

43

ENRIQUE SERRANO FATIGATI

*Folleto 243*

# EL RAYO DE LUZ

(ESTUDIOS DE FÍSICA)

CADA VOLUMEN  
30  
CENTIMOS

CADA VOLUMEN  
30  
CENTIMOS

A-3/15

MADRID  
LIBRERIA UNIVERSAL  
14 — PUERTA DEL SOL — 14

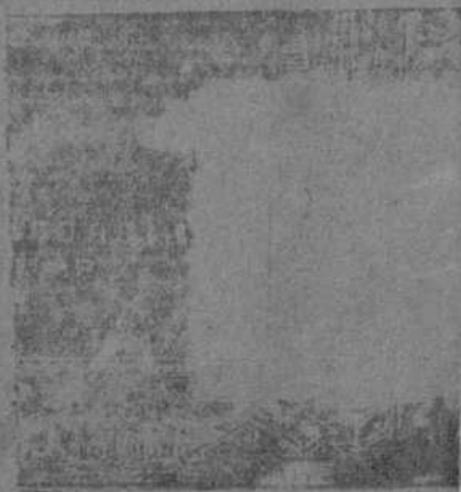
1881

VOLUMEN  
2

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

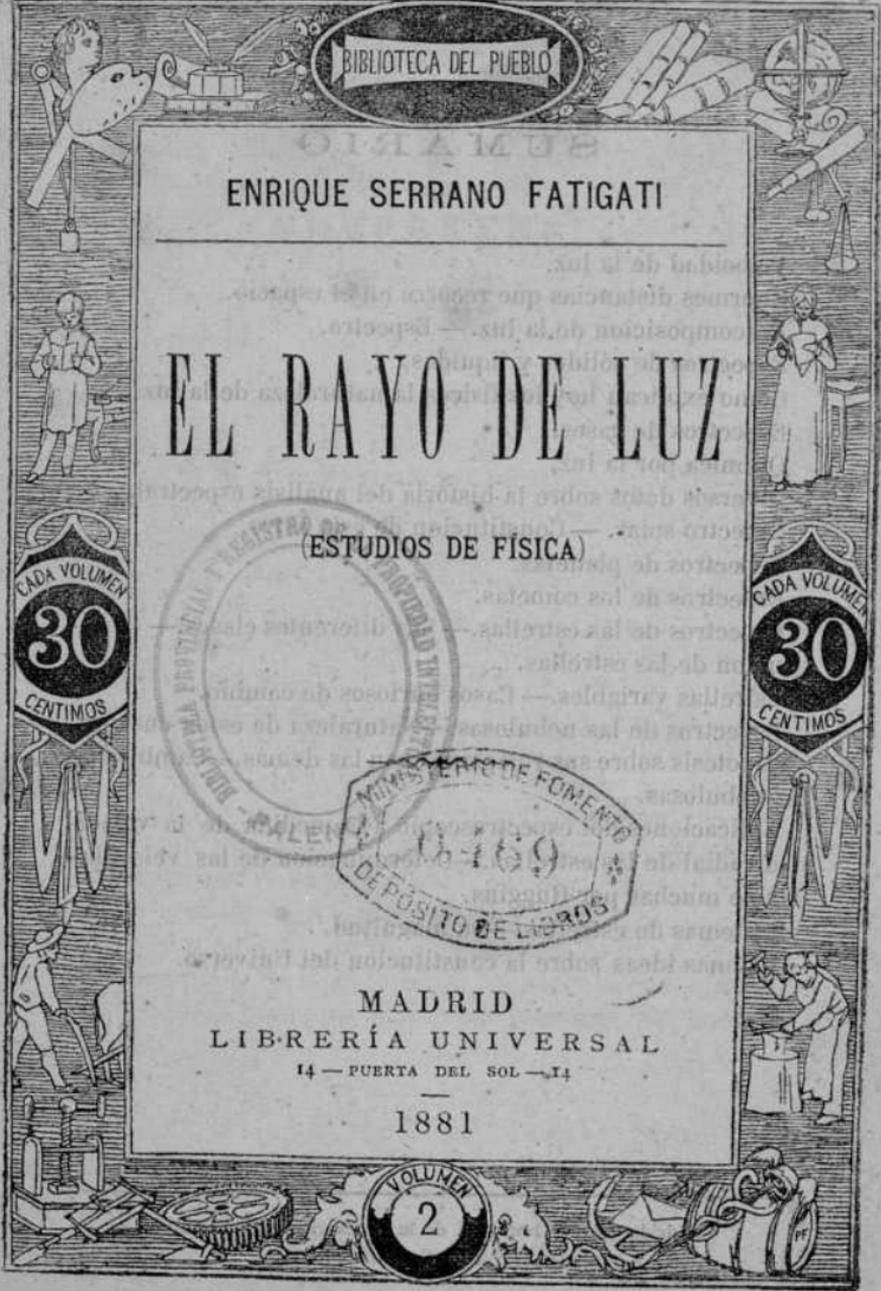
THE UNIVERSITY OF CHICAGO



417. 314236  
C. B. 326497

Q. 45/21

BIBLIOTECA DEL PUEBLO



ENRIQUE SERRANO FATIGATI

# EL RAYO DE LUZ

(ESTUDIOS DE FÍSICA)

CADA VOLUMEN  
30  
CENTIMOS

CADA VOLUMEN  
30  
CENTIMOS



MADRID  
LIBRERÍA UNIVERSAL

14 — PUERTA DEL SOL — 14

1881

VOLUMEN  
2

## SUMARIO

- Velocidad de la luz.  
Enormes distancias que recorre en el espacio.  
Descomposicion de la luz. — Espectro.  
Espectros de sólidos y líquidos.  
Cómo explican hoy los físicos la naturaleza de la luz.  
Espectros de gases.  
Química por la luz.  
Diversos datos sobre la historia del análisis espectral.  
Espectro solar. — Constitución de este astro.  
Espectros de planetas.  
Espectros de los cometas.  
Espectros de las estrellas. — Sus diferentes clases. — Constitución de las estrellas.  
Estrellas variables. — Casos curiosos de cambio.  
Espectros de las nebulosas. — Naturaleza de estos cuerpos. — Hipótesis sobre sus relaciones con las demás. — Cambios en las nebulosas.  
