



EL UNIVERSO

POR EL

DR. RICARDO POENISCH.

(Conferencia dada en la Universidad del Estado el día 28 de Noviembre de 1904)

El grandioso desarrollo alcanzado por las ciencias físicas i naturales i las matemáticas, puede considerarse como el rasgo característico del siglo XIX. Si bien es cierto que en los dos siglos anteriores se establecieron las leyes jenerales de la física, que en la misma época, la jeometría i el análisis infinitesimal vinieron a hacer posible la aplicacion de las matemáticas a los fenómenos de la naturaleza, i que la nueva ciencia de la química nació en los postreros decenios del siglo XVIII, es innegable que solo en el siglo pasado, la ciencia saliera del recinto estrecho de la escuela i del laboratorio del sabio para emprender su marcha triunfal a través de todas las esferas de la actividad humana. La mecánica i la teoría del calor aplicadas a la locomocion férrea i marítima, acortaron las distancias entre los pueblos i dotaron las manufacturas con ingeniosas máquinas, multiplicando así los brazos del hombre; fomentando de esta manera la

produccion i el comercio, i trasformando la vida económica de las naciones. La electricidad se encargó de transmitir, con la velocidad del rayo la palabra i la voz humanas a distancias ilimitadas; i, hasta nuestro astro central hubo de someterse al jénio del hombre, prestando su enerjía calorífica para ser trasformada en enerjía de movimiento. Horas se necesitarian para ponderar someramente siquiera, la influencia poderosa que la química ejerce en la vida moderna.

Las ciencias biológicas han venido a levantar el velo misterioso que cubria la organizacion de los seres animados, i si no han podido (ni podran jamas) descubrir el secreto de la vida, han disipado victoriosamente las preocupaciones empíricas i supersticiosas de otros tiempos. Finalmente, desde que la tormenta sangrienta de la Gran Revolucion Francesa rompiera las últimas cadenas en que el absolutismo político i preocupaciones de otro orden habian tenido aprisionada la libertad de la investigacion científica, la ciencia, de esclava se ha trocado en señora i dueña del mundo.

Miéntas las ciencias que tratan de las cosas de nuestro pequeño planeta seguian su marcha victoriosa, parece que la mas antigua, la ciencia cuyo objeto es el estudio i el conocimiento del universo entero, hubiera quedado estacionaria en medio del progreso jeneral. Es un hecho esplicable por la naturaleza misma de su objeto que nuestros conocimientos del universo se han desarrollado i se desarrollan mui lentamente. La ciencia astronómica trae su orijen desde las épocas mas remotas de la historia del jénero humano. Los astrónomos de todos los tiempos han construido sobre los fundamentos que sus antecesores les legaran i los resultados de sus investigaciones han formado a su vez los cimientos sobre los cuales edificaron sus sucesores. Así, el astrónomo de nuestros dias que mira en Hiparco i Ptolomeo los padres de su ciencia, puede seguir en escala el crecimiento de la herencia científica de jeneracion a jeneracion a traves de los tiempos de la ciencia arábiga i medioeval hasta Copérnico, i de éste, hasta Kepler, Newton, Laplace, Herschel i la época presente.

Sin embargo, la historia astronómica tiene dos *épocas* que marcan un cambio completo de miras i de rumbo. En la primera, Copérnico concibió la grandiosa idea de que la tierra *no es una esfera en reposo en el centro del universo*, sino uno de tantos cuerpos esféricos, que, afectados de un movimiento de rotacion en torno de sus ejes, jiran en un mismo sentido al rededor del sol como centro de gravedad. Ningun otro descubrimiento científico ha sido de tanta trascendencia para las ideas de la humanidad como el del modesto canónigo de Frauenburgo: de un solo golpe la ciencia perdió su carácter antropocéntrico.

Siglo i medio mas tarde se dió un segundo paso de importancia para la astronomía en particular, i para la ciencia de la naturaleza en jeneral. Fué el inmortal Newton quien demostró que los movimientos, aparentemente tan complicados de los cuerpos celestes, no son sino casos especiales del fenómeno jeneral de los movimientos, i que son causados por las mismas fuerzas cuya actividad notamos en torno nuestro al ver caer una piedra o una naranja que se desprende de la rama que la sustentaba.

Esta lei sencilla de la gravitacion universal nos dió la clave para descifrar los enigmas del universo, i su forma precisa i matemática permitió aplicar a los movimientos celestes las leyes mecánicas i jeométricas que parecian limitadas solo a las cosas de nuestro planeta.

El gran Laplace dió forma i fin al magnífico edificio de la teoría astronómica en su célebre obra «Mecánica celeste», logrando explicar matemáticamente todos los movimientos de los astros por medio de la lei newtoniana. Solo algunas pequeñas anomalías en estos movimientos han quedado sin solucion hasta hoi dia.

Pareció entónces que la astronomía era una ciencia que ya no admitia ulteriores progresos, que lo que quedaba por hacer, eran mas bien trabajos de detalle, i a medida que la industria óptica permitia aumentar el poder del telescopio i perfeccionar los métodos de medicion, era mas bien cuestion de estadística, de anotar i registrar los nuevos astros que se

descubrieran a nuestros ojos, que de abrir horizontes nuevos a nuestros conocimientos sobre el universo.

Pero, a mediados del siglo pasado, vinieron en ayuda de la astronomía nuevas aplicaciones de las ciencias físicas i químicas: la fotometría, la fotografía i la espectroscopía. Los problemas astronómicos cuya solución, al parecer, se encontraba paralizada, volvieron a presentarse como cuestiones de actualidad.

Nuevos datos se han recojido i siguen recojiéndose por un ejército cada vez mas numeroso de astrónomos; se aunan los esfuerzos de todas las naciones civilizadas para sistematizar los métodos de observacion e investigacion, instrumentos cada vez mas poderosos i perfeccionados se idean de año en año para arrancar a la esfinge del universo la satisfaccion de nuestra insaciable sed de saber. ¿Hasta dónde se estiende el universo? ¿Qué distancia separa las estrellas de nosotros, i qué leyes rijen sus agrupaciones? ¿El universo es o nó un solo sistema? i si así fuera, ¿somos capaces de comprender el plan de este sistema, su orijen i su fin? ¿Tiene este sistema límites mas allá de los cuales no existe mas que las tinieblas i la profundidad sin estrellas del espacio infinito? O los astros que divisamos en el cielo son solo aquellos individuos del enjambre infinito de estrellas que están mas próximas a nuestro sistema? ¿Podemos saber algo de la constitucion física de las estrellas? La enerjia radiante que con ellas nos une ¿nos dice algo acerca de la posibilidad de la vida orgánica en aquellos mundos separados de nosotros por tan enorme distancia?

