ASOCIACIÓN DE CONFERENCIAS

SOBRE EL CONCEPTO DEL UNIVERSO

POR

D. FRANCISCO ÍÑIGUEZ

E.U.F. PROFESORADO E.E.J. DE ALMAGRA
Biblioteca

MADRID
TIP. DE LA REVISTA DE ARCHIVOS, BIBLIOTECAS Y MUSEOS
Infantas, 42, bajo izq.
1906

upna

SOBRE EL CONCEPTO DEL UNIVERSO

Conferencia dada el lunes 11 de Abril de 1904 en el Círculo Patronato de San Luis Gonzaga

POR

D. FRANCISCO ÍÑIGUEZ

Director del Observatorio Astronómico de Madrid.

E.U.F. PROFESORADO E.G.B. DE NAVARRA Biblioteca

upna Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa

SUMARIO

La astronomia en la antigüedad: descubrimientos de los caldeos y egipcios y sistemas de Ptolomeo y Copérnico.

Leyes de Keplero el iniciador de los grandes descubrimientos.

Invención del anteojo y revolución que produce en la ciencia astronómica.

La fotografía aplicada á la astronomía.

Resultado de los análisis espectrales: el sol, sus manchas y su influencia sobre la tierra.

La luna: sus mares y montañas, sus grietas y su influencia sobre la tierra.

Marte, Júpiter, Saturno y demás planetas y satélites, cometas y bólidos, estrellas y nebulosas.

Impotencia de la ciencia para explicar ciertos fenómenos astrales, aunque no para predecir el triste fin de la tierra, por falta de agua y gases.

upna Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa

SOBRE EL CONCEPTO DEL UNIVERSO

SEÑORAS:

Con verdadero temor me presento hoy ante vosotras. Y no es porque me preocupe, principalmente, el convencimiento que tengo de la escasez de mis recursos personales, ni la situación de inferioridad en que he de aparecer en este sitio, donde me han precedido personas tan notables por todos conceptos. He aceptado el compromiso de exponer á vuestra consideración algunos puntos de la ciencia astronómica, con el fin de que podáis formar juicio fundado sobre la eficacia y exactitud de sus procedimientos, así como sobre la fe que merecen los resultados con tales medios conseguidos, y en fin, he de presentaros estos resultados mismos en cuanto se refiere al concepto que hoy puede formarse sobre la constitución del Universo; y yo no sé si habré tenido el tino suficiente para elegir en el riquísimo contenido de la Astronomía los puntos que mejor se prestan á lograr el fin apetecido, puntos que vivamente os interesen y que, sin fatigar vuestra atención, lleven á vuestro ánimo el convencimiento. En todo caso, si yo no logro mi propósito, no lo atribuyáis á que la empresa sea imposible; consistirá tan sólo en que yo no he acertado á realizarla.

Hechas estas manifestaciones y contando con vuestra

upna Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa

benevolencia, que encarecidamente os ruego me dispenséis, paso ya al desarrollo del tema indicado.

***

Abandonado el hombre á sus propios recursos naturales, no es poco lo que puede lograr en el conocimiento de los fenómenos astronómicos. Contemplando la bóveda celeste en una noche serena, nótase cómo los astros surgen unos en pos de otros por Oriente, van elevándose gradualmente sobre el horizonte, alcanzan sobre él una altura máxima y declinan luego hacia Occidente, por donde van ocultándose, para reaparecer más tarde por Oriente. Pero no todos los astros aparecen y desaparecen alternativamente, salen y se ponen, sino que hay una región, que en nuestra latitud se halla al Norte, donde los astros se conservan siempre sobre el horizonte, trazando en el cielo círculos concéntricos alrededor de un punto fijo. Y notando cómo estos movimientos se producen en conjunto, conservando los astros sus mutuas distancias, entendieron los astrónomos antiguos que los cuerpos celestes son puntos luminosos incrustados en una esfera sólida, en cuyo centro nos encontramos, y que esa esfera gira diariamente alrededor de uno de sus diámetros. Tal fué durante muchos siglos el concepto que se tuvo del Universo.

La observación asidua de la esfera celeste hizo ver muy pronto que algunos astros, muy pocos en número, se sustraen á la ley general, que cambian de posición entre los demás y por eso recibieron el nombre de planetas ó errantes, siendo conocidos como tales por los antiguos, el Sol, la Luna, Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno; los demás astros fueron considerados como estrellas fijas. De los cometas y de las estrellas fugaces no se tuvo idea, ni aproximadamente exacta, hasta los tiempos modernos.

Los caldeos, cuyos sacerdotes eran á la vez astrónomos, y los egipcios, que cultivaban la Astronomía por exigencias

de su agricultura, íntimamente ligada á los desbordamientos periódicos del Nilo, siguieron atentamente los movimientos planetarios y llegaron así á descubrir ciertos intervalos fijos de tiempo, que denominaron *ciclos*, en los cuales se reproducen algunos fenómenos celestes; conocieron también las causas de los eclipses; vieron que los planetas se movían siempre en una zona muy limitada de la esfera celeste, á la que dieron el nombre de Zodiaco, dividiéndolo en *signos* y determinaron la posición que en estos signos tenían los solsticios.

Los griegos, discípulos de los egipcios, no se distinguieron por sus progresos astronómicos. Hicieron algunas observaciones aisladas y profesaron sobre el sistema del mundo opiniones muy diversas, ninguna de las cuales logró conquistar el asentimiento general.

La Astronomía científica comenzó en la Escuela de Alejandría, en el siglo IV antes de J. C. Los astrónomos observaron el cielo, sirviéndose de instrumentos ideados según principios geométricos y aplicados con sujeción á métodos bastante perfectos. Llegaron así á formar el primer catálogo de estrellas de que hay memoria; multiplicando y comparando las observaciones del Sol y la Luna llegaron á conocer las particularidades de sus movimientos con perfección suficiente para calcular tablas, por medio de las cuales podían predecir las posiciones de dichos astros en épocas futuras; y procediendo de igual manera con los planetas, no sólo llegaron á un conocimiento más exacto de los períodos de sus movimientos, sino que además notaron que estos astros caminan entre las estrellas, variando de tiempo en tiempo el sentido del movimiento y cambiando también de velocidad; vieron que si un planeta camina de Occidente á Oriente en una cierta fecha, llega más adelante otra en que el planeta va disminuyendo sensiblemente de velocidad, viniendo ésta á anularse por fin y quedando el astro por algún tiempo estacionario; notaron que después el planeta se

upna Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa

movía de Oriente á Occidente durante algún tiempo, hasta quedar de nuevo estacionario, para emprender á continuación su marcha hacia el Este.

En cuanto á la naturaleza de los cuerpos celestes, los astrónomos de Alejandría no podían tener idea alguna fundada; admitieron que eran cuerpos perfectísimos é incorruptibles, formados por la condensación de una que llamaban *substancia estelar*; hipótesis falsa, que, unida á otras no menos gratuitas, ocasionaron los más graves defectos fundamentales del sistema astronómico, por aquellos astrónomos ideado.