Aplicaciones del espectroscopio á la medida de la velocidad radial de las estrellas. — Determinacion de las velocidades de muchas por Huggins.  
Sistemas de estrellas. — Su magnitud.  
Ultimas ideas sobre la constitucion del Universo.



10000326497

Ca-45/21 R/F.43

Ca-3/15

## ADVERTENCIA

Dedicamos al público este pequeño libro, que no puede tener ni tiene pretension alguna científica, y se ha escrito con el sólo propósito de popularizar en nuestro país algunos de los datos alcanzados no há mucho sobre las condiciones físicas de los astros, mediante el análisis de la luz que nos envían las estrellas y nebulosas.

Intercalando consideraciones de diferentes géneros, hemos procurado aminorar la aridez que presentan muchas de estas materias para el que no se ha consagrado á su estudio y no ha podido penetrar en la infinita belleza real que ofrece á los iniciados, la ciencia del Universo.

Alguna vez hemos acudido á representaciones ficticias, para lograr sea mejor comprendido nuestro pensamiento; pero al hacerlo se ha procurado al mismo tiempo no se vaya á dar á estas un valor que no tienen.

Tememos no haber acertado, y por ello pedimos de antemano perdón á nuestros lectores: valga la buena intencion, en la pequeña parte que ella pueda atenuar nuestra culpa.