Temerario seria afirmar que una u otra de estas cuestiones haya sido resuelta incontestablemente, i falta de sentido comun tratarlas dogmáticamente, pues ninguna ciencia como la astronomía nos enseña a ser modestos, ninguna otra nos hace ver tanto nuestra insignificancia como élla, que nos coloca frente a frente con la creacion, infinita en espacio i tiempo.

Si no obstante esto, trato aquí de algunas de estas cuestiones, lo hago solo en la intencion de dar a conocer los re-

sultados a que los investigadores han arribado acerca de algunos de estos puntos, i en cuanto estos resultados han podido llegar a conocimiento de una persona alejada ya cerca de veinte años de la práctica activa de la ciencia.

Cuando el astro brillante del día se oculta detras de las azuladas montañas del oeste, la esfera cristalina del cielo se oscurece poco a poco, sus tintes son cada vez mas sombríos, aqui i allá aparecen, pálidos todavia, los puntos luminosos de las estrellas; luego el ojo descubre mas i mas, hasta que la noche serena ostenta en deslumbradora magnificencia su réjio manto salpicado de diamantes i záfiro recojido por el cinturón galácteo de arjenteo brillo. Innumerables parecen las estrellas que pueblan el cielo oscuro de la noche, las constelaciones en que se agrupan las mas rutilantes no ofrecen regularidad alguna, i ningun orden ni lei parece reinar en su distribucion sobre la esfera celeste. I, sin embargo, los poderosos medios de observacion de que dispone la astronomía moderna, la perfeccion alcanzada en la construccion de los telescopios, la fotometría, la espectroscopía i la fotografía, nos hacen concebir orden i lei donde aparentemente no existe sino irregularidad i confusion.

Desde luego, llama la atencion la gran diferencia de brillo que a la simple vista nos ofrecen las estrellas. Miétras hai unas pocas de gran fulgor como Sirio, Canopo, Alfa Centauri, etc., otras apénas se divisan a simple vista, i es de notar que el número de estrellas visibles es tanto mayor cuanto menor sea la intensidad de la luz que despiden. Como ántes se creia que a mayor brillantez de un astro correspondia mayor tamaño, el grado de brillantez se denomina *magnitud* de la estrella.

Las de mayor brillo son de 1.^a magnitud, i las que un buen ojo apénas alcanza a vislumbrar son de 6.^a magnitud.

Segun las observaciones de Pickering en el Observatorio Harvard de los Estados Unidos, hai en el hemisferio boreal de la esfera celeste 2509 estrellas de 1.^a a 6.^a magnitud, i segun la Uranometría Argentina del Observatorio de Córdoba (iniciada por Gould i continuada por su actual director

Thomé), la esfera austral muestra 2824 estrellas de las mismas magnitudes, de manera que un habitante de la rejion ecuatorial, de Quito, por ejemplo, alcanza a ver a simple vista, en el tráscuro de un año, 5333 astros, miéntas en Santiago de Chile i en igual lapso de tiempo, se ven mas o ménos 4200 estrellas, ó sea cerca de 2000 sobre el horizonte en un momento dado.

A este número relativamente insignificante de estrellas lucentes, hai que agregar el gran número de estrellas cuya existencia nos revela el telescopio. Siguiendo la clasificacion de estrellas segun sus magnitudes, Thomé, en Córdoba, dá 340380 estrellas de 1.^a a 10.^a magnitud entre los paralelos 22° i 42° del hemisferio sur, i como esta rejion abarca poco mas que la sétima parte de todo el cielo, resultaria que en todo el cielo habria 2.311000 estrellas hasta la 10.^a magnitud, es decir de estrellas visibles con un telescopio de regular poder. Los grandes telescopios de los observatorios modernos permiten ver estrellas hasta de 16.^a magnitud. El número total de estrellas visibles en un telescopio de gran poder, se puede estimar en mas de 20 millones.

¿Qué hace el astrónomo para orientarse en este cáos de astros? Desde luego, es evidente que no basta la antigua division del cielo en constelaciones que se agrupan en derredor de las estrellas mas brillantes, ni seria posible designarlas todas con nombres, letras o números como se hace con las principales.

Es, pues, necesario fijar sus posiciones relativas en la esfera celeste por un sistema de coordenadas semejantes a la latitud i lonjitud terrestres, i que se llaman *declinacion i ascension recta*. Se determinan en el círculo meridiano midiendo la altura de su culminacion i anotando la hora de su pasaje por el meridiano. Conocidas la declinacion i la ascension recta de un astro i disponiendo de un telescopio paraláctico o ecuatorial, es decir, de un instrumento que pueda jirar a la vez en torno de un eje paralelo al eje de la tierra i de otro perpendicular a él, se lo puede hallar inmediatamente, siem-

pre que se encuentre sobre el horizonte del lugar de observacion.

El primer astrónomo que trató de catalogar las estrellas conocidas, ordenándolas segun sus declinaciones i ascenciones rectas, fué Hiparco, que vivió 150 años A. de J. C. Su catálogo que contenia 1026 astros, no ha llegado a nosotros; a lo ménos no directamente; pero es probable que el que figura en el *Almagesto* de Tolomeo (150 años despues de J. C.), sea el de Hiparco, u otro hecho sobre la base de éste.

Los catálogos de *Abd-Al-Rahman Al-Sufi* (903-986) i *Ulu-Bei* (1350, nieto de Tamerlan), no añaden nuevas estrellas al catálogo de Tolomeo. De entre los catálogos modernos, citaré aquí los dos mas completos (hecho cada uno en un solo observatorio), el de Bona por Arjelander con 324000 estrellas hasta de 9.^a magnitud, i la *Uranometria Arjentina* del Observatorio de Córdoba, en la República Arjentina, (incompleta todavia) que contendrá mas de 800000 estrellas australes.

