a.}) \qquad (17)$$

la que nos permite calcular la velocidad lineal de un planeta en función de su distancia media al Sol y del radio vector.

Si en esta fórmula hacemos $r = a$, lo que equivale a que el planeta esté sobre el eje menor, punto en que, como hemos visto, tiene su velocidad media, entonces:

$$V_m = 29{,}766 \div \sqrt{a} \text{ Km. por seg. } (a \text{ en u. a.}) \qquad (18)$$

de lo que se deduce que las velocidades lineales medias de los planetas son inversamente proporcionales a la raíz cuadrada de sus distancias medias al Sol.

Substituyendo en la fórmula (17) r sucesivamente por $a\ (1-e)$ y por $a\ (1+e)$, valores que corresponden al perihelio y al afelio, y teniendo en cuenta la relación (18), volveremos a hallar las fórmulas (14) y (15).

La misma fórmula (17) nos permite calcular la velocidad en una órbita parabólica; en este caso $a = \infty$ y nos queda:

$$V\ parab. = 29{,}766\ \sqrt{\frac{2}{r}}\ \text{Km. por seg. } (r \text{ en u. a.}) \qquad (19)$$

es decir, la velocidad parabólica sólo depende de la distancia del cuerpo al Sol. A la distancia de la Tierra ($r = 1$), tenemos:

$$V parab.\ (r=1) = 29{,}766\ \sqrt{2} = 42{,}095 \text{ Km. por segundo}$$

En todo este desarrollo no hemos tomado en consideración la masa de los planetas cuya influencia sobre la velocidad habría sido multiplicarla por el factor $\sqrt{1+m}$ donde m es la masa del planeta siendo la del Sol la unidad. Aún para el planeta de mayor masa, Júpiter, el aumento no alcanza a medio milésimo de su propio valor.

Las velocidades medias de los planetas (V_m) que damos en el siguiente cuadro, las hemos calculado con la fórmula (18) y las velocidades en perihelio y afelio (Vp y Va) mediante las fórmulas (14) y (15).

VELOCIDADES DE LOS PLANETAS

(en Km. por seg.)

Planeta	a	Vm	e	$\sqrt{\frac{1+e}{1-e}}$	Vp	Va
Mercurio	0,3871	47,841	0,2057	1,232	58,94	38,83
Venus	0,7233	35,000	,0068	1,007	35,24	34,76
Tierra	1,0000	29,766	,0167	1,017	30,27	29,27
Marte	1,5237	24,114	,0933	1,098	26.48	21,96
Júpiter	5,2028	13,050	,0484	1,050	13,70	12,43
Saturno	9,5388	9,638	,0558	1,057	10,19	9,12
Urano	19,1910	6,795	,0471	1,048	7,12	6,48
Neptuno	30,0707	5,428	,0086	1,009	5,48	5,38

Martin Dartayet.

Observatorio de La Plata,
Noviembre de 1930.

METODO GRAFICO
PARA RESOLVER LA ECUACION DE KEPLER

La ecuación que relaciona la anomalía media a la excéntrica, en una órbita elíptica cuyos elementos se conocen, ha sido siempre una fuente de preocupación para los astrónomos. Esta ecuación fué descubierta por Kepler, y lleva su nombre. Varios cientos de soluciones han sido propuestas por los matemáticos en los últimos doscientos cincuenta años, pero ninguna de ellas se ha hallado aplicable a todas las excentricidades.

El método gráfico que describimos más adelante es no sólo aplicable a cualquier excentricidad, sino que también da las soluciones con el máximo de facilidad.

Para aquellos de los lectores que no han trabajado mucho en órbitas vamos a entrar un tanto en los detalles del problema.

Si conocemos el período de revolución de un cuerpo alrededor de otro (como un planeta alrededor del Sol), conocemos también su movimiento angular medio. Representándolo por n, lo calculamos con la siguiente fórmula:

$$n = \frac{360^\circ}{P}$$

en la que P es el período de revolución del planeta. Supongamos ahora que cierto cuerpo ficticio recorre uniformemente su órbita alrededor del Sol animado de un movimiento angular n; luego, en la época t su distancia angular al perihelio será $(t - T)\,n$, donde T es la época del paso por el perihelio. Este ángulo se denomina la *anomalía media* para dicha época, y se designa por M. Luego:

$$M = (t - T)\,n.$$

La *anomalía verdadera* es el ángulo que forma el radio vector del planeta con el eje mayor de la órbita, o línea de los ápsides; se representa por la letra v. En cuanto a la *anomalía excéntrica* es el ángulo entre el eje mayor y una recta trazada desde el centro de la elipse hasta el punto en que la ordenada que pasa por la posición verdadera del planeta corta al círculo auxiliar (trazado con el eje mayor como diámetro). Dicho ángulo se ve en la figura y se designa por E.

En la figura, PBA representa la órbita elíptica del planeta; F el foco y posición del Sol; C el centro de la elipse; P el punto del perihelio; M la anomalía media; v la anomalía verdadera y E la anomalía excéntrica.

Con el objeto de determinar la posición verdadera del planeta para cierta época, primeramente calculamos la anomalía excéntrica deduciéndola de la anomalía media, y luego la anomalía verdadera por la siguiente fórmula:

$$\operatorname{tg} \tfrac{1}{2} v = \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \operatorname{tg} \tfrac{1}{2} E \qquad (1)$$

donde e es la excentricidad. La ecuación que expresa la relación entre las anomalías medias y excéntricas se da en todos los tratados