Este sistema, publicado por Ptolomeo en el siglo II antes de J. C., supone que la tierra ocupa el centro del Universo, donde se halla fija, y que á su alrededor giran los planetas con movimientos circulares y uniformes, así como la esfera de las estrellas fijas, que arrastra también á los planetas, produciendo el movimiento diurno general. Tenía el sistema de Ptolomeo la ventaja de poder predecir las posiciones de los planetas, pero adolecía de un gravísimo defecto, que retrasó por mucho tiempo el progreso astrónomico. Por falsas ideas, que de los filósofos griegos tomaron los astrónomos de Alejandría, supusieron que los astros, como cuerpos perfectísimos, sólo podían tener movimientos perfectos, y no siendo posible admitir para ellos el rectilíneo, les atribuyeron el circular y uniforme; pero como de la observación resultaba que los planetas no se mueven uniformemente, sino con movimiento variado, para explicar las circunstancias de este movimiento y especialmente las estaciones y retrogradaciones, imaginaron que los planetas no se mueven en círculos, cuyo centro ocupa la Tierra, sino que sobre estos círculos se mueven los centros de otros círculos, llamados epiciclos, los cuales son recorridos á su vez, si es necesario, por centros de nuevos círculos y así sucesivamente hasta llegar á los últimos, que son ya recorridos por los planetas: de modo que cada uno de éstos exigía tantos

círculos como desigualdades particulares se observaban en su movimiento. En este sistema no se atendía para nada á las distancias, de las cuales no era posible en aquella época tener noción exacta; el fundamento matemático, como habréis podido notar, es la geometría exclusivamente, como tenía que suceder, cuando aún estaba por crear la ciencia del cálculo.

El sistema de Ptolomeo imperó en la astronomía de una manera absoluta por más de catorce siglos: se perfeccionaron durante ese tiempo los instrumentos, se multiplicaron las observaciones y se descubrieron nuevas particularidades de los movimientos de los planetas, ó se adquirió noción más exacta de las ya conocidas; para expresarlas geométricamente, los astrónomos se veían obligados á admitir una complicación de círculos tan absurda, que bastaba para infundir sospechas sobre la exactitud del sistema adoptado. Se imponía una rectificación de las ideas tanto tiempo admitidas y al fin llegó el momento de realizarla; tuvo la gloria de hacerlo el insigne canónigo de Frauemburg, Copérnico, quien publicó en 1543 el sistema que lleva su nombre. En este sistema se afirma que el Sol es el centro del sistema planetario y que alrededor de él giran los planetas, siendo la Tierra uno de ellos; que la Luna es un satélite de la Tierra, alrededor de la cual se mueve; en fin, que las estrellas se encuentran á una distancia inmensa comparada con la que separa á los planetas unos de otros; afirmó también Copérnico que la Tierra gira sobre su eje, dando una vuelta en veinticuatro horas.

Con su sistema destruyó Copérnico uno de los errores fundamentales del sistema de Ptolomeo, el relativo á la posición que ocupan los planetas, pero dejó subsistente el otro error, el que se refiere al modo de movimiento, que Copérnico siguió considerando como circular y uniforme, cuyo error habría tratado de rectificar si hubiera examinado y discutido las consecuencias que se deducían de las variacio-

upna Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa

nes que en su sistema tenían que experimentar las distancias de los planetas y de la Luna á la Tierra, consecuencias que no habría visto confirmadas por la observación. El nuevo sistema introducía simplificaciones de importancia en la explicación de los movimientos de los planetas, cuyas estaciones y retrogradaciones resultaban como simples apariencias tan sólo, debidas al movimiento de la Tierra alrededor del Sol; el movimiento diurno, atribuído por los antiguos á toda la bóveda celeste, resultaba ser otra apariencia, debida al movimiento diurno de la Tierra; pero, á pesar de todas estas ventajas, preciso es convenir en que la astronomía de precisión no habría ganado mucho con la adopción del nuevo sistema, tal como fué concebido por su autor.

Mas á pesar de sus defectos, la superioridad del sistema de Copérnico sobre el de Ptolomeo era grandísima é indiscutible, llegando por ello á conquistar la aceptación de todos los astrónomos. Continuaron éstos sus observaciones mereciendo ser citado entre ellos, especialmente, Ticho Brahe, por los notables trabajos que realizó en su observatorio de Uraniburgo, en la isla de Hven (Dinamarca), gracias á la munificencia del rey Federico II; muerto éste en 1597, Ticho Brahe fué arrojado de su observatorio y se trasladó á Praga, llamado por Rodolfo II; allí conoció al insigne Keplero, con el cual trabajó y á quien, al morir en 1601, dejó sus observaciones. Con ellas y con las suyas propias, especialmente las relativas al planeta Marte, después de examinarlas y discutirlas muy detenidamente y al cabo de numerosos y pacientísimos ensayos, llegó Keplero á descubrir las leyes que han inmortalizado su nombre, mediante las cuales quedó corregido el error dejado subsistente por Copérnico. Encontró Keplero que los planetas no describen alrededor del Sol círculos, sino elipses; que no existe uniformidad en la velocidad del movimiento de los planetas sino en las áreas descritas por las rectas que los unen al Sol; en fin, encontró relaciones fijas entre las distancias de los planetas al Sol y los tiempos que emplean en describir sus órbitas (*). Con el descubrimiento de estas leyes, la Astronomía, que desde Copérnico estaba en posesión de la verdad respecto de las posiciones relativas de los planetas, llegó al mismo resultado en lo relativo á distancias y movimientos. Entendióse entonces con toda claridad que el Sol con los planetas constituye un sistema particular, apartado en grado sumo de las estrellas; el movimiento elíptico explicó sencillamente todas las apariencias.

Hasta aquí llegó el hombre en sus conocimientos astronómicos con sólo el recurso de sus propios sentidos: no es poco como os dije al principio, pero también es cierto que no es sino una fracción muy pequeña de lo que precisa conocer.

En los tiempos mismos de Keplero comenzó la época de los grandes descubrimientos, que se sucedieron con admirable rapidez. Los astrónomos se preocupaban seriamente con la idea de causa; sabían ya cómo se mueven los planetas, pero ignoraban por qué. No habría sido posible antes conocerlo, cuando la mecánica estaba en estado rudimentario, no habiendo nacido aún su rama más importante, la dinámica. Por otra parte, el instrumento matemático de que se disponía para los estudios astronómicos, la Geometría, era insuficiente; llegó el momento en que el cálculo matemático descubrió nuevos derroteros, se perfeccionó el Algebra y se desarrolló el cálculo infinitesimal, y entonces fué posible estudiar los fenómenos astronómicos por más seguros procedimientos y avanzar, por decirlo así, hasta las entrañas de los mismos.

(*) He aquí las tres leyes de Keplero, tales como se enuncian en la ciencia:

1.ª Los planetas describen alrededor del Sol elipses, uno de cuyos focos ocupa el Sol.

2.ª Las áreas descritas por los rayos vectores de los planetas son proporcionales á los tiempos empleados en describirlas.

3.ª Los cuadrados de los tiempos de las revoluciones de los planetas son entre sí como los cubos de sus distancias medias al Sol.

upna Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa

Nada hemos encontrado hasta aquí relativo á la naturaleza de los astros; se les consideraba, según ya os indiqué, como seres incorruptibles, formados por la condensación de la substancia estelar, nombre que cubría piadosamente el desconocimiento absoluto de punto tan importante. A favorecer su esclarecimiento vino oportunamente la invención del anteojo, realizada en los comienzos del siglo XVII.

Con sólo dirigir al cielo el anteojo se hicieron descubrimientos muy notables: vióse que el Sol tenía manchas; montañas la Luna, satélites ó lunas Júpiter, fases Venus, y Saturno una forma prolongada, que más tarde se reconoció debida á que el globo del planeta está rodeado por anillos. Con el descubrimiento de las manchas del Sol quedó destruída de golpe la idea de la incorruptibilidad de los cielos; las montañas lunares indicaban la analogía de los astros con la Tierra; las fases de Venus comprobaban la verdad de las ideas de Copérnico. Reveló también el anteojo que existen innumerables astros, antes invisibles, y cuyo número aumentaba sin cesar á medida que crecía la potencia del instrumento.

Vióse, en fin, que la vía láctea no era más que un cúmulo inmenso de estrellas.