Aparte de estos esfuerzos aislados i otros de menor valía, se han formado en los últimos tiempos dos asociaciones internacionales para elaborar catálogos completos i de rigurosa exactitud. La *Sociedad Astronómica*, con su asiento en Leipzig, en que colaboran los observatorios mas importantes del mundo, ha publicado ya gran parte de su catálogo, que contiene las posiciones *determinadas con círculo meridiano* de todas las estrellas hasta la 9.^a magnitud. La segunda, la *Carta Fotográfica*, emprendida por acuerdo de un congreso internacional de astrónomos reunido en Paris en 1887, va a ser, sin duda, la mas completa i grandiosa de todas las *cartas* del cielo. Para apreciar la enorme labor que demanda la composicion de esta obra colosal, bastará decir que contendrá mas de 3.000000 de estrellas hasta de 13.^a magnitud, i que en la medicion i cataloguizacion de las placas ya concluidas, se requiere la asidua cooperacion de los mejores observatorios del mundo, i la ruda labor de todo el numeroso personal de una oficina en Paris especialmente destinada a este objeto.

Paralelamente a la cataloguizacion de las posiciones de las

estrellas, marcha la confeccion de *catálogos fotométricos* que registran sus magnitudes.

Vemos pues, que la humanidad, en vez de desanimarse ante la complejidad casi insuperable de *los problemas del universo*, i reconocer su impotencia, auna sus esfuerzos i cobra cada vez mayores bríos para arrancarle sus secretos.

La magnitud estelar del sol es 27,5 unidades superior a la de una estrella de 1.^a magnitud; (Rigel, en el Orion, por ejemplo) de manera que el sol nos envía 91000.000000 de veces la luz de una estrella de 1.^a magnitud.

Puesto que la intensidad de la luz disminuye en razon inversa del *cuadrado de las distancias*, sería, pues, preciso retirar el sol a una distancia 302000 veces mayor de la que tiene, para que su brillo fuera igual al de un astro de 1.^a magnitud.

Esta distancia es mas pequeña, sin embargo, que la distancia media de las estrellas de 1.^a magnitud i, por tanto, el sol debe ser de tamaño menor que las estrellas de aquella magnitud.

La cantidad de luz que las estrellas envian a nuestra retina o a la placa fotográfica, es, a falta de mejores métodos, el único medio de que disponemos para juzgar de las distancias relativas de las estrellas i su distribucion en el espacio.

Podemos admitir que, *por término medio*, todas las estrellas tienen la misma intensidad de luz i que solo a causa de su mayor o menor distancia de nosotros, sus magnitudes son distintas.

Es indudable que en el universo habrá estrellas grandes i pequeñas, pero no es de creer que todas las mas grandes o todas las mas pequeñas, estén agrupadas cerca de nuestro sistema solar. De manera que si elejimos la distancia media de las de 1.^a magnitud como unidad, la distancia de la de 2.^a magnitud, que nos envian $2^{1/2}$ veces ménos luz, será 1,6 veces mayor: la de la 6.^a magnitud será 10 veces mayor; i así en seguida.

Ahora bien, la distancia de las estrellas mas próximas a nosotros varía entre 250000 i 400000 veces la que hai entre la tierra i el sol; i la luz, que atraviesa el espacio con la

enorme velocidad de 300000 kilómetros por segundo, necesita 5 a 7 años para llegar a nosotros desde una de ellas: para recorrer el espacio que nos separa de los astros que apenas divisamos a simple vista, demora 60 a 70 años.

Si, pues, estas cifras ya son tan enormes, ¿qué decir de las distancias a que están las estrellas mas pequeñas de la vía láctea? 3500 años es la menor estimacion que se hace de sus distancias, de manera que la luz que recibimos de ellas, no nos revela lo que son esas estrellas en la actualidad, sino lo que eran allá en los tiempos en que Moises atravesó el Mar Rojo con el pueblo elegido.

Podemos emplear otros dos procedimientos para determinar la distancia de las estrellas a *nuestro sistema solar* i cerciorarnos a la vez de la situacion de éste en el universo: la determinacion de la *paralaje anual* de las estrellas i la de sus *movimientos propios*.

La tierra describe anualmente en torno del sol una elipse cuyo eje mayor tiene una longitud de 300.000000 de kilómetros. Luego, en virtud de las leyes de los movimientos relativos, debe producirse en las estrellas una oscilacion anual en sentido opuesto al movimiento de traslacion de la tierra. El arco descrito por la estrella, se llama paralaje anual, i nos sirve para apreciar la distancia de los astros a la tierra, puesto que será tanto mayor cuanto mas próximo se encuentre a nosotros.

La existencia de esta oscilacion es una prueba concluyente del movimiento de la tierra en torno del sol; i su no comprobacion durante mas de dos siglos despues de Copérnico, fué una de las objeciones mas serias hechas contra las teorías de este héroe de la ciencia. Hasta pudo, por este motivo, haber fracasado su sistema, si con el tiempo no se logra acumular pruebas irrefutables a favor de su conformidad con los fenómenos del cielo i de la tierra.

Ademas, en aquel entónces no se soñaba en atribuir a la *enormidad de la distancia* que nos separa de las estrellas, el verdadero inconveniente para verificar la existencia de este movimiento oscilatorio de las estrellas.

Las ideas filosóficas de aquel período sobre la economía de la naturaleza, tampoco admitían la posibilidad de existir entre las estrellas mas próximas i nuestro sistema solar espacios vacíos cientos de miles de veces superiores a éste en estension. Una estrella de una paralaje de 1" tendría una distancia a nosotros 206265 veces mayor que el sol, i ninguna de las paralajes conocidas alcanza este valor.

La estrella mas próxima, alfa del Centauro, tiene una paralaje de solo 0"71, es decir, dista 290000 veces mas de la tierra que el sol. La paralaje de este astro fué determinada en Santiago de Chile por Moesta, uno de los primeros directores de nuestro observatorio.