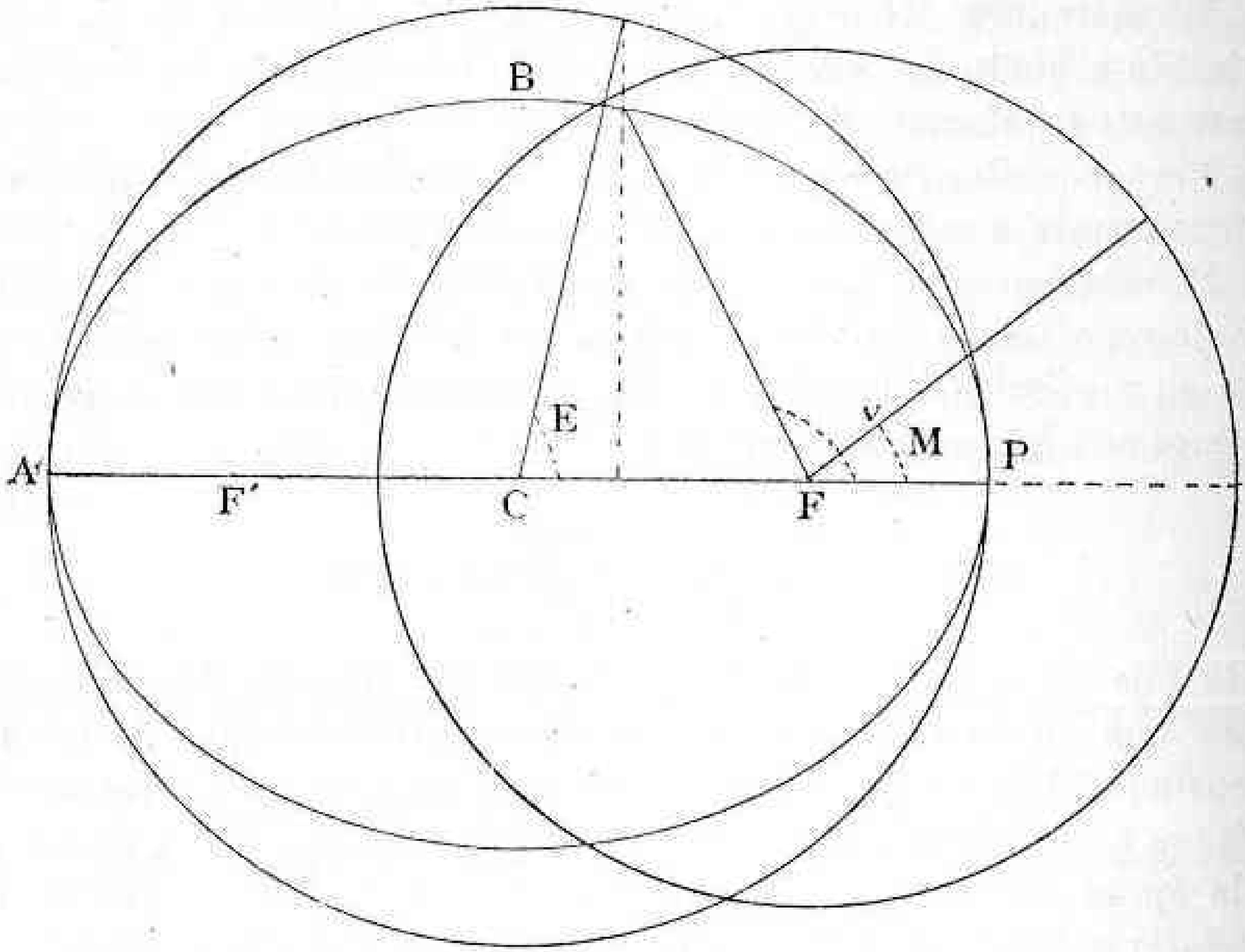


Fig. 31

de Astronomía teórica y tiene la siguiente forma bien conocida:

$$M = E - e \sin E \qquad (2)$$

Esta es una ecuación trascendente y no puede ser resuelta directamente para E, que es la cantidad que se busca. Sin embargo, cuando la excentricidad es pequeña, el valor de E puede ser desarrollado por el teorema de Lagrange en una serie convergente:

$$E_o = M + e'' \sin M + e'' \left\{\frac{e}{2}\right\} \sin 2M + \dots \qquad (3)$$

Con pocos términos calculamos E_o, que es un valor aproximado de E, y luego de la fórmula (2) obtenemos M_o. Estamos entonces en condiciones de obtener un valor más exacto de E por la siguiente fórmula:

$$E = E_o + \frac{M - M_o}{1 - e \cos E_o} \qquad (4)$$

Repitiendo este procedimiento dos o tres veces, obtenemos un valor muy satisfactorio de E cuando la excentricidad es pequeña; pero cuando ésta es grande, las series no convergen con la deseada rapidez y debemos recurrir a tablas como las dadas por Gauss en su *Theoria Motus*, por Oppolzer en su *Bahnbestimmung* o por Watson en su *Theoretical Astronomy*. Cuando la excentricidad no es ni muy pequeña ni muy grande, la solución es más laboriosa aún. Las dificultades prácticas son tales en este último caso que hizo decir a Laplace en su *Mécanique céleste* que era una circunstancia feliz el que las excentricidades de las órbitas fueran en general muy grandes o muy pequeñas. Siempre la determinación de un gran número de posiciones verdaderas de un cuerpo en su órbita requiere mucho trabajo; pero cuando la excentricidad tiene un valor medio, como en el caso de las órbitas de las estrellas binarias, asteroides y algunos co-

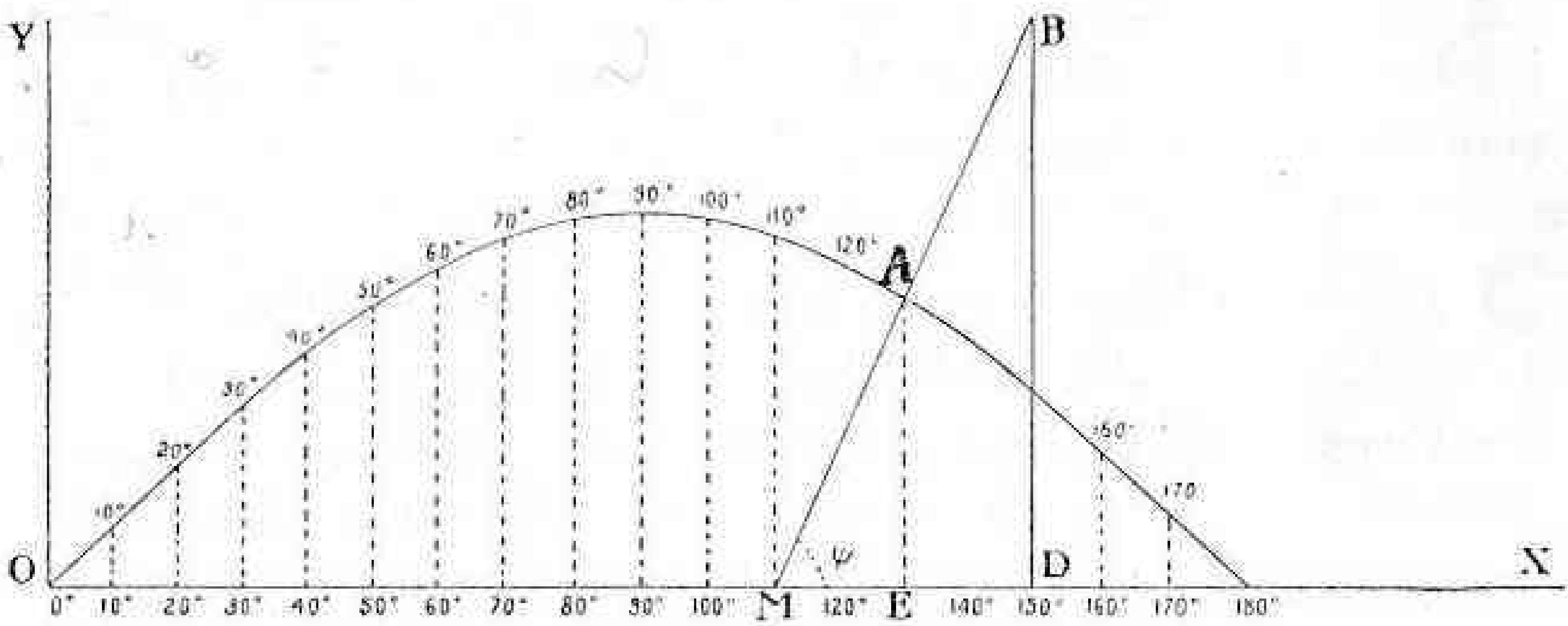


Fig. 32

metas periódicos, las soluciones son extremadamente fastidiosas. En estos casos el método gráfico puede emplearse con grandes ventajas.