Pero el anteojo sirve para mucho más. Contar las estrellas y construir globos y mapas del cielo, donde cada astro está representado en su posición propia, es problema que ya había sido abordado por los antiguos astrónomos, aunque con medios que carecían de precisión y sólo podían aplicarse á las estrellas más brillantes. El anteojo, con su montura ecuatorial, con su línea de colimación, con sus círculos graduados, realiza con más exactitud aquel propósito. Dotado de conveniente aparato de relojería, sigue automáticamente al astro enfilado y permite observarlo reposadamente durante el tiempo necesario (*).

(*) En la pantalla aparece la vista de un anteojo ecuatorial.

upna Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa

Pero así es preciso observar los astros uno á uno y detalle por detalle, tarea ímproba é imposible de terminar, aplicada á todo el cielo, ni aun por muchas generaciones. Cientos de miles de estrellas se han observado así, pero las visibles se cuentan hoy por millones. A facilitar la tarea ha venido la aplicación de la fotografía á la investigación astronómica. La invención de las placas secas, que ha puesto la fotografía al alcance de todos, convirtiéndola en agradable y útil entretenimiento, ha permitido aplicar este recurso á la observación de los astros. Con las placas al colodión húmedo no era posible una observación prolongada, y ésta en Astronomía para algunos asuntos tiene que ser de muchas horas, para la generalidad exige muchos minutos, y sólo para la Luna y el Sol exige escasos segundos ó una fracción muy pequeña de segundo.

La disposición generalmente usada es con montura, parecida á la del anteojo ecuatorial (*). El trabajo cambia por completo con el procedimiento fotográfico: la placa reproduce á la vez las imágenes de los astros todos que se hallan en su campo, y luego, tranquilamente, en el gabinete, sin los agobios de posiciones incómodas y sin las molestias de la intemperie, se estudian las placas, y mediante una cuadrícula que sobre ellas se ha impresionado fotográficamente también (**), se cuentan las estrellas que allí han dejado su imagen, y no sólo se cuentan, sino que se sitúan exactamente por medio del *macromicrómetro*, pudiendo después, con los datos así obtenidos, calcular la posición sobre la esfera celeste de los astros así observados. Por cierto que la tarea de estudiar y medir las placas, que exige especiales dotes de paciencia, está en muchos Observatorios confiada á señoritas (***).

(*) En la pantalla se proyecta una ecuatorial fotográfica.
(**) Fotografía con cuadrícula de los cúmulos de Perseo en la pantalla.
(***) Vista del macromicrómetro.

Préstase también la fotografía al descubrimiento de planetas y cometas. Caracterízanse desde luego estos astros por la rapidez de su movimiento propio, mediante el cual se deslizan entre las estrellas de una manera sensible en un breve transcurso; esta circunstancia permite distinguir sus imágenes de las correspondientes á las estrellas en las placas expuestas suficiente tiempo; las estrellas están representadas por pequeños círculos, como corresponde á puntos luminosos que han permanecido fijos sobre la placa durante la exposición; los planetas y los cometas aparecen representados por trazos más ó menos largos, según la rapidez de sus movimientos aparentes sobre la esfera celeste. Si, por el contrario, obligáramos al aparato fotográfico á seguir el movimiento de uno de estos astros errantes, las imágenes de las estrellas aparecerían *movidas*, representadas por trazos iguales y contrarios al movimiento del astro seguido.

Con la exactitud á que se presta la observación por medio del anteojo y de la fotografía, es ya posible el conocimiento de los astros; y con esto y con la perfección á que ha llegado modernamente el cálculo, se llega al conocimiento de la posición exacta de cada astro en épocas lejanas, indicando la que ocupó ó ha de ocupar en hora, minuto y segundo determinados. Resultado admirable y de tan seguro procedimiento, que todo astrónomo sabe hoy muy bien que si los resultados no confirman sus afirmaciones, no es por deficiencias del método, sino por errores en los datos empleados ó equivocaciones en los cálculos hechos.

En lo que se refiere á los planetas, todos los cálculos parten como base única del principio de la gravitación, formulado por Newton á principios del siglo XVIII (*) estableciendo como causa de los movimientos de los planetas sus

(*) El principio de Newton se formula en los siguientes términos: Todos los cuerpos se atraen entre sí en proporción directa de sus masas é inversa del cuadrado de sus distancias.

upna

mutuas atracciones. En la rapidez á que me obliga el limitado tiempo de que dispongo, no me es posible detenerme en recordar los trabajos de los predecesores de Newton en el siglo XVII, pero al menos citaré los descubrimientos notables de Galileo, especialmente los principios fundamentales de la dinámica, por él establecidos, y el isocromismo del péndulo, que, aplicado después á regular el movimiento de los relojes, permitió obtener la medida exacta del tiempo; y no olvidaré las determinaciones de la forma y magnitud del globo terrestre, en aquella época realizadas, cuyos resultados sirvieron á Newton para la comprobación de su principio de la atracción universal, que en fecha más reciente tuvo la más brillante confirmación con el descubrimiento del planeta Neptuno, realizado con los recursos del cálculo exclusivamente. Y por la aplicación del principio de Newton no sólo se calculan las posiciones, distancias y movimientos de los astros, sino que se determinan sus masas, como si se pesaran con la balanza más precisa.

Hasta aquí habéis podido ver cómo los astrónomos, utilizando los recursos de la óptica y de la mecánica, han ido arrancando á la naturaleza los secretos de la dinámica celeste; queda ahora un punto de gran importancia en cuyo examen tenemos que ocuparnos. En definitiva, ¿qué son los astros? ¿De qué están hechos? Y si son agregaciones de materia, como la que nosotros vemos, y pesamos y medimos sobre la Tierra, ¿en qué estado se hallan? ¿Son sólidos, líquidos, gaseosos, están sus elementos combinados, ó disociados? En una palabra, ¿cuál es la constitución físico-química de los astros?

De contestar satisfactoriamente á estas preguntas se ha encargado uno de los descubrimientos más asombrosos que registra la historia de la ciencia: el análisis espectral. De él hay que tener noticia, siquiera de sus fundamentos, pues sus aplicaciones son tan múltiples como importantes.

Imagínese que en una habitación obscura se practica una abertura estrechísima, una fina rendija nada más.

Mirándola veremos tan sólo una línea de luz. Pero si entre la rendija y el ojo interponemos un prisma de vidrio, no veremos sólo una línea luminosa, sino tantas líneas como matices tenga la luz examinada. Todos sabéis que los colores son en general compuestos de matices distintos: ¿quién no ha mezclado colores en la tacilla del acuarelista, ó en la paleta del pintor, ya sea por pasatiempo de niño, ya por exigencias de la instrucción que le han dado? Pues aquellos matices, que se mezclan y desaparecen para dar como resultado el color que se desea, el prisma los separa y los presenta distintos á la vista. El conjunto de los matices así separados constituye lo que se llama el *espectro* de la luz que se examina. Si los matices son tantos que llegan las líneas á tocarse unas á otras, á yustaponerse por completo, el espectro es tan sólo una banda de colores, como el arco iris; si son escasos en número, el espectro se compone de líneas aisladas. Estudiando detenidamente estos espectros, hé aquí lo que la Física y la Química han descubierto.

1.° El espectro de un cuerpo luminoso, sólido, líquido, ó gaseoso comprimido, es una banda continua de colores.

2.° El espectro de un cuerpo gaseoso libre, es decir, no comprimido, se compone de líneas aisladas, y estas líneas ocupan unas con relación á otras una posición fija, de tal modo que, reconocidas estas líneas, se puede afirmar con seguridad absoluta de qué substancia química procede la luz.

3.° Si la luz emanada de un cuerpo, que produce como espectro una banda continua, atraviesa un gas, cuya temperatura sea inferior á la del cuerpo, que emite la luz, la banda del espectro se encuentra interrumpida por líneas obscuras, las mismas y en igual posición que daría brillantes el gas si fuese luminoso.