La dificultad de medir con exactitud ángulos tan pequeños, esplica plenamente el hecho de que hasta la fecha apenas se conocen las paralajes de un centenar de estrellas.

Mejores resultados se obtienen para estimar las distancias de las estrellas, atendiendo a sus *movimientos propios*.

Cuando la posicion de una estrella se determina repetidas veces con intervalos de decenas de años, se observa en ella un leve cambio de lugar, que los astrónomos estiman en *segundos de arco*. Estos cambios de lugar, llamados movimientos propios, son tan pequeños, que el aspecto del cielo estrellado no ha variado a causa de ellos en los tiempos históricos, esceptuando la estrella de 1.^a magnitud, Arcturo, que, desde los tiempos de Hiparco, se ha movido en una distancia dos i media veces mayor que el diámetro de la luna llena.

Los movimientos propios de las estrellas tienen lugar en todas direcciones i con las mas variadas velocidades; la mayoría se mueve solo algunos segundos en cada siglo, pero hai algunas de movimientos notablemente rápidos. La regla jeneral es que las de mayor brillo acusen un movimiento propio mas considerable, puesto que en término medio están mas próximas a nosotros; pero hai algunas de pequeña magnitud cuyos movimientos son estraordinariamente notables.

La estrella de mayor movimiento conocida es una de 8,5 de magnitud, invisible sin antejo, descubierta en 1897 por

Kapteyn en Groningen, cuyo movimiento anual $8' 7''$, supera al de la conocida estrella de Groombridge 1830, que hasta esa fecha se estimaba como la de mas rápido movimiento.

«Si la nueva estrella está a la misma distancia de nosotros que la Groombridge, deberá moverse con la pasmosa velocidad de 400 kilómetros por segundo. Con esta velocidad recorrería el perímetro de la tierra en dos minutos mas o ménos, i si pasara por nuestras latitudes, la habríamos visto volar varias veces sobre nuestras cabezas durante esta conferencia. No conocemos ninguna fuerza de la naturaleza capaz de imprimir a esta estrella un movimiento tan vertiginoso, ninguna fuerza que la pudiera detener. ¿Qué historia ha tenido? I si hai planetas que la rodean i están habitados por seres racionales ¿qué acontecimientos han presenciado estos seres? ¿Hubo un tiempo talvez, cuando nuestra tierra era todavia un globo de gas incandescente, en que aquellos seres no divisaban de noche mas que un cielo oscuro, sin estrellas, sobre sus cabezas? I entónces, durante las primeras épocas jeológicas de la tierra, hubo un momento en que en el cielo de aquellos seres aparecia un pequeño punto luminoso que aumentaba mas i mas, miéntras trascurrían millones i millones de años, hasta llenar todo el cielo con las constelaciones que divisan ahora con nosotros ¿I cuándo habrán pasado nuevos millones de años, las agrupaciones de estrellas se unirán de nuevo en el sentido opuesto, hasta refundirse otra vez en un punto luminoso, miéntras que su astro, en su carrera que nada puede detener, se alejará para siempre de nuestro sistema estelar hasta que haya desaparecido tambien para nuestros telescopios mas poderosos? Si los fundamentos de nuestra ciencia quedan subsistentes para todos los tiempos, lo que dudo, las anteriores preguntas deben ser contestadas en sentido afirmativo». Estas son las palabras con que Newcomb en la inauguracion de un nuevo observatorio, se referia a la estrella Groombridge, 1830.

Los movimientos propios de las estrellas sujieren cierta analogía con nuestro sistema solar. Seria de suponer que los astros se movieran en torno de un lejano centro de gravedad

comun, en periodos que durarán talvez centenares de miles o millones de años, del mismo modo que los planetas de nuestro sistema jiran en torno del sol con velocidades angulares tanto mas pequeñas, cuando mas distantes se encuentran del astro central.

Pero, si bien es cierto que hai en el cielo grupos o constelaciones, las Pléyades, por ejemplo, cuyos individuos tienen movimientos propios iguales i que, por lo tanto, revelan pertenecer a un sistema fisico de oríjen comun, el estudio cada vez mas avanzado de los movimientos propios, no nos autoriza todavia para afirmar igual conclusion considerando el universo en conjunto.

Mas sorprendente todavia que el descubrimiento de los movimientos propios de las estrellas, es el de la medicion de las velocidades reales con que las estrellas se alejan o se acercan a nosotros.

Todos sabemos que si los rayos del sol pasan a traves de un prisma triangular de vidrio o de cristal, se refractan desigualmente, separándose en una banda de rayos de distintos colores, que en insensible gradacion se suceden desde el rojo i anaranjado hasta el azul violeta.

Esto proviene de que la luz blanca del sol se compone de rayos de infinito número de colores, correspondiendo a cada color una lonjitud bien determinada de la onda luminosa. Esta banda o faja de colores se llama *espectro*. El interés particular que reviste este fenómeno, resulta del hecho de que cuerpos diferentes dan espectros diferentes, segun su constitucion, su temperatura i las sustancias de que se componen.

Si formamos un espectro con la luz emitida por un cuerpo sólido incandescente, con una llama de gas, por ejemplo, la serie de colores no está interrumpida de un extremo a otro de la banda: el espectro es *continuo*. Pero si formamos el espectro con la luz del sol, encontramos la banda de colores cruzada por numerosísimas líneas mas o ménos oscuras, lo que demuestra que en el espectro solar falta total o parcialmente la luz correspondiente a cierta lonjitud de ondas. Por

otra parte, el espectro de un gas incandescente, por ejemplo, de hidrógeno hecho luminoso por medio de la chispa eléctrica, consiste en cierto número de líneas claras de diversos colores separadas por intervalos oscuros: un gas incandescente solo emite luz de determinada longitud de ondas. I, finalmente, si hacemos pasar la luz de un cuerpo sólido incandescente por una capa de gas suficientemente gruesa, siendo la temperatura del gas mas baja que la del cuerpo sólido, el espectro no es enteramente continuo sino atravesado por líneas oscuras, a semejanza del espectro del sol. La luz de cierta longitud de ondas ha sido absorbida por el gas. Comparando estas líneas oscuras con las líneas claras emitidas por el mismo gas en estado incandescente resulta, *que todo gas frio absorbe los mismos rayos de luz que emite en estado de incandescencia*. Este hecho descubierto por Kirchhoff, nos revela que las líneas oscuras del espectro solar provienen de que la luz del sol ha atravesado gases que forman su atmósfera o existen en la de la tierra.