Este importante método fué primeramente propuesto por Dubois en "Astronomische Nachrichten" Nº 1404, y posteriormente mencionado por Klinkerfues en su *Theoretische Astronomie*, pero parece no haber sido nunca usado en forma general por los astrónomos. El Dr. T. J. J. See lo ha exhumado otra vez y por una pequeña modificación lo ha vuelto de la mayor importancia debido a la gran economía de tiempo y trabajo que representa. Sin este ahorro en el cálculo le hubiera sido imposible llevar a cabo un trabajo tan inmenso como el de su revisión de las órbitas de las estrellas dobles, en el que era necesario determinar las posiciones de los cuerpos para un gran número de épocas.

La solución gráfica es la siguiente: Se dibuja primeramente, en una escala adecuada, una rama de la sinusoide $y = \sin x$ (x en radianes).

En la práctica se encontrará conveniencia en dibujarla sobre papel milimetrado. Tomemos el comienzo del arco como origen de las coordenadas y marquemos desde ahí el número de grados sobre el eje de las x y a la vez sobre la misma curva.

Sea ahora, en la figura, OM la anomalía media; trácese entonces desde M una recta que forme con el eje de las x un ángulo ψ, el cual se determina por la ecuación:

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{1}{e} \,. \tag{5}$$

La lectura de los grados sobre la sinusoide, en el punto en que es cortada por dicha recta, es la anomalía excéntrica que corresponde a la anomalía media OM en una órbita cuya excentricidad es e. Esto se demuestra así: Puesto que $\operatorname{tg} \psi = \frac{1}{e}$, entonces:

$$\text{MA}\, e \sin \psi = \text{MA} \cos \psi \tag{6}$$

pero vemos por la figura que:

$$\text{MA} \cos \psi = \text{ME} \tag{7}$$

Puesto que la curva es una sinusoide, tenemos también:

$$\text{AE} = \text{MA} \sin \psi = \sin E \tag{8}$$

Comparando (6), (7) y (8), tenemos:

$$e \sin E = \text{ME} \tag{9}$$

Pero:
$$\text{OE} - \text{ME} = \text{OM} = M \tag{10}$$

Luego:
$$M = E - e \sin E \tag{11}$$

En la práctica, por consiguiente, dibujamos una sinusoide y la aplicamos sobre una tabla bien lisa. Recortamos luego un triángulo (MBD de la figura) en cartulina o papel grueso, con un ángulo agudo igual a ψ, determinado por la excentricidad por la fórmula (5). Puesto que la excentricidad para cada órbita es constante, este triángulo puede servir, como lo hace notar el doctor See, para todas las soluciones de esa órbita; bastará apoyarlo por su base sobre el eje de las x y, corriéndolo a lo largo de él, hacer que el vértice agudo ocupe las posiciones que corresponden a las anomalías medias; se leerá en cada posición la anomalía excéntrica en el punto en que la hipotenusa corta a la curva. Si numeramos de vuelta desde 180º hasta 360º, este gráfico nos permitirá leer directamente la solución de la ecuación de Kepler para cualquier valor de la anomalía media. Para una nueva órbita con diferentes excentricidad bastará solamente recortar otro triángulo con el correspondiente ángulo.

Siendo la sinusoide una curva cuya ecuación es trascendente, sólo podrá ser dibujada por puntos, y aún eligiendo éstos suficientemente próximos uno de otro, subsistirán pequeños errores. Sin embargo, se ha hallado que las soluciones pueden ser leídas directamente dentro del décimo de grado, lo que es muy suficiente para la mayor parte del trabajo en estrellas dobles al presente. En media hora pueden obtenerse unas cien soluciones, mientras que con los métodos ordinarios un calculista práctico no podría llegar al mismo resultado en menos de un día; este beneficio es especialmente grande cuando e tiene valores medianos. Por otra parte, el método gráfico de solución da resultados más exactos que la primera aproximación obtenida por series, pero si se desea mayor exactitud pueden corregirse los valores por la fórmula (4) como en los demás casos.

Resulta, pues, que sea que deseamos poca aproximación o mayor exactitud, el método gráfico de resolver la ecuación de Kepler ofrece una notable ventaja sobre todos los métodos de cálculo. Los astrónomos profesionales no deben vacilar en emplear métodos que simplifiquen su trabajo, dejándoles más tiempo para dedicarse a las teorías de su sublime ciencia; los aficionados, por su parte, recibirán con agrado todo procedimiento que les permita entrar en campos de estudio que hasta ahora han sido reservados para los menos. La descripción del método más arriba indicado permitirá a cada uno construir su propio aparato y efectuar, en lo que a esta parte se refiere, una valiosa contribución, sin necesidad de recurrir a largas fórmulas que han desanimado a muchos en un trabajo que podría haber sido de mucha utilidad para la ciencia.

F. R. Moulton.

Traducido por C. C. de Popular Astronomy, vol. 3, pág. 136.

SOBRE LA CONFERENCIA DEL INGENIERO NUMA TAPIA

En la Sala de la Wagneriana y de acuerdo con lo anunciado en nuestro número anterior, el martes 21 del próximo pasado octubre se realizó, ante una concurrencia numerosa y atenta, la interesante disertación de nuestro estimado consocio, el astrónomo del Observatorio de la Universidad Nacional, La Plata, ingeniero Numa Tapia, y que versó sobre el tema: "La vida de las estrellas".

Previamente el secretario de la Asociación Argentina "Amigos de la Astronomía", señor Carlos Cardalda, presentó al conferencista.

El ingeniero Tapia desarrolló su tema de acuerdo con el siguiente sumario: Generalidades sobre medida de distancia de las estrellas. Paralajes estelares. Grandores absolutos y grandores aparentes de las estrellas. Causas que influyen sobre el diferente brillo de las estrellas. Los espectros de las estrellas. Masa de las estrellas. Estrella de Van Maanen y Betelgueuse: clasificación de las estrellas. Diferentes espectros de un mismo cuerpo. El átomo neutro, el átomo ionisado y el átamo doblemente ionisado. Los trabajos de Lockyer. Estrellas enanas y estrellas gigantes. Evolución de las estrellas. Tabla de Russell, Confirmaciones. Los diámetros de Michelson. El factor masa. Igualación progresiva de las estrellas.

La conferencia, que estuvo ilustrada con proyecciones luminosas, fué premiada con numerosos aplausos.

EL ADELANTO DE LA HORA

UNA ACERTADA INICIATIVA DEL GOB. ARGENTINO

El Gobierno Provisional argentino acaba de tirar un decreto disponiendo el adelanto de la hora legal en toda la República, en sesenta minutos, a partir del 1° de diciembre y hasta el 31 de marzo próximo.

La iniciativa no puede ser más acertada. El problema del adelanto de la hora legal en los meses estivales data, en realidad, de los tiempos de la guerra europea. Ya con anterioridad se habían presentado diversas iniciativas tendientes al mejor aprovechamiento de la luz solar.

Benjamín Franklin, en pleno siglo XVIII, exhortaba a los franceses a utilizar mejor la luz del día, y llegaba a proponer la creación de un impuesto para los habitantes que no abrieran las ventanas de sus viviendas a la salida del Sol. Tan ilustre antecedente tiene la debatida y ya resuelta cuestión del adelanto de la hora.