Estos principios han permitido analizar la luz de los

astros para conocer de qué substancias se hallan formadas y en qué estado se encuentran agrupadas. Para que el procedimiento sea exacto, se hace caer la luz del astro, que se examina, sobre la rendija, atravesar después el prisma, ó varios prismas, para obtener el espectro que se busca, y al mismo tiempo se hace que atraviese en igual forma el instrumento empleado, ó sea el espectroscopio, la luz procedente de substancias químicas conocidas. La coincidencia ó no coincidencia de las líneas de ambos espectros (*) manifiesta si la substancia empleada para producir el espectro de comparación se halla ó no en el astro examinado. Así se llega á conocer la naturaleza química y el estado físico de los cuerpos celestes.

Pero aún hay más. Si el astro de que procede la luz, que se examina, está en movimiento, acercándose ó alejándose de nosotros, es decir, en la línea recta trazada del astro á la Tierra, inútil es buscar con el anteojo este movimiento; el anteojo sólo permite apreciar movimientos transversales; pero el espectro manifiesta claramente los movimientos radiales, ó sea en la dirección misma que la luz sigue; las *rayas* del espectro no aparecen en tal caso en la posición que ocuparían si no variase la distancia del astro, sino que están corridas hacia el extremo rojo del espectro, si el astro se aleja, y hacia el violado, si el astro se acerca al observador.

Por este procedimiento se han descubierto movimientos de las estrellas, que de otro modo no habrían podido ser observados. Aún en lo que resta tendré que citar otras aplicaciones, no menos notables del análisis espectral.

***

Expuestos con la rapidez á que obliga el corto tiempo de una conferencia, los medios de que la Astronomía se vale

(*) En la pantalla aparece proyectado el espectro solar y á su lado el espectro del hierro.

upna Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa

para sus investigaciones, resta ahora decir algo de los resultados obtenidos, y para ello comenzaremos por el Sol.

El astro del día constituye con los planetas y sus satélites un sistema particular del universo, el sistema solar; los demás astros se hallan tan distantes, que sus acciones, reales y efectivas sin duda, sobre el Sol y los planetas, son pequeñísimas en intensidad y hasta ahora se desconoce su influencia. Todos los astros del sistema solar se atraen mutuamente y giran alrededor del centro de gravedad del sistema mismo, pero la masa del Sol prepondera con gran exceso sobre las masas de los planetas, de modo que el movimiento de éstos se verifica aproximadamente como si cada planeta no estuviese atraído más que por el Sol. A este caso se refieren las leyes de Keplero tales como su autor las descubrió; sin embargo el movimiento verdadero de los planetas se diferencia un poco del expresado por dichas leyes; porque aunque las masas de los planetas sean muy pequeñas con relación á la del Sol, no son despreciables, y las acciones recíprocas de unos sobre otros producen ligeras alteraciones en el movimiento elíptico, que en Astronomía han recibido el nombre de perturbaciones; la Mecánica celeste estudia los movimientos planetarios con todas sus particularidades.

Considerado el Sol aisladamente se nos presenta como un disco circular de brillo deslumbrador; el anteojo descubre en su superficie detalles diversos; toda ella aparece de aspecto granuloso, como formado por copitos de nieve yustapuestos sobre un fondo gris; en regiones particulares del Sol aparecen de cuando en cuando manchas obscuras de muy variada extensión, llegando algunas de ellas á ser tan considerables que pueden observarse á simple vista; en fin, observando con el anteojo las regiones inmediatas al borde solar se observan porciones del disco más brillantes que el resto, á las que se ha dado el nombre de *fáculas*; el espectroscopio ha hecho ver que las fáculas no se presentan úni-

upna

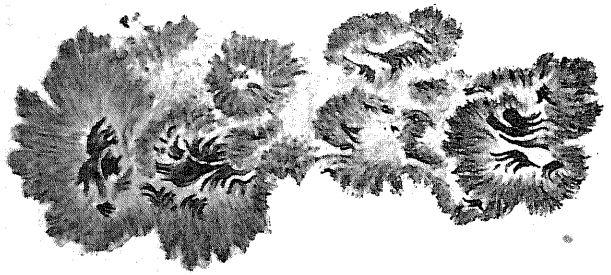
camente en los bordes, sino en la superficie toda del disco.

El espectro del Sol se halla constituído por una banda de colores surcada por multitud de finas líneas obscuras; dedúcese de aquí en primer lugar que la luz del Sol procede de un núcleo brillante no gaseoso, y que éste se halla rodeado por una envoltura gaseosa, una atmósfera. Examinadas las rayas del espectro solar y comparadas con las correspondientes á los elementos químicos terrestres, se ha encontrado que muchos de éstos se hallan en la atmósfera solar, de donde puede deducirse la enorme temperatura del astro, puesto que en él existen los metales en estado gaseoso. Durante los eclipses de Sol, cuando la Luna oculta por completo el disco solar, aparece éste rodeado por otra envoltura exterior á la atmósfera mencionada y que se extiende á considerable distancia del astro; distancia que no es la misma en todas las regiones, ni en diferentes épocas; este misterioso apéndice solar ha recibido el nombre de *corona*: su forma y su extensión se hallan íntimamente relacionadas con el grado mayor ó menor de actividad solar indicada por las manchas. En los mismos eclipses, inmediatamente después de la desaparición total del borde brillante del Sol, y antes de aparecer de nuevo al terminar el eclipse, se observa una región muy poco extensa de color rosa pálido; ha sido denominada *cromosfera*, y no es otra cosa que la parte inferior de la atmósfera solar, donde los gases que la constituyen se hallan en mayor número, pues no todos se elevan á la misma altura en la atmósfera, como el análisis espectral manifiesta. En las circunstancias mismas que acabamos de examinar se observan también en los eclipses de Sol como llamitas rosadas, que rebasan el borde lunar y han sido llamadas protuberancias (*); hoy no es preciso esperar á los eclipses para observarlas, puesto que el espectroscopio permite reconocerlas diariamente, medir sus

(*) En la pantalla se presenta una vista de este fenómeno.

dimensiones y seguir las diversas fases de cada una (*); el estudio así hecho de las mismas ha conducido á entender que son proyecciones de ciertos gases candentes, lanzados á considerable altura en la atmósfera.

Las manchas del Sol poseen en general una región obscura, llamada *núcleo*, y alrededor de éste otra región menos obscura, llamada penumbra. Las formas en que se ofrece la substancia fotosférica alrededor de los núcleos de las manchas, indican que éstas son producidas por fuertes agitaciones en la superficie solar, las cuales, rasgando la fotosfera, dejan á la vista la parte interior del Sol, que es más



obscura que aquélla. Las manchas son á veces depresiones de la superficie solar, producidas por enormes remolinos, que agitan la fotosfera (**); pero otras veces son ocasionadas por grandes erupciones solares, como lo indica la dislocación que experimentan las rayas del espectro. El estudio continuado de las manchas ha permitido afirmar que el Sol gira sobre su eje en un período de veinticinco días próximamente; lo cual, unido á su apariencia constantemente circular, demuestra que el Sol es un globo de forma esférica.

La fotografía del Sol por medio del espectroscopio, utilizando tan sólo la luz de determinado matiz, procedente por tanto de una sola substancia, ha demostrado que la distribu-

(*) En la pantalla se presenta la figura explicativa del procedimiento.

(**) En la pantalla aparecen las fotografías de algunas manchas solares, que ayudan á la explicación de estos fenómenos.

ción sobre la superficie del astro de los elementos químicos que la componen, no solamente no es uniforme sino que varía con suma frecuencia. Todos los fenómenos observados en la superficie solar manifiestan que se halla agitada constantemente por energías de potencia enorme.