# ADVERTENCIA

El presente documento es una traducción de un texto original en español. El autor de esta traducción es el Sr. [Nombre], quien se compromete a mantener la fidelidad del contenido original. No se responsabiliza por los errores que puedan haberse cometido durante el proceso de traducción. Este documento es propiedad intelectual de [Entidad] y no puede ser reproducido sin el consentimiento expreso de esta última. Toda infracción de los derechos reservados será perseguida legalmente. Se permite la impresión y el uso de este documento con fines educativos y de investigación, siempre que se cite la fuente correspondiente. Para más información, contacte a [Contacto].

# EL RAYO DE LUZ

## I

Los haces de luz caminan tan de prisa, que si un hombre animado por su velocidad quisiera ocuparse en salvar sin interrupcion ni descanso la distancia que separa á Madrid de París, podria repetir unas *ciento tres veces* el doble ejercicio de ir y venir durante el trascurso de *un sólo segundo*. Pero los espacios por donde tienen que viajar estos rayos, son de tal magnitud, que aún parece pequeña la rapidez de su marcha cuando se advierte el tiempo que tardan en ir á contar á unas estrellas las modificaciones que sufren las otras.

A pesar de hallarse dotadas de estas condiciones, las ondas luminosas emplean en pasar de astro á astro periodos de tiempo que parecerán inverosímiles á todo el que desconozca la exactitud con que se verifican semejantes medidas. Llegan los rayos del sol á la superficie de la tierra *ocho minutos y diez y ocho segundos* despues de haber abandonado el cuerpo de aquel astro; y tardan algo más de  $\frac{1}{4}$  minutos en salvar la mayor distancia que puede existir entre nuestro globo y Neptuno, el planeta más lejano de entre los que hasta hoy conocemos. Saliendo de los límites del sistema solar, límites inmensos con relacion á las dimensiones de los objetos que tenemos á nuestro alcance, estrechos é insignificantes comparados á los que nos separan de las otras agru-

paciones de mundos, empiezan ya á contarse por años las duraciones de los viajes de su luz hasta esta pobre tierra.

La primera estrella de la *constelacion* ó grupo de astros llamado el *centáuro*, aparece para nosotros en cada momento ocupando el lugar en que estaba *más de tres años* ántes. La 64.<sup>a</sup> del *cisne* no nos puede comunicar en sus radiaciones ninguno de los cambios que experimenta, sino á los *nueve años* de sucedidos. Los destellos de una del *can mayor* y otra de las de la *lira* llegan á nuestro globo al cabo de 44 y 45 años respectivamente, y los de *Arturo*, la *Polar* y la *Cabra*, emplean 25, 30 y 65 años en recorrer las líneas rectas que pueden trazarse desde aquellos astros á la tierra.

Por esta inmensidad en las distancias se explica que *Sirius*, ese hermoso globo que se distingue entre todos los demás por la intensidad de su luz durante las noches del invierno, sea sesenta veces más brillante que el sol, y aparezca sólo á la vista como un centelleante punto en el espacio.

No son éstas, ni con mucho, las distancias mayores. Si se pudieran apreciar las á que podrán hallarse otros cuerpos celestes, un cálculo igual al efectuado para los casos anteriores, haría ver que algunos de los tiempos de trasmision de las radiaciones luminosas entre los más distantes y nuestra morada terrena, se elevaran á 400, 4.000, 2.000, 3.000 y más años.

La consideracion de estas cifras sugiere las más curiosas reflexiones. Una estrella puede haberse hecho pedazos en el momento de comenzar el cristianismo; seguir brillando aún en el cielo, para nosotros, dotada de toda su energía y no saberse aquí la noticia de su destruccion hasta dentro de *mil ciento veinte años*. Muchos de los astros que suelen apagarse ánte nuestra vista, habrán experimentado ese cambio ó dejado de existir al mismo tiempo que estaban en su mayor apogeo las más antiguas dinastías del Egipto.