El pensamiento de Franklin, que fué después el de William Ramsay, dominaba a fines del siglo pasado. Higienistas, hombres de ciencia y de Estado, economistas, etc., encaraban la posibilidad de volver la vida de las ciudades más conforme a la naturaleza, de acordar la actividad social con la presencia del Sol sobre el horizonte, desde que el astro del día es, en definitiva, el gran regulador de la actividad humana.

Sin embargo, por una perversión general de las costumbres, mientras que el Sol influye totalmente en la vida campesina, no se hace sentir para nada en la vida urbana. La actividad social comienza a la misma hora en invierno que en verano. Habría, pues, enorme ventaja en adelantar la vida ciudadana hacia la salida del Sol; se ganaría así para el esfuerzo, para la lucha diaria, una hora de luz.

Esta reforma, decía hace años en el Parlamento de su patria el entonces Ministro de Instrucción Pública M. Paul Painlevé, es realizable de dos maneras. Se podría obtener por medidas administrativas: pero estas medidas formarían un conjunto tan complicado de disposiciones, que los hábitos de las poblaciones serían ciertamente violentados. Sería un esfuerzo prolongado de atención y voluntad, que se evita con el simple y maravilloso recurso del adelanto liso y llano de la hora de los relojes. Es un artificio pueril, si se quiere, como un cuento de niños, pero esa inocente y preciosa reforma, hará economizar a los países muchos millones de pesos de carbón al año.

Las predicciones del gran geómetra francés se cumplieron. Aparte de las razones económicas, que durante la guerra fueron decisivas, están las otras, higiénicas, sociales, etc., que fueron extendiendo la medida a todas partes del mundo. Y hoy día, Bélgica, Inglaterra y Francia tienen un convenio internacional para adelantar la hora todos los veranos. Y lo mismo hacen Estados Unidos, España, Italia, Alemania, etc.

Entre nosotros, en el Uruguay, la cuestión fué ardorosamente debatida hace años. Por un lado, el grupo de los que sostuvimos la necesidad de la reforma; por el otro, los que, con el Observatorio Nacional a la cabeza, bregaban contra ella.

Nuestra posición era clara. La hora legal del Uruguay era, en tiempos del debate la del huso 4 al occidente de Greenwich, cuyo meridiano normal pasa cerca de Paraná. Es la hora que tiene actualmente la Argentina.

El Uruguay, para adoptar esa hora abandonando la del meridiano nacional de Montevideo, tuvo que "atrasar" los relojes 15 minutos 09 segundos, porque la longitud de nuestro antiguo meridiano es de 3 horas 44 minutos 51 segundos al W. de Greenwich.

Por aquellos tiempos (año de 1920), la Argentina los adelantó unos minutos para pasar del meridiano de Córdoba al "Universal", que pasa, vuelvo a repetirlo, cerca de Paraná.

Fué así que durante algunos años los dos países del Plata tuvimos la misma hora, la del Huso 4.

En 1923 nuestra campaña triunfó en el Parlamento uruguayo, y desde entonces pasamos a un meridiano económico, adelantado en invierno tan sólo 14 minutos 51 segundos, y en verano 44 minutos 51 segundos.

Durante el invierno estábamos así a 3 horas y ½ con respecto a Greenwich, y durante el verano a 3 horas justas. Posteriormente, en 1926, se modificó la ley, y actualmente tenemos una hora única durante todo el año, a 3 horas y ½ de Greenwich, o sea en el límite de los husos 3 y 4. Nuestro actual meridiano horario pasa un poco al este de la laguna Merin.

Esta solución tiene la ventaja de que no hay que tocar los relojes durante el curso del año, y que gozamos de un tiempo legal adelantado con respecto al tiempo medio astronómico, sin salir por eso del Sistema Internacional de los Husos Horarios y de la Hora Universal que es su consecuencia. Se respetaron los compromisos internacionales de la República en beneficio de la economía nacional.

La solución que ahora adopta la Argentina es la más conveniente a sus intereses generales. Abandona su meridiano horario de Paraná, y saltando por encima de nuestra República, va a buscar la hora que rija los destinos de su gran democracia, más allá de sus fronteras, hacia el oriente, hacia el Sol que viene de dorar las cimas del Calvario y los mármoles del Partenón.

Pero las cosas tienen también su contraparte, que el Gobierno argentino deberá vigilar en beneficio de su iniciativa.

Me permito indicarla en este breve artículo que gustoso escribo para la Revista de la Asociación Argentina "Amigos de la Astronomía": hay que impedir las violaciones que llegan a anular la ley del reloj.

Me refiero a lo que suele acontecer aquí, entre nosotros, con las empresas de teatro y de diversiones. Se han atrasado las horas de comienzo de los espectáculos públicos y de esa manera se intenta burlar la sabia disposición que comento. Eso no debe ser.

Para que la reforma rinda todos los frutos, es necesario que las horas habituales no se alteren, de lo contrario todo está perdido. Es, en parte, lo que ocurre entre nosotros.

De cualquier manera, la medida será beneficiosa. Lo será para el obrero, para el empleado, para la gente que crea y que trabaja. Saldrá este verano del ambiente oscuro de las fábricas, del trabajo agotante de los talleres y escritorios, y podrá gozar aun de buenas horas de luz reparadora, en los clubs de sport o en los jardines públicos.

Y así Eunomia, que en la mitología helénica personificaba los beneficios que las leyes traen para los Estados, habrá triunfado aquí también como en la leyenda de Trajano...

Alberto Reyes Thévenet.
Catedrático de Cosmografía en la Universidad de Montevideo.

Montevideo, noviembre de 1930.

OBSERVACIONES

METEOROS NOTABLES. — Nuestro consocio señor MARTÍN DARTAYET nos comunica haber observado desde La Plata un curioso meteoro en la noche del domingo 3 de agosto del corriente año, a las $23^h\ 59^m$ de tiempo legal argentino. Apareció a unos 25° de distancia cenital, en dirección NO, y recorrió lentamente 10° moviéndose hacia el O. El brillo aumentó en el intervalo de su visibliidad desde mag. +2 a mag. —2, mientras la coloración, que al principio era rojiza, se tornó súbitamente *azul-verdosa* al final de la trayectoria en el momento en que aparentemente (y quizás también en realidad) atravesó un paquete de *cirrus*. En esta última porción, también hubo un aumento rápido de brillo de aproximadamente 1 mag. Dejó una estela cuya visibilidad duró pocos segundos.

Por su parte, nuestro consocio Dr. ULISES BERGARA nos comunica la observación de un bólido de gran tamaño, efectuada desde su observatorio de Villa Devoto el día 27 de setiembre a las $20^h\ 25^m$ de tiempo legal argentino. Apareció cerca de Altair para desaparecer en las inmediaciones de Vega. Su brillo fué estimado como siendo superior al de Venus; su coloración, al principio roja, se transformó en *verde* en el último tercio de su trayectoria.