La influencia que el Sol ejerce sobre la Tierra es notabilísima: á él debemos la luz que nos alumbra y el calor que nos vivifica; él evapora el agua de nuestros mares y en forma de vapor la hace circular por la atmósfera, viniendo así más tarde á condensarse sobre las montañas, para alimentar las fuentes y los ríos; bajo la acción solar crecen los vegetales y la energía solar mantiene la vida animal; la vida del hombre en todas sus manifestaciones materiales puede decirse que depende del Sol, pues la actividad solar formó los combustibles con que alimentamos nuestros hogares y los hornos de nuestras fábricas, y energía solar son los alimentos con que sostenemos nuestra propia vida.

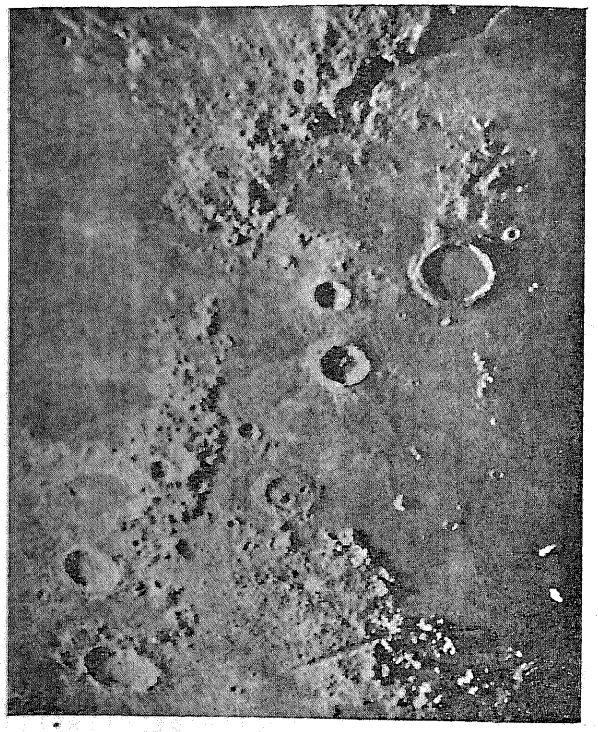
No es sólo bajo la forma de calor y luz como el Sol influye sobre la Tierra, sino que las manifestaciones electro-magnéticas que en ésta se registran están íntimamente ligadas á la actividad solar. Las variaciones rápidas é intensas de algunas manchas solares van generalmente seguidas en la Tierra por considerables alteraciones del estado magnético y á veces por la producción de auroras polares. Las variaciones de intensidad de la acción terrestre sobre la aguja imantada siguen en sus máximos y mínimos el mismo período, que en los suyos propios experimentan las manchas solares (*). En fin, sospéchase que la actividad solar ejerce alguna influencia sobre los terremotos.

Hechas estas indicaciones respecto del Sol, corresponde ahora decir algo de la Luna, nuestro satélite, que á pesar de su pequeñez, es después del astro del día el que para nosotros tiene mayor importancia. A simple vista se notan en ella espacios obscuros, alternando con otros brillantes: los

(*) En la pantalla se presentan las curvas de ambos fenómenos.

upna Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa

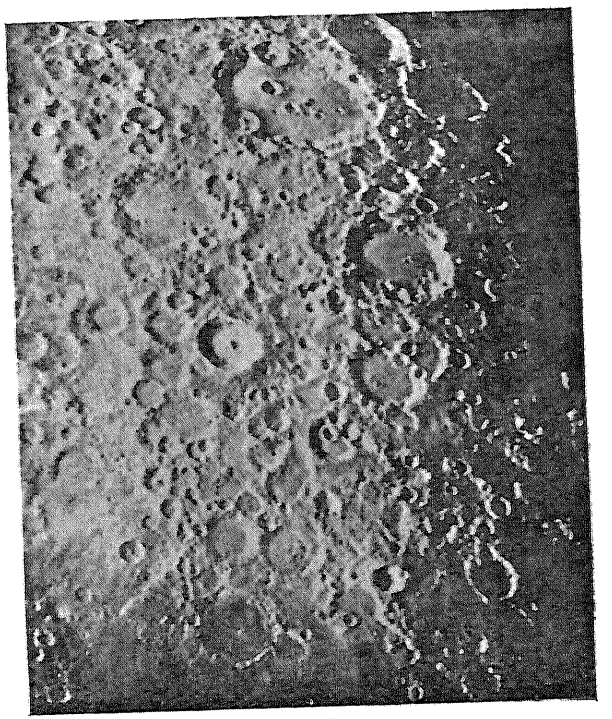
primeros han sido denominados mares. Vista con el anteojo aparece la superficie lunar cubierta de montañas, que pre-



rentan caracteres singularísimos; las verdaderas cordilleras son muy escasas(*); el carácter general de las montañas lunases es la forma circular con diámetros sumamente variados, desde los que son tan pequeños que casi son invisibles, aun con aumentos considerables, hasta los que son tan extensos que basta un pequeño anteojo para percibirlos con claridad: estos *circos* de gran tamaño tienen la particularidad de reproducir en pequeño, en menor escala, los detalles generales de la superficie del astro. Son las montañas lunares de

(*) En la pantalla se proyectan las vistas de los Apeninos y de los Alpes lunares.

gran elevación relativa y por su forma cónica y por su perforación más ó menos amplia, han sido llamadas volcanes (*). Existen también montañas aisladas, sin perforación visible pero escasas en número con relación á las otras: mucho se ha discutido sobre la causa de la forma circular de



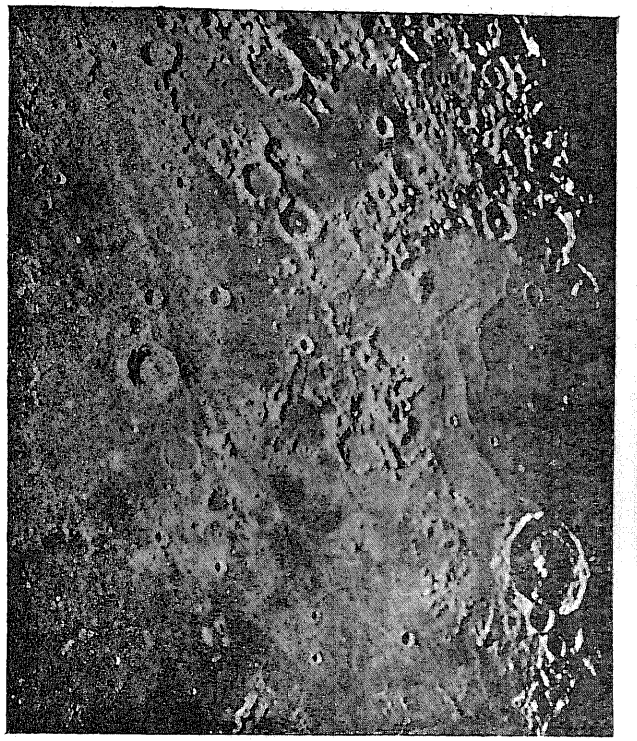
las montañas lunares, pero el punto no ha sido aún suficientemente dilucidado.

Los bordes de los mares lunares ofrecen al examen del observador desigualdades del terreno que se asemejan completamente á las ondulaciones que la arena forma en nuestras playas, lo que hace suponer que mares debieron ser en efecto cuando aún tenia agua la Luna. Y no es ésta la

(*) En la pantalla aparecen sucesivamente el circo llamado Copérnico, y el de Ticho y sus alrededores.

upna Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa

única manifestación de los efectos del agua sobre la superficie de nuestro satélite; existen también en bastante número surcos extensos y ondulados, como cauces, secos hoy, de



ríos que existieron en otro tiempo. Otra curiosa particularidad de la Luna son las grietas profundas, que en bastante número surcan su superficie, atravesando lo mismo las planicies que las grandes montañas circulares, como si nuestro satélite fuese poco á poco despedazándose, mostrando de esta manera su época de decadencia de verdadera decrepitud.