Miéntas los rayos de luz viajaban desde la estrella hasta puntos todavía alejados de este suelo, se ha estado desarrollando en la tierra la interminable série de las vicisitudes de la historia humana, inmediatamente posterior al nacimiento

de Cristo, y que alcanzan á nuestros días. Cuando estos lleguen hasta tocar el globo donde habitamos, narrándonos que aquella terminó para siempre la sucesion de sus cambios y trasformaciones, no quedará quizás ni resto de las cosas é instituciones que juzgamos más sólidas é imperecederas.

Pero no es esta la única deducción extraña que se saca de lo anterior. Un mismo hecho, *el de la destruccion de una estrella*; juzgado en idéntico momento, *en aquel en que nos encontramos*, es *pasado*, distante ya 4884 años, para el sitio en que ocurrió; para nosotros, *futuro* bastante remoto; *presente* para los cuerpos colocados en los puntos á donde llegan en los instantes actuales los destellos de la última luz del astro destrozado.

Se ve por eso que la distincion entre las tres épocas que parecen irreducibles unas á otras, no depende sino del sitio en que estemos colocados para hacer la observacion de un acontecimiento cualquiera; lo mismo que es presente para esta tierra, puede ser futuro en un planeta, y pasado en otro. ¡A qué género de filosofías no se presta semejante dato!

Aun hay más: reflejando esta tierra la luz solar en todas direcciones, envía una porcion de sus rayos á cada una de las estrellas. En cantidades infinitesimales, ciertamente; pero en cantidades que podrian ser apreciadas con medios suficientemente delicados para ello, nos devuelven las estrellas cada dia, *por nueva reflexion sobre su superficie*, una parte de la recibida. Despues del doble cambio en el sentido de su marcha, llega otra porcion todavía menor á la atmósfera de este globo de donde primero fué enviada y puede penetrar por segunda vez en nuestros ojos.

A pesar de que hoy carecemos de medios para distinguir esta luz de la demás que recibimos de los celestes espacios, no dejamos de saber por eso, con toda seguridad, que si hay estrellas desde las cuales tardan en venir las radiaciones luminosas mil, dos mil, tres mil años, estas radiaciones luminosas de que ahora hablamos, emplearan un tiempo doble para ir hasta ellas y volver: la luz solar que reflejada por nuestra

tierra ha marchado hasta las celestes esferas, regresará al cabo de dos mil, cuatro mil, seis mil años.

Hay estrellas á todas las distancias, y habrá luz solar de la que nos ha iluminado, que volverá á iluminarnos débilmente al cabo de todos los tiempos posibles. Merced á esto se reunirán en un momento dado en la superficie de la tierra, y quizás muchas veces en un mismo punto, las radiaciones que han salido en las épocas más diferentes: las que partieron al entrar el hombre en la edad del bronce, con las correspondientes al tiempo de la revolucion francesa.

Hoy es bien sabido, y nosotros lo expondremos en otros trabajos análogos, que consultando los destellos que nos envian los cuerpos del espacio, se han descubierto muchísimas de las particularidades que ofrecen los astros. Supongamos, exagerándolo para hacer comprender mejor nuestra idea, que llevando aquellos en su seno hasta la impresion de los acontecimientos políticos acaecidos en el curso de la historia humana, tuviéramos ya los medios de leerlos claramente pintados en sus colores y detalles; ante nuestra vista se desplegaria el sorprendente espectáculo de las distintas edades agitándose, moviéndose, viviendo en estos dias, y coexistiendo sobre la misma pantalla en que se recogiera la luz que los traia, como se contemplan las figuras animadas de la linterna mágica en una representacion de cuadros cromo-fundentes.