La siguiente información sobre otro meteoro notable nos ha sido comunicada por intermedio del doctor J. Hartmann, director del Observatorio de La Plata: El doctor EMILIO SÁENZ de Dolores (Pcia. de Buenos Aires) ha observado en la madrugada del 17 de noviembre, a la $1^h\ 7^m$ de tiempo legal, un enorme bólido cuyo brillo le encandiló la vista y cruzó el cielo de Este a Oeste, dejando tras de sí una estela que permaneció visible unos 25 segundos. Este bólido pertenece seguramente al enjambre de las Leónidas, cuya visibilidad se produce todos los años alrededor del 14 de noviembre y cuyo máximo de actividad, que tiene lugar cada 33 años, debe esperarse hacia 1932-3. Si otras personas han observado este mismo meteoro, se les solicita comuniquen los detalles a nuestra Asociación.

VISIBILIDAD DE VENUS DE DIA. — El señor A. VÖLSCH comunica haber encontrado este planeta desde su observatorio en pleno día, poco después de la salida. Con ayuda de un pequeño anteojo, de aumento variable entre 4 y 20 veces, y previo cálculo del azimut, el señor Völsch se propuso encontrar el planeta en el menor tiempo posible después de su salida. Pudo observarlo así durante varios días, entre los cuales el 30 de octubre consiguió verlo ya a las 6^h 46^m, o sea 30 minutos después de la salida y a sólo 5º de altura. Distinguíase bien la forma de cuarto menguante con aumentos entre 8 y 20 veces. En esa fecha habían transcurrido 12 días desde la época de brillo máximo.

RY SAGITTARII. — El brillo de esta estrella variable irregular continúa muy débil. Una observación de fecha 14 de noviembre último efectuada por el señor Dartayet con el gran refractor del Observatorio de La Plata, le asigna magnitud 14,3.

NOTICIARIO ASTRONOMICO

DENOMINACION DE DOS PLANETOIDES. — En conmemoración del tercer centenario de la muerte de Juan Kepler se denominaron los planetoides 927 (1920 GO) y 1134 (1929 SA) con los nombres de "*Ratisbona*" y "*Kepler*", respectivamente, ambos descubiertos por Max Wolf.

COMETA NAKAMURA. — Acaba de recibirse la noticia del descubrimiento de un cometa de magnitud 13 por Nakamura. Fué observado en la siguiente posición: Nov. 13,5764 $\alpha = 3^h\ 40^m\ 41^s,5$ $\delta = +18^\circ\ 53'\ 25''$. Se recibieron también los siguientes elementos parabólicos: T Agosto 21,37, ω $40^\circ\ 19'$, Ω $231^\circ\ 26'$, i $8^\circ\ 7'$, q = 0,203.

NOTAS SISMICAS. — La actividad sísmica del pasado mes, según se registró en los sismógrafos del Observatorio de La Plata, queda resumida en el siguiente informe que nos comunica el doctor Federico Lúnkenkeimer, jefe de la sección Geofísica de dicho Instituto:

"La cantidad de perturbaciones sísmicas observadas durante el mes de octubre no ha sido más elevada que en los meses anteriores, alcanzando un total de 8 fenómenos. El más importante de los producidos en el continente Sud-americano, fué el temblor fuerte del día 17, sentido en la parte central y septentrional de Chile, donde causó daños de cierta consideración. Mucho más violento que éste, pero con foco muy lejano, — a unos 17.000 km. de distancia de La Plata — resultó el sismo del día 24, del cual no han llegado aún noticias."

"En cuanto al temblor italiano del día 30, de que tanto hablaron los diarios, no fué registrado por los instrumentos sismográficos de este observatorio, lo cual es indicio de que se trataba de un fenómeno de relativamente escasa intensidad, a pesar de los daños producidos en aquellas regiones de población muy densa."

NOTICIAS

REUNION OBSERVACIONAL. — Comunicamos a nuestros asociados que el sábado 27 de diciembre, de 21 a 24 horas, se efectuará una reunión con fines de observación en la terraza del local del "Yacht Club Argentino", situado en la Dársena Norte, calle Viamonte y el Río de la Plata.

Varios señores socios instalarán allí sus telescopios y darán explicaciones sobre los objetos enfocados y las constelaciones visibles. El señor Alfredo Völsch tratará también algunos problemas de náutica en los que se hará uso del sextante.

Agradecemos a la Comisión Directiva del "Yacht Club Argentino" por el gentil gesto de poner a nuestra disposición ese lugar tan privilegiado dentro de nuestra ciudad para efectuar dichas observaciones, y nos sería grata la presencia de sus asociados en esta reunión.

Nota.—En caso de estar nublado el día indicado, la reunión se efectuará el día siguiente, domingo, a la misma hora.

HORA DE VERANO. — Por decreto del Poder Ejecutivo de fecha 8 de noviembre se ha establecido para toda la Nación la hora legal de verano que comenzará a regir este año desde el 1º de diciembre próximo. Esta medida está basada en consideraciones de carácter económico e higiénico. La parte dispositiva del susodicho decreto dice así:

"Adóptase para toda la Nación el horario oficial y legal de verano, que regirá desde el 1º de septiembre hasta el 31 de marzo, consistente en el adelanto en sesenta minutos sobre la hora oficial fijada por el decreto de 24 de febrero del año 1920.

"A los efectos de lo dispuesto en el artículo anterior, por esta vez, el día 1º de diciembre a la cero hora, las indicaciones de todos los relojes que regulen servicios públicos serán adelantadas en sesenta minutos, haciéndose en lo sucesivo lo propio el día 1º de septiembre.

"El adelanto horario establecido será mantenido hasta el 31 de marzo, en que, en el instante de medianoche, serán retrasadas las indicaciones de los relojes mencionados precedentemente en 60 minutos."

Nota importante. — Siendo esta disposición de carácter puramente civil y dado que los sistemas de horas a los cuales se refieren los fenómenos astronómicos no pueden admitir modificaciones periódicas que introducirían una discontinuidad en la escala del tiempo y que serían causa de errores, se hace saber a los lectores que todas las horas que se indiquen en la "Revista Astronómica", se referirán, como hasta ahora y salvo otra indicación, al sistema del

4º huso horario al Oeste de Greenwich, es decir, al sistema internacional establecido para la República por el decreto del 24 de febrero de 1920.

Para tener la hora *de verano* bastará, pues, aumentar nuestras indicaciones en 60 minutos durante la época en que aquélla rija.

FOTOGRAFIAS DEL OBSERVATORIO DE LA PLATA. — Comunicamos a las personas interesadas, que la Asociación tiene para la venta un número limitado de colecciones de tarjetas con las siguientes vistas del Observatorio de La Plata y de sus instrumentos:

1) Aspecto general del Observatorio.
2) Ecuatorial grande.
3) Anteojo meridiano.
4) Anteojo astrográfico.
5) Buscador de cometas.
6) Sismógrafo Vicentini.

El precio de venta es de $ 1.00 m/n. la colección de 6 postales.

Las vistas antes enumeradas, así como dos más: 7) Cúpula del Ecuatorial grande y 8) Heliógrafo, se venden también sueltas al precio de $ 0.20 m/n. cada una.

Todas estas postales son hermosas reproducciones fotográficas directas.

Dirigir los pedidos, acompañando el importe, a la Secretaría de la Asociación.

VISTA ESTEREOSCOPICA DE LA LUNA. — Se halla en venta en la Secretaría de la Asociación la vista estereoscópica de la Luna preparada con fotografías tomadas por el doctor J. Hartmann con el gran refractor de 80 cm. del Observatorio de Potsdam. Precio de venta $ 0.50 cada una.

