

REVISTA ASTRONOMICA

Fundador **CARLOS CARDALDA**

ORGANO BIMESTRAL DE LOS
"AMIGOS DE LA ASTRONOMIA"

BUENOS AIRES

SUMARIO

	Pág.
Construcción de un sismógrafo tipo Mainka, <i>por Hugo J. Berra</i>	283
Zeta Aurigae; un sistema interesante <i>por Bernhard H. Dawson.</i>	297
Cómo acabará naturalmente el mundo, (<i>continuación</i>), <i>por Ignacio Puig, S. J.</i>	301
Los diez astrónomos más eminentes, <i>por Federico C. Leonard</i>	314
Un consocio construye su telescopio, <i>por Adolfo C. Alisievicz</i>	320
Bibliografía	323
Urania en chinelas, <i>por Lynceus.</i>	324
Noticiario astronómico	328
Noticias de la Asociación	338
Biblioteca	341
Fe de erratas	344

SEDE SOCIAL

CALLE SARMIENTO 299

BUENOS AIRES

SECRETARIA: OBSERVATORIO ASTRONOMICO, LA PLATA

“REVISTA ASTRONOMICA”

Director Honorario: Bernhard H. Dawson

COMISION DE LA REVISTA

Carlos Cardalda, Director.

Juan J. Nissen, Ulises L. Bergara.

CASA IMPRESORA
CORLETTA & CASTRO
SARMIENTO 493
Bs. As.

CONSTRUCCION DE UN

SISMOGRAFO TIPO MAINKA

Por HUGO J. BERRA

(Para la "REVISTA ASTRONOMICA")

Las líneas siguientes, escritas accediendo a un pedido del Secretario de nuestra Asociación, tienen por objeto proporcionar algunos detalles sobre el sismógrafo que he construído. Me consideraré feliz si las indicaciones dadas aquí resultan útiles a algún otro aficionado que desee fabricar un aparato similar.

Mi intención fué reproducir el modelo Mainka; pero las dificultades con que tropecé me obligaron a introducir algunas modificaciones, con objeto de simplificar la construcción.

El aparato consta de dos péndulos horizontales o cónicos, orientados de modo que uno pueda oscilar en la dirección norte-sud y el otro en la dirección este-oeste.

Cada uno de estos péndulos está suspendido de la parte superior de un trípode rígido de hierro, de forma piramidal. Pero, como es sabido, no cuelga verticalmente, sino está separado de la vertical por una barra horizontal L (fig. 24), uno de cuyos extremos se fija a la masa pendular, mientras que el otro se articula con el pie vertical del soporte. Esta articulación se realizaba, en los aparatos primitivos, haciendo que la barra terminase en punta y que ésta calzase en una cavidad cónica; pero la punta soportaba todo el empuje de la masa, lo que ocasionaba desgastes y variaciones en su posición. En los aparatos modernos la articulación se realiza mediante una delgada lámina de acero que trabaja a tracción, en la forma que se explicará después.

Así, pues, la masa pendular, que tiene un punto de suspensión en lo alto del soporte y otro de apoyo en el pie vertical del mismo, solo puede ejecutar movimientos de giro alrededor del eje ideal determinado por esos dos puntos. Si tal eje fuese exactamente vertical, la masa se movería en un plano horizontal; al comunicarle un impulso, se movería por un cierto trecho, en el mismo sentido, para pararse luego, sin volver a su posición original: en este caso no se producen pues oscilaciones. Pero si el eje determinado por los pun-

tos de suspensión y de apoyo está algo desviado de la vertical, la masa pendular podrá moverse en un plano que no será exactamente horizontal; la acción de la gravedad tenderá a llevarla a la posición en que se encuentra más baja, que será la posición de reposo del sistema; si se la empuja apartándola de dicha posición, la masa ejecutará oscilaciones de amplitud decreciente hasta recuperar la posición original. El período propio de las oscilaciones del péndulo depende del ángulo que forma el eje de giro con la vertical, y es tanto mayor cuanto menor es ese ángulo; es posible por lo tanto regular el período de oscilación variando la inclinación del eje de giro, lo que se consigue mediante dos gruesos tornillos calantes situados en la base del soporte. Como para el registro de ondas sísmicas es conveniente disponer de péndulos de 10 y más segundos de período propio, el péndulo cónico resulta enormemente ventajoso con respecto al péndulo común, al cual habría de dar gran longitud (decenas de metros) para que tenga el período indicado.

La fórmula que da el período T de un péndulo físico sin amortiguamiento ni roce, es la siguiente:

$$T = 2 \pi \sqrt{\frac{J}{M \cdot s \cdot g \cdot \text{sen} \alpha}}$$

en la que J es el momento de inercia con respecto al eje de giro, M la masa del péndulo, s la distancia del centro de gravedad de la masa al eje de giro, g la aceleración de la gravedad y α la inclinación del eje de giro con respecto a la vertical.

Pasemos ahora a considerar los detalles de construcción de nuestro sismógrafo.

1º — *LA ARMAZON O SOPORTE* de cada péndulo es un trípode de hierro en forma de pirámide de base triangular, construido con hierro laminado en L (de los usados para los pies de molino). Las extremidades de las piezas han sido chanfleadas para permitir su exacta adaptación; todas las uniones han sido hechas con soldadura autógena, a fin de evitar deformaciones y lograr la rigidez necesaria.

Los hierros en L tienen 54 mm. en cada cara y un espesor de 6 mm. La altura del soporte es de 1,5 m. La base tiene forma de triángulo isósceles, con dos lados de 60 cm. y uno de 90 cm. Los lados menores forman un ángulo aproximadamente recto, y el pie del trípode que corresponde a ese ángulo es casi perpendicular al plano del triángulo de la base. En lo alto del soporte hay dos ganchos pa-

ralelos, en los que calza un bulón perforado *E* (fig. 23). En los ángulos agudos de la base hay perforaciones a roscas, que dan paso a los dos tornillos niveladores o calantes *T* munidos de anchas cabezas circulares, que permiten dar pequeños movimientos al soporte.

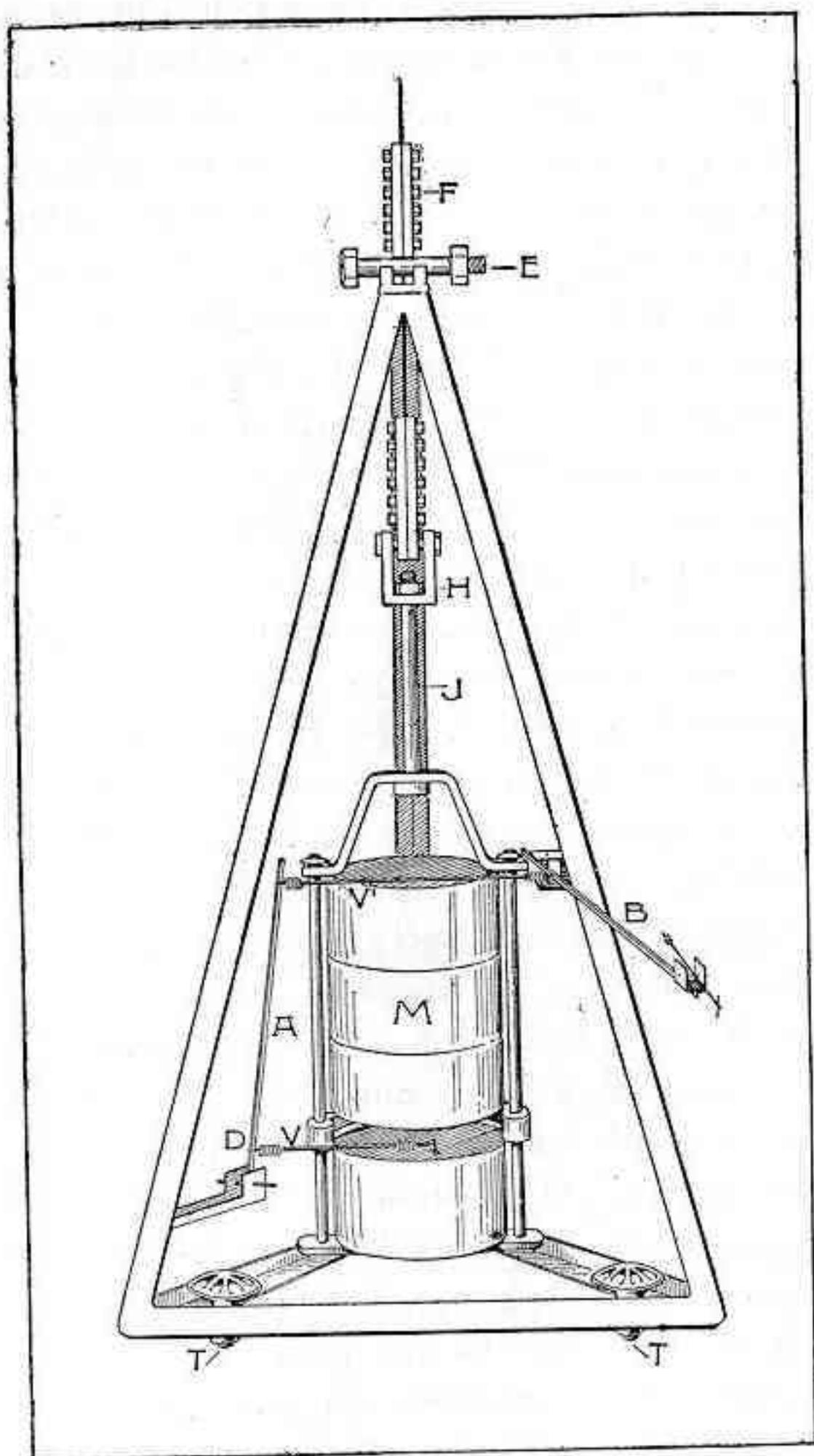


Fig. 23. — Sismógrafo tipo Mainka. Vista frontal.

Debajo del ángulo recto de la base hay una patita de 8 mm., que sirve para nivelar conjuntamente con los tornillos calantes.

2º — *LA MASA PENDULAR* está formada por 4 cilindros de plomo colocados en pila. Cada cilindro tiene 22 cm. de diámetro y 12 cm. de altura y pesa 50 kg., de modo que la masa total de cada péndulo es de 200 kg. Estos cilindros forman un solo bloque, estan-

do aprisionados arriba y abajo por dos piezas de hierro conectadas lateralmente por dos varillas con roscas y tuercas en los extremos. La pieza superior forma un ansa con perforación central, por donde pasa la gruesa varilla J (fig. 23) de que cuelga la masa; la parte inferior de esa varilla tiene rosca y tuerca, lo que permite subir o bajar la masa pendular. Cerca de su centro de gravedad los cilindros están separados mediante dos barras paralelas, dejando espacio a la varilla V que trasmite los movimientos de la masa a la primera palanca amplificadora A . En esa separación calza también la pieza semicircular R (fig. 24), a la cual va soldada la barra L que mantiene separada de la vertical a la masa pendular.

a) — *Punto de apoyo de la masa.* La pieza de hierro h (fig. 24), en forma de escuadra vuelta hacia abajo, tiene un extremo fijo al pie vertical de la armazón. Por otra parte la barra L , que ya hemos mencionado, termina en escuadra vuelta hacia arriba. Los extremos de h y de L están unidos por una lámina de acero X , que soporta a tracción el empuje de la masa pendular. Esta lámina X , de 0,1 mm. de espesor, tiene 60 mm. de largo por 25 mm. de ancho; pero en su parte media se la ha comido hasta dejarle sólo 7 mm. de ancho: esta parte angosta es la que se flexiona al oscilar el péndulo, y desde ella debe ser medida la distancia s que figura en la fórmula que da el período de oscilación. Los extremos de la lámina X encajan dentro de cortes hechos a sierra en las piezas h y L , estando las junturas bien apretadas por tornillos transversales a tuerca. En los sismógrafos Mainka, la lámina X tiene mayor espesor en los extremos que en el centro; pero una lámina de espesor uniforme como la que he empleado no parece ofrecer mayores inconvenientes al buen funcionamiento del péndulo.

b) — *Punto de suspensión de la masa.* El bulón horizontal E (fig. 23) colocado en la parte superior del soporte, tiene en su centro una perforación vertical, por la que pasa el alambre de acero, de 2 mm. de diámetro y de 40 cm. de largo, que suspende la masa pendular. Sobre el bulón asientan dos láminas de hierro verticales y paralelas, de 5 mm. de espesor, que aprisionan el cabo superior del alambre, mediante 6 pares de tornillos con tuerca dispuestos en dos hileras. En esta forma el alambre no presenta ningún doblez ni torsión que pudiera quebrarlo. En su cabo inferior el alambre va aprisionado en igual forma que en su cabo superior; pero las láminas de abajo son atravesadas por un eje horizontal que articula con una pieza H en forma de U; por una perforación central de esta pieza pasa la barra J , que tiene en su extremo superior una

tuerca de sujeción.

Como dijimos, en nuestro aparato la masa pendular es de 200 kg. En los sismógrafos Mainka es, según el modelo, de 130, 450 o 2000 kg. Hay otros tipos de péndulos con masas de dos, tres, cinco y hasta quince mil kilogramos, como los instalados en Gotinga y en Tacubaya. Se sabe que es necesario amplificar los pequeñísimos movimientos del péndulo antes de registrarlos; pero si se emplea am-

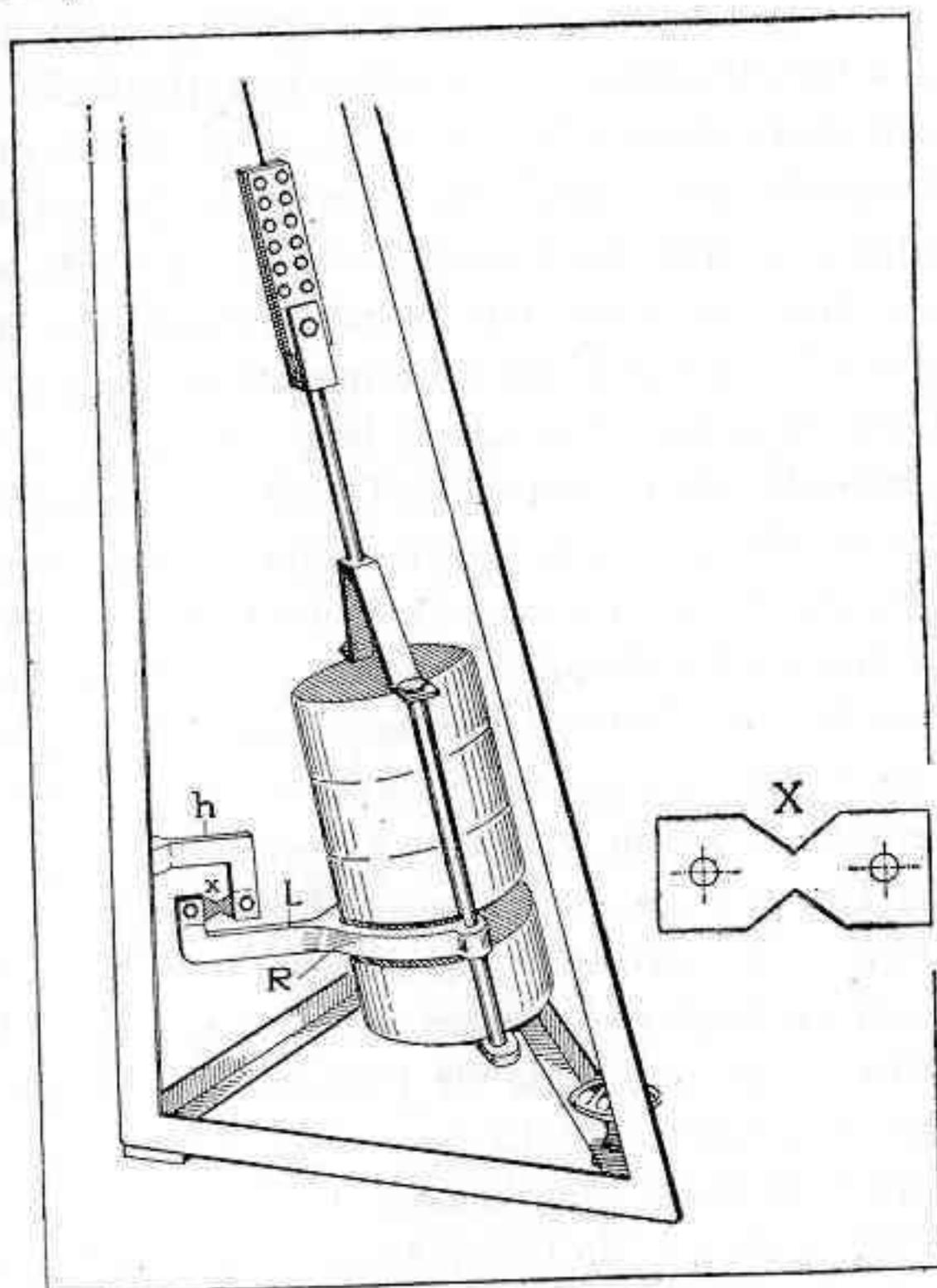


Fig. 24. — Sismógrafo tipo Mainka. Vista lateral.

plificación mecánica, se pierde en fuerza lo que se gana en recorrido; por lo tanto, solo se puede aplicar gran amplificación cuando la masa es considerable. Para el aficionado, una masa de 200 kg., que permite fácilmente una amplificación de cien veces, resulta suficiente para estudiar con provecho la mayoría de los sismos de nuestro suelo.

En cuanto al material que hemos empleado, el plomo, ofrece sobre el hierro no solo la ventaja de su mayor densidad, con la consiguiente disminución del volumen de la masa pendular, sino también la de poder ser fácilmente fundido en la forma requerida en localidades sin grandes recursos técnicos.