Una segunda consecuencia de esta misma lei, es que podemos determinar la naturaleza de los gases de que se compone la atmósfera solar, comparando la posicion de las líneas oscuras con las líneas claras producidas por los diferentes gases que existen sobre la tierra, haciéndolos incandescentes. Así, por ejemplo, la existencia del gas helium fué revelada por el espectroscopio muchos decenios ántes de su descubrimiento en la superficie de la tierra.

Si de lo espuesto se quisiera deducir que la masa del sol fuera sólida o líquida, se incurriria, sin embargo, en un error, pues una masa de gas incandescente de gran tamaño i densidad i que no es trasparente, emite un espectro continuo como un cuerpo sólido. I, efectivamente, las teorías mas concluyentes sobre la constitucion física del sol, llegan a la conclusion de que su masa interior es realmente gaseosa.

El hecho, pues, de que los espectros de la mayor parte de las estrellas sean parecidos al del sol, es decir, continuos con líneas oscuras, no decide la cuestion de si la masa de ellas se encuentra en estado sólido, líquido o gaseoso.

Pueden haber estrellas en todas estas condiciones; lo único que se puede afirmar es que la masa incandescente de la estrella está rodeada de una atmósfera gaseosa de temperatura inferior a la de la masa central; i habiéndose descubierto en ellas los mismos elementos químicos que componen el sol i la tierra: que presentan todas las probabilidades de una evolución semejante a la del sol.

Hecha esta breve digresión, es fácil explicar la manera como el espectro nos revela la velocidad con que un astro se acerca o se aleja de nosotros en la dirección de la visual. Todos sabemos que, estando al lado de una línea de ferrocarril, el pito de una locomotora que pasa, parece producir un sonido más agudo, cuando la locomotora se aproxima que después de haber pasado. La causa de esta diferencia en la altura de los sonidos es que en el primer caso el número de vibraciones sonoras que llega a nuestro oído en un tiempo dado, es mayor que en el segundo de los casos.

Doppler aplicó el mismo principio a las ondas luminosas: si una fuente de luz se nos acerca rápidamente, las ondas luminosas que emite deben acortarse, i alargarse en el caso contrario. Ahora bien, a cada tinte i a cada línea oscura del espectro corresponde una longitud bien determinada de la onda; luego, si la fuente de luz se acerca o se aleja de nosotros, los rayos o líneas producidas por una sustancia cualquiera, se desplazarán hacia el extremo violeta, en el primer caso, i hacia el rojo, en el otro. Para poder apreciar o medir este desplazamiento, se fotografía el espectro junto con el de una sustancia conocida hecha incandescente en el tubo del telescopio. El monto de la desviación de una raya en uno u otro sentido, basta para determinar el número de kilómetros que la estrella hace por segundo en el radio visual. Una de las estrellas cuyo movimiento radial es más rápido, es Vega, en la constelación de la Lira: se encontró que tenía una paralaje de $0.2''$ i apesar de su proximidad a nosotros, no tenía en apariencia movimiento propio alguno. Pero el espectroscopio nos ha mostrado que se nos aproxima con una velocidad radial de 75 kilómetros por segundo, casi en línea recta,

de manera que bastarian 60 a 70000 años para que llegara a los confines de nuestro sistema solar.

El espectroscopio nos demuestra que cada estrella es un sol, i de ahí la pregunta de si nuestro astro central tiene tambien movimiento propio como los demas astros.

Hace mas de un siglo a que Herschel hizo notar que las direcciones de los movimientos propios no se distribuyen arbitrariamente sobre el cielo, sino que se verifican como si las estrellas huyesen unas de otras en cierta rejion del cielo situada en la constelacion de Hércules, i se aproximasen en la rejion opuesta, en la constelacion Argo. Este hecho solo se esplica admitiendo que el sol con todo su séquito de planetas i cometas tiene tambien un movimiento propio; se dirige a un punto de la constelacion de Hércules o de las rejiones vecinas.

La situacion, de este punto, llamado *apex solar*, ha sido determinada por un gran número de astrónomos. Newcomb da en su obra "The Stars" como lugar mas probable un punto del cielo que dista unos 4° de Vega, estrella principal de la constelacion de Lira que es vecina a la de Hércules.

La velocidad lineal del sol en su movimiento de traslacion se deduce de los movimientos radiales de las estrellas. La inseguridad en los resultados obtenidos se desprende claramente del hecho de que, hace algunos años, Vogel en Potsdam ha obtenido 57 kilómetros por segundo, miéntras las recientes investigaciones de Campbell dan tan solo 20 kilómetros para la misma velocidad. A pesar de la indecision sobre la velocidad i direccion del movimiento del sol, es ya imposible dudar de este hecho que, mas que todos los descubrimientos de la ciencia astronómica, llena de asombro a la humanidad. Si la teoria de Copérnico ya significa un trastorno tan grande en nuestras ideas sobre el universo, que hemos necesitado cuatro siglos para acostumbrarnos a la verdad de que *nuestra tierra no está fija ni es el centro del mundo, sino que jira en torno de un centro mas poderoso* ¿qué decir de la revolucion que provocará en nuestras ideas la conviccion de que este astro tampoco está en reposo, sino que, unido a todo el

mundo planetario, corre al través del cielo estrellado con una velocidad vertiginosa, 20 a 50 veces superior a la de los proyectiles mas rasantes de las armas modernas, sin jamas encontrar en el espacio un punto de reposo?

¿Pertenece el sol a un sistema superior en el que acaso desempeñaria un papel como el que la tierra en el sistema solar? ¿Cuál sería la organizacion de este sistema, su estension, sus fuerzas i sus leyes? Estas preguntas nos invitan directamente a abordar el problema galáctico, a tratar la cuestion de si la via láctea, este maravilloso fenómeno de nuestras noches, se relaciona o nó con nuestro sistema solar.