"MANUAL DEL AFICIONADO". — Nos es grato hacer saber a nuestros lectores que desde el año próximo la "Revista Astronómica" contará con una innovación que juzgamos ha de ser beneficiosa para quienes hacen uso constante de los datos astronómicos, como ser: efemérides de Sol, Luna y planetas, visibilidad de éstos, fenómenos, ocultaciones, eclipses, etc., los cuales hemos venido publicando trimestralmente, en tanto que desde 1931 ocuparán cada año el primer número de la Revista.

A fin de hacer extensiva a todos los socios la utilización de los datos contenidos en un Manual de esta naturaleza, se ha resuelto incluir en él las constantes astronómicas, los signos, abreviaturas, nombres de las constelaciones y una serie de cuadros conteniendo los datos más modernos y fidedignos respecto al sistema solar, cometas, meteoros, estrellas variables, estrellas dobles, etc. En el "Manual del Aficionado" encontrarán, pues, nuestros socios y lectores todos los datos que puedan necesitar, ya sea con fines de estudio o por simple curiosidad.

Debido a la abundancia del material que compone dicho número, nos hemos visto obligados a hacerlo de doble cantidad de páginas que los números corrientes, razón por la cual llevará la numeración I-II en cada año. Por otra parte, a objeto de que pueda ser utilizado desde el 1º de enero, se ha previsto su distribución para los últimos días de diciembre.

La preparación del material para el "Manual del Aficionado" está a cargo de nuestro activo consocio señor Alfredo Völsch.

Precio del ejemplar $ 1.50.

CAMBIO EN LA SALIDA DE LA REVISTA. — Debiendo efectuarse la impresión del "Manual del Aficionado" en el mes de diciembre, ha habido necesidad de cambiar la fecha de salida de la "Revista Astronómica" desde 1931 en adelante. Se conservará, sin embargo, la producción de 10 números por año, pero ellos aparecerán en la siguiente forma:

Nº I-II (doble) Enero-Febrero (sale en diciembre).
„ III Marzo-Abril (sale en marzo).
„ IV Mayo.
„ V Junio.
„ VI Julio.
„ VII Agosto.
„ VIII Setiembre.
„ IX Octubre.
„ X Noviembre-Diciembre (sale en noviembre).

A fin de poner el presente número en concordancia con este plan, se le asigna la numeración IX-X, Noviembre-Diciembre, no publicándose, por consiguiente, el número correspondiente a Diciembre.

ENCUADERNACION DE "REVISTA ASTRONOMICA". — Comunicamos a nuestros socios y al público en general, que la casa impresora de la "Revista Astronómica" se encarga de la encuadernación del segundo tomo de la misma (que se completa con el presente número), a los siguientes precios especiales:

En media pasta (lomo de cuero) color verde . $ 3.— el tomo.
En tela color verde oscuro .... „ 2.50 „ „

Ambas clases de encuadernación rotuladas en oro y con las iniciales del dueño.

Hacer los pedidos a: Esteban Centenaro, San Martín 752.

INDICE DE ILUSTRACIONES

Fig. 1.—Reunión de los rayos por medio del espejo parabólico, 10.
Fig. 2.—Reunión de los rayos por medio de una lente, 11.
Fig. 3.—Esquema del método para determinar la distancia focal, 12.
Fig. 4.—Esquema del telescopio reflector, 13.
Fig. 5.—Esquema del telescopio refractor, 13.
Fig. 6.—El mayor telescopio del mundo (Mte. Wilson), 14.
Fig. 7.—Simple desviación de los rayos lumínicos, 16.
Fig. 8.—Esquema del curso de los rayos en la formación de la imagen, 17.
Fig. 9.—Objetivo acromático, 18.
Fig. 10.—Proyección de los círculos terrestres en la esfera celeste, 28.
Fig. 11.—Algunos elementos de una órbita, 53.
Fig. 12.—Parámetros de las secciones cónicas, 54.
Fig. 13.—Orbita y fases de un planeta inferior, 57.
Fig. 14.—Observatorio Astronómico Nacional de Chile, 75.
Fig. 15.—Marcha de Eros en la oposición de 1931, 86.
Fig. 16.—Eclipse de Luna del 13 de abril de 1930. Fase máxima, 100.
Fig. 17.—Venus: estrella de la mañana y de la tarde, 149.
Fig. 18.—Cambios en la velocidad de rotación de la Tierra, 204.
Fig. 19.— „ „ „ „ „ „ „ „ „ , 205.
Fig. 20.—"Tops" horarios del Observatorio de Córdoba, 234.
Fig. 21.—Refracción atmosférica, 244.
Fig. 22.—Eclipse de Luna, 254.
Fig. 23.—Pie ecuatorial sencillo, 269.
Fig. 24.—Orbita del cometa Schwassmann-Wachmann (1930d), 290.
Fig. 25.—Observatorio Fabra, 314.
Fig. 26.—Fotografía de Venus en pleno día, 346.
Fig. 27.—Eclipse de Sol, 349.
Fig. 28.—Retrato de Kepler, 385.
Fig. 29.—Portada de la 1ª edición de la "Astronomía Nova", 393.
Fig. 30.—La velocidad de los planetas, 405.
Fig. 31.—Anomalía media, excéntrica y verdadera, 410.
Fig. 32.—Gráfico para resolver la ecuación de Kepler, 411.

TABLA DE NOMBRES Y MATERIAS

(Los nombres de autores están señalados con un asterisco)

Aficionados. — A los —, 46. — De cómo el — ayuda a observar y calcular los movimientos de la Luna, 201.

* ANDERSSEN, WALTER. — La dispersión del Universo, 34.

A. A. V. S. O. — Sus actividades, 202.

Año luz. — Definición, 271.

ARIAS, JOSÉ F. — Donación de libros, 237.

Asociación "Amigos de la Astronomía". — Asamblea ordinaria anual, 3. — Memoria y movimiento de caja y socios, 3. — Biblioteca, 91, 134, 143, 185, 237, 282, 366. — Lecturas astronómicas comentadas, 91, 146, 179, 228, 324. — Comisión Directiva, 93, 189, 284, 378. — Nómina de socios, 94, 190, 285, 379. — Conferencias, 102, 332, 376, 414. — Noticias, 47, 143, 238, 332, 374, 421. — Fines de la —, 240, 283. — Reunión de socios, 322. — Visita al Observatorio de La Plata, 333, 375. — Reunión observacional, 421. — Fotografías del Observatorio de La Plata, 422. — Vista estereoscópica de la Luna, 422.

Astronáutica. — La — y sus progresos recientes, 296.

Astros. — Los artistas y el tamaño aparente de los —, 131.

* BERGARA, ULISES. — Ocultaciones observadas, 212. — Lectura astronómica comentada, 228. — Construcción de un pie ecuatorial, 268. — Donación de libros, 324. — Observación de un bólido notable, 418.

* BESIO MORENO, NICOLÁS. — Discurso de presentación, 386.

Bibliografía. — Catálogo Fundamental (M. L. Zimmer), 182. — Teoría de la rotatividad universal (M. E. Cobo), 236.

Biografía. — Bosquejos biográficos, 169.