3º — *LA AMPLIFICACION.* — La varilla horizontal V (fig. 23), ya mencionada, apoya uno de sus extremos en la masa pendular M y el otro extremo en la palanca vertical A . Esta varilla V es de aluminio, de 2,5 mm. de diámetro y de 24 cm. de longitud, y termina en sus dos puntas por agujas de acero (de las de coser, gruesas). Una de las puntas calza en una cavidad cónica de ágata (de relojería) fijada en el centro de gravedad de la masa M . Punta y cavidad están mantenidas en contacto por un resorte helicoidal de acero de 0,4 mm. de espesor que rodea la articulación; los extremos del resorte enganchan en finos agujeros de ambas piezas. Como resorte puede servir una cuerda de mandolín. La presión, que se puede aumentar quitando espiras, debe ser la suficiente para que la aguja apoye bien en la cavidad cuando la masa pendular oscila. La otra punta de la varilla V toma articulación en igual forma con la palanca A , en un punto D situado a la quinta parte de su altura; por lo tanto, estando fijo el extremo inferior de esta palanca, su extremo superior amplifica 5 veces los movimientos de la masa que le son transmitidos por V . La palanca A tiene 40 cm. de largo y está hecha de una lámina de aluminio doblada en escuadra para evitar flexiones. Su extremo inferior se articula mediante dos láminas de acero de 0,1 mm. con una pieza solidaria del soporte; su extremo superior articula por punta y cavidad cónica con la varilla horizontal V' , que trasmite los movimientos de A a la segunda palanca amplificadora B . La varilla V' es de aluminio, de 2 mm. de espesor y de 30 cm. de largo; su contacto con la palanca B es a punta y cavidad cónica, pero el resorte de aplicación debe ser aquí más blando y hecho con alambre de 0,3 mm. de espesor, a fin de no quitar sensibilidad al sistema. La palanca B es de aluminio doblado en escuadra y tiene 60 cm. de largo. Puede girar sobre un eje vertical de acero K (fig. 25), de 2 mm. de diámetro y de 4 cm. de largo, que calza en cavidades de ágata sujetas a tornillo en un puente de bronce P , fijo al soporte. La articulación de la varilla V' con la palanca B se efectúa en un punto E que dista del eje K la vigésima parte del largo total de B ; por lo tanto el extremo libre de B , que se mueve horizontalmente y actúa sobre el aparato inscriptor, amplifica 20 veces los movimientos de A , y en consecuencia 100 veces los de la masa pendular.

4º — *APARATO INSCRIPTOR.* Una delgada varilla o alambre de bronce H (fig. 25), de 0,5 mm. de diámetro y de 10 cm. de largo, lleva en su centro un fino eje horizontal de acero, que calza en cavidades de ágata atornilladas en un pequeño puente de bronce

colocado en el extremo móvil de la palanca *B*. La varilla *H* lleva en su extremo anterior la aguja inscriptora (punta de aguja fina de coser), inclinada hacia abajo; el extremo posterior tiene una rosca de paso muy fino, sobre la cual se puede atornillar una pequeña tuerca de bronce, mediante cuyo desplazamiento es posible graduar la presión de la aguja inscriptora sobre el papel. Esa presión no debe ser mayor de 1 ó 2 mg.

Los cilindros rotativos (fig. 26) tienen por objeto desplazar longitudinalmente la banda de papel ahumado. Son dos: el superior, que es el motor y lleva la banda aplicada sobre su parte de arriba; y el inferior, que va suspendido de la banda, a la que estira por su peso. En los aparatos Mainka los cilindros van fijados a la

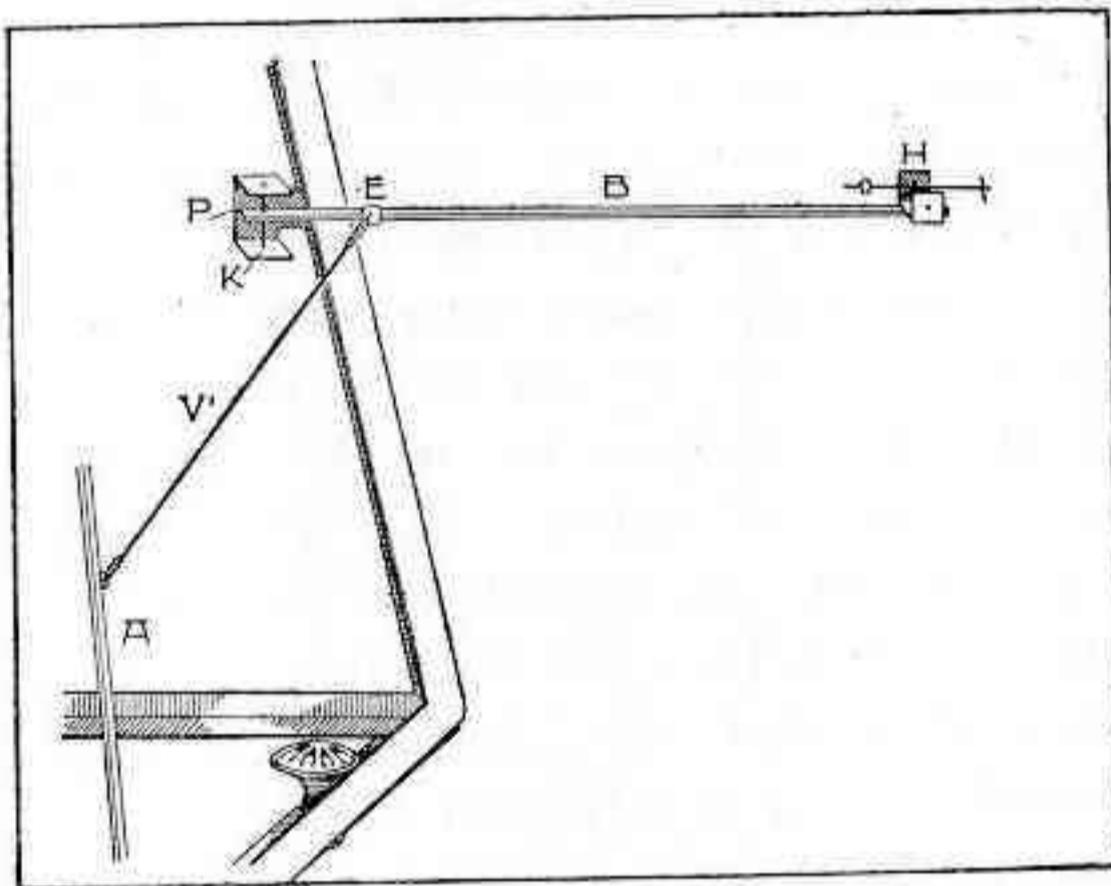


Fig. 25. — Sismógrafo tipo Mainka. Palancas de amplificación.

armazón; pero en el nuestro, dado que la palanca *B* mide 60 cm., nos hemos visto obligados a separar los cilindros del soporte, suspendiéndolos de una barra o caño vertical *C* provisto de un pie sólido que apoya por tres puntos en el suelo. El cilindro superior se fija a la barra por su costado derecho, quedando el costado izquierdo libre para la colocación de la banda. Este cilindro mide 35 cm. de largo por 10,5 cm. de diámetro y es de bronce (se ha utilizado un cilindro de bomba de molino); lleva en cada una de sus bases una lámina diametral de hierro, perforadas ambas para dar paso al eje de acero. Este eje debe estar bien centrado a torno y el cilindro debe estar perfectamente equilibrado, para lograr lo cual se soldará, si es necesario, un trozo de estaño a su cara interna. A 3 mm. de su borde derecho hay una garganta o canaleta triangular, hecha a torno, que aloja el hilo de trasmisión.

En el modelo Mainka, el borde derecho del cilindro superior apoya sobre dos ruedas, una de las cuales es movida por el aparato de relojería. No me ha sido posible reproducir este dispositivo mediante la adaptación de los motores de que disponía. En mi aparato el cilindro es movido por un hilo sin fin.

Para el péndulo que oscila de este a oeste apliqué un motor que originariamente fué a cuerda, pero que modifiqué para que pudiese ser movido mediante un contrapeso de 4 kg. sostenido por un delgado cable de acero que, después de pasar por una roldana situada a 3 m. de altura, desciende para enrollarse en el carretel de metal blanco que sustituye a la cuerda. La regulación de la velocidad se hace mediante una aleta de cartulina de tamaño variable, fijada al eje regulador. Al eje motor se ha aplicado una rueda con canaleta, que da movimiento al hilo de transmisión. Ese hilo ha sido bañado en barniz para que no resbale ni encoja con la humedad.

Para el péndulo que oscila de norte a sud apliqué un aparato a cuerda, de los que se usan para mover escaparates en las vidrieras, cuyo regulador sustituí por un escape de áncora y volante de despertador; aunque el movimiento del eje motor es intermitente, el trazo sobre la banda es perfecto. Este aparato es más satisfactorio que el aplicado al otro péndulo: el movimiento que produce es más uniforme, y no se para tan fácilmente debido a falta de lubricación o a corrientes de aire. Además, estos aparatos a cuerda existen en el comercio (casa Ullmann) a precios ínfimos y son fáciles de transformar.

El cilindro inferior mide 20 cm. de largo por 6 cm. de diámetro y está provisto de un eje de 50 cm. de largo. Este eje se mantiene horizontal, pero algo desviado con respecto a la dirección del eje del cilindro superior; la banda sufre entonces una torsión, que motiva su lento desplazamiento lateral, de modo que la aguja inscriptora traza una hélice sobre la banda y se evita la superposición del registro. Esa desviación del eje del cilindro inferior se logra mediante dos varillas verticales O , O' aplicadas a los extremos de una pieza H , que se puede fijar en la posición conveniente con el tornillo T . El desplazamiento lateral de la cinta es tanto mayor cuanto más se desvía el eje.

Al graduar el desplazamiento lateral del papel es necesario tener en cuenta el efecto de la dilatación o contracción térmica de la mampostería del edificio. En tiempo de calor, las paredes del edificio que dan al este y al norte experimentan una dilatación desde la salida del sol; el piso de las piezas se levanta en esas direc-

ciones y los péndulos se desvían hacia el oeste y sud respectivamente, a consecuencia de lo cual las agujas inscriptoras pueden correrse hasta 5 y 6 cm. Este efecto alcanza su máximo hacia las 14 horas; después de esa hora se produce el fenómeno contrario, pues las paredes que dan al oeste empiezan entonces a calentarse y las que dan al este a enfriarse. Instalando los sismógrafos en sótanos especialmente contruidos es posible disminuir mucho la influencia del calentamiento y enfriamiento de los muros sobre el corrimiento de las agujas inscriptoras. Pero en todo caso es necesario hacer que la

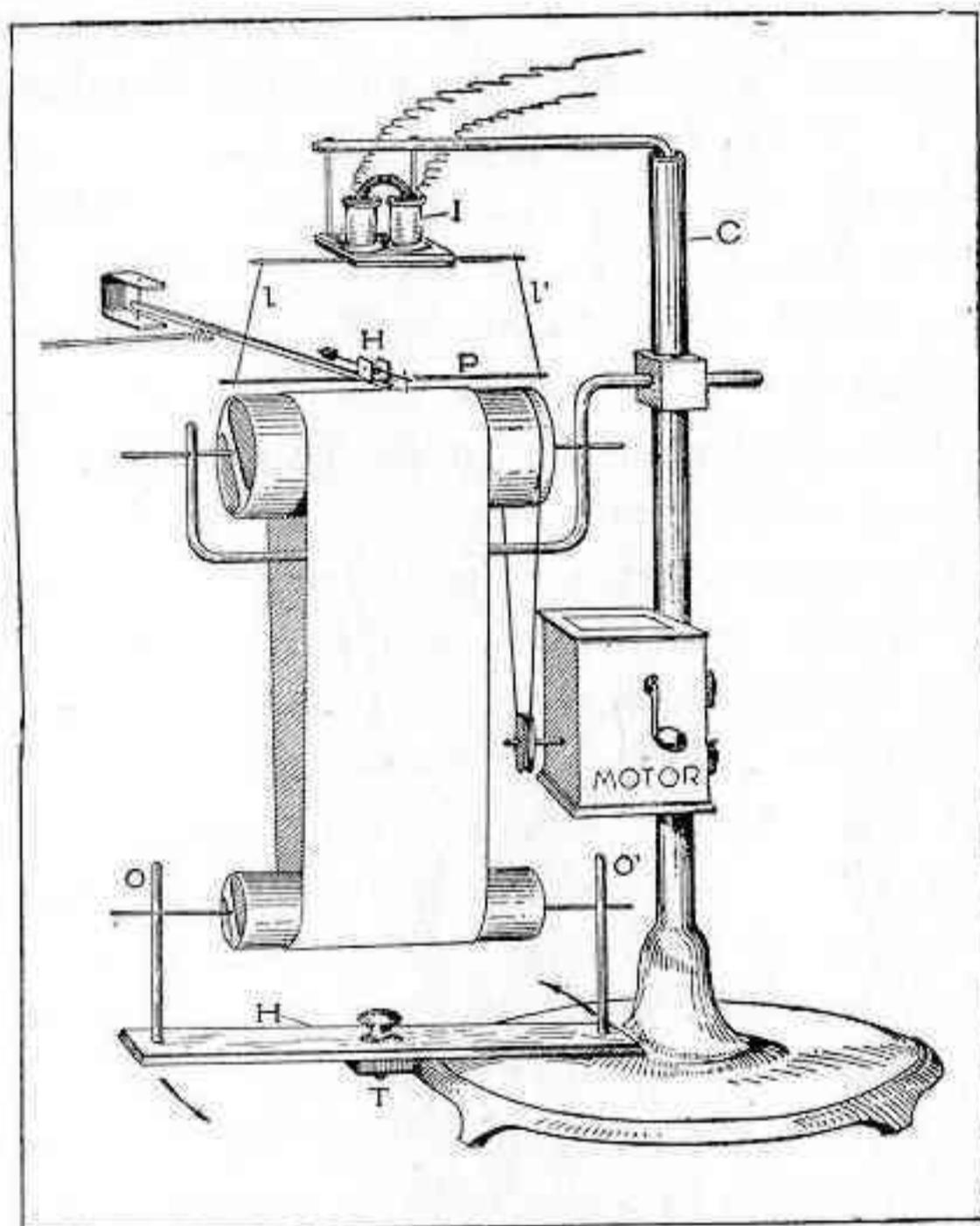


Fig. 26. — Sismógrafo tipo Mainka. Aparato inscriptor.

banda se desplace lateralmente lo suficiente para que, a pesar del corrimiento de la aguja motivado por la dilatación o contracción de los muros, el registro no llegue a superponerse; por otra parte, el desplazamiento no debe ser exagerado, para no desperdiciar inutilmente espacio en la banda. Esto se consigue regulando la desviación del eje del cilindro inferior, modificándola si es necesario a ciertas horas, en la forma que indica la experiencia.

La banda o faja de papel ahumado. Una tira de papel satinado en ambas caras (del llamado papel de ilustración), de 118 cm. de largo por 20 cm. de ancho, se une por sus extremos, pegándolos con

engrudo de modo que se superpongan un centímetro. Luego se la ahuma exteriormente, colocándola sobre dos cilindros movidos a mano, que la hacen pasar sobre una lámpara de kerosene con mecha plana de su mismo ancho. Es esta una operación algo sucia, que debe hacerse en un sitio adecuado, si es posible bajo la campana de una chimenea.

Las bandas se cambian cada 24 horas.

Las bandas ya inscriptas deben ser "fijadas", cubriéndolas con una capa de goma laca que proteja el registro. Se las baña al efecto en una solución especial, utilizando una cubeta adecuada. La solución fijadora empleada con muy buen resultado en el Observatorio de La Plata, es la siguiente:

Alcohol puro	1 litro
Goma laca	100 g.

Marcación del tiempo en la banda. Es necesario que en la banda aparezcan señales de tiempo, que servirán para determinar la hora en que se produce un fenómeno sísmico. Es suficiente que esas marcaciones se hagan cada minuto.

A poca altura por encima de cada banda se instala un electroimán *I* (fig. 26), que cada vez que se cierra el circuito levanta una pieza de hierro situada debajo de sus polos y que es móvil alrededor de un eje horizontal situado algo hacia atrás; los movimientos de esta pieza son limitados por tornillos regulables. De esta pieza parten dos hilos *l*, *l'* que suspenden una delgada varilla horizontal *P* de aluminio. La varilla *P* pasa por debajo de la varilla inscriptora *H*, a la que levanta cada vez que funciona el electroimán. Dicho electroimán está conectado con un reloj provisto de un contacto en la rueda del segundero, que cada minuto cierra por dos segundos el circuito (de 4,5 voltios). Por consiguiente, cada minuto la aguja inscriptora es levantada por dos segundos, quedando su trazo sobre la banda con una pequeña interrupción: el instante en que se produce un fenómeno sísmico se determina por interpolación sobre estas marcaciones de tiempo. Al colocar la banda, se anota con un estilete la hora y minuto del reloj que corresponden a una determinada interrupción del trazo de la aguja. Además, es necesario conocer la corrección a la hora dada por el reloj, para lo cual se recibirán las señales horarias que emiten todos los días el Observatorio Naval y el Instituto Geográfico Militar.

5º — *EL AMORTIGUAMIENTO.* Si se comunica un impulso al péndulo, éste se pone en movimiento y se empiezan a inscribir

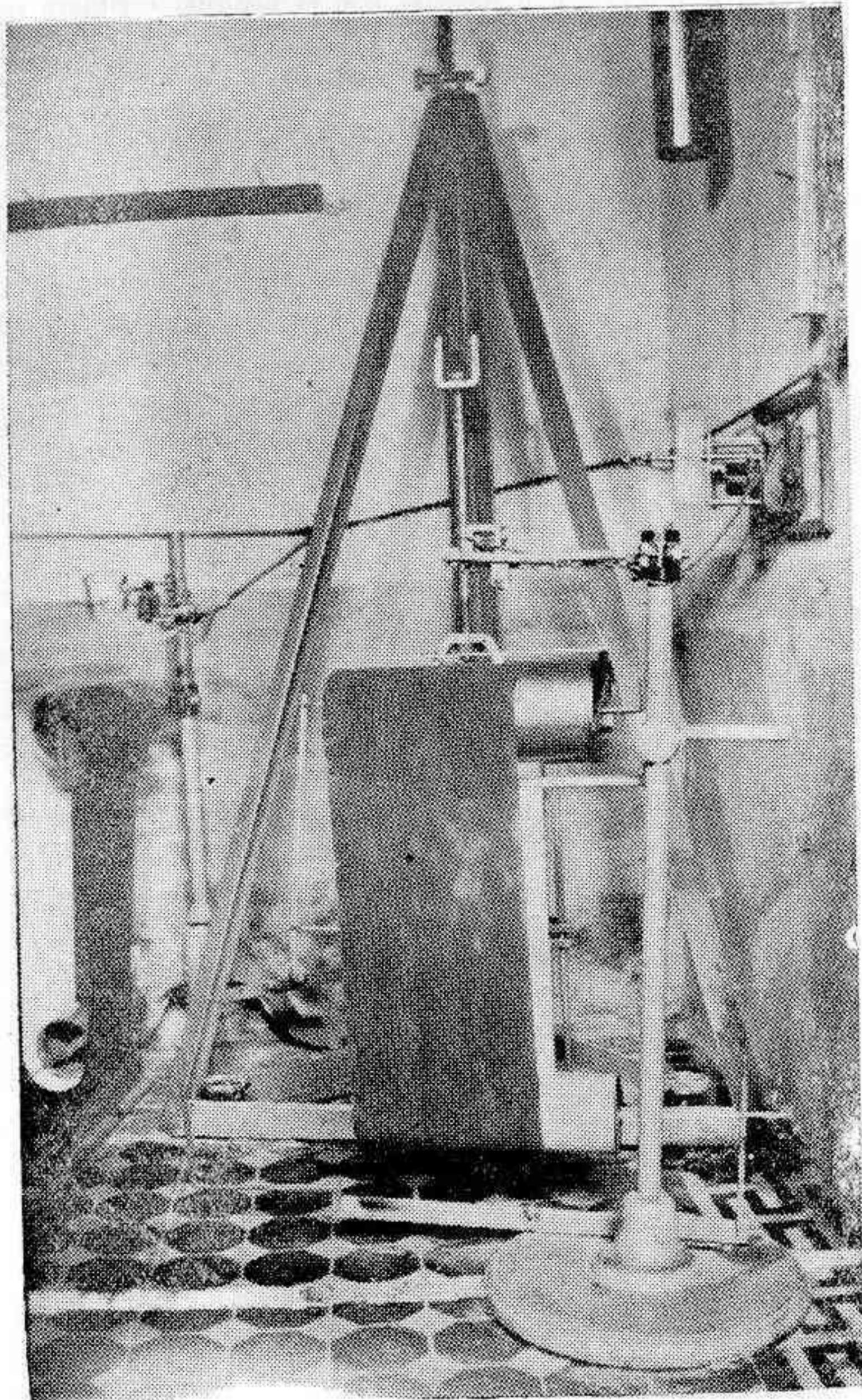


Fig. 27. — El sismógrafo tipo Mainka construido por el doctor Berra.
Vista frontal de la componente este-oeste.

sus oscilaciones propias, que podrían modificar o desfigurar la inscripción de un segundo impulso que el péndulo recibiera poco después. La gráfica no será pues el fiel registro de las perturbaciones sísmicas, sino la resultante de ellas y de la oscilación propia del péndulo.