Para el observador atento pocos fenómenos del cielo producen una impresion mas profunda que el aspecto de aquel blanco i brillante cinturon que parece envolver todos los mundos desparramados en el cielo.

A pesar de todas sus ramificaciones, sinuosidades i matices de luz, la via láctea nos parece desde luego un conjunto que abarca todo el universo, el sol i a nosotros mismos. Sin necesidad de grandes estudios, se adivina en esta maravilla del firmamento la valla que circunda una gran comunidad de mundos. Considerada en conjunto la via láctea parece una aglomeracion irregular de manchas de diferente grado de brillantez que forman una banda luminosa al rededor de todo el cielo. Por término medio, la anchura de este cinturon arjénteo, es de diez a doce diámetros de luna, pero varia sensiblemente en ciertos lugares, al estremo de que en la constelacion del *Navio Argo* se angosta hasta parecer que su continuidad queda ahí interrumpida. La via láctea se divide durante un buen trecho en dos ramas que comprenden entre sí una zona de poco o ningun brillo. El círculo que forma su línea central tiene una inclinacion de 63° con el Ecuador i divide la esfera celeste en dos segmentos desiguales, cuyas superficies son entre sí como 8 es a 9.

Si colocamos un globo celeste de tal manera que la constelacion de Berenice esté en el zenit, casi toda la via láctea queda debajo del horizonte; esto prueba que la tierra i el sistema solar se encuentran al lado norte del plano principal

de la vía láctea. Además, el hecho de que la parte más brillante de la vía láctea en la constelación del Cisne, se encuentra diametralmente opuesta a la parte más opaca en la constelación Argo, parece indicar que nos encontramos más cerca de la corola estelar que nos circunda, en dirección a la primera de estas constelaciones.

¿Qué es lo que produce aquella luz lechosa que tanto atrae nuestras miradas? Cuando en 1610 hubo Galileo dirigido al cielo su primer anteojo y descubierto las fases de Venus, los satélites de Júpiter y el curioso mundo de Saturno, notó también que la vía láctea está formada por gran número de pequeñas estrellas. Esta misma opinión sustentaron después de él Huyghens y Herschel, y ya en la antigüedad el sabio atomista Demócrito había afirmado que la luz de la vía láctea es producida por innumerables estrellas débiles, aglomeradas en aquellas regiones. Desde luego, el hecho es fisiológicamente posible, pues una serie de puntos luminosos discretamente distribuidos sobre una superficie, de manera que la distancia angular entre dos vecinos no alcance a $21''$, producirá el efecto de un campo uniformemente iluminado en su totalidad. Este límite o distancia que debe existir entre dos puntos para poderlos distinguir separadamente, aumenta mucho más aun por la refracción irregular que los rayos luminosos sufren en nuestra atmósfera, siempre agitada; de este modo puede existir una distancia bastante mayor aun entre dos estrellas telescópicas y, sin embargo, no alcanzamos a distinguir las separadamente.

Ahora bien, el telescopio aumenta los ángulos visuales entre los puntos del cielo y también la intensidad de la luz; de este modo, los más pequeños y débiles puntos se hacen sensibles al nervio óptico de nuestros ojos.

Con el perfeccionamiento del telescopio se ha puesto en evidencia que existen innumerables, pequeñas estrellas, allí donde el ojo desnudo no divisa sino el brillo lechoso de la vía láctea.

William Herschel, aplicando su telescopio a una de las partes más brillantes de la vía láctea contó 116000 estrellas,

que en el espacio de 15 minutos pasaron por el campo visual observado. No obstante, hai en la via láctea rejiones en que el mismo campo visual del tamaño de un cuarto de luna llena queda casi vacío.

A mas de las estrellas de ínfimas magnitudes, el telescopio hace visible tambien las nebulosidades cósmicas que, como en muchas partes del cielo, se presentan tambien en la via láctea, tiñendo el fondo del firmamento con una luz ténue i blanquecina. I ahora cabe preguntar: ¿la luz de la via láctea es producida por estas nebulosidades o por las pequeñas estrellas?

El espectroscopio nos revela la naturaleza de estrellas hasta de 9.^a magnitud. Si dirigido hácia una nébula cósmica; nos hace ver un espectro como el del sol, el telescopio acusa en el mismo lugar un cúmulo estelar en que se aglomeran centenares i miles de estrellas: la nebulosa es *resoluble*. Pero si el espectro de la nebulosa consta de cierto número de líneas luminosas aisladas, estamos en presencia de una masa de gas incandescente.

El resultado de las investigaciones espectroscópicas practicadas en la via láctea, manifiesta que si bien se observan los espectros de muchas estrellas allá aglomeradas, son raros los casos en que se encuentran vestijios de nebulosas irresolubles en las cercanías o dentro de la via láctea, i en caso de existir, son demasiado débiles para emitir un espectro sensible.

Mucho mas sensible que el espectroscopio nos resulta la placa fotográfica; pues la fotografia celeste utiliza el tiempo como elemento de investigacion. Cuanto mas tiempo la placa sensible se espone a una rejion del cielo, tanto mas fuertes i precisas son las huellas que imprimen en ella los objetos, i con el tiempo, hasta las estrellas mas débiles revelan sobre la placa su existencia. Tambien las nebulosidades se diseñan con mayor o menor claridad segun el mayor o menor tiempo de esposicion de la placa.

Segun Easton, la via láctea no es propiamente resoluble en una aglomeracion de estrellas pequeñas, sino que sobre

un fondo de masas gaseosas de escasa claridad se proyectan miles i miles de estrellas. Como estas masas se encuentran tambien diseminadas en otras rejiones del cielo sin que en ellas se note la luz lechosa de la via láctea, se püede decir con un alto grado de seguridad que las nebulosas que se encuentran en la via láctea, son los restos de la masa caótica de la cual se han formado todas las estrellas del firmamento; i que estas nébulas son ajenas al fenómeno mismo.

Para cerciorarse de cuáles son las estrellas que mas contribuyen a la formacion del fenómeno de la via láctea, es preciso considerar la distribucion jeneral de todas las estrellas con respecto al plano galáctico.