* BOBONE, JORGE. — Orbitas: definición de los elementos, 52; relaciones entre los elementos, 125; anomalía verdadera y radio vector, 163; variaciones de los elementos, 219. — Cometa Schwassmann-Wachmann, 289. — Eclipse total de Sol del 20 de mayo de 1947, 337. — Resolución de la ecuación de Kepler, 398.

BOWER. — Cálculos sobre el nuevo planeta, 119.

B. A. A. — Sus actividades, 203.

* BROWN, ERNEST W. — De cómo el aficionado ayuda a observar y calcular los movimientos de la Luna, 201.

Caloría. — Definición, 224.

* CARDALDA, CARLOS. — Eclipse de Luna, 101. — Donación de libros, 282.

* C. (C.). — Los mayores telescopios del mundo, 37. — Lista de estrellas cercanas, traducción, 275. — Método gráfico para resolver la ecuación de Kepler, traducción, 409.

* CARSI, ALBERTO. — El Observatorio Fabra, 314.

CERNOGORCEVICH, N. S. — Donación de libros, 282, 324.

* COMAS SOLÁ, JOSÉ. — Soles proyectiles, 216.

Cometas. — Nuevos —, 88. — Wilk, 1929c, 137. — Peltier-Schwassmann-Wachmann, 137. — Beyer, 1930b, 138. — Wilk, 1930c, 138. — — anteriores, 139. — Schwassmann-Wachmann, 1930d, 230, 280, 289. — Forbes, 1930e, 233. — Periódico Tempel II, 1930f, 371. — Nakamura, 420.

Constelaciones. — Posición de las — para Buenos Aires, 78, 157.

* DARTAYET, MARTÍN. — La estrella variable *002547*, 44. — Un nuevo miembro del sistema solar: descubrimiento de un planeta transneptuniano, 51. — Observaciones de meteoros, 63. — El "objeto" transneptuniano, 119. — Lectura astronómica comentada, 179. — Donación de libros, 135, 369. — La Astronáutica y sus progresos recientes, 296. — Pluto: el objeto transneptuniano, 325. — Meteoros telescópicos, 364. — La velocidad de los planetas, 403. — Observación de un meteoro notable, 418. — RY Sagittarii, 235, 419.

* D. (M.). — Tercer centenario de Kepler, 42. — "Top" telefónico de hora sidérea, 42. — Distancia de Alfa y Próxima Centauri, 87. — Nuevos cometas, 88. — Máxima duración de un eclipse total de Sol, 89. — Observaciones del eclipse parcial de Luna del 13 de abril, 101. — Cometas, 137. — Nuevos observatorios en Sud Africa, 139. — Medalla Donohoe, 140. — ¿Es Sirio un sistema triple?, 140. — Velocidad de la luz, 181. — Bibliografía, 182. — Indicaciones prácticas sobre ocultaciones, 206. Combinación de magnitudes estelares, 226. — Cometa Schwassmann-Wachmann, 1930d, 230. — Cometa Forbes, 1930e, 233. — Transmisión de la hora por el Observatorio de Córdoba, 234. — Disminución de brillo de RY Sagittarii, 235, 419. — Cometa periódico Tempel II, 1930f, 371. — Eros, 372. — Las leyes de Kepler, 396.

* DELPECH, PABLO. — Los artistas y el tamaño aparente de los astros, traducción, 131.

DOLLAND. — Primera construcción de un objetivo acromático, 17.

* DOLMAGE, CECIL C. — Los planetas inferiores, 56. — Los planetas superiores, 107. — Planetas mayores, 303.

Eclipses. — El — parcial de Luna del 13 de abril, 99. — Observaciones del — ídem, 101. — Máxima duración de un — total de Sol, 89. — Una aparente discordancia, 181. — Cómo se producen los eclipses, 195. — Los — de Luna, 253. — — de satélites de Júpiter, 318. — Próximos —, 325. — — total de Sol del 20 de mayo de 1947, 337. — Los — de Sol, 347.

EINSTEIN. — Teoría de la relatividad, 36.

Espectros. — Definición y composición, 228. — Clases de —, 229. — El — del cielo, 293.

Estrellas. — Distancias de Alfa y Próxima Centauri, 87. — La — de la mañana, 147. — Combinación de magnitudes estelares, 226. — Lista de — cercanas, 271.

Estrellas dobles y múltiples. — ¿Es Sirio un sistema triple?, 140.

Estrellas variables. — Disminución de brillo de RY Sagittarii, 235.

EULER. — Desviación y concentración de los rayos lumínicos, 17.

Fenómenos celestes. — Principales fenómenos astronómicos para abril, mayo y junio, 28.

* FERRARI OLAZÁBAL, MANUEL. — Eros, 86.

* FLAMMARIÓN, CAMILO. — La estrella de la mañana, 147.

FONTENELLE. — Aspecto de Venus, 156.

FORBES. — Explicación del crepúsculo, 357.

Fotografía. — La placa fotográfica, 20.

FOUCAULT. — Experimento de —, 261.

GALLI ASPES, JOSÉ. — Donación de libros, 237.

GASSENDI. — Primera observación del paso de Mercurio delante del Sol, 59.

GUILLIS, JUAN MANUEL. — Establecimiento del primer observatorio fijo en Chile, 67.

Gota negra. — Fenómeno de la —, 60.

GYLDEN. — Teoría de —, 450.

HALL, ASAPH. — Descubrimiento de los satélites de Marte, 115.

* HARTMANN, JUAN. — Método práctico para hallar la distancia focal de un objetivo, 12. — El eclipse parcial de Luna del 13 de abril, 99. — Donación de libros, 188. — Visibilidad de Venus en pleno día, 345.

* HAUDÉ, PABLO. — La dispersión del Universo, traducción, 34.

HILMERT, FEDERICO E. — Un fenómeno celeste curioso, 364.

Hora. — "Top" telefónico de — sidérea, 42. — Tiempo sidéreo local, 161, 318. — El adelanto de la —, 415. — — de verano, 421.

HORROX, J. — Primera observación de un paso de Venus por delante del Sol, 59.

HOXMARK, G. — Un fenómeno celeste curioso, 364.

HUBBLE. — Distancia de nebulosas, 35. — Ley del "efecto de distancia", 35.