Para subsanar en lo posible este inconveniente, se amortigua hasta cierto grado las oscilaciones del péndulo, sea por un dispositivo electromagnético, sea por resistencia de líquidos o aire.

Los sismógrafos Mainka tienen amortiguamiento a aire. Una lámina rectangular, solidaria a la palanca *A*, puede moverse a modo de émbolo a doble efecto dentro de una caja algo mayor; las dos caras de la caja paralelas a la lámina móvil presentan orificios regulables por medio de una manija común; cerrando o abriendo las entradas de aire en los dos compartimentos en que la lámina móvil divide a la caja, se puede variar el efecto de la presión del aire y obtener mayor o menor amortiguamiento.

Nuestro aparato no tiene aún caja de amortiguamiento.

6º — *UBICACION DE LOS PENDULOS*. Es conveniente instalar los péndulos en un sitio alejado del tráfico y de grandes motores que trepidan; un sótano que no tenga construcción encima es un lugar adecuado. Es ventajoso instalar el sismógrafo en el centro de la pieza, a fin de que sea lo menos afectado por las dilataciones y contracciones térmicas de los muros. Se armará sobre una base de mampostería y cemento que apoye sobre terreno firme (tosca o piedra). Esta base estará aislada de la mampostería del edificio por una angosta zanja de cierta profundidad; de esta manera el andar de las personas en el cuarto no perturba el registro de los fenómenos sísmicos y se aminoran también buena parte de las perturbaciones externas. Es conveniente que en el cuarto reine temperatura constante; variaciones demasiado fuertes de temperatura afectarían no sólo al sismógrafo, sino también al reloj.

Por falta de las comodidades necesarias nuestro aparato no tiene aún una ubicación completamente satisfactoria.

7º — *ACCESORIOS DIVERSOS*. Nos limitaremos a enumerar una serie de accesorios necesarios, algunos de los cuales han sido ya mencionados:

Cronómetro.

Receptor de radio de onda corta y larga para tomar la hora oficial (estaciones LSF y LOL).

Escalas para la lectura de los sismogramas.

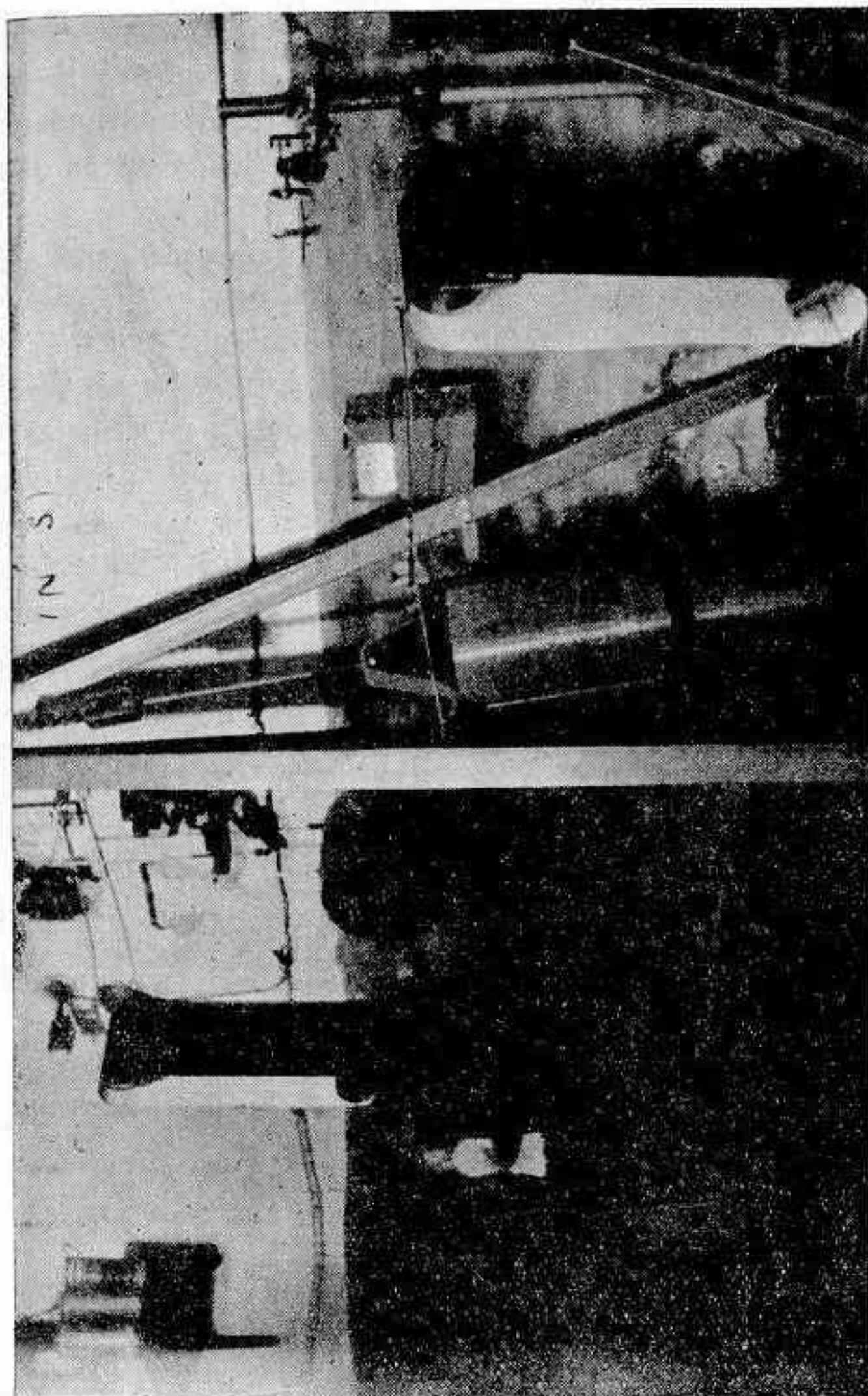


Fig. 28. — El sismógrafo tipo Mainka construido por el doctor Berra. Vista de la componente nortesud. A la izquierda y al fondo se ve un sismógrafo vertical, construido también por el doctor Berra, que no se describe en este artículo.

Lámpara de kerosene y aparato a cilindros para el ahumado de las bandas.

Cubeta para el fijado de las bandas inscriptas.

Globo terráqueo grande. Mapas.

Libros de registro, archivos, etc.

8º — *ESTUDIO DE LOS SISMOGRAMAS*. Para el estudio de las diversas clases de ondas y de sus gráficos, remitimos al lector al artículo de Ismael Gajardo Reyes publicado en la *REVISTA ASTRONÓMICA* (tomo III, pág. 158).

Para calcular aproximadamente la distancia epicentral Δ usamos las fórmulas de Laska:

$$\Delta = (S - P) - 1$$

$$\Delta = \frac{(L - P)}{3}$$

$$\Delta = \frac{(L - S) + 1}{2}$$

dando preferencia a la primera. En estas fórmulas P , S y L indican la hora de llegada de las ondas longitudinales, transversales y superficiales, respectivamente; las diferencias $(S - P)$, $(L - P)$, $(L - S)$ se suponen expresadas en minutos. Las fórmulas dan entonces Δ en megámetros (o sea en miles de kilómetros).

Para una determinación más exacta de la distancia epicentral, es necesario emplear tablas especiales, entre las cuales son de recomendar las de Gutenberg.

Para hallar el azimut, comparamos las amplitudes de los primeros impulsos transmitidos por las ondas longitudinales en las dos componentes horizontales N-S y E-O; la razón de esas amplitudes da la tangente del ángulo que la dirección del foco forma con el meridiano.

Nuestra estación tiene las siguientes coordenadas geográficas:

Longitud Oeste de Greenwich: 4^h 7^m 42^s,18.

Latitud Sud: 37° 25' 6",1.

Altura sobre el mar: 236,9 m.

Para terminar, diremos que nuestros péndulos han registrado sismos del Atlántico Sud, Chile, Perú, Pacífico, Calcuta (India), Catamarca, Sampacho (Córdoba), Panamá, etc.

ZETA AURIGAE;

UN SISTEMA INTERESANTE

Por BERNHARD H. DAWSON

(Para la "REVISTA ASTRONOMICA")

El sistema ζ Aurigae (A. R. = $4^h 55^m,5$; Decl. = $+40^\circ 56'$; 1900) es uno de los más interesantes de todo el cielo, no sólo por la cantidad de datos que se ha logrado reunir sino también por la manera en que ellos se han obtenido, constituyendo un hermoso ejemplo del efecto cumulativo de la interpretación acertada de distintas clases de observaciones. Por esta razón me voy a permitir una exposición algo histórica de las distintas investigaciones ya realizadas sobre esta estrella.

El primer dato indicador del interés de este sistema fué obtenido en la última década del siglo pasado. En un estudio de los espectros de estrellas brillantes al norte de declinación -30° , la señorita Antonia C. Maury, de Harvard College Observatory, notó que 18 de ellas tenían espectros compuestos — una superposición evidente de dos espectros de clases diferentes. De entre estas 18, doce son estrellas que ya entonces eran conocidas como dobles; pero ζ Aurigae no se había visto como tal, y Miss Maury dice: "Esta estrella es uno de los más bellos ejemplos de espectro compuesto entre estrellas no conocidas como dobles". Sigue diciendo que en la parte azul del espectro es como α Bootis (Areturus, Clase K) excepto que las líneas de hidrógeno son excesivamente fuertes; pero en el violeta y ultravioleta el espectro es del tipo Orión (Clase B ó B5), cubriendo la absorción del otro tipo y mostrando en cambio fuertes líneas del hidrógeno y algunas del helio.

La interpretación natural es que se trata de dos cuerpos de distinta clase espectral, pero tan juntos que no es posible verlos separadamente. En efecto, cinco por lo menos de las seis estrellas restantes de aquella lista han mostrado velocidad radial variable; es decir, son conocidas ahora como binarias espectroscópicas. La variación de la velocidad radial de ζ Aurigae fué descubierta en 1908 por W. H. Wright en el Lick Observatory, del cual es actualmente director.

La escena de operaciones pasa ahora al Canadá. En 1924, W. E. Harper, vicedirector del Dominion Astrophysical Observatory, en Victoria, efectuó un estudio detenido de la velocidad radial de esta estrella, basándose en 28 espectrogramas obtenidos con este fin, más los que habían sido obtenidos en otros observatorios, y deduciendo un período de 973 días o sean $2 \frac{2}{3}$ años, (excepcionalmente largo para una binaria espectroscópica) con la excentricidad apreciable de 0,411 y una distancia de dos unidades astronómicas como proyección sobre la visual del movimiento orbital de la estrella principal.

En eso habrían quedado nuestros conocimientos de este sistema, si Harper no hubiera notado que uno de sus espectrogramas es muy distinto de los demás. Este fué obtenido cuando la estrella principal se hallaba justamente en la parte de su órbita que está más cerca de la Tierra, y muestra líneas nítidas e intensas del tipo K en toda su extensión, sin vestigios del espectro del otro componente.

Aprovechando la nitidez de las líneas de este espectrograma para determinar la intensidad relativa de aquellas que se emplean como criterio para determinar la magnitud absoluta, ésta resulta de $-0,5$ aproximadamente, correspondiente a una paralaje de $0'',013$.

En 1926, K. F. Bottlinger, del observatorio de Berlin-Babelsberg, llamó la atención nuevamente sobre esta estrella, recalcando la importancia de aquel espectrograma, puesto que indica que en el momento correspondiente al componente de clase espectral B debe de haber estado totalmente eclipsado por el de Clase K, y que por consiguiente ζ Aurigae debe ser una estrella variable del tipo Algol, con período igual al período espectroscópico de 973 días. En base a esta hipótesis y los datos entonces accesibles, dedujo como probables una variación de luz de cuatro décimos de magnitud y una duración de la fase total de por lo menos 14 días, e indica la suma conveniencia de efectuar observaciones fotométricas cerca de las épocas de los próximos eclipses, que ocurrirían en septiembre de ese año, en mayo de 1929 y en enero de 1932.

La estrella no parece haberse observado fotométricamente en 1926, y en la época del eclipse de 1929 culminaba en pleno día, siendo, pues, imposible efectuar observaciones fotométricas. En el eclipse de 1932 observaciones fotográficas fueron efectuadas por H. Schneller y fotoeléctricas por Guthnick, ambos de Babelsberg, y también por algunos otros observadores alemanes. El clima invernal

de Alemania es muy poco propicio para esta clase de observaciones, y ellas sufrieron largas y molestas interrupciones debidas a mal tiempo; pero pudo constatarse que hasta el 18 de diciembre de 1931 el eclipse no había comenzado y que, por otra parte, el 7 de enero de 1932 el eclipse ya era total, continuando así hasta fines de enero cuando las observaciones sufrieron nueva interrupción. Volviendo a observar la estrella en la próxima oportunidad el 5 de febrero, el eclipse ya había terminado, estando la estrella nuevamente en su brillo normal. La variación observada había sido de 0,5 mag., aproximadamente.

Guthnick comunica también que en un espectrograma del 5 de febrero, aunque la presencia del componente de Clase B5 puede notarse con plena intensidad, sin embargo algunas líneas del espectro, especialmente la línea "K" del calcio ionizado, tienen todavía

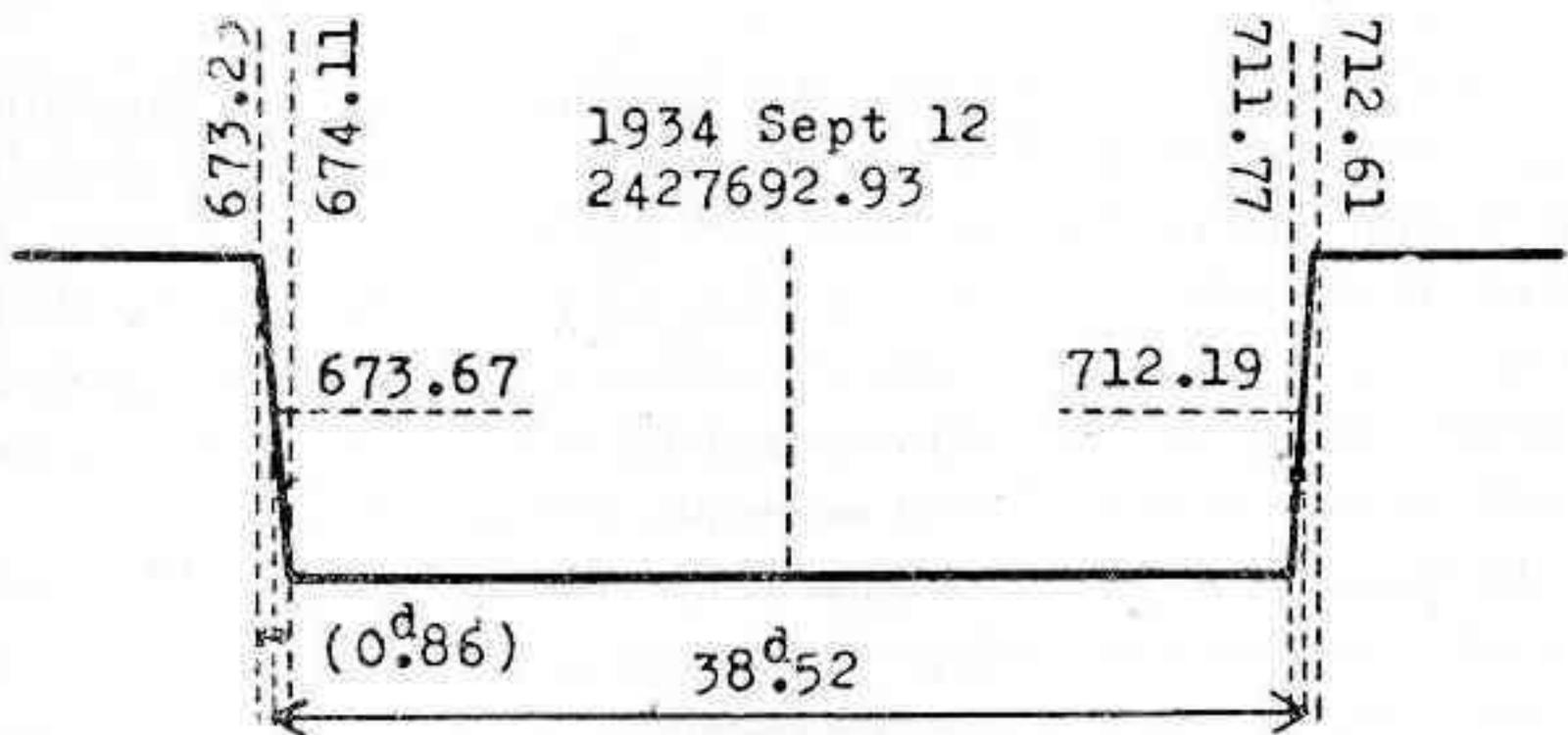


Fig. 29. — Curva de luz de ζ Aurigae.

una intensidad extraordinaria, que han perdido en gran parte en el próximo espectrograma, tomado el día 15, y completamente dos días más tarde. De esto deduce que en la primera de estas fechas el eclipse debe de haber terminado muy recientemente, puesto que el componente B5 estaba visible, pero su luz nos llegaba a través de la atmósfera de la otra estrella, y que una cantidad perceptible de esta atmósfera llega a tal altura que se hacía notar todavía diez días más tarde. Como la velocidad relativa de los cuerpos en sus órbitas es comparable con la velocidad de la Tierra al rededor del Sol, su extensión tiene que ser enorme.