Como es imposible contar todas las estrellas hasta 14.^a i 15.^a magnitud, se ha procedido a los llamados «arqueos de estrellas». Para este efecto, se cuentan en varias rejiones las estrellas contenidas en el campo visual del antejo, anotando al mismo tiempo la situacion de la rejion considerada con respecto a la via láctea. Los dos Herschel i Epstein de Frankfurt, han hecho miles de estos arqueos, tomando en cuenta estrellas hasta de 12.^a i 15.^a magnitud, respectivamente. Seeliger i Plassman han basado sus investigaciones sobre los catálogos de Bona i Córdoba, i Newcomb ha estudiado la distribucion de los astros visibles a simple vista, i todos han arribado al resultado de que el número de estrellas de todas magnitudes aumenta considerablemente, cuando mas se aproxima al plano galáctico.

Herschel encuentra como densidad media en el centro de la via láctea, 122 estrellas sobre una superficie igual a una cuarta parte de la luna llena; 15 grados mas al norte esta densidad es solo de 30 estrellas. En 30 grados de latitud galáctica, 18; en 45 grados, 10; en 60 grados, 6 o 7; los polos de la via láctea están casi despoblados.

Esta regular distribucion de las estrellas con respecto a la via láctea, demuestra que todas, lo mismo que el sistema solar, forman parte de este gran cúmulo estelar, i no es debido a la casualidad que nos encontramos próximos a él.

En el interesante estudio hecho por el célebre Newcomb.

sobre la participacion que corresponde a las estrellas visibles sin telescopio, se llega a la conclusion inesperada de que las manchas oscuras de la via láctea son apenas mas pobladas de estrellas que cualquiera otra rejion de la esfera celeste, miéntras en las rejiones brillantes de la via láctea se cuenta un 60 a 100% mas que en las partes vecinas que son oscuras. De manera que una gran parte de las estrellas que vemos brillar en las nebulosidades de la via láctea, se encuentra realmente en ella i forma parte de ella, miéntras que las partes oscuras son realmente grietas en aquella aglomeracion. Easton ha hecho análogas investigaciones en la rejion de las constelaciones del Cisne i Aguila en que la via láctea presenta mayores contrastes. Compara el número de estrellas contenidas en el área de un grado cuadrado en las rejionés mas oscuras con las que pueblan igual espacio en las rejiones de intenso i mediano brillo, i encuentra el resultado siguiente: Incluyendo todas las estrellas hasta la 9.^a magnitud, hai dos veces mas estrellas en las zonas brillantes que en las oscuras; si se consideran tambien las de 11.^a magnitud, la proporcion es de 3 a 1 i si se toma en cuenta hasta las de 12.^a i 15.^a magnitud, la proporcion aumenta a 5½ por 1 i 14 por 1 respectivamente.

De aquí se infiere que en las rejiones de mayor brillo de la via láctea las estrellas de todas magnitudes son mucho mas numerosas que en las oscuras, pero que la proporcion del aumento es tanto mas rápida cuanto mas avanzamos en la escala de las magnitudes.

Son, pues, las estrellas mas pequeñas que contribuyen en mayor grado al brillo de la via láctea en sus partes mas luminosas. Las estrellas de Bona no serian suficientes por sí solas para producir todos los detalles del fenómeno galáctico.

Si se comparan los arqueos de Epstein verificados con un excelente telescopio, con las fotografías tomadas de las mismas rejiones i que contienen estrellas de las mismas magnitudes, se nota que las placas fotográficas registran mucho mayor cantidad de estrellas que las anotadas en los arqueos.

Este hecho solo se explica admitiendo que existen en la vía láctea gran número de estrellas del tipo de Sirio que emiten principalmente rayos ultra violetas, que son invisibles en el telescopio, mientras que es muy considerable su reacción sobre la placa sensible de la cámara fotográfica. Seres cuyos ojos fueran más sensibles que los nuestros a los rayos azules, verían la vía láctea mucho más luminosa que nosotros.

Estas estrellas se encuentran en un estado más primitivo de su evolución y si, como lo asegura Gore, el 63% de todas las estrellas espectroscópicamente registradas que se proyectan sobre la vía láctea, son del tipo de Sirio, mientras que las distribuidas en el resto del cielo son casi todas del tipo de nuestro sol, puede de ahí inferirse que las estrellas que forman la vía láctea tienen un origen común y una misma historia de evolución.

Queda, pues, evidenciado, que las estrellas de la vía láctea forman un conjunto que no se debe a la casualidad. ¿Cuál es la verdadera forma del sistema galáctico? Todas las investigaciones, desde los arqueos de Herschel hasta las recientes investigaciones de Seeliger y de Kapteyn sobre la distribución de las estrellas con respecto al plano galáctico, convergen al resultado de que el sistema de estrellas que nos rodea tiene la forma de un disco o lente muy aplanado, de un anillo circular o de una espiral.

Kapteyn parte de la suposición de que las estrellas, en general, están más distantes de nosotros, cuanto menor es su movimiento propio. Pero no se escapó a su perspicacia que los valores observados de estos movimientos seculares no son comparables directamente, puesto que en parte reflejan la velocidad del movimiento del sol mismo a través del mundo de las estrellas.

Imaginemos dos estrellas situadas a igual distancia de nosotros y afectadas de movimientos propios iguales en sentido perpendicular a la visual y de las cuales una se encuentra en la dirección del apex solar y la otra en un lugar a 180 diámetros del sol distante del apex.

Entonces el movimiento del sol no tendrá influencia alguna sobre la primera, mientras que influirá con su monto total en la velocidad de la segunda. Esta velocidad parecerá aumentar o disminuir según sea que se mueva en sentido igual al sol o en sentido contrario. Para eliminar esta influencia Kapteyn consideró solamente aquella componente de la velocidad de las estrellas que es perpendicular al movimiento del sol. Elijió para su estudio estrellas de carácter espectral conocido i de movimientos propios, determinados con suficiente precision, escluyendo las de movimientos rápidos. Pronto arribó a la conclusion de que las estrellas de poco o ningun movimiento propio, se encuentran en mayor cantidad hácia la via láctea, i que las de mas considerable movimiento se encuentran distribuidas en todos sentidos, así las del tipo de Sirio como las del tipo del sol. Las del tipo de Sirio se encuentran hácia la via láctea en mayor número que las del tipo del sol. De todo eso, se puede inferir que el conjunto de las estrellas de la via láctea está a mucho mayor distancia de nosotros que el resto de las estrellas de mínima magnitud; que el sistema tiene la forma de un anillo.