Y todo, en efecto, induce á considerar á la Luna como un astro caduco, que ha consumido casi por completo sus energías. Giró quizás en otro tiempo con mayor rapidez que hoy, y entonces sus días y sus noches eran más breves y

más acomodadas á las exigencias del desarrollo de la energía vital; pero la Tierra, produciendo sobre la Luna una marea enorme, á causa de la pequeña distancia que separa ambos astros, ha retrasado la rotación del satélite hasta obligarlo á girar en un período igual al de su traslación, ó sea un mes escaso. Como la Luna no tiene atmósfera, ó si la tiene, es tan ténue que es como si no existiera, resulta que el suelo recibe constantemente durante sus largos días la acción viva de los rayos solares, sin nada que mitigue su poder, y en sus noches, largas también como sus días, el suelo lunar se halla expuesto al frío del espacio sin nada que le preste abrigo.

Alguna manifestación ofrece aún la Luna de que no se ha agotado por completo su energía interior; en algunos puntos de su superficie aparecen y desaparecen pequeñas manchas blancas brillantes, como producidas por erupciones de vapor, que tan pronto como sale, se congela y precipita en forma de nieve; pero tan poco intensas y tan poco extensas son estas manifestaciones, que ni siquiera han logrado aún conquistar el general asentimiento de los astrónomos.

Como el Sol, aunque no tan variadamente, la Luna ejerce sobre la tierra sensible influencia; atribuyénsele muchas, que distan mucho de estar demostradas; pero la que es verdaderamente real, es la que ejerce sobre las aguas de nuestros océanos determinando las mareas, tan importantes, que sin ellas sería bastante difícil nuestro comercio. Merece también citarse entre las acciones, que sensiblemente ejerce la Luna sobre la Tierra, el retraso en la rotación de ésta, ó sea el aumento en la duración del día, hoy insignificante y contrarrestado en parte por otros efectos, pero que al fin podría llegar á producir en la Tierra respecto de la Luna el mismo efecto que sobre ésta produjo ya la acción de la Tierra.

Muy poco es lo que puedo deciros de los planetas en el

upna Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa

poco tiempo de que dispongo. Mercurio, á causa de su gran proximidad al Sol, se observa con bastante dificultad para poder percibir claramente los detalles de su superficie; Venus, rodeado de una atmósfera muy elevada y densa, tampoco presenta detalles bien determinados; las observaciones hechas sobre uno y otro, han conducido á algunos astrónomos á afirmar que ambos planetas emplean el mismo tiempo en girar en torno del Sol, que en dar una vuelta sobre sus ejes respectivos; es decir, que presentan constantemente hacia el Sol un mismo hemisferio, como ocurre á la Luna respecto á la Tierra.

Marte, es el planeta que más analogías tiene con nuestro globo; su atmósfera es bastante transparente para poder observar á su través el suelo del astro, en el cual son notables en primer término, los casquetes polares blancos, cuya extensión aumenta y disminuye alternativamente en el invierno y en el verano respectivos, como ocurre en la Tierra con los hielos polares.

Los llamados *canales* de Marte han sido objeto de constante estudio, desde que fueron descubiertos, pero todavía no se ha podido llegar á un acuerdo definitivo sobre su naturaleza ni sobre las variaciones que ofrecen.

Marte tiene dos lunas, ó satélites, uno de los cuales ofrece la particularidad de completar su revolución alrededor del planeta en menos tiempo que el empleado por éste en girar sobre su eje: de modo que tiene la particularidad de ser un astro que sale por Occidente y se pone por Oriente.

Júpiter no nos muestra más detalle que los de su atmósfera, pero no los de su núcleo, que quizás está aún en estado fluido. Cuatro, de los cinco satélites que giran en torno de Júpiter, son visibles con unos gemelos de teatro, y es muy curioso seguirlos en sus movimientos y notar la rapidez de sus cambios de posición. Con frecuencia sufren eclipses y á veces también pasan por delante del planeta.

El globo de Saturno tiene alguna analogía con el de Júpiter, por las bandas que en él se observan paralelas á su ecuador y por su escasa densidad; pero lo que constituye á Saturno en una verdadera maravilla celeste, es el múltiple anillo que le circunda, constituído por corpúsculos sólidos, como demuestra el espectroscopio (*).

Urano y Neptuno se hallan tan alejados de nosotros, que no es posible distinguir detalle alguno en sus superficies.

De los pequeños planetas que circulan entre Marte y Júpiter, cuyo número debe de ser grandísimo, pasando ya de quinientos los conocidos, tampoco es posible decir nada desde el punto de vista físico, pues por su excesiva pequeñez no ofrecen detalle alguno apreciable.

Todos los mencionados planetas con sus satélites, girando alrededor del Sol, cuya atracción predomina por ser excesivamente grande su masa con relación á la de todos los planetas y satélites reunidos, son arrastrados también por el astro del día en su movimiento de traslación, aún no bien conocido, por el espacio. Sospéchase la existencia de algún planeta más alejado que Neptuno y de algún otro más próximo al Sol que Mercurio, pero la observación no ha confirmado aún tales conjeturas.

Los cometas son astros, que, procedentes de lejanas regiones del espacio, se acercan á nuestro sistema, del cual forman parte más ó menos tiempo, alejándose de nuevo unas veces para no volver, y descomponiéndose otras en pequeños fragmentos. Las estrellas fugaces, son corpúsculos de materia cósmica, que, penetrando en nuestra atmósfera con enorme velocidad, se ponen candentes por el rozamiento con el aire, se funden y volatilizan, cayendo su materia sobre la tierra en forma pulverulenta; no es otro el origen de los bólidos, que substancialmente no se distinguen de las estrellas sino en ser de mayor tamaño, de donde proceden

(*) En la pantalla se proyecta una vista del planeta.

upna Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa

los fenómenos especiales que siguen á veces á su penetración en nuestra atmósfera, como las explosiones que los fraccionan, y su caída en forma de *meteoritos* ó piedras meteóricas, como han sido llamados impropiamente.

*
* *

Nuestro sistema solar constituye una fracción muy pequeña del Universo. Hállase el Sol indudablemente ligado á los demás astros, como se desprende de su movimiento de traslación, pero no se sabe todavía conforme á qué leyes. Las estrellas se hallan tan alejadas de nosotros que se necesita un transcurso muy considerable de tiempo para que los movimientos relativos se manifiesten de una manera clara. Tan grande es su distancia, que, para expresar la de las estrellas más próximas en nuestras unidades usuales de medida, se necesitan números que, por su misma magnitud, se hacen ya incomprensibles.

Cuando, después de inventado el anteojo, se observó que, á medida que crecía la potencia del mismo, era mayor el número de estrellas que con él se percibían, se llegó á sospechar que eran innumerables: pero los grandes anteojos modernos han hecho ver que no es así, y tanto la observación directa como la fotográfica conducen á afirmar que el Universo es limitado.

Tan pronto como pudo tenerse idea clara del alejamiento de las estrellas se comprendió que no eran otra cosa que soles muy distantes, por lo cual carecen de dimensiones aparentes y se presentan como puntos luminosos. El análisis espectral ha confirmado esta opinión, pero ha demostrado además que no todas las estrellas tienen el mismo grado de actividad, sino que ésta se presenta con diversa energía en unas más que en otras, lo cual ha dado base sobre la cual pueda establecerse lo que en el estado actual se puede opinar sobre lo que ha sido llamado vida de los astros.