En el eclipse subsiguiente, que tuvo lugar de agosto a octubre de 1934, y a pesar de que ζ Aurigae se hallaba a poca altura en las primeras horas de la noche, fué observada desde varios observato-

rios de Alemania, Inglaterra, Norte América y Polonia. La entrada en eclipse pudo observarse en Königsberg y en Cambridge (Inglaterra) y la salida en Königsberg. Haciendo un estudio de estas observaciones, el doctor Arthur Beer, de Cambridge, dedujo que el eclipse empezó en D.J. 2 427 673,23 (= 1934 Agosto 23,73 T. U.). La fase total duró desde D.J. 2 427 674,11 hasta D.J. 2 427 711,77 y el eclipse terminó en D.J. 2 427 712,61. En la figura 29 reproduzco parte de un diagrama del doctor Beer, en que presenta estos datos gráficamente. Se ve que tanto la disminución como el aumento en brillo duran menos de un día, mientras la fase total dura más de un mes. Combinando estos datos con la órbita como binaria espectroscópica, se deduce que el radio de la estrella de Clase B es de $2,9 \times 10^6$ km., algo más de cuatro veces el de nuestro Sol, mientras la estrella de Clase K tendrá un radio de 130×10^6 km., así que su ecuador será un término medio entre la órbita de Venus y la de la Tierra.

Los efectos de la atmósfera de la estrella mayor no se mostraron durante un período tan prolongado en este eclipse como en el anterior, aunque son todavía bastante perceptibles diez días después de la terminación del eclipse. Comparando la velocidad radial indicada por la absorción debida a esta atmósfera con la velocidad general de la estrella durante el eclipse, se deduce una velocidad de rotación de la estrella grande del orden de 19 km. por segundo.

El próximo eclipse de esta estrella ocurrirá en mayo de 1937, pero será inobservable, porque en mayo ζ Aurigae culmina cerca de mediodía, de manera que la próxima oportunidad de estudiar un eclipse en este sistema interesante será en enero de 1940. Sin embargo, no es imposible que, antes de esa fecha, el interferómetro nos suministre algún dato respecto a la órbita como estrella doble.

CÓMO ACABARÁ NATURALMENTE EL MUNDO (CONTINUACION)*

Por IGNACIO PUIG, S. J.

(Para la "REVISTA ASTRONÓMICA")

III. — ¿PERECERA EL MUNDO DE FRÍO?

Para nadie es un secreto que la existencia de la vida sobre la Tierra, depende esencialmente del astro bienhechor, que con sus rayos de luz y de calor lo vivifica todo, el *Sol*. Siendo, pues, esto así, no estará de más inquirir los destinos que le están reservados, para sacar de ahí, siquiera de rechazo, lo que con el tiempo puede suceder con la vida de la Tierra. Si preguntamos a la ciencia sobre este particular, he ahí su respuesta: "los seres vivos, si escapan incólumes del peligro de perecer de sed o de inundación, desaparecerán por efecto del frío".

1. *EL SOL, PRINCIPAL FOCO DE CALOR PARA LA TIERRA.* — El Sol, aun cuando dista de nosotros unos 150 millones de kilómetros, por razón de sus colosales dimensiones y de su elevada temperatura exterior de 5.500°, nos envía a la Tierra una cantidad de energía verdaderamente fantástica, que nada tiene que ver con la proveniente del fuego central y de las estrellas que tachonan el firmamento.

Sólo la energía que recibe un territorio de tan pequeña extensión comparada con la total de la Tierra, cual es Suiza, transformada en energía mecánica, sería suficiente para accionar todos los motores existentes actualmente en el mundo, haciendo entrar en la cuenta los de carbón, electricidad, nafta y aceites pesados; y esto que la Tierra no recibe del Sol sino media diezmilmillonésima parte de la total de este astro; pues toda la energía solar equivale a la combustión por segundo de 11 trillones de toneladas de hulla, o sea, a la de un horno que diariamente consumiese una cantidad de carbón igual al volumen de la Tierra.

(*) Ver los dos números anteriores de la REVISTA ASTRONÓMICA.

Por esto ha sido siempre preocupación de los sabios el explicar cómo se mantiene la energía solar, puesto caso que se está desenvolviendo desde hace centenares y aun millares de millones de años, sin dar señales sensibles de agotamiento.

Por de pronto, debe rechazarse de plano la hipótesis de ser el Sol un cuerpo simplemente incandescente, dado que en 2.000 años se habría enfriado del todo. Tampoco puede provenir la energía solar exclusivamente de reacciones químicas, como sería la combustión de carbón, pues un globo de las dimensiones del Sol formado exclusivamente de carbón, en 6.000 años habría agotado toda la energía, fuera de que aún haría falta una cantidad equivalente de oxígeno.

Por esto ha sido menester idear otras hipótesis, entre las que descuellan la meteórica de Mayer, la de la contracción de Helmholtz, la de desintegración y síntesis de los elementos.

Mayer, en 1848, aseguró que el calor solar se mantiene gracias a la aportación constante de meteoritos, que caerían sobre el Sol a la velocidad de 600 kilómetros por segundo, desarrollando por unidad 48 millones de calorías, o sea, unas 6.000 veces más que la combustión de una misma masa de carbón en el seno del oxígeno. Pero esto no puede ser, ya que para compensar las pérdidas sufridas por radiación, habría de caer sobre el Sol una masa equivalente a la masa terrestre en cada siglo, y esto duplicaría la masa solar en 30 millones de años. Semejante aumento de masa afectaría a la duración de la revolución de la Tierra alrededor del Sol en un séptimo de su valor cada 2.000 años, de lo que actualmente no hay indicio alguno, ni siquiera consultando los datos que nos han legado los griegos.

En 1854, Helmholtz explicó el mantenimiento del calor solar por la condensación del Sol, ya que, por este fenómeno, su energía potencial sería liberada al exterior en forma de calor. Para compensar de esta manera las pérdidas por radiación, debería contraerse 38 metros por año, o sea, $1/20$ del valor del radio cada millón de años, que representa un segundo de diámetro aparente del Sol cada 12.000 años, cantidad por cierto muy insignificante, que no puede observarse directamente. Pero, con esto, habría Sol para solos 15 millones de años, duración a todas luces insuficiente, si hemos de creer a los astrónomos y geólogos.

Al descubrirse el fenómeno de la radioactividad, por el cual demostraron ciertos elementos, tales como el radio, uranio, torio

y actinio, que eran capaces de emitir cantidades considerables de energía, se pensó en si el mantenimiento del calor solar, provendría de la presencia de cuerpos radioactivos en el Sol. Atendiendo al calor que emite el radio, bastaría que en el Sol se hallase una parte de este elemento por cada 800.000 partes de masa; pero, como la vida media de este elemento es de unos 2.000 años, sólo habría Sol para pocos millares de años. Si todo el globo solar fuese de radio, podría durar 5.000 millones de años. Pero todo esto es pura fantasía, pues el análisis espectral no ha revelado en el Sol la presencia de la más mínima cantidad de este elemento. El uranio da ciertamente más calor que el radio, pero con tanta lentitud, por razón de su vida media extremadamente larga de 7.000 millones de años, que aun cuando el Sol fuese de solo uranio, la actividad energética de este astro sería mucho menor que la actual.

En vista de todos estos fracasos para explicar satisfactoriamente el mantenimiento del calor solar, se ha recurrido modernamente a la síntesis de los elementos a partir del hidrógeno, la cual tiene lugar con desprendimiento enorme de energía y pérdida de una parte de su masa. Así, al condensarse los átomos de hidrógeno para formar cloro, hay pérdida de 0,5 gramos de materia por cada 35,5 gramos de cloro; este peso de substancia perdida, a la velocidad de la luz, daría $2,25 \times 10^{20}$ ergios, calor éste tan extraordinario que frisa en lo incalculable y da una solución obvia del calor solar, con solo suponer al Sol en su origen formado por hidrógeno, cuyos átomos se van condensando en otros más pesados, como helio, oxígeno, cloro, etc.; y así, para formarse 500 gramos de helio a partir del hidrógeno, se calcula que se desarrolla una energía equivalente a la combustión completa de 8.000 toneladas de carbón puro. Juan Perrin, que fué en 1919 el primero en señalar esta posibilidad del mantenimiento del calor solar, supone en el sol una antigüedad de 120 mil millones de años.

Aun prescindiendo de esta síntesis de los elementos, como fuente de energía, está la hipótesis derivada de la famosa teoría de la relatividad de Einstein, según la cual todo cuerpo que emite energía es a expensas de su masa, dado que la materia, dentro de dicha teoría, no es otra cosa sino energía condensada; así como, por el contrario, la energía es simplemente materia en estado de sumo enrarecimiento. Por tanto, la energía radiante posee cierta masa, valorada, según cálculos de Einstein, en 2×10^{13} calorías-gramo, o sea, que 20 billones de calorías pesan un gramo. Conforme a esto,

la energía radiante del Sol, que asciende en su conjunto a $5,62 \times 10^{33}$ ergios por segundo, equivale a 6×10^{12} gramos. Esta cantidad supone para el Sol la pérdida, por concepto de irradiación, de 6 millones de toneladas por segundo. A este paso, pues, sólo después de 1000 millones de años habrá perdido el Sol una diezmilésima parte de su masa. De ser esto verdad, aquí sí que los astrónomos y geólogos encontrarían solucionado el problema del mantenimiento del calor solar.

2. *PROCESO EVOLUTIVO DE LAS ESTRELLAS.* — En la actualidad nos es dado conocer con bastante exactitud la constitución física y el proceso evolutivo de las estrellas; así es que, para representarnos de alguna manera la suerte fatal que aguarda al Sol, no hemos de limitarnos a simples conjeturas. En este punto aportan poderosísimas enseñanzas los admirables descubrimientos realizados merced al análisis espectral. El firmamento tachonado de estrellas puede compararse a una frondosa selva, repleta de árboles de muy distintas edades; y así como en ésta el estudio de los árboles en las diversas fases de su vida nos permite con toda seguridad prever los estadios de desarrollo que cada árbol en particular va a seguir, aún cuando no nos sea dado constatar, a causa de su excesiva lentitud, el progresivo crecimiento de los mismos; de la misma manera, en el cielo, el estudio sistemático de las estrellas en sus variados matices de temperatura y condensación nos va a permitir el barruntar la trayectoria que cada una de las mismas ha seguido en el decurso de los tiempos, aun cuando de ninguna de ellas en particular podamos descubrir cambio alguno, por razón de la extremada lentitud con que se verifica el tránsito de un estadio al otro.

El primero en sistematizar estos estudios y sacar consecuencias del más alto interés científico fué el jesuíta italiano, P. Angel Secchi, cuyas investigaciones sobre las estrellas perdurarán indefinidamente en Astronomía, ya que los estudios posteriores no han hecho otra cosa sino completar, con más lujo de detalles, lo que ya este ilustre astrónomo había señalado en líneas generales. Así, pues, el P. Secchi en 1867 pudo clasificar las estrellas en cuatro grupos o tiempos bien definidos.

En el *primer tipo* figuran las estrellas blancas, como Vega, Sirio y Altair, con gruesas rayas en su espectro debidas al hidrógeno, una en el azul y otra en el violeta. El *segundo tipo* comprende las estrellas amarillas, como el Sol, Cabra y Arcturo, con numero-

sas rayas en el espectro, debidas al hierro, carbono, silicio, calcio, hidrógeno, etc. En el *tercer tipo* se agrupan las estrellas anaranjadas, como Antares y Betelgeuze, con el espectro constituído por seis o siete regiones claras, separadas por series de rayas negras o bandas más oscuras. Por último en el *cuarto tipo* se hallan las estrellas rojas, como la 19 de Piscis y la 152 Skjellerup, con el espectro formado de bandas a la inversa del de la clase precedente, debidas al carbono: este tipo es el más escaso de estrellas. Estas preciosas investigaciones del P. Secchi han sido ampliadas posteriormente, debiéndose sobre todo al Observatorio de Harvard una clasificación mucho más detallada de los espectros estelares, que ha sido en la actualidad adoptada universalmente.

Pues bien, la clasificación actual agrupa los espectros estelares en doce tipos designados con letras del alfabeto latino, que luego se subdividen en varios subtipos, a saber: *tipo P*, propio de nebulosas planetarias, con rayas brillantes de nebulio e hidrógeno, como la nebulosa de Orión; *tipo O*, o estrellas Wolf-Rayet, con bandas brillantes de origen desconocido, como la estrella gamma de la Vela y zeta de la Popa; *tipo B*, o tipo Orión, con rayas oscuras, sobre todo de helio e hidrógeno, como Rigel y gran parte de las estrellas de la constelación de Orión; *tipo A*, caracterizado por ciertas rayas de hidrógeno y de magnesio y sin rayas de helio, como en Sirio y Vega; *tipo F*, caracterizado por las rayas H y K de calcio y por el debilitamiento de las rayas de hidrógeno, como en Canopo y Proción; *tipo G*, propio de nuestro Sol, con multitud de rayas procedentes de los metales, como en el Sol y Cabra; *tipo K*, con numerosas rayas metálicas más intensas que en el tipo anterior, y la región violada algo más débil, como en Arcturo y Aldebarán; *tipo M*, con bandas de absorción muy definidas en el violado y difusas en el rojo, como en Antares y Betelgeuze; *tipo N*, con bandas probablemente de hidrocarburos muy definidas en el rojo y difusas en el violado, como en la estrella 19 de los Peces; *tipo R*, introducido posteriormente por Pickering para separar del tipo N unas pocas estrellas (solo 10), que se distinguen por la gran proporción de radiaciones azules y por presentar color amarillo más o menos rojizo; *tipo S*, con bandas de absorción y de emisión debidas al zirconio, como en la estrella R del Cisne y en R de Andrómeda; *tipo Q*, con espectros raros o superpuestos, como en algunas nebulosas, en Mira de la Ballena y en algunas estrellas nuevas.

De estos 12 tipos sólo la mitad ofrecen especial interés para el objeto que de momento nos proponemos, pues según todas las trazas, corresponden al proceso evolutivo estelar normal los tipos *B*, *A*, *F*, *G*, *K* y *M*. Comparando estos tipos con los del P. Secchi, en líneas generales puede decirse que se corresponden en la siguiente forma: los tipos *B* y *A* constituyen el antiguo grupo de estrellas blancas, los tipos *F* y *G* constituyen las estrellas amarillas, los tipos *K* y *M*, las estrellas anaranjadas y el tipo *N* las estrellas rojas.

El P. Secchi propuso ya un esbozo de evolución estelar a base de sus cuatro tipos espectrales, que él refirió al espectro y coloración de las estrellas. Según su teoría, las estrellas blancas nacerían de una nebulosa gaseosa sometida a muy alta temperatura; andando el tiempo se enfriarían por radiación, y entonces su luz pasaría al color amarillo, al paso que por contracción de su masa aumentaría la densidad; y continuando esta evolución, se transformarían en anaranjadas y luego en rojas, compactas y de pequeño volumen, hasta perecer por extinción.

Sin embargo, los descubrimientos posteriores acerca de la naturaleza de los espectros, según la temperatura y grado de condensación de los cuerpos que los producen, han hecho cambiar radicalmente esta manera de ver. En efecto, las experiencias de laboratorio han demostrado plenamente que, según se opera con una llama (temperatura de 1500°) o con el arco voltaico (3500°) o a la temperatura llamada de chispa (5000°) se obtienen con una misma substancia espectros muy diferentes; más aún, dentro de la misma temperatura, el espectro puede ofrecer determinadas variantes, conforme sea la presión a que se hallen sometidos los gases productores del espectro, ya que el enrarecimiento favorece la ionización de los mismos, y el espectro de los gases ionizados es diferente del espectro de los gases en estado neutro.

3. *HIPOTESIS DE RUSSELL* — Los primeros indicios de una evolución estelar, diferente de la evolución clásica, fueron advertidos por el astrónomo Norman Lockyer al descubrir que las estrellas del mismo tipo *M*, y por consiguiente sometidas a la misma temperatura de unos 3000° absolutos, ofrecían dos clases de espectros, a saber: unas el espectro normal de arco y otras el espectro de chispa. Esto exigía que en las primeras la materia estuviese muy condensada y en las segundas muy dilatada. Ahora bien, como todas estas estrellas poseen una masa del orden de la ma-

sa solar, de aquí que, en las primeras, el volumen fuese muy reducido y en las segundas muy grande. Tal es el origen de la famosa clasificación de las estrellas en *enanas* y *gigantes*, concebida por Russell en 1913, aun cuando los mismos términos parecen fueron introducidos por Herzprung.

Una vez dilucidado este extremo, para llegar a precisar la verdadera ruta de las estrellas en su evolución, era necesario saber cuáles son las estrellas enanas y cuáles las gigantes: tarea nada fácil por cierto, sobre todo al tiempo en que se descubrieron estos hechos, por no ser posible a la sazón determinar directamente el diámetro de las estrellas, atendida la gran distancia que las separa de nosotros. Con todo hoy, mediante el interferómetro de Michelson, se llega a determinar el diámetro de ciertas estrellas.

El proceso general para apreciar el tamaño de las estrellas se funda en la determinación de su *magnitud absoluta*, o sea, del brillo con que nos aparecerían todas ellas si estuviesen situadas a la misma distancia de diez *parsecs* (32,58 años de luz), ya que entonces nos es dado conocer su distancia y por ella las dimensiones reales de los astros.

Russell, al emprender este estudio, se sirvió de 300 estrellas, cuyas distancias nos eran bien conocidas por métodos geométricos; pero posteriormente se ha ampliado a un número incomparablemente mayor, gracias al método de Adams para determinar la magnitud absoluta de las estrellas: de 300, consideradas por Russell, se ha llegado en la actualidad a 300.000.

Pues bien, al señalar en una cuadrícula las estrellas según sus espectros y magnitudes absolutas, se presenta el conjunto de las mismas en dos ramas de forma de *V* invertida, una de las cuales comprende las estrellas gigantes de los tipos *M*, *K*, *G*, *F* y la otra las estrellas enanas de los mismos tipos *F*, *G*, *K*, *M*. La parte correspondiente al vértice abarca las estrellas de los tipos *A* y *B*.