Estas mismas investigaciones nos hacen conocer que las vecindades de nuestro sol están ocupadas por estrellas de su mismo tipo en su mayor parte; mientras que las del tipo de Sirio aumentan a medida que nos alejamos del sol.

Las estrellas del tipo del sol se agrupan, según Kapteyn, al rededor de un punto situado en la constelacion de Andrómeda, punto que casi coincide con el que Struve i Herschel asignan al centro de gravedad de la via láctea.

Según éstas i otras investigaciones, la posicion del sol i del mundo solar, estaria algo al norte de la via láctea, en la constelacion del Centauro, cuya estrella mas brillante, Alfa, es nuestra vecina mas próxima en el universo.

Dejamos, pues, evidenciado:

1.º Que el sol pertenece a un cúmulo estelar que talvez tiene la forma de un disco o anillo.

2.º Que mucho mas allá de este anillo, i rodeándolo, está situada la via láctea, un cúmulo anular o espiral, mucho mas

rico en estrellas, cuya luz, a causa de la enormidad de la distancia, nos llega reducida al débil brillo de una nebulosidad.

3.º La agrupacion de estrellas que llamamos universo, es, pues, finita en estension, i las estrellas mas débiles de la via láctea se encuentran realmente en los limites de esta agrupacion, lo que no impide que mas allá de nuestro universo pueda haber otras agrupaciones de las cuales no tenemos conocimiento.

4.º La mayor dimension del universo está en direccion de la via láctea, pero en todas direcciones se estiende mas allá del limite dentro del cual se han podido medir hasta ahora los movimientos propios de las estrellas.

En presencia de estos datos que la astronomía moderna pone ante nuestros asombrados ojos, las líneas de un sistema en que nuestro sol no es mas que uno de tantos millones de astros iguales a él, i que ni siquiera es el mas grande, un sistema en que desempeña un papel mucho mas modesto que el del globo terráqueo en el sistema solar, nos hacen esclamar ¡qué grande es el universo i qué pequeña es nuestra tierra!

I nuestra admiracion sube mas ante la consideracion de que estos sistemas no son el limite del universo accesible a nuestro conocimiento, sino que centenares de sistemas galácticos existen fuera del nuestro, a distancias incalculables i que se nos revelan en forma de nébulas de variadas formas, que los telescopios mas potentes no alcanzan aun a resolver en un enjambre de estrellas, miéntas que en los nudos luminosos apenas columbrados presenciarnos talvez la creacion de nuevos mundos!

¡I qué decir de los cúmulos de estrellas como el del Centauro en que miriadas de mundos descansan sobre el fondo nebuloso que les dió luz i vida!

Así como la tierra con los demas planetas de nuestro sistema jira al rededor del sol, i como el sol a su vez, atraviesa en vertiginosa carrera el espacio galáctico, describiendo su círculo con los otros mundos de esta parte del universo en

torno de un centro que nos es desconocido todavía; así talvez nuestro sistema galáctico no es mas que una pequeña nebulosa entre millones de otras que pueblan el espacio infinito.

¡Qué templo tan magnífico ha erijido la ciencia a la divinidad!

¡Cuánto se ha ensanchado nuestro horizonte intelectual en los escasos tres siglos desde que el lente del telescopio rompió los densos muros que hasta entónces ocultaron a la humanidad el secreto del universo!

No han pasado todavía muchas jeneraciones desde que el hombre buscaba los límites de lo creado no mucho mas allá de nuestra atmósfera! I aun para muchos de nuestros contemporáneos, la tierra es todavía el cuerpo principal del universo, como en aquellos tiempos en que todo se esplicaba bajo el punto de vista antropocéntrico.

Copérnico colocó el sol en el centro del universo, i a muchos les era duro convenir en que nuestra tierra, el asiento de la vida, la creacion especial de Dios a favor del hombre, iba por los espacios lo mismo que cualquiera de los otros planetas.

¡Cuán grande nos pareció entónces el gran foco central jenerador de la luz i del calor que hace jerminalar la vida en la superficie de la tierra!

¡Pero apareció Herschel, el Copérnico de la via láctea, i desalojó al sol de su posición central! ¡Ya no hai punto fijo en el universo; todo parece moverse en inestricable confusión!

No han llegado todavía para la via láctea el Kepler ni el Newton, pero llegarán aunque pasaran siglos ántes de que las fuerzas aunadas de la humanidad lleguen a acumular datos i hechos que permitan asignar su rumbo a cada una de las estrellas que a millones pueblan los espacios infinitos.

Observacion: Las dos láminas que acompañan este trabajo, son reproducciones de las numerosas proyecciones luminosas con que se acompañó la conferencia. Son tomadas de la obra del Dr. J. Scheiner, intitulada *Die Photographie der Gestirne* la que me fué proporcionada graciosamente por el primer astrónomo de nuestro observatorio, señor Ernesto Greve. Las lá-

minas son reproducciones de fotografías hechas por el señor Barnard en el Observatorio del Mount Hamilton (Lick Observatory) en California. Una de ellas es una fotografía de la rejion de la via láctea en 18 h. 10 m. A. R. $i-20^{\circ}$ de declinacion, i representa una parte completamente libre de nebulosidades. Hace ver el contraste súbito entre rejiones ricas i pobres en estrellas. Llama la atencion el óvalo libre de estrellas en el centro, del cual emanau canales pobres en estrellas. El diámetro horizontal de la lámina abarca 12° de la esfera celeste.

La otra lámina representa la rejion A. R. 18 h. 30 m. $i-7^{\circ}$ de declinacion de la via láctea, en la cual abundan las nebulosidades. A la izquierda del centro se encuentra el cúmulo estelar Messier 11. Es talvez la parte de la via láctea que presenta mas contrastes.