Son hoy muchos los grupos en que se dividen las estre-

llas, atendiendo á sus caracteres espectrales, pero para formarse idea suficientemente exacta de los resultados obtenidos, basta considerarlas divididas en tres grupos principales: estrellas blancas, estrellas amarillas y estrellas rojas.

Las estrellas blancas se distinguen por presentar muy intensas las líneas espectrales del hidrógeno, teniendo muy débiles las demás líneas que presentan, ó careciendo de ellas completamente.

Las estrellas amarillas ofrecen en su espectro numerosas líneas procedentes de vapores metálicos, análogamente á lo que ocurre con el Sol.

Las estrellas rojas tienen espectros incompletos en general, caracterizados por la existencia de bandas obscuras en el extremo violado del espectro.

Considerando estos caracteres espectrales de las estrellas se ha deducido que las estrellas blancas son las que se hallan á temperatura más elevada, en más alto grado de actividad: las estrellas del segundo grupo tienen sus elementos en un estado de condensación más avanzado, su temperatura es menor y su energía comienza á decaer: las del tercer grupo representan un estado aún más avanzado de condensación y de enfriamiento, faltando ya las radiaciones correspondientes á los matices más elevados en la escala de los colores. Como resultado de este análisis cabe afirmar que los soles tienen su vida propia caracterizada principalmente por su temperatura y revelada por la energía de sus radiaciones calorífica y luminosa: formados por la condensación de una gran masa nebular, mientras sus elementos se hallan aún muy separados, ocupando un gran volumen, la condensación progresiva de los mismos basta para mantener la energía del astro y compensar las pérdidas, que por radiación experimenta: pero á medida que las partículas van aproximándose más y más al centro de la masa, decrece la energía del astro y llega un momento en que no pudiendo la condensación compensar las pérdidas ocasionadas por la

upna Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa

radiación, comienza aquél á enfriarse, y avanzando en su enfriamiento cúbrese al fin su superficie de una cubierta opaca y la estrella deja de brillar como sol.

Las estrellas de los dos primeros grupos comprenden la casi totalidad de las que existen: las del tercer grupo son tan sólo algunos cientos entre las estudiadas.

Algunas estrellas que á simple vista, ó con anteojos de débil aumento, parecen sencillas, observadas con mayores aumentos se presentan dobles, triples ó múltiples, girando las componentes alrededor de su centro común de gravedad, en periodos de muy diversa duración unos grupos respecto de otros. Y ocurre en algún caso que, siendo impotentes los mayores anteojos para separar las estrellas de un par, el espectroscopio indica, sin dar lugar á duda, que la estrella es doble: tal sucede con la estrella denominada la Cabra, *Capella*, la más brillante de la constelación del Cochero. Los movimientos de estas estrellas manifiestan claramente la universalidad de la atracción.

Hay también en el cielo estrellas, cuyo brillo aumenta y disminuye, en algunas periódicamente, en otras de una manera irregular: han sido denominadas *variables*, y se distinguen unas de otras por los caracteres de su espectro. En las que varían periódicamente el espectro es siempre el mismo, de modo que cambia la intensidad, pero no la naturaleza de la luz, indicando así que alrededor de la estrella giran cuerpos opacos, que ocasionan verdaderos eclipses. Las estrellas, que varían de una manera irregular, sufren modificaciones en su espectro, lo que demuestra que experimentan verdaderos cambios: todas ellas son estrellas rojas, cuya energía decae rápidamente y van aproximándose á la completa extinción.

En fin, alguna vez se presenta en el cielo una estrella nueva, fenómeno muy raro ciertamente, pues se registran muy contadas veces en la historia del cielo, pero que no por eso deja de ser notable. Las estrellas que así aparecen crecen rápidamente en brillo y en muy pocos dias llegan al máximo, pero muy pronto decrecen y se extinguen por completo ó quedan reducidas á estrellas de muy pequeña magnitud. A estas estrellas nuevas se les ha dado también el nombre de estrellas de *catástrofes*, y se las considera, no como verdaderamente nuevas, sino como estrellas parcial ó totalmente extinguidas, que experimenta por cualquier causa un aumento repentino en su energía y brillan temporalmente, hasta que se disipa esa manifestación súbita de su actividad.

***

Para terminar el examen que venimos haciendo de los elementos constitutivos del universo, resta mencionar los cúmulos estelares y las nebulosas. Tanto los primeros como las segundas presentan con anteojos de poco alcance el aspecto de manchas blanquecinas, como nubecitas luminosas: con suficiente aumento los cúmulos estelares se descomponen en estrellas y por eso hubo un tiempo en que se creyó que todas las nebulosas eran aglomeraciones de estrellas, si bien algunas no se descomponian en estrellas distintas, no se *resolvian*, por falta de potencia en el instrumento empleado. El espectroscopio ha demostrado que tal idea era equivocada, pues hay nebulosas cuyo espectro indica que aquéllas son acumulaciones de gases, verdaderas masas nebulares. Las formas de las nebulosas son muy variadas; las hay globulares, anulares, espirales, y las hay también de forma completamente irregular (*); hay también estrellas nebulosas, que presentan un núcleo brillante rodeado de una envoltura gaseosa más ó menos extensa. Es difícil explicar de una manera general la luminosidad de estos astros, pues no en todos los casos se puede admitir que la materia se halle candente por su elevada temperatura: en las nebulosas globulares y aun anulares, puede suceder que la materia

(*) En la pantalla se presentan ejemplos de todas estas formas.

upna Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa

esté suficientemente condensada para hallarse en estado candente, pero en las de forma irregular es más lógico suponer que la materia es luminosa por otras causas.

Las nebulosas pueden ser mundos en formación y pueden ser también residuos de la materia de que se formaron otros mundos: lo que hoy se tiene por bien demostrado, al menos para muchas de ellas, es que no se hallan á distancias distintas de las estelares y, por consiguiente, que no constituyen universos distintos del nuestro, como alguna vez se ha supuesto.

En el curso de la conferencia he hecho algunas indicaciones sobre el desarrollo de la vida de los astros: las nebulosas nos proporcionan ejemplos que confirman las opiniones que hoy dominan en la ciencia sobre el origen y desarrollo de los mundos. Admítese hoy que todos los astros han sido formados por la condensación de masas constituídas primitivamente en estado nebular; imaginemos una de estas masas, cuyos elementos se encuentran en estado caótico, moviéndose en todas direcciones; este estado no puede ser duradero; lo mismo que en el mundo social y en el moral, en el mundo material también, el orden se impone como condición necesaria de la existencia; los choques continuos, las colisiones entre los diversos átomos de la masa caótica, van orientando los movimientos de aquéllos, hasta hacerlos armónicos, verificándose los de cada uno sin perjuicio de los correspondientes á los demás. Como resultado de esta primera orientación de los movimientos y por hallarse además todos los elementos materiales sometidos á sus mutuas atracciones, la masa primitiva adquiere movimiento de rotación, pudiendo además trasladarse de un lugar á otro en el espacio. Después, como consecuencia de la mayor ó menor uniformidad en la distribución de la materia dentro de la masa general, se forman uno ó más núcleos de condensación; en el primer caso el resultado final será la formación de un sol central; en el segundo se formarán tantos soles

como núcleos de condensación aparezcan y todos ellos girarán alrededor del centro común de gravedad, ofreciendo para nosotros el aspecto de una estrella doble ó múltiple. Al condensarse la materia atraída hacia un núcleo de condensación, aumenta su velocidad de rotación, la masa nebular se aplana por sus polos adquiriendo una forma lenticular cada vez más pronunciada, y por último la velocidad de las partículas situadas en el Ecuador es suficiente para sustraerlas á la acción que tiende á aproximarlas al centro y se desprenden de la masa general formando un anillo. Este fenómeno puede repetirse en diversas épocas de la condensación sucesiva, y alrededor de la materia que quede siempre acumulada en el centro podrán existir varios anillos. En la masa de éstos, por defectos de homogeneidad, aparecerán también núcleos de condensación, que absorberán la materia toda de cada anillo, dando lugar á una masa globular, que girará alrededor del núcleo central; condensándose estas masas, formarán otros tantos planetas, y la materia que quede en el centro, cuando se hayan desprendido todos los anillos, que en el sistema puedan engendrarse, constituirá el Sol central del sistema. La condensación de la materia, que ha de formar los planetas, puede dar lugar á los mismos desprendimientos de anillos que la destinada á la formación de los soles, y de ese modo se forman los satélites. Cuando la masa de un anillo sea muy homogénea, no se formarán en ella núcleos grandes de condensación, ésta se verificará simultáneamente en toda la extensión del anillo y quedará definitivamente bajo esta forma, de la cual nos presenta Saturno ejemplo único en nuestro sistema solar.