La serie sucesiva de estrellas observadas nos ofrece la imagen de la vida de cada estrella en particular, como la contemplación de las variadas fases de los árboles de la misma especie en una selva, nos ilustran acerca del desarrollo sucesivo de cada árbol en particular. Según esto, cada estrella debe recorrer durante su vida las dos ramas de la *V* invertida del diagrama. El sentido no es difícil preverlo, si nos atenemos a lo que nos enseña el cálculo y la física de los cuerpos, a saber, contracción de la sustancia y paso de una densidad débil a otra más considerable, ya que

el proceso inverso sólo puede concebirse por efecto de un acontecimiento de carácter catastrófico, como sería la volatilización del astro, de resultas de un choque o de su paso a través de materia cósmica. Por tanto, casi no puede dudarse de que toda estrella, a menos de experimentar una perturbación imprevista, pasará progresivamente de un estado gaseoso sutil al estado rígido y prácticamente inconspicuo: en otros términos, todas las estrellas evolucionarán de una manera continua del estado de gigantes al de enanas bajo el siguiente proceso:

Las estrellas deben iniciar su existencia por condensación de un gas frío y obscuro y en estado de sumo enrarecimiento, pero que, por efecto de la contracción se va calentando. Al llegar a la temperatura de unos 2500° se hace visible para nosotros bajo la apariencia de estrella gigante rojiza. Al contraerse sigue aumentando de temperatura, a pesar de las enormes pérdidas de calor debidas a la radiación, pasando su luz sucesivamente del espectro *M* al espectro *K*, luego del *K* al *G*, después del *G* al *F*, etc., o sea, por el orden *M*, *K*, *G*, *F*, *A*. Este es el período ascendente de su vida, período de crecimiento (aun cuando en realidad hay disminución de volumen) y de juventud. Durante esta primera etapa de su vida la estrella puede llamarse gigante, y conserva aproximadamente la misma magnitud absoluta y relativa; pues aun cuando su brillo intrínseco o sea por unidad de superficie aumente por efecto de la mayor temperatura, como por otra parte disminuye el volumen, se establece una compensación.

En llegando la estrella al estado *B* sobreviene una pausa: es que ha alcanzado la temperatura máxima y una densidad que se evalúa en un décimo de la del agua (100 gramos de gas por litro). A partir de este punto la compresión se va a hacer cada vez más difícil y, como la temperatura ha subido hasta 25.000° , la radiación fantástica que esto supone no encuentra ya la correspondiente compensación en la concentración; por lo cual la temperatura ha de descender necesariamente, y la estrella vuelve a recorrer los estadios antes enumerados, pero en orden inverso, a saber: *A*, *F*, *G*, *K* y *M*; es la fase enana de la estrella. El Sol, en la actualidad, debe calificarse de estrella enana amarilla, y por tanto en período de declinación, con magnitud absoluta 5 y clase *G*.

Sin salirnos de esta concepción de los estadios sucesivos de las estrellas, cabe todavía preguntar si todas las estrellas tienen absolutamente la misma historia. Esto equivale a preguntar si

todas mueren a la misma edad y si pasan todas ellas por todos los estadios antes enumerados. Por de pronto, hanse descubierto recientemente ciertos hechos que parecen poner en contingencia la evolución uniforme de las estrellas. El más interesante a este respecto es que todas las enanas de la misma clase presentan próximamente la misma magnitud absoluta, y por consiguiente la misma masa; mientras que las gigantes de idéntica clase se nos ofrecen bajo magnitudes bastante diferentes, lo cual implica desigualdad de masas. Esta observación se ha visto infaliblemente confirmada cada vez que ha sido posible calcular con precisión las masas de las estrellas gigantes, que dentro de la misma clase oscilan entre 1 y 10. Por otra parte hase comprobado que todas las estrellas de las clases *B* y *A* poseen gran masa.

4. *HIPOTESIS DE EDDINGTON*. — Estos hechos han suscitado la idea de que, en la evolución estelar, además de la *temperatura* y *densidad*, debe también entrar en juego el factor *masa*. Por tanto el esquema de Russell ha debido perfilarse para acomodarlo mejor a la realidad, según el principio establecido por Eddington de que “el brillo máximo que, en el decurso de su vida, puede alcanzar una estrella depende únicamente de su masa inicial”.

Según este principio, el proceso evolutivo de las estrellas debe concebirse en esta otra forma. El período de ocaso de todas las estrellas enanas se desarrolla según un canon único; no así el período de juventud de las estrellas gigantes, el cual es más o menos glorioso, conforme a la importancia de la masa inicial. Por tanto, sólo las estrellas de masa primitiva grande (por ejemplo, de masa 10) pueden llegar a la fase del tipo *B*, con 23.000° de temperatura; al paso que las estrellas de pequeña masa inicial (1, por ejemplo) sólo podrán llegar a la fase de tipo *F*, sin pasar por tanto de la temperatura de 7.500°. En una palabra: el cielo completo está reservado a las estrellas de masa inicial muy considerable; y esta es también la razón de por qué en los estadios *B* y *A* sólo se encuentren estrellas de gran masa.

Todavía, dentro de esta explicación, se prevé el caso (bien probable, por cierto) de determinadas estrellas, cuya masa, aun cuando suficiente para mantener a sus elementos constitutivos en estado de agregación, no les ha permitido desarrollar suficiente calor para alcanzar la temperatura de 2.500°: estas estrellas jamás serán visibles para nosotros, viniendo a ser como abortos de la naturaleza.

En la evolución estelar así propuesta, queda todavía por dilucidar dos puntos importantes, a saber: 1º cómo es que las estrellas enanas poseen todas la misma masa, dentro de cada tipo, siendo así que las masas de las estrellas gigantes, de donde indudablemente proceden las enanas, difieren entre sí de 1 a 10 dentro de cada tipo; 2º cómo es que las estrellas enanas poseen sistemáticamente masa menor que las estrellas gigantes del mismo tipo. Así, por ejemplo, la masa media de las estrellas enanas del tipo *F* es doble de la masa solar; la de las enanas del tipo *G* es igual a la del Sol, y la de las enanas de la clase *M* es solo la mitad. En cambio, las gigantes de la clase *M* presentan masas 5 y hasta 10 veces superiores a la masa solar.

Ante estas al parecer anomalías, no cabe duda de que, en el estado actual de la ciencia, debe admitirse que las estrellas, al envejecerse, pierden parte de su masa. Dando, pues, por asentado este hecho experimental, importa ahora ver cómo deben interpretarse los hechos antes aducidos. La explicación parece ha de buscarse en la teoría de Einstein, según la cual toda irradiación de energía va acompañada de cierta pérdida de materia, por el principio de que la materia no es otra cosa que energía extraordinariamente condensada, así como la energía es simplemente materia en extremo grado de enrarecimiento.

La fórmula de Einstein para expresar la equivalencia en las transformaciones de materia en energía es la siguiente:

$$m = e/c^2$$

siendo *m* la masa, *e* la energía y *c* la velocidad de la luz en centímetros (3×10^{10} cm.). Así, por ejemplo, la energía total que irradia el Sol es de $5,62 \times 10^{33}$ ergios por segundo, energía que, según la fórmula anterior, equivale a 6×10^{12} gramos (6 millones de toneladas por segundo). La estrella *alfa* del Cochero (Cabra) pierde 100 veces más energía (5×10^8 toneladas) la estrella *delta* de Cefeo pierde todavía 5 veces más que Cabra ($2,5 \times 10^9$ toneladas) y la estrella *zeta* de la Popa 60 veces más que Cabra (3×10^{10} toneladas). Examinando las condiciones de la radiación se ve que las estrellas deben perder una cantidad de energía proporcional a su masa: por consiguiente, el empobrecimiento es particularmente rápido en las estrellas grandes; de aquí, pues, el nivelamiento fatal a que están destinadas todas ellas.

5. ¿CUANTO TIEMPO DE VIDA TÉRMICA LE QUEDA AL SOL? — Ya que según acabamos de ver, el Sol, como todas

las estrellas, camina fatalmente a su extinción, bueno será detenernos siquiera brevemente a determinar con la mayor aproximación compatible con la naturaleza del asunto, el tiempo que todavía queda al Sol de vida térmica, para saber si podemos quedar tranquilos o no sobre la futura suerte de nuestro Planeta.

Por de pronto, cabe afirmar con toda certeza que el proceso evolutivo de las estrellas se efectúa con extremada lentitud. Véase si no cómo ha llegado a comprobarlo Shapley, uno de los mayores astrónomos de la época actual.

Fijóse este autor en las acumulaciones de estrellas que, por presentarse a manera de enjambres de abejas, reciben el nombre de *cúmulos estelares globulares*. Los más cercanos a nosotros se hallan a una distancia de 18.000 años de luz y los más lejanos a un millón de años próximadamente. Pues bien, la composición estelar de esos cúmulos globulares es casi exactamente la misma en todos ellos: en particular presentan idéntica proporción de estrellas gigantes e idéntica concentración estelar. De donde es fuerza concluir que, poco más o menos, se encuentran en el mismo estadio de su evolución y que tienen la misma edad. Ahora bien, como la luz emplea un millón de años para llegar a nosotros desde los más apartados, esto prueba que, en realidad, tienen un millón de años más de edad que los cercanos, y sin embargo se nos presentan en la misma fase de su evolución. Esto prueba que un millón de años en la evolución de las estrellas constituye un tiempo prácticamente nulo, pues esta duración ningún cambio apreciable determina a nuestros ojos en los cúmulos estelares, y en particular en el estado de sus estrellas gigantes.

Pero el espíritu humano no queda todavía satisfecho con saber que, en general, las estrellas y por tanto también nuestro Sol, evolucionan con extremada lentitud; sino que desea saber algo más, o sea, en cuantos años aproximadamente cumplen esta evolución. Vamos, pues, a satisfacer esta legítima curiosidad de nuestros lectores, exponiendo sumariamente los tres métodos principales ideados con este objeto.

El *primer método* se funda en el estudio de los *cúmulos dispersos*. Para comprender su alcance es de saber que en nuestra Vía Láctea existen varios grupos de estrellas, bastante separadas aparentemente unas de otras, conocidas con el nombre de *cúmulos dispersos*, que algunos autores con frase feliz han dado en llamar *bandadas de estrellas*, por la semejanza que presentan con las ban-

dadas de aves emigrantes. Tales son, entre otras, las Pléyadas, las estrellas de la Constelación del Orión y de la Osa Mayor, que desde la Tierra se ofrecen como individuos pertenecientes a grupos de estrellas en otro tiempo mucho más numerosos, pero que en épocas pasadas han experimentado la paulatina separación de muchas de ellas, por efecto de la atracción global de la Vía Láctea, mucho más poderosa que la fuerza de cohesión del cúmulo. El cálculo de probabilidades demuestra que cada cien mil millones de años debe abandonar el cúmulo una estrella entre diez. Ahora bien, el empobrecimiento de ciertos cúmulos estelares alcanza por lo menos nueve décimas de la densidad primitiva; luego ha sido necesario un billón de años para llegar al estado actual. Así que la edad de los cúmulos dispersos es del orden de un billón de años.

El *segundo método* estriba en el conocimiento de las *órbitas de las estrellas dobles*. El estudio atento de estas estrellas lleva irresistiblemente al ánimo la idea de que su origen se debe a la fragmentación de una estrella simple. El cálculo demuestra que, al principio, cada fragmento debe describir una órbita casi circular alrededor del centro de gravedad del sistema doble y que las dos estrellas componentes deben hallarse casi en contacto. Pero otras estrellas, al pasar por las cercanías de estos pares, alteran necesariamente su movimiento, dando a la larga, al repetirse estas perturbaciones, el aplanamiento de las órbitas y el aumento progresivo de sus ejes.

Hase calculado la frecuencia de estas perturbaciones en la Vía Láctea; de aquí que, conociendo la excentricidad y dimensiones de las órbitas de estos pares estelares, se puede con relativa aproximación calcular su antigüedad. Para las estrellas dobles de la clase *F* el tiempo transcurrido desde su formación resulta ser de varios billones de años.

El *tercer método* parte de la *igualación de las masas estelares*. Efectivamente la fragmentación de una estrella sencilla en otras dos da siempre como resultado masas desiguales. Pero, como los dos fragmentos pagan desigual tributo de radiación, de aquí que con el tiempo se hagan iguales. El atento examen de las estrellas dobles del tipo *F* nos manifiesta que sus masas se hallan en una relación tal que es preciso hacer remontar la edad de estos pares estelares a unos 5 billones de años.

Consideraciones parecidas se aplican a las estrellas simples atendiendo a la pérdida de masa por radiación. Eddington, ba-

sándose en una de las consecuencias de la teoría de Einstein, que asigna cierta masa a la energía, ha calculado que la disminución de masa de las estrellas es igual a la mitad del cubo de su masa actual, dividida por 7,55 billones de años. Según esto, desde que el Sol contaba con una masa doble de la actual, han debido transcurrir 5,66 billones de años. Del mismo modo, aplicando este raciocinio a las épocas en que el Sol tuvo 4 y 10 veces la masa actual, hallamos 7,08 y 7,47 billones de años respectivamente; con la particularidad de que, aun cuando supongamos una masa 100 veces, 1000 veces, n veces mayor, nunca rebasaremos la antigüedad de 7,55 billones de años, que viene a constituir un límite máximo de la antigüedad del Sol; o dicho en otros términos, el Sol como tal, no puede tener más de 7,55 billones de años.

Por cuanto llevamos dicho ya se puede barruntar el tiempo aproximado que resta al Sol de vida térmica. Por de pronto, si este astro conservase indefinidamente su radiación actual, que corresponde a 6 millones de toneladas por segundo o sea a 200 billones de toneladas por año, podría durar por espacio de 10 billones de años. Pero esto representa sólo un *mínimum*, pues todas las estrellas (y el Sol seguramente no va a ser una excepción) reducen su gasto de materia a medida que se empobrecen, y todavía este retardo debe prolongarse mucho más por el aumento continuo de masa que experimenta el Sol por la captura de aerolitos, si bien, según todos los indicios, no alcanza proporciones bastantes, ni mucho menos, para compensar la enorme pérdida de masa por radiación.

Por tanto, estemos bien tranquilos, que antes de apagarse el Sol ha de transecurrir la friolera de varios billones de años, duración más que suficiente para tener sin cuidado al más miedoso de los mortales.

(concluirá).

LOS DIEZ ASTRONOMOS MAS EMINENTES (*)

Por FEDERICO C. LEONARD

En marzo de 1929 el Director de la Universidad de California en Los Angeles, Dr. Ernesto C. Moore, me pidió que confeccionase una lista de los diez astrónomos más eminentes de todos los tiempos, ordenados según su importancia. Esa lista debía ser utilizada por el Sr. Julián E. Garnsey, encargado de decorar la arcada de entrada del "Josiah Royce Hall", en los nuevos terrenos de la Universidad. La misión que se me encomendara no era por cierto fácil de cumplir en forma satisfactoria. Después de mucho pensar, suministré los siguientes diez nombres de astrónomos, ordenados según importancia decreciente: Newton, Copérnico, Galileo, Kepler, Einstein, Hiparco, Herschel, Kirchhoff, Ptolomeo y Tycho. Tenía entonces — y tengo aún — algunas dudas sobre el "orden de mérito" en que he colocado a varios de esos astrónomos; pero me parece que, en conjunto, los diez están bien elegidos.

Al hacer una selección de esta especie es necesario definir qué se entiende por *astrónomo*. Se podría objetar que varios de los nombrados son más bien físicos que astrónomos. En cierto sentido, esa observación es justa. Pero para el caso he entendido por *astrónomo* una persona que ha contribuido al progreso de la astronomía, cualquiera que haya sido su vocación particular; y es mi opinión que, en ese sentido, todos los sabios nombrados están calificados para ocupar un sitio entre los diez astrónomos más eminentes de todos los tiempos. Deliberadamente he excluido de mi lista sabios como Poincaré, Laplace, Lagrange, Gauss, Euler, Clairaut y d'Alembert, no porque no fuesen grandes astrónomos, sino porque, a mi juicio, no pueden considerarse como *pioneers* en la materia que cultivaron (mecánica celeste), y también porque sus contribuciones son de tal naturaleza que los califican más para ocupar sitios preferentes entre

(*) Traducido de "Popular Astronomy".

los grandes matemáticos que para ser clasificado entre los diez astrónomos más eminentes. Finalmente, debo explicar que he elegido para ser incluidos en la lista tan sólo a aquellos hombres que pueden considerarse como verdaderos *pioneers* en una u otra rama de la astronomía — mecánica celeste (o astronomía matemática), astrometría (o astronomía de posición), astronomía descriptiva (en el sentido herscheliano), astrofísica. En cualquier campo del saber, gran parte del crédito por los desarrollos posteriores debe ser atribuida a los *pioneers* — a aquellos que han forjado los conceptos fundamentales.

Creo interesante recordar brevemente cuales son los principales méritos científicos de los diez elegidos.

Si hay algún astrónomo que merezca el primer lugar en una lista de honor, indudablemente tal astrónomo es *ISAAC NEWTON* (1643 - 1727), quien, según Lagrange, “fué el mayor genio que ha existido, y también el más afortunado, puesto que el sistema del mundo no puede ser establecido sino una sola vez”. Mencionaremos tan sólo sus contribuciones máximas. Newton descubrió la ley de gravitación, fué el primero que enunció en forma completa las tres leyes del movimiento, y puso en evidencia la naturaleza compleja de la luz blanca; inventó y construyó el telescopio reflector que lleva su nombre; al mismo tiempo que el famoso sabio alemán Leibnitz, pero independientemente de él, concibió el cálculo infinitesimal, que llamó “método de las fluxiones”. Su descubrimiento de la dispersión de la luz por un prisma lo califica como el primer *pioneer* de la astrofísica, así como su descubrimiento de la ley de gravitación le confiere el rango de padre de la mecánica celeste. De esa ley de gravitación dijo Whewell que era “sin disputa y sin parangón posible el más grande descubrimiento científico hecho por el hombre, debido al progreso que motivó, a la importancia de la verdad que reveló y a la forma fundamental y satisfactoria como dejó establecida esa verdad”. La obra maestra de Newton, sus *Principia*, que es una detallada exposición de la ley de gravitación, de las leyes del movimiento y de innumerables descubrimientos menores de este incomparable hombre, fué publicada en 1687 y es considerada con general consenso como el libro científico más importante que se ha escrito.

NICOLAUS COPERNICUS (1473-1543), si bien no fué quien primero concibió la doctrina heliocéntrica del sistema solar, tiene

la gloria inmarcesible de haber motivado su aceptación, por lo que esa teoría lleva su nombre. Su monumental libro *De revolutionibus*, donde se exponen detalladamente la teoría heliocéntrica y diversos temas a ella relacionados, fué publicado en 1543; se dice que Copérnico recibió el primer ejemplar impreso pocas horas antes de morir.