HUMERSON, MILTON. — Observación de la nebulosa N. G. C. 7619, 34.
HUYGHENS. — Oculares negativos, 16. — Observación de Marte, 108.
Instrumentos. — El telescopio, 9. — Los mayores telescopios del mundo, 37. — — que sirvieron de base para la fundación del Observatorio Nacional de Chile, 67. — Construcción de un pie ecuatorial sencillo, 268.
* KAMP, P. VAN DE. — Lista de estrellas cercanas, 271.
KEPLER. — Retrato de —, 385. — El homenaje a —, 386. — La vida de —, 389. — Las leyes de —, 396. — Resolución de la ecuación de —, 398. — Método gráfico para resolver la ecuación de —, 409.
KIRCHER, P. — Teoría del fuego central de la Tierra, 104.
KIRCHHOFF. — Ley de —, 229.
* LA GUARDIA, ERNESTO DE. — El camino del Sol, 23. — El volcanismo terrestre y la topografía lunar, conferencia, 102. — La vida de Kepler, conferencia, 389.
LIPPERSHEY, HANS. — Construcción del primer telescopio, 9.
LOWELL, PERCIVAL. — Observación de Venus y de Mercurio, 61. — La atmósfera de Marte, 108. — Observación de Marte, 110.
Luna. — Fases de la —, 161, 317. — De cómo el aficionado ayuda a observar y calcular los movimientos de la —, 201.
* LUNKENHEIMER, FEDERICO. — Noticias sísmicas, 46, 90, 142, 184, 236, 281, 329, 373, 420.
Luz. — Aberración de refrangibilidad de la —, 17. — Velocidad de la —, 181. — La refracción astronómica, 244.
LYNN, W. T. — Teoría sobre la composición interior de Marte, 113.
LYMAN, M. — Anillo luminoso alrededor de Venus, 155.
Magnitud. — — absoluta de una estrella, definición, 274. — Combinación de magnitudes estelares, 226.
"Manual del Aficionado". — 374, 423.
Mapa del Cielo. — Para febrero y marzo, 30; para abril y mayo, 78; para junio y julio, 156. — Instrucciones, 280, 374.
MAUNDER, E. W. — Desdoblamiento de los canales de Marte, 113.
Meteorología. — Propiedades del aire, 224. — Objeto de la meteorología, 276. — Los meteoros luminosos, 356. — Ante-crepúsculo, 358. — Arco iris, 359. — Miraje, 359. — Aurora boreal, 361.
Meteoros. — Observaciones de meteoros, 63. — Los — luminosos, 356. — — telescópicos, 364. — Meteoros notables, 418.
MICHELSON. — Movimiento de la materia respecto del éter, 228. Velocidad de la luz, 181.
Miscelánea. — Paralaje solar. Eros. En todas partes... Al fresco. Tribulaciones de Legentil. Extrañas visitas. Pesca abundante..., 330.

* MOREUX, TH. — Cómo se producen los eclipses, 195. — Los eclipses de Luna, 253. — Los eclipses de Sol, 347.
* MOULTON, F. R. — Método gráfico para resolver la ecuación de Kepler, 409.
MOYE. — Observación de un paso de Mercurio, 61.
MÜLLER, G. — Magnitud de Marte, 122. — Albedos relativos de los planetas respecto de Marte, 123.
MUÑOZ, JOAQUÍN L. — Observaciones de meteoros, 63.
* NACCARI, GIUSEPPE. — Los meteoros luminosos, 356.
Nebulosas. — — espirales, 34.
* NEWCOMB Y ENGELMANN. — La Tierra, 261.
* NORDMANN, CHARLES. — El espectro del cielo, 293.
Observaciones. — Ocultaciones de estrellas por la Luna, 183, 212, 317. — Un fenómeno celeste curioso, 364. — Meteoros, 63. — Meteoros telescópicos, 365. — Meteoros notables, 418. — Visibilidad de Venus de día, 419. — RY Sagittarii, 235, 419.
Observatorios. — Nuevos — en Sud Africa, 45, 139. — El — Astronómico Nacional de Chile, 67. — — de socios, 47, 143, 238, 376. — — del Ebro, donación, 134, 324. — — de Córdoba, donación, 134. — — de La Plata, donación, 185. — Transmisión de la hora por el — de Córdoba, 234. — El — de Fabra, 314. — Fotografías del — de La Plata, 422.
Ocultaciones. — Predicción para Buenos Aires, 161. — Observación de —, 183, 317, 212. — Reducción de — observadas, 208.— Indicaciones prácticas sobre —, 206.
OLBERS. — Origen de los asteroides, 118.
Orbitas. — Definición de sus elementos, 52. — Relaciones entre los elementos, 125. — Anomalía verdadera y radio vector, 163. — Variaciones de los elementos, 219.
Parsec. — Definición, 271.
Período de Saros. — Definición, 351.
PICKERING, W. H. — Visión de los canales de Marte, 114. — Busca de un planeta situado más allá de Neptuno, 119. — Carta sobre el planeta transneptuniano, 162.
Planetoides. — Denominación de dos —, 420.
Planetas. — Un miembro del sistema solar: descubrimiento de un planeta transneptuniano, 51. — Los — inferiores, 56. — Visibilidad de los —, 28; para abril, mayo y junio, 82; para julio, agosto y setiembre, 213; para octubre, noviembre y diciembre, 320. — Eros, 86, 107, 372. — Los — superiores, 107. — El — Marte, 108. — Los asteroides, 116. — El "objeto" transneptuniano, 119, 325. — Los — mayores, 303. — Júpiter, 303. — Saturno, 307. — Urano y Neptuno, 311. — Visibilidad de Venus en pleno día, 345, 419. — La velocidad de los —, 403.

RAMSDEN. — Oculares positivos, 16.
* REYES, ISMAEL GAJARDO. — El Observatorio Astronómico Nacional de Chile, 67. — La refracción astronómica, 245.
* REYES THÉVENET, ALBERTO. — El adelanto de la hora, 415.
RITCHEY, G. W. — Construcción de un nuevo tipo de espejo, 15.
RITTER. — Teoría sobre la constitución interior de la Tierra, 104.
* RODÉS, LUIS (S. J.). — El telescopio, 9.
RUSSEL WALLACE, ALFRED. — Habitabilidad de Marte, 114.
SÁENZ, EMILIO. — Observación de un meteoro notable, 418.
* SALET, PIERRE. — Los artistas y el tamaño aparente de los astros, 131.
Satélites. — De Júpiter, 304. — De Saturno, 309.
SCHIAPARELLI. — Observación de Mercurio y Venus, 61. — Descubrimiento de los canales de Marte, 109.
* SEGERS, C. L. — De cómo el aficionado ayuda a observar y calcular los movimientos de la Luna, traducción, 201. — Donación de libros, 282.
Sismología. — Noticias sísmicas, 46, 90, 142, 184, 236, 281, 329, 373, 420.
SITTER. — Doctrina de la repulsión, 36.
Sol. — El camino del —, 23. — Soles proyectiles, 216.
* TAPIA, NUMA. — "La vida de las estrellas", conferencia, 414.
Tierra. — La —, 261.
* TRABERT, W. — Meteorología: propiedades del aire, 224; objeto de la meteorología, 276.
Universo. — La dispersión del —, 34.
Venus. — La estrella de la mañana, 147. — Visibilidad de Venus en pleno día, 345, 419.
* VÖLSCH, ALFREDO. — Posición de las constelaciones para el horizonte de Buenos Aires, 30, 78, 157. — Mapa del Cielo para febrero y marzo, 30; para abril y mayo, 78; para junio y julio, 156. — Visibilidad de los planetas, 82. — Una aparente discordancia, 181. — Reducción de ocultaciones observadas, 208. — Visibilidad de Venus de día, 419.
* V. (A.). — Predicción de ocultaciones de estrellas por la Luna, 161. Fases de la Luna, 161. — Tiempo sidéreo, 161, 318. — Visibilidad de los planetas, 213.
WEGENER, ADOLFO. — Constitución del núcleo terrestre, 105.
WIECHERT. — Constitución interior de la Tierra, 104.
WIEN. — Ley de —, 229.
WIPPLE. — Cálculos sobre el nuevo planeta, 119.
UBACH, JOSÉ. — Donación de libros, 237.
ZIMMER, M. L. — Catálogo Fundamental, 182.

J. L. M.