Los planetas pasan por las mismas fases que las estrellas ó soles, es decir, que en un período de su existencia, más ó menos duradero, según sea la magnitud de su masa, brillan como estrellas, conservándose así en tanto que el calor engendrado por la condensación es suficiente para conservar en estado candente la materia que forma la superficie

upna Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa

del astro. Continuando el enfriamiento, la superficie se solidifica y sobre ella subsisten en estado gaseoso las substancias que á la temperatura aún existente tengan la propiedad de existir en esa forma, y constituirán de ese modo la atmósfera del astro. Más adelante esta atmósfera podrá ser arrebatada por otros astros, podrá condensarse y podrá también ser absorbida por los elementos existentes bajo la costra sólida primitivamente formada. Limitándonos á nuestra Tierra podemos afirmar que las aguas que aún cubren gran parte de su superficie habrán de ser absorbidas por las substancias anhidras, que existen en el interior, y que los gases de su atmósfera serán también absorbidos por el suelo, ya oxidando los metales, ya formando nitratos, ya en otras formas de combinaciones químicas. Entonces no será ya posible sobre la tierra la circulación aereotelúrica de las aguas, que mantiene la vida en los continentes, y los seres organizados no podrán existir; la Tierra seguirá girando en torno del Sol, pero sin llevar ya en su superficie las variadas manifestaciones de la vida que hoy la enriquecen; la Luna nos muestra un ejemplo de este estado de desolación.

Terminada así la vida orgánica, que fué posible en un período de la existencia del planeta, continúa aún en éste la vida astral; aún tiene energía para mantener unida su masa y girar en torno del Sol; pero ¿será siempre así? ¿Llegará para el astro un estado tal de decrepitud, en que sus partes no puedan mantenerse unidas y el astro se rompa en pedazos y éstos anden dispersos por el espacio? Punto es este sobre el cual no caben más que conjeturas; la Luna, agrietándose, podría considerarse como un astro, donde la disgregación se inicia; los bólidos, dejando caer sobre la Tierra pedazos de roca, que indudablemente formaron parte de un cuerpo de grandes dimensiones, nos traen quizás los restos de cuerpos celestes, cuyos elementos se disgregaron y dispersaron. No hay que olvidar que nosotros sólo conocemos los cuerpos en la fase de su vida cósmica, que nos ha sido

upna Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa

dado observar; tenemos que tomarlos tales como son actualmente, pero no sabemos si siempre serán así; por eso no podemos afirmar que la cohesión, que mantiene unidas las partes de los cuerpos, sea un fenómeno perdurable; y no ya la cohesión, la atracción, que es la ley más general en el Universo, no podemos decir fundadamente que sea en sí misma una actividad.

Pero sea como quiera, lo indudable es que la vida de los astros tiene un fin. ¿Y qué ocurrirá después? ¿Seguirán los astros apagada su luz, extinguido su calor, circulando fríos é inertes por el espacio, ya enteros, ya divididos y pulverizados? ¿O serán de nuevo regenerados y de sus restos surgirá un nuevo Universo? Poderosas razones inducen á afirmar, á *esperar* esto último, pero la ciencia es por hoy impotente para resolver este problema. Partiendo de la nebulosa primitiva, la ciencia muestra hoy las diversas fases de la vida de los mundos, desde su origen hasta su fin; pero ni puede saber de dónde surgió aquella nebulosa, ni puede afirmar nada sobre el futuro destino de los astros que de ella se formaron.

Creo que basta con lo dicho, sin necesidad de resumirlo, para formarse cabal idea sobre el concepto del Universo en el estado actual de la ciencia. Pero para terminar, he de añadir aún dos palabras sobre una cuestión que suele interesar vivamente á las personas ajenas á los estudios astronómicos, sobre la habitabilidad de los astros. Punto es este sobre el cual se ha discutido mucho y cuya solución en sentido afirmativo no puede apoyarse en prueba alguna positiva; y casi puede decirse que ninguno de los astros conocidos está habitado, actualmente, fuera de la Tierra. Desde luego hay que descartar el Sol y las estrellas, cuyos elementos se hallan desunidos por la elevada temperatura á que se encuentran sometidos, no siendo posible que se combinen químicamente en tanto que su temperatura no descienda. De los planetas, unos, como

Mercurio y Venus, por las circunstancias especiales de su extensión y de su proximidad al Sol, otros, como Júpiter y Saturno, fluidos aún probablemente, tampoco se encuentran en condiciones para que en ellos se desarrolle la vida. Marte es el astro más discutido bajo el punto de vista que nos ocupa, y hasta se ha creído ver en él manifestaciones de vida inteligente; dejando aparte que sus condiciones físicas no parecen muy adecuadas para el desarrollo de los orga-ganismos, pues la temperatura á que se halla sometido tiene que ser bastante baja, veamos qué puede juzgarse de las indicadas manifestaciones. Conviene recordar que en los anteojos hay que distinguir dos cosas esenciales: el aumento y la claridad de la visión; pues bien, tratándose de planetas, el anteojo en ningún caso permite verlos con mayor intensidad luminosa, que la que presentan á simple vista: el aumento permite ver mayores detalles, sin que la claridad varie hasta un cierto límite, pero rebasado este límite, el aumento sólo se obtiene con pérdida de la claridad, llegando un momento en que ya el astro deja de ser perceptible. Dicho esto y volviendo á Marte, encontramos que los aumentos prácticamente posibles, para observarlo con los anteojos, no permiten percibirlo con mayor claridad, en los detalles, que la que nos ofrece la Luna observada con unos gemelos de teatro; y convendréis conmigo en que lo que en tales condiciones vemos en la Luna, está muy lejos de ser lo suficiente para apreciar en ella las manifestaciones de la vida, si las hubiera.

Pero aunque no exista prueba positiva de la habitabilidad de los astros, tampoco hay razones para negarla en absoluto. Hemos visto antes que hay estrellas que se eclipsan periódicamente, lo que demuestra que existen planetas que circulan á su alrededor; y esto puede ser el caso más general, aunque nosotros no lo observamos, por no verificarse los movimientos en circunstancias favorables para observarlos. En esos planetas es posible que en muchos de ellos

existan condiciones favorables al desarrollo de la vida y que en ellos existan de hecho seres vivientes: pero, repito, ninguna prueba positiva puede aducirse para afirmarlo. Quizás teniendo en cuenta las circunstancias y razones de otro orden, que no hemos de examinar ahora, el célebre Padre Sechí contestaba á una señora que le preguntaba si los astros están habitados: «como astrónomo, lo ignoro; como filósofo, supongo que sí».

Y con esto termino mi tarea, dándoos gracias por la verdadera paciencia con que me habéis escuchado.

---

upna Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa

upna