GALILEO GALILEI (1564 - 1642), llamado frecuentemente padre de la ciencia experimental y fundador de la dinámica, estableció en lo esencial la primera ley del movimiento, comprendió parcialmente la segunda, descubrió la ley de oscilación del péndulo y las leyes que rigen el movimiento de los proyectiles. Construyó telescopios refractores (del tipo de los actuales anteojos de teatro) y efectuó muchos descubrimientos aplicándolos al examen de los cielos. Abogó con entusiasmo en favor del sistema copernicano, publicando en 1632 su famoso "Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo", libro brillantemente escrito, que le acarreó serias dificultades con la inquisición. Fué uno de los primeros experimentadores que empleó los métodos inductivo y deductivo de investigación científica.

JOHANN KEPLER (1571 - 1630), estudiando la larga serie de observaciones de Marte que su maestro Tycho Brahe había efectuado, descubrió las tres leyes del movimiento planetario, que llevan su nombre y le aportaron muy merecida fama. Esas leyes rectificaron y completaron la teoría copernicana del sistema solar, demostrando que las órbitas planetarias son elipses y no el resultado de la combinación de epiciclos, deferentes y excéntricos, como había erróneamente supuesto Copérnico. En las manos de ese potente genio que fué Newton, las leyes de Kepler condujeron directamente al descubrimiento de la ley de gravitación universal, de la cual son la consecuencia necesaria.

ALBERT EINSTEIN (1879 - —), el único sabio contemporáneo que figura en la lista, es el creador de la teoría de la relatividad y el descubridor de la llamada ley de gravitación einsteiniana. Es por el momento imposible apreciar debidamente qué efecto tendrá la teoría de la relatividad en el desarrollo de la astronomía en particular y en las ciencias físicas en general; por lo tanto, es difícil determinar qué lugar corresponde a Einstein en la lista; pero, dado el carácter revolucionario de su doctrina y las consecuencias trascendentales de la misma, parece muy posible que resultará bien ca-

lificado para ocupar un lugar entre los diez astrónomos más eminentes, o quizá aún entre los cinco primeros.

HIPARCO (180 - 110 a. de J. C.), es considerado sin disputa como el mayor astrónomo de la antigüedad. Su principal descubrimiento es el de la precesión de los equinoccios; desarrolló la trigonometría esférica; formó un catálogo de unas 1100 estrellas, que no tuvo rival hasta que Ulugh Begh (1394 - 1449) produjo el suyo; determinó la duración de las distintas clases de años y meses; examinó las observaciones anteriores con el propósito de descubrir cambios seculares; efectuó numerosas observaciones de posición de los planetas; investigó las peculiaridades de los movimientos del sol, de la luna y de los planetas; e ideó un sistema de excéntricos, epiciclos y deferentes a fin de representar el movimiento aparente de todos los cuerpos del sistema solar entonces conocidos. Sus trabajos sirvieron de base a su sucesor, Ptolomeo, quien los expuso y desarrolló en su *Almagesto*; pero Hiparco fué el verdadero creador de la doctrina geocéntrica (llamada comúnmente ptolemaica) del sistema solar.

WILLIAM HERSCHEL (1738 - 1822), conocido como el padre de la moderna astronomía sideral, descubrió el planeta Urano; puso en evidencia el movimiento del sol en el espacio y determinó las coordenadas del apex solar; fué el primero que notó el movimiento orbital de ciertas estrellas dobles; exploró el firmamento con grandes telescopios contruídos por él mismo, investigando y especulando sobre la constitución y extensión del universo sideral. Fué el sin par *pioneer* de la observación descriptiva de los cuerpos celestes, y el primero que utilizó grandes reflectores para el estudio de los cielos.

GUSTAV ROBERT KIRCHHOFF (1824 - 1887) fué, después de Newton, el *pioneer* más destacado en el campo de la astrofísica. Las leyes de análisis espectral de Kirchoff constituyen el fundamento mismo de la espectroscopía. Se puede apreciar la importancia de esas leyes considerando que ellas habilitan al astrofísico para interpretar los espectros, permitiéndole en muchos casos deducir el estado físico y la composición química del cuerpo que emite la luz.

CLAUDIO PTOLOMEO (*), la más celebrada autoridad en astronomía de la antigüedad, fué el autor del *Almagesto*, un tratado que no tuvo rival hasta que apareció el *De revolutionibus* de Copérnico, unos catorce siglos después. Desde el punto de vista histórico, debe atribuirse a Ptolomeo la general aceptación que tuvo la teoría geocéntrica del sistema solar, aunque, como ya se dijo, las ideas fundamentales de la misma son de Hiparco, científicamente más meritorio que Ptolomeo. Las principales contribuciones originales de Ptolomeo son sus descubrimientos de la evección de la luna y de la refracción atmosférica.

TYCHO BRAHE (1546 - 1601), el último de los grandes astrónomos de la era pre-telescópica, se destacó en el campo de la astronomía observacional, especialmente en aquella rama que llamamos ahora astrometría. Fué un observador extraordinariamente asiduo y escrupuloso, y quizá el primero que observó en forma sistemática y continuada. Formó un catálogo de unas mil estrellas y en el curso de su larga carrera observacional redeterminó con mayor exactitud muchas constantes astronómicas importantes. Sus numerosísimas observaciones de posición de los planetas, efectuadas con la máxima precisión que sus instrumentos permitían, pasaron después de su muerte a poder de su discípulo Kepler, y posibilitaron el descubrimiento de las leyes del movimiento planetario. Indudablemente la mayor contribución astronómica de Tycho ha sido la ejecución de ese gran número de excelentes observaciones, que fueron el material bruto del que Kepler dedujo sus leyes.

Newton dijo que la razón de que él hubiese podido ver más lejos que otros hombres era que estaba parado sobre los hombros de gigantes. Esos gigantes intelectuales fueron, en orden de secuencia cronológica, Copérnico, Tycho Brahe, Galileo y Kepler. Copérnico estableció la teoría heliocéntrica del sistema solar; Tycho acumuló las observaciones que permitieron a Kepler deducir las leyes del movimiento planetario; mientras que Galileo fundó la mecánica racional. Sobre estos cimientos levantó Newton el espléndido edificio de la astronomía gravitacional o mecánica celeste. En nuestros días Einstein ha modificado las concepciones clásicas, ha ampliado el horizonte y ha ideado una nueva representación de los movimientos celestes, cuya importancia no puede estimarse adecuadamente por

(*) Vivió posiblemente en el segundo siglo de la era cristiana.

ahora. De la época antigua, los únicos que merecen ser incluidos en la lista son Hiparco y Ptolomeo; sus contribuciones los colocan muy por arriba de los astrónomos del mundo antiguo, y su mancomunada autoridad se mantuvo firme hasta el advenimiento de Copérnico. En la astronomía descriptiva, que Galileo inició, reina sin rival Herschel. En astrometría, Hiparco aparece como iniciador y Tycho como su digno sucesor en los tiempos del medioevo. Finalmente, en astrofísica, además del inmortal Newton, cuyo descubrimiento de la naturaleza compleja de la luz blanca fué el requisito previo para el desarrollo de esa ciencia, tenemos a Kirchhoff, cuyas leyes de análisis espectral dieron la clave para la interpretación de los espectros.

UN CONSOCIO CONSTRUYE SU TELESCOPIO

Por ADOLFO C. ALISIEVICZ

En los Estados Unidos se cuentan por centenares los aficionados que fabrican sus propios telescopios. En la popular revista "Scientific American" hay una sección permanente donde aparecen las fotografías y los detalles de construcción de esos instrumentos. Los hay de todas formas y tamaños; algunos son construídos a todo costo, pero los más son el fruto de una gran ingeniosidad en adaptar piezas de uso común. El pulido de las lentes o espejos requiere cierta práctica y habilidad; pero muchos aficionados norteamericanos han llegado a ser consumados ópticos y su trabajo es de excelente calidad.

También en nuestra Asociación hay un grupo de aficionados que se dedica a la construcción de telescopios. Pocos por el momento, es de esperar que logren comunicar su entusiasmo a muchos otros, y que consigan así que su simpático "hobby" se haga tan popular en nuestro país como lo es ya en los Estados Unidos.

Nuestro consocio señor José Cousido está en camino de convertirse en un verdadero perito en la construcción de telescopios caseros. Se ha dedicado a la tarea con celo ejemplar y, guiado por los consejos técnicos del doctor Ulises L. Bergara, ha conseguido vencer todas las dificultades que se le presentaron. Lleva pulidos hasta la fecha cinco espejos de reflector (uno de 15 cm. y cuatro de 20 cm.), de modo que ha logrado adquirir una buena experiencia en la materia. No nos sorprendería verlo emprender la difícil tarea de dar forma a un espejo de gran tamaño; y estamos seguros de que la llevaría a buen fin. Además, ha terminado su telescopio en todos sus detalles mecánicos. La figura 30 muestra el instrumento; al lado del mismo, en una pose de legítimo orgullo, aparece su constructor.

Se trata de un reflector de 20 cm. de abertura y de 147 cm. de distancia focal, montado azimutalmente. El tubo es de madera, de sección exagonal. Como buscador se ha adaptado un catalejo de

30 cm. de distancia focal. Como oculares se usan tres oculares de microscopio. El instrumento da excelentes imágenes. Desgraciadamente, el clima de Buenos Aires obliga a platear el espejo con relativa frecuencia.

El señor Cousido ha gastado unos doscientos pesos en construir este telescopio. No es ésta una suma despreciable; pero, adquirido el instrumento en una casa de óptica, hubiese costado mucho más. Debe observarse además que el dinero se va gastando poco a poco, a medida que se van fabricando o adquiriendo las distintas piezas, de modo que la empresa está al alcance del bolsillo de la mayoría de nuestros asociados. Más que dinero, lo que se necesita es entusiasmo y constancia.

Muy satisfecho ha de sentirse el señor Cousido. Por nuestra parte lo felicitamos cordialmente. Esperamos que se decida a relatar a sus consocios, en un próximo número de la REVISTA ASTRONÓMICA, sus experiencias sobre la construcción de telescopios.

Buenos Aires, septiembre de 1935.

BIBLIOGRAFIA

RESULTADOS DEL OBSERVATORIO NACIONAL ARGENTINO - VOL. 34 - CONSTANTES DE PLACA, TABLAS DE REDUCCION Y CATALOGO DE POSICIONES DE LAS ESTRELLAS DE REPERE PARA LOS CATALOGOS ASTROGRAFICOS. (Córdoba, 1934).

La primera mitad del volumen da las constantes de las 1360 placas de la zona de Córdoba (-24° a -31°) del Catálogo Astrográfico Internacional; contiene también una serie de tablas de reducción y diversos datos de interés.

La segunda mitad está formada por el catálogo de las 6429 estrellas de répère que han servido para determinar las constantes de placa. Este importante trabajo ha sido realizado por el astrónomo Sr. Luis C. Guérin, quien entre el 14 de febrero de 1917 y el 4 de enero de 1918 efectuó la considerable cantidad de 15.298 observaciones de ascensión recta y declinación, utilizando el círculo meridiano de Repsold que posee el Observatorio de Córdoba. Cada estrella ha sido observada 2 veces; se ha registrado el tránsito sobre 6 hilos del retículo, usando manipulador. La precisión de las observaciones es muy satisfactoria; y en general se puede decir que todo el trabajo ha sido realizado con prolijidad digna de encomio. Es indudable que las posiciones dadas por el Sr. Guérin serán muy apreciadas por los astrónomos.

Con la publicación de este volumen, el Observatorio de Córdoba ha terminado su zona del Catálogo Astrográfico Internacional. Los ocho volúmenes anteriores dan 467.385 pares de coordenadas rectilíneas medidas sobre las placas, que pueden transformarse en ascensión recta y declinación usando las constantes dadas en este volumen. Como cada estrella figura generalmente dos veces en el catálogo, puede decirse que quedan fijadas las posiciones de un cuarto millón de estrellas.

La presentación tipográfica del volumen es excelente.

J. J. N.

URANIA EN CHINELAS

Por LYNCEUS

“La vanité est si ancrée dans le coeur de l'homme, qu'un soldat, un goujat, un cuisinier, un crocheteur se vante et veut avoir ses admirateurs : et les philosophes même en veulent. Et ceux qui écrivent contre veulent avoir la gloire d'avoir bien écrit; et ceux qui le lisent veulent avoir la gloire de l'avoir lu; et moi qui écris ceci, ai peut-être cette envie; et peut-être que ceux qui le liront...” (Pensées de Pascal).

¡Cuán cierto es todo eso! No solo los cocineros y los mozos de cordel, sino hasta los mismos astrónomos tienen vanidades. Defecto tan feo no sorprende en marmitones y ganapanes, gente de baja estofa, llena de ignorancia y de prejuicios; pero extraña en astrónomos. Pásanse éstos la vida contemplando la magnificencia de los cielos ¿y les queda aún vanidad? Pues sí: que hechos de barro humano son. Los astrónomos saben, mejor que nadie, cuán insignificante es el hombre; pero, como diría Pascal, “ils veulent avoir la gloire de le bien savoir”, y sienten un perverso placer en anonadar a sus semejantes con sus distancias de millones de parsecs y sus tiempos de billones de años. — Se acerca al telescopio una gentil jovencita: es un *roseau*, si no *pensant*, por lo menos muy bello y muy frágil; mira la pálida nebulosa y pregunta por su distancia. Y el astrónomo responde con fingida despreocupación: “La luz, que recorre trescientos mil kilómetros por segundo, tarda un millón de años en llegar desde esa nebulosa hasta nosotros; dicho de otra manera, la nebulosa está a la distancia de 10.000.000.000.000.000.000 kilómetros”. Tiembla el *roseau*, sacudido por la metralla de tantos cerros; y el astrónomo goza viendo como ese ser, tan bello y tan frágil, realiza de pronto su insignificancia, toda su irremediable in-

significancia humana. Es un espectáculo realmente repulsivo. Nada extraño tiene que Schiller gritara indignado:

Schwatzet mir nicht so viel von Nebelflecken und Sonnen!

Pero, como dijo el Predicador, lo torcido no se puede enderezar: mis colegas, los astrónomos, conservarán su pequeña vanidad a pesar de todas las reflexiones pascalianas. Así, pues, me dejaré de jeremiadas filosóficas y trataré la materia con criterio estrictamente profesional. Desde este punto de vista, la manufactura y difusión de cifras despampanantes aparece como un precioso privilegio de nuestro gremio. Sin lugar a dudas, el gran prestigio social de los astrónomos depende directamente del misterioso respeto que infunden sus números. Por lo tanto, es deber ineludible de todo buen astrónomo el velar para que las cifras de Urania puedan circular por el mundo en su prístino esplendor, protegiéndolas de manos aviesas que tratan de amenguar su opulencia de ceros.

Lo indicado sería restringir la difusión impresa de esos números a publicaciones de carácter estrictamente científico (como la REVISTA ASTRONÓMICA). Evitariáse así la horrorosa mutilación de nuestras queridas cifras, que, amparados en la general licencia de estos tiempos, perpetran con toda impunidad los rotativos. Casi a diario recibo denuncias concretas de desmanes incalificables; las tengo archivadas en una gruesa carpeta marcada con el signo del Escorpión. No tengo más que abrirla.....

Por ejemplo. En LA PRENSA del 5 de septiembre último aparece una figurita de algo como un horno para tortas, debajo de la cual hay una leyenda que reza así:

“En los laboratorios experimentales de Schenectady, el doctor C. G. Suits ha logrado, según afirma, producir una temperatura de 7.000 grados centígrados, es decir, unos 2.000 más que la temperatura media del sol”.

Ah, non, par exemple! Únicamente un miserable escriba de rotativo puede ser capaz de semejante difamación del vigor de nuestro Astro Rey. ¿Qué respeto se podría tener del Sol si su temperatura media fuese de 5.000°? Y sobre todo ¿qué papel haríamos nosotros astrónomos si estuviésemos obligados a citar una cifra con solo tres ceros? Gracias a Dios, Febo, aunque no es ya un mozalbete, soporta sus años con toda gallardía; se mantiene bien calentito y no necesita recurrir a la Sunamita. Su pellejo podrá tener solo 5.000° o

6.000° de temperatura; pero sus entrañas están llenas de vida y calor. Un aventurero inglés, Sir Arthur Eddington, que anduvo por allí con un termómetro, aseguró bajo palabra de honor que las temperaturas llegaban a expresarse por una cifra significativa seguida de siete ceros. ¡Siete ceros! eso ya es algo. Los astrónomos confirieron una medalla a Sir Arthur por haber salvado la vanidad del gremio. De modo que ya pueden decirle los de LA PRENSA al doctor C. G. Suits que siga echando leña a su hornito.

Pero el sórdido encono de los rotativos no se limita a la amputación de varios ceros en la temperatura media del Sol; llega hasta robarnos muchas toneladas en el peso de nuestros propios instrumentos! En LA RAZON del 10 de septiembre se puede leer lo siguiente:

“A orillas del lago Ontario se ha instalado uno de los telescopios más grandes del mundo, perteneciente a la Universidad de Toronto. El aparato pesa dos mil quinientos kilogramos y su espejo consiste en un bloque de cristal de treinta centímetros de espesor por dos metros y medio de diámetro”.

Ante todo, el diámetro del espejo no es de 250 cm., sino de 193 cm.; pero, como se trata de un pequeño error de solo 30 % y está a nuestro favor, haré la vista gorda. Lo que subleva es lo del peso. ¡El reflector del “David Dunlap Observatory”, segundo del mundo por su abertura, pesando 2.500 kilogramos! ¡Inaudito! ¡Eso es lo que pesa un vulgar cañoncito del 3 de Artillería! La verdad, para honra de la astronomía, es muy otra. El eje polar pesa nueve toneladas y media; el eje de declinación, tres toneladas y media; el espejo, dos toneladas y media; su celda, una tonelada; la pieza central del tubo, cuatro toneladas y media; y faltan todavía en la cuenta los círculos, las transmisiones de movimiento, el esqueleto superior del tubo, el contrapeso, los cojinetes, la relojería, el espectroscopio. Y si esto no basta, sepan los señores de LA RAZON que se emplearon nada menos que treinta y dos mil (32.000) pernos para aplicar las chapas de la cúpula que cobija al magnífico instrumento.

Cierro la carpeta marcada con el signo del Escorpión; no es posible comentar uno por uno los mil desmanes rotativescos. Pero ya se habrá comprendido que, si no se pone coto a tan impudente audacia, bien pronto no quedarán ni rastros de nuestro prestigio.

Y el día en que los astrónomos dejen de ser reverenciados, peligrará todo el orden social. Impónense medidas radicales. Estas reflexiones me mueven a iniciar una campaña pro-sanción de la LEY DE PROTECCION A LAS CIFRAS ASTRONOMICAS, para cuyo articulado propongo el texto siguiente:

Art. 1º — Todo rotativo de tiraje neto superior a 10.000 ejemplares conchabará como asesor técnico un astrónomo debidamente patentado, que será el único autorizado para publicar datos referentes a dimensiones de telescopios, temperaturas del Sol, distancias de estrellas, etc.

Art. 2º — El sueldo del astrónomo será, en pesos moneda nacional, el uno por ciento del tiraje neto.

Art. 3º — El rotativo que infringiera lo dispuesto en el art. 1º será castigado como perturbador del orden público.

Descuento la adhesión entusiasta de todos los buenos ciudadanos. El correspondiente petitorio al H. Congreso de la Nación puede ser firmado en mi residencia de Monte Chingolo (F.C.P.B.A.) los días hábiles de 15 a 19 horas.

NOTICIARIO ASTRONÓMICO

NOTAS COMETARIAS. — Hasta el presente número no se han publicado “notas cometarias” este año. Y de buena fe, del punto de vista del aficionado, no ha habido motivo para ellas. La primera noticia del descubrimiento del cometa 1935 *a*, Johnson, fué comunicada ya en el número final del Tomo VI. Debido a que el anteojo grande del Observatorio estaba todavía fuera de uso por las reparaciones que se efectuaban a su cúpula, no hubo posibilidad de efectuar en La Plata observaciones de valor científico, aunque el cometa fué avistado en condiciones no muy favorables con el Buscador de Cometas de 200 mm. de abertura. Este cometa pasó al hemisferio boreal con relativa rapidez, y si bien aumentó un poco en brillo al principio, no llegó a sobrepasar a la novena magnitud. Órbitas preliminares fueron calculadas en Johannesburg, Copenhague y Berkeley, y otras más exactas en Ann Arbor y Berkeley. Estas están de acuerdo en que la órbita es elíptica, y un promedio de ellas da:

$$\begin{aligned} T &= 1935 \text{ Febrero } 26, 483 \\ \omega &= 18^{\circ} 24', 0 \\ \Omega &= 91 \quad 31,2 \\ i &= 65 \quad 26,3 \\ q &= 0,81120 \\ e &= 0,990925 \end{aligned}$$

Si bien una órbita elíptica indica que el cometa es periódico, el período indicado por estos elementos es de alrededor de 850 años.

El segundo cometa del año fué descubierto como objeto difuso de magnitud 13 por Jackson, en el Observatorio del Cabo, 1935 junio 19,7258 en $\alpha = 16^{\text{h}} 44^{\text{m}} 20^{\text{s}}$, $\delta = -19^{\circ} 48'$. El movimiento diario indicado fué de $-1^{\text{m}} 52^{\text{s}}$, $-4'$, de manera que la declinación austral aumentaba. A pesar de varias tentativas de observarlo en La Plata, no hubo caso de verlo siquiera, ni mucho menos de medir sus coordenadas. Este resultado negativo quedó justificado posteriormente, pues observaciones fotográficas en Yerkes y en Harvard indicaron que su magnitud verdadera era de 14 a 15, y no 13 como decía el

telegrama. Los elementos comunicados indican una órbita parabólica con movimiento retrógrado y un perihelio bastante afuera de la órbita de Marte. Son:

$$\begin{aligned} T &= 1934 \text{ Sept. } 19,883 \\ \omega &= 128^\circ 30',9 \\ \Omega &= 73 \quad 14,5 \\ i &= 142 \quad 12,5 \\ q &= 3,635 \end{aligned}$$

El cometa 1935 *c* es una reaparición del cometa periódico 1927 III, Comas Solá, que fué hallado por Jeffers en el Lick Observatory el 12 de agosto como objeto difuso de magnitud 14. Deberá llegar a magnitud 13 durante el mes de noviembre, pero quedará en el hemisferio boreal durante esta aparición.

El cuarto cometa del año fué descubierto por van Biesbroeck en el Yerkes observatory, en la posición:

$$\begin{aligned} &1935 \text{ Agosto } 21,1354 \text{ T. U.} \\ \alpha &= 19^h 41^m 36^s,7 \\ \delta &= -17^\circ 23' 4'' \end{aligned}$$

con movimiento diario de -44^s , $+6',5$. Siendo un objeto difuso de magnitud 14, se descontaba que sería inútil buscarlo con los medios a nuestra disposición, a pesar de su declinación austral. De haber sido posible, habría sido tan útil como interesante seguir su movimiento, pues se trataba de un caso de soluciones múltiples, como evidencian los sistemas de elementos comunicados, que son:

	Yerkes	Berkeley	Harvard
T =	1935 Dic. 9,13	1935 Nov. 25,07	1935 Junio 10,21
ω =	$78^\circ 17'$	$76^\circ 23'$	$354^\circ 7'$
Ω =	299 20	299 1	299 47
<i>i</i> =	12 22	10 4	74 57
<i>q</i> =	1,439	1,386	4,884

La diferencia entre las primeras dos órbitas no es más de lo que debe esperarse con un cometa difuso e intervalos de un día, pero la tercera corresponde a una solución completamente distinta.

B. H. D.

LA ROTACION DE VENUS. — Como todos saben, el período de rotación de Venus ha sido y sigue siendo para el astrónomo un interrogante de difícil solución; por ello han sido acogidas con gran interés las observaciones recientes efectuadas por un aficionado estadounidense de Oak Park (Illinois) llamado Edwin P.

Martz, quien observó en el hemisferio boreal de Venus, durante dos semanas, una mancha brillante y difusa cuyo movimiento le condujo a un período de rotación del planeta de 37 días.

Muchos han sido los astrónomos que han dirigido sus anteojos al vecino planeta con el objeto de distinguir manchas o detalles de su superficie que les permitiera fijar el tiempo de su rotación. Pero estas manchas, cuando existen, son sumamente difusas y variables de aspecto, lo que hace muy dificultosa su observación; a este inconveniente se une la escasa visibilidad diaria del planeta (siempre a poca altura sobre el horizonte, donde las imágenes telescópicas son por lo general movedizas y poco definidas), los períodos de invisibilidad durante sus conjunciones con el Sol, y las fases que ocultan una parte más o menos grande de su superficie.

Juan Domingo Cassini parece ser el primero que, en base a una mancha blanca que observó en el disco de Venus, determinó un período de rotación de $23^{\text{h}} 18^{\text{m}}$. Le siguieron Bianchini, que obtuvo $24^{\text{d}} 8^{\text{h}}$; Jacques Cassini, $23^{\text{h}} 22^{\text{m}}$; Schroeter, $23^{\text{h}} 21^{\text{m}} 19^{\text{s}}$; de Vico, $23^{\text{h}} 21^{\text{m}} 22^{\text{s}}$...

Según Schiaparelli, que hizo una extensa discusión de las observaciones anteriores y de las suyas propias, el período de rotación de Venus sería igual al de su revolución alrededor del Sol (225 días) de tal suerte que dicho planeta presentaría constantemente el mismo hemisferio dirigido al astro central, en forma análoga a lo que ocurre con nuestro satélite respecto de la Tierra. Aunque este resultado fué severamente criticado por varios astrónomos de su tiempo, fué en cambio apoyado por Percival Lowell, en base a las observaciones efectuadas desde su magnífico observatorio particular instalado en Flagstaff (Arizona).

Se esperó llegar a un resultado definitivo aplicando el método fundado en el principio de Doppler sobre las desviaciones de las líneas espectrales de los cuerpos en movimiento, observando la diferencia de velocidad de uno y otro borde del planeta. Al principio los resultados fueron contradictorios a causa de la pequeñez de la velocidad a determinar, pero las observaciones más precisas efectuadas en Lowell y Monte Wilson están de acuerdo en indicar que el período tiene que ser bastante mayor de un día y muy probablemente mayor de 20 días. Por otra parte, fotografías tomadas por Ross en luz ultra-violeta no admiten la existencia de un período corto.

Las observaciones recientes de Martz, que dan, como hemos dicho, un período de 37 días, están de acuerdo con estas últimas conclusiones. Pero lo que más merece destacarse, es el procedimien-

to empleado por Martz en su observación. Unas veces se sirvió de un espejo de 6 pulgadas, otras de un pequeño refractor de 3 pulgadas de abertura diafragmado a una pulgada y que le daba imágenes nítidas con un aumento de 200 veces. El ocular fué provisto de otro diafragma para reducir el campo de observación y poder eliminar el brillo de la mayor parte del disco del planeta (esto último basado en una sugestión de Barnard). Hizo entonces sus observaciones colocando inmediatamente delante del ocular filtros de diversos colores, encontrando que el que le daba mejor imagen, en relación con la abertura del diafragma, era una placa de gelatina rojo-oscura. Además, al efectuar las observaciones siempre tenía cuidado de cubrir su cabeza — como los fotógrafos de nuestras plazas — con un paño negro, a fin de eliminar de la vista toda luz extraña. (*J. A. B.*).

SOBRE EL METEORO DEL 18 DE MAYO. — Por intermedio de nuestro consocio el doctor J. Hartmann, de Gotinga, Alemania, hemos recibido una nueva comunicación relativa al meteoro notable del 18 de mayo del corriente año, cuyas observaciones se han publicado en los dos números anteriores de esta Revista (pág. 192 y 273).

La presente comunicación, fechada en mayo de 1935, proviene del señor MIGUEL ANGEL RAU (Est. Las Cuevas, Doll, Dto. Diamante, E. Ríos), quien observó también el meteoro del 12 de enero de 1934*, y que dice:

“Le informo que el sábado 18 del corriente mes, siendo las 17 y 45, observé en el firmamento, en dirección al centro y con una ligera inclinación hacia el Sur, una luz enorme, color azul eléctrico, la cual emprendió una veloz carrera en dirección hacia el Sur-Oeste. Duración: 5 segundos aproximadamente. Dejó en su trayecto una estela luminosa, color plateado. La gente que en ese momento transitaba por la calle, gritaba y huía despavorida, sin saber a qué atribuir dicho fenómeno”.

El señor Rau acompaña un croquis de la trayectoria, según el cual el meteoro apareció un poco al Sud del cenit y desapareció en el punto S.O. del horizonte.

METEORO BRILLANTE. — Por intermedio de nuestro presidente se ha recibido la noticia de un meteoro brillante que apareció en la noche del 21 de septiembre, a las 21^h 42^m hora argen-

(*) Ver REVISTA ASTRONÓMICA, Tomo VII, N° II, p. 75 (1935).

tina. El meteoro fué observado por su señora, la de nuestro con-socio F. Aguilar e hijas de ambos, desde el jardín del Observatorio de La Plata. Parecía bastante mayor que Venus, teniendo color rosado y dejando una estela de chispas de poca duración. Llamaba la atención su movimiento aparente casi horizontal y extraordinariamente lento. Fué avistado en $\alpha = 23^h 5^m$, $\delta = +40^\circ$ y después de haber recorrido más de 60° se perdió de vista detrás de unos árboles en $\alpha = 2^h 25^m$, $\delta = -1^\circ$ aproximadamente.

DISTRIBUCION DE LAS NEBULOSAS EXTRA-GALACTICAS. — Los estudios sobre nebulosas extra-galácticas (espirales), realizados especialmente con los dos grandes reflectores de Mount Wilson, son quizás los más importantes de la astronomía contemporánea. Un astrónomo de ese observatorio, Hubble, ha publicado hace poco los resultados de su investigación sobre la distribución de esos objetos.

No han faltado estimaciones sobre el número de nebulosas, pero todas ellas estaban basadas en un material observacional incompleto e inhomogéneo. Hubble decidió, en 1926, obtener con los dos reflectores de Mount Wilson las placas necesarias para llegar a resultados seguros. Pacientemente acumuló cerca de 1300, convenientemente distribuidas sobre toda la zona del cielo que la situación geográfica de esos telescopios permite observar. En general, las placas tiene una exposición de una hora y llegan hasta la magnitud fotográfica 20. Las nebulosas que aparecen en cada placa fueron cuidadosamente contadas; y aplicando una serie de correcciones para reducir todas las observaciones a un sistema uniforme, se dedujo la densidad, o número de nebulosas por grado cuadrado, en la región del cielo correspondiente a cada placa.

Se sabía ya que la nebulosa extra-galácticas “evitan” la región de la vía láctea; Hubble ha podido trazar con precisión los límites de esa “zone of avoidance”, motivada por la interposición de materia absorbente. La variación de la densidad según longitud se muestra sólo en latitudes bajas. En cambio, es evidente un efecto de latitud, que queda bien representado por la fórmula:

$$\log N_m = C - 0,15 \operatorname{cosec} \beta$$

donde N_m es la densidad (magnitud límite m), C una constante y β la latitud.

En la región de los polos galácticos, la fórmula que da N_m en función de m es:

$$\log N_m = 0,6 m - 9,12$$

Ahora bien: la densidad en los polos galácticos es probable-

mente la que se observaría en todo el cielo si se pudiese suprimir la absorción motivada por la materia galáctica. Aceptando esa hipótesis, calculemos el número total T_m de nebulosas más brillantes que la m magnitud sobre todo el cielo. Se tiene:

m	N_m	T_m
—	—	—
16	3	100.000
18	48	2.000.000
20	760	30.000.000
22	12.000	500.000.000

Se ve en qué formidable forma crece el número de nebulosas a medida que se observan objetos más débiles. Ya en 1925 anunció Hubble que en los polos galácticos, observando hasta la magnitud 21, se veían tantas nebulosas como estrellas. Yendo aún más allá, las nebulosas deberán ser más numerosas que las estrellas. Desgraciadamente, el reflector de 250 cm. de Mount Wilson no permite observar convenientemente nebulosas más débiles. Debemos esperar pues a que el gran telescopio de 500 cm. de Mount Palomar entre en función.

Otro resultado muy importante del trabajo de Hubble es que, hasta la magnitud 20, la distribución de las nebulosas en profundidad parece ser uniforme; o dicho de otra manera, no hay indicios de que el sistema de las nebulosas comience a ralearse a las distancias alcanzadas.

Finalmente, recurriendo a varias hipótesis más o menos aceptables, Hubble calcula de densidad media δ de la materia en el Universo, llegando al valor

$$\log \delta = -30 \text{ g/cm}^3$$

a lo que correspondería un sol cada dos millones de parsecs cúbicos; pero esto deja fuera de la cuenta la materia internebular, cuya masa es muy difícil de apreciar, pero que puede ser muy considerable, quizá superior a la de las nebulosas mismas.

ABSORCION GALACTICA. — En las "Publications of the Washburn Observatory" los astrónomos J. Stebbins y C. M. Huffer dan los resultados de sus observaciones del índice de color de 733 estrellas de tipo B, determinados con fotómetro a célula fotoeléctrica y filtros azul y amarillo. La precisión de las medidas es grande: según los autores, el error probable de un índice de color de su catálogo no es mayor de $\pm 0^m,02$.

Este trabajo es particularmente interesante debido a las indi-

caciones que da sobre la materia galáctica interestelar. Cuanto mayor sea la cantidad de dicha material que la luz de una estrella deba atravesar para llegar a nosotros, tanto mayor será también el índice de color (enrojecimiento) de esa estrella. Las observaciones de Stebbins y Huffer evidencian sin lugar a dudas la existencia de materia absorbente en la región del plano galáctico. Pero, al mismo tiempo, muestran que la distribución de esa materia es muy irregular, habiendo zonas en las que su acción es extraordinariamente fuerte. Quizás trabajos posteriores nos den una idea más clara de su distribución.

En cuanto al valor medio de la absorción, dentro de la zona de 10° que comprende la vía láctea, es de más o menos una magnitud por cada mil parsecs; pero hay regiones en que es considerablemente mayor. Una consecuencia directa de esto es que las distancias de objetos de esta zona, derivadas de consideraciones fotométricas (por ejemplo, de las magnitudes aparentes de las cefeidas), deben ser considerablemente reducidas. Desgraciadamente, parece que no se podrá operar en general, sino que se deberá considerar región por región.

Otro resultado importante del trabajo de Stebbins y Huffer es que no hay ninguna correlación entre el índice de color de las estrellas investigadas y la intensidad de las líneas de calcio interestelar de sus espectros. Por lo tanto, la nube de calcio no está condensada en una delgada capa próxima al plano galáctico, como lo está la materia que motiva el enrojecimiento de la luz de las estrellas.

DIMENSIONES DE LAS NEBULOSAS ESPIRALES. —

En un trabajo publicado en 1929, basado en el estudio de muchas placas de larga exposición tomadas con los grandes reflectores de Mount Wilson, el astrónomo norteamericano E. Hubble deducía los siguientes datos sobre la gran nebulosa espiral de Andrómeda:

- a) — Distancia: 900.000.000 años-luz.
- b) — Eje mayor: $160' = 40.000$ años-luz.
- c) — Eje menor: $40' = 10.000$ años-luz.

Las dimensiones aparentes $160' \times 40'$ parecían bien determinadas; sin embargo, varias investigaciones muy recientes prueban que se refieren a la parte central y brillante de la nebulosa, que en realidad es mucho más grande.

En 1933, J. Stebbins y A. E. Whitford adaptaron un fotómetro foto-eléctrico muy sensible al gran reflector de 250 cm. de Mount Wilson y efectuaron un "corte" de la nebulosa, midiendo su brillo cada $10'$ de declinación. Los resultados fueron sorpren-

dentes: el fotómetro empezaba a marcar un brillo superior al del fondo del cielo muy por fuera de los límites adoptados por Hubble. Por lo tanto, es forzoso admitir que la nebulosa tiene dimensiones mayores que las supuestas anteriormente, aunque su región externa es muy poco brillante. Los dos autores no llegan a resultados definidos sobre el tamaño de la nebulosa, pues hubieran necesitado efectuar varios cortes fotométricos, investigando toda el área cubierta por el objeto; pero pueden adelantar que las dimensiones de Hubble deberán ser duplicadas o triplicadas.

Estos resultados han sido confirmados en el observatorio de Harvard. Se han tomado allí placas de larga exposición con las pequeñas "patrol cameras", y esas placas han sido examinadas con microfotómetros registradores muy sensibles (densitómetros). Las dimensiones aparentes de la nebulosa de Andrómeda resultaron ser $270' \times 240'$; aceptando la distancia de 900.000.000 años-luz, las dimensiones reales del objeto, según los ejes mayor y menor, serían respectivamente 65.000 y 60.000 años-luz; pero Shapley advierte que quizá observaciones posteriores, realizadas con más refinamiento, hagan aumentar aún esos valores. Es de notar que la familiar forma elíptica de la nebulosa de Andrómeda corresponde sólo al núcleo brillante: el límite real del objeto parece ser casi circular.

En Harvard se ha aplicado el mismo método a otras nebulosas. Los diámetros determinados con el densitómetro resultan ser, casi sin excepción, superiores a los deducidas por los métodos habituales; en algunos casos el objeto resulta ser hasta seis y ocho veces mayor.

NUEVOS DATOS SOBRE NUESTRA GALAXIA. — En el observatorio de Victoria (Canadá) se ha determinado cuidadosamente la velocidad radial de unas mil estrellas de tipos O y B, empresa que ha requerido diez años de labor. Tales estrellas son las más luminosas del cielo, y por lo tanto es posible observarlas con precisión espectroscópicamente, aún cuando se encuentren a distancias muy grandes. En una importante memoria aparecida en los "Monthly Notices" los astrónomos J. S. Plaskett y J. A. Pearce utilizan ese material para obtener una serie de datos sobre nuestra galaxia.

En el último decenio ha quedado perfectamente establecido que nuestro sistema galáctico está animado de un movimiento de rotación alrededor de un centro situado en la dirección del Sagitario. Según investigaciones de Shapley, los cúmulos globulares forman un sistema cuyo centro está en la misma dirección. En estudios anteriores (Lindblad, Oort, Charlier, Plaskett, Pearce), se han logra-

do ya resultados muy valiosos sobre la rotación galáctica; pero el nuevo trabajo de los astrónomos canadienses, por lo apropiado y homogéneo del material observacional empleado, da valores más seguros.

Nos limitaremos a transcribir los resultados directamente deducidos o aceptados como más probables:

- a) — Longitud del centro galáctico: 324°
- b) — Distancia del Sol al centro galáctico: 33.000 años-luz.
- c) — Velocidad de la rotación galáctica en la región del Sol: 275 km/sec.
- d) — Período de la rotación galáctica en la región del Sol: 224.000.000 años.
- e) — Diámetro de la galaxia: 100.000 años-luz.
- f) — Masa de la galaxia: $16,5 \times 10^{10}$ veces la masa del Sol.

LA GALAXIA Y LAS NEBULOSAS ESPIRALES. — La teoría de los “universos-islas” sugerida por Herschel ha sido definitivamente confirmada por las investigaciones realizadas en los últimos decenios. No hay duda que las nebulosas espirales son enormes conglomerados de estrellas y materia difusa análogos a nuestra galaxia. Pero hasta ahora estábamos frente a un resultado sospechoso: la galaxia era demasiado grande... o bien las nebulosas demasiado chicas, como se lo quiera decir. El sistema de nuestra vía láctea aparecía como una nebulosa espiral monstruo, de dimensiones mucho mayores que las otras. Hace tiempo que la Tierra fué clasificada como planeta de segunda categoría dentro del sistema solar. Después se comprobó que el esplendoroso Febo no era sino una estrella del montón, de una mediocridad desalentadora. ¿Por qué, pues, nuestra galaxia debía ser mayor que sus hermanas? Los astrónomos estaban incómodos por tanto honor; no les parecía justo que el hombre, ese ser tan perverso, mereciese el sistema estelar n° 1.

Parece que en el futuro podremos estar tranquilos, en la seguridad de no ocupar una situación inmerecidamente privilegiada. En primer lugar, las nebulosas crecen: un indicio de que son más grandes de lo que se había supuesto lo dió el descubrimiento, hecho por Hubble en 1932, de que la nebulosa de Andrómeda estaba rodeada de cúmulos globulares (ver nuestra REVISTA ASTRONÓMICA, Tomo IV, pág. 196); con las nuevas investigaciones realizadas en Mount Wilson y en Harvard, el punto queda definitivamente fijado. En segundo lugar, nuestra galaxia se achica: en 1918 Shapley estimaba su diámetro en 300.000 años-luz; pero en nuestros días Trumpler,

Hubble, Stebbins y otros muestran que, tomando en cuenta la absorción debida a la materia difusa, esas dimensiones deberán reducirse; y por otro camino Plaskett y Pearce derivan un valor tres veces menor que el obtenido por Shapley. Todo ello hace que debamos considerar a nuestra galaxia y a la nebulosa de Andrómeda como objetos de iguales dimensiones.

Así, pues, el hombre no podrá ya vanagloriarse de habitar el más grande sistema estelar del Universo. Como consuelo, es probable que recuerde las amargas y altivas palabras de Pascal: "L'homme n'est qu'un roseau, le plus faible de la nature, me c'est un roseau pensant... Quand l'univers l'écraserait, l'homme serait encore plus noble que ce que le tue, parce qu'il sait qu'il meurt... Toute notre dignité consiste en la pensée..."

R. P. JOSE UBACH MEDIR S. J. — El 2 de octubre falleció en Montevideo el R. P. José Ubach Medir S. J., religioso muy conocido en nuestra Capital por su actuación científica y didáctica. El R. P. Ubach nació en 1871, en Barcelona, y pertenecía a la Compañía de Jesús desde los 17 años. Realizó sus estudios en diversos centros de enseñanza jesuítica, como Veruela, Oña, Tortosa y Valkenburg. Desde temprano manifestó particular inclinación por las ciencias matemáticas, físicas y astronómicas. Fué uno de los organizadores del Observatorio del Ebro, ejerciendo por algún tiempo la jefatura de su sección de magnetismo y electricidad telúrica. De 1897 a 1902 y desde 1911 hasta su fallecimiento, actuó en nuestro medio, adquiriendo merecida reputación como profesor de varios institutos religiosos. Escribió libros de teología, psicología y ciencias exactas; en el campo astronómico se le deben varias memorias sobre eclipses. Sus virtudes le habían granjeado general respeto y estima.

OBSERVACION DE LAS LEONIDAS. — Entre el 14 y 19 de noviembre próximo, después de medianoche, se producirán las lluvias de meteoros, conocidas por las Leónidas, por tener su radiante en la constelación del León. Recomendamos a nuestros asociados y aficionados observar esta nueva reaparición, rogando comunicar los resultados a la Dirección de la REVISTA ASTRONÓMICA.

Las instrucciones completas y otros datos ilustrativos se encontrarán en la REVISTA ASTRONÓMICA, tomo III, pp. 318 y 389; tomo IV, pp. 115 y 369.

NOTICIAS DE LA ASOCIACION

NUEVOS SOCIOS. — Han ingresado recientemente a nuestra Asociación los siguientes nuevos socios:

FUNDADOR:

Señor HOMERO RODOLFO SALTALAMACCHIA, socio activo desde el segundo trimestre de 1935, pasó a la categoría de socio fundador; presentado como tal por Laureano Silva y Carlos L. Segers.

ACTIVOS:

PABLO CARLOS MAGISTRALI, constructor, Antezana 271, Buenos Aires, desde el tercer trimestre de 1935; presentado por Carlos Cardalda y Ernesto A. Minieri.

JUAN LUIS BERGERAS, hacendado, Malaspina (Chubut), desde el tercer trimestre de 1935; presentado por Carlos L. Segers y Laureano Silva.

BASILIO VIDAL, comerciante, San Martín 66, Buenos Aires, desde el tercer trimestre de 1935; presentado por Adolfo Mugica y Carlos Cardalda.

PAGOS. — Rogamos a aquellos de nuestros asociados que suelen hacer sus pagos con cheques o giros, que lo hagan a nombre de la ASOCIACIÓN ARGENTINA “AMIGOS DE LA ASTRONOMÍA”, sobre Buenos Aires, y no a nombre de cualquier dirigente o miembro de la Comisión Directiva, a fin de facilitar los trámites para su cobro.

EFEMERIDES ASTRONOMICAS. — Próximamente se recibirá del Observatorio Naval de los Estados Unidos de América, Washington, un ejemplar del *American Ephemeris and Nautical Almanac* para el año 1896, con el cual la biblioteca de la Asociación contará con una colección de efemérides astronómicas desde 1885 hasta la fecha.

EMBLEMA DE LA ASOCIACION. — Nos permitimos recordar a nuestros asociados, subscriptores y simpatizantes, que la Asociación ha llamado a concurso de proyectos de emblemas, para elegir

el que será el distintivo de la Asociación. Los motivos y atributos deben ser todos relacionados con la ciencia astronómica, debiendo enviarse tres diseños, uno con todo detalle para los diplomas que se extenderán a los socios, y otros dos, con la figura central del diploma, para medallas, premios, membretes y sellos de la Asociación.

Los proyectos pueden remitirse a la Secretaría o a la Biblioteca.

El jurado será la Comisión Directiva, que acordará al autor del emblema elegido un diploma especial como premio. Se podrán remitir tantos proyectos como se desee. No es indispensable que los dibujos estén perfectamente acabados, admitiéndose los también en forma esquemática, pues lo esencial es la expresión simbólica del emblema; en tal caso la Asociación los hará ejecutar por un artista.

NUEVOS ESTATUTOS. — El 31 de agosto último se realizó la Asamblea extraordinaria en la que se aprobaron en minoría los nuevos Estatutos sociales que servirán para obtener la Personería Jurídica para la Asociación. En ella se estudió el articulado del proyecto de Estatutos propuesto por la C. D. y que oportunamente se distribuyó a todos los asociados, siendo éstos aprobados con ligeras modificaciones. Próximamente se solicitará a los socios que no concurrieron a la Asamblea extraordinaria, la ratificación de lo resuelto en esta reunión.

VISITA AL OBSERVATORIO DE LA PLATA. — Con buen éxito se realizó el sábado 5 de octubre la anunciada visita al Observatorio de La Plata, la que había sido preparada por la Comisión Directiva, con el objeto de que nuestros socios pudieran observar con el gran ecuatorial Gautier, algunas de las maravillas del firmamento. Felizmente el tiempo acompañó a los visitantes, mostrándose propicio, con atmósfera despejada y cielo bueno, pudiéndose así cumplir el programa trazado.

Nuestro presidente, doctor Bernhard H. Dawson, conjuntamente con el señor Juan José Nissen, quienes forman parte del personal superior del Observatorio, atendieron a los visitantes con la amabilidad de siempre, desarrollándose así una interesante charla astronómica.

Con esta visita, la tercera que se efectúa en el año, la Asociación

Argentina "Amigos de la Astronomía" ha efectuado un nuevo acto cultural, fomentando así la cultura astronómica.

Damos las más expresivas gracias al director del Observatorio, ingeniero Félix Aguilar, por habernos permitido una vez más, visitar ese grande y siempre interesante Observatorio.

ATLAS. — Comunicamos a nuestros consocios que la Asociación pondrá en venta próximamente una segunda edición del Atlas Celeste del Aficionado, corregido y ampliado. Se ha encargado nuevamente de los trabajos necesarios nuestro consocio el señor Alfredo Völsch, de quien tenemos así una nueva prueba de su laboriosidad y del entusiasmo que siente por la Asociación. Trabajo y entusiasmo que apreciamos y agradecemos sinceramente.

La Comisión Directiva.

BIBLIOTECA

PUBLICACIONES RECIBIDAS

a) Revistas.

ANALES DE LA SOCIEDAD CIENTIFICA ARGENTINA. — Enero, febrero y marzo 1935.

ASTRONOMICAL DISCOURSE. — August 1935. — The World we live in. Methods of Observing Venus. *E. Martz, jr.*

ASTRONOMICAL NOTES. — July 1935. — Proxima Centauri, The Variation of Distance between Europe and America. Reward in Astronomy, Jackson-Gwilt Medal. *E. G. Hogg.*

BOLETIN ASTRONOMICO DEL OBSERVATORIO DE MADRID. — II, 2, 1935. — Nova Herculis: junio 1935. El espectro nebular, *Pedro Carrasco.*

BOLETIN BIBLIOGRAFICO DEL CENTRO GERMANO-ESPAÑOL E INSTITUTO IBEROAMERICANO. — Julio 1935.

BOLETIN DEL CENTRO NAVAL. — Julio-agosto de 1935.

BOLETIN MATEMATICO. — Julio de 1935.

— Agosto de 1935.

— Setiembre de 1935.

BOLETIN MENSUAL DEL OBSERVATORIO DEL EBRO. — Octubre-noviembre-diciembre 1934.

BULLETIN OF THE EASTBAY ASTRONOMICAL ASSOCIATION. — May-June 1935.

COELUM. — Giugno 1935. — Viaggi siderali, *Giovanni Silva.* — La biblioteca dell'astrofilo, *P. Emanuelli.* — Piccola enciclopedia astronomica (continuazione).

— Luglio 1935. — Viaggi siderali (continuazione), *Giovanni Silva.* — L'origine dei crateri lunari, *F. Lause.* — Piccola enciclopedia astronomica (continuazione).

EL MONITOR DE LA EDUCACION COMUN. — Junio de 1935.

— Julio de 1935. — Las atmósferas de los planetas.

— Agosto de 1935.

IBERICA. — Junio 8 de 1935. — La Radiometeorología, *F. Lori.*

— 15 junio 1935. — Métodos modernos de Espectroradiometría del Infrarrojo, *R. V. Jones.*

— 29 junio 1935. — La expansión del Universo. Conferencia, *G. Lemaître.*

— 6 julio 1935.

— 13 julio 1935. — El radiómetro atmosférico, *J. M. del Barrio.*

— 20 julio 1935. — La expansión del Universo (continuación), *G. Lemaître.*

— 27 julio 1935. — Crónica general: Los rayos cósmicos y las "Novae".

INVESTIGACION Y PROGRESO. — Julio y agosto 1935. — Contracción y evolución de la Tierra, *L. Kober.* — Las sacudidas de la ultraradiación, *W. Messerschmidt.* — La evolución de la Espectroscopia, *H. Kayser.*

POPULAR ASTRONOMY. — August-September 1935. — A Voyage in Space, *W. Carl Rufus.* — The Lafayette Meteorite, *H. H. Nininger.* — Starcrest Observatory, *D. H. Johnston.* — Calendar Years with Five Solar Eclipses, *A. Pogo.* — Photography with a Small Reflector, *J. L. Woods, P. S. Watson.*

JUNIOR NOTES of the Milwaukee Astronomical Society for August 1935.

REVISTA DE LA SOCIEDAD ASTRONÓMICA DE ESPAÑA Y AMÉRICA. — Febrero de 1935. — Influencias lunares, *José Comas Solá.* — Ligeros apuntes de Epigrafía astronómica, sísmica, meteorológica y magnética (continuación), *M. Selga, S. J.* — El volcán Mayón, *M. Selga, S. J.* — Estadística de los cometas perceptibles a simple vista a través de los siglos, *Leónid Andrenko.*

— Marzo de 1935. — Un supuesto peligro, *José Comas Solá.* — El baguío de Quinhon en Annam, *M. Selga, S. J.* — Nuevos globos celestes, *Leónid Andrenko.* — Ligeros apuntes de Epigrafía astronómica, sísmica, meteorológica y magnética (continuación), *M. Selga, S. J.*

REVISTA DEL CENTRO ESTUDIANTES DE INGENIERIA. — Julio de 1935.

— Agosto de 1935.

SOUTHERN STARS. — July 1935. — Planetary Observing, *M. S. Butters.* — Star Colours: Records and Clerical Work, *A. G. C. Crust.* — Recent Observations of the Planet Mars, *A. G. C. Crust.*

— August 1935. — Star Colours: Results and Comparisons, *A. G. C. Crust.*

THE MADISON BULLETIN. — August 1935. — What is a Nova? The Birth of a Cepheid. The Observer's Telescope. The Moon: Some Problems, *Rev. H. R. Lookabill.*

blems, Rev. H. R. Lookabill.

THE M. A. S. BULLETIN. — August 1935. — The Most Distant Variable Stars, *Helen Sawyer Hogg.* — Astronomical Use for Hand Cameras, *L. Matthias.* — Study of Novae, *H. D. Gaebler.*

THE TELESCOPE. — May-June 1935. — The Amateur's Place in Astronomy, *Leon Campbell.* — Stellar Parallax, *Frederick Slocum.*

b) Obras varias.

PUIG, S. J., Ignacio. — ¿Hay habitantes en Marte?

— La pluralidad de los mundos habitados.

— La edad de la Tierra.

LA FUENTE, B. de — Círculos y cuadraturas. — Ecuación de "Pi".

Donación de nuestro consocio señor José Galli Aspes:

ZANOTTI BIANCO, O. — Istorie di Mondi (Saggi di Astronomia).

— Spazio e Tempo (Saggi di Astronomia).

LUNKENHEIMER, F. — Resultados sismométricos del año 1928 (Contrib. Geofís., IV, 1.). (Envío del Observatorio de La Plata).

PAINLEVE, Paul. — Les Axiomes de la Mécanique. Examen critique. Note sur la Propagation de la Lumière. (Envío de C. L. Segers).

REYES THEVENET, A. — Elementos de Cosmografía. (Envío del Autor).

CARRASCO, Rafael. — Observaciones fotográficas de RX *Cephei*. (Envío del Observatorio Astronómico de Madrid).

I. C. GARDNER, F. A. CASE. — The Making of Mirrors by the Deposition of Metal on Glass. (Circular of the Bureau of Standards, N^o 389). Donación de J. J. Capurro.

Publicaciones de la British Astronomical Association (West of Scotland Branch):

Catalogue of the Library of the Branch.

T. L. MACDONALD. — The Altitudes of Lunar Craters.

— Observations on Lunar Craters.

— Jupiter 1916-1917. — The Consistency of Drift Determinations.

— Studies in Lunar Statistics. Fifth Paper: Considerations on Lunar Slopes.

— Mutual Phenomena of Jupiter's Satellites: Dr. Fauth's Observations.

J. J. R., Obituary: John Donald McDougall.

OBSERVATORIO NACIONAL ARGENTINO. — Constantes de placa, Fórmulas y Tablas de reducción para los Catálogos Astrográficos Zona —24° a —31°. Epoca 1900,0. (Resultados, Vol. 34, Entrega 1). Envío del Observatorio Nacional Argentino, Córdoba.

STROOBANT, P. — Annuaire de l'Observatoire Royal de Belgique pour 1936.

FE DE ERRATAS

No habiendo tenido oportunidad de leer las pruebas, han quedado algunos errores de imprenta en mi trabajo "*Meteoros notables observados en el verano de 1933-34*", publicado en el número de marzo-abril de este año de la REVISTA ASTRONÓMICA. Debe leerse:

- pág. 75, línea 7 desde abajo: paulatinamente (en lugar de paulativamente).
- pág. 85, en el cuadro, línea del observador K: $c = 6$ (en lugar de 4); en el mismo cuadro, línea del observador N: $D = 162$ (en lugar de 142).
- pág. 86, línea 7 desde abajo: probable (en lugar de medio).
- pág. 87, en la cabeza del cuadro: $k_2 - k_1$ (en lugar de $k_1 - k_2$); faltan, además, los encabezamientos de las columnas, que deben ser: km., km., km., km., seg., km./seg., km./seg., km./seg.
- pág. 88, línea 11, desde arriba: V^2 (en lugar de V).
- pág. 88, líneas 12, 11 y 10 desde abajo: en los miembros de la derecha de las ecuaciones, debe leerse β' y λ' (en lugar de β y λ).
- pág. 88, línea 5 desde abajo: debe suprimirse el punto final.
- pág. 90, línea 1 desde arriba: $\lambda = 57^\circ 53'$, $\varphi = - 29^\circ 25'$.

J. Hartmann.

Göttingen, julio de 1935.