Lado por lado observaríamos á los hombres saliendo de las cavernas, construyéndose las primeras chozas, reuniéndose en rancherías, constituyendo los imperios primitivos, labrando las pirámides de Egipto ó los templos subterráneos de la India, cincelando las estatuas griegas; muriendo en las arenas del circo para sellar con su sangre una santa idea; quemando luego á sus semejantes en nombre de esta misma creencia; buscando un mundo desconocido en los mares y otro mundo perdido en el fondo de los espíritus; embrutecido por la tiranía ayer y dócil al yugo de su señor; levantándose luego contra los usurpadores de sus eternos derechos, animado por el divino espíritu de protexta; libre ya hoy, con

bienes materiales y morales conquistados con el hierro; caminando siempre en busca de un ideal más alto de la justicia; cumpliendo la eterna ley de moverse, primera condicion de la vida. ¡Cuánto iluminaria los cerebros de todas las gentes esta tibia luz vuelta de tan léjos al recinto de donde salió! Cuánto más claro se veria en ella que en los destellos hermosos y deslumbradores del sol del Mediodía.

Se ha dicho que el hombre es un reflejo fiel de la divinidad, aunque sólo hasta el punto en que puede parecerse un mísero mortal al infinito fundamento de todo; tal afirmacion se confirma por lo ménos en el caso presente, puesto que con la representacion aquí en la tierra de los hechos acaecidos en los distintos mundos del espacio, y reunion en un momento dado de imágenes de sucesos futuros, presentes y pasados, adquirimos tambien nosotros algo de parecido á la obicuidad y la presciencia. Mas no olvidemos advertir que lo que Dios tiene siempre en sí sin esfuerzo alguno, como un resultado de su infinita grandeza, nos costará á nosotros buscarlo en letras fugaces, bien que vivas; en los destellos luminosos y mediante un trabajo largo y difícil que sólo ha podido llevarse á cabo sucediéndose unas á otras multitud de generaciones.

Además, hoy tenemos que ser mucho más modestos en nuestras aspiraciones: en vez de entablar, desde luégo, comercio espiritual con los habitantes de la luna, nos daríamos por muy satisfechos si á fuerza de perfeccionar instrumentos pudiéramos distinguir realmente la luz que nos desenvuelven por reflexion las estrellas y examinar sus caracteres. Esta misma empresa, si acaso es un porvenir, será un porvenir muy lejano.

Harto grande sería el triunfo si leyendo en ella lo que hoy se lee, *forma, estado, temperatura y composicion química* del astro que la envia, nos diéramos cuenta de las cifras en que se han expresado todos estos caracteres de nuestra tierra en los tiempos pasados. Los problemas relacionados con el estudio de estas propiedades son de los más fundamentales que ahora se plantea la Geología, y esta ciencia que quedaria

así asentada sobre bases más seguras que la mayor parte de las otras, está todavía en sus principios, vacilando en muchos de sus pasos como los niños con andadores.

## II

El rayo de luz blanca que llega desde nuestro sol, trae en su seno los distintos colores de los objetos: cuando los cristales de una habitación son rojos, amarillos, verdes ó azules, todo aparece también azul, amarillo, verde ó rojo; si los vidrios son blancos, cada cuerpo ostenta un matiz diferente, según su naturaleza.

Empleando varios procedimientos, la ciencia ha podido mostrar que la radiación blanca está formada por varias radiaciones más sencillas que se agrupan en esos siete colores que ofrece el arco iris, y que se recordará reciben los nombres de rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul, añil y violado. Las fajas de estos matices se encuentran unas á continuación de otras, pasándose por grados insensibles desde las tintas de un extremo á las del opuesto.

Para conseguir resolver un haz luminoso en estos rayos que le forman, se apela á una disposición experimental muy sencilla. En una cámara perfectamente cerrada y oscura puede practicarse una ranura por donde penetre la luz en los momentos del experimento; frente á esta se dispone un prisma triangular de cristal, cuyas aristas laterales sean paralelas á la longitud de la ranura; en la pared opuesta se observa entonces la imagen de dicha abertura ensanchada y teñida por los colores indicados: las zonas de separación de los colores son paralelas á las aristas laterales del prisma, y por tanto, á la longitud de la ranura. La imagen obtenida de este modo se llama *espectro en general*: si es del sol la luz que penetra, recibirá la denominación de *espectro solar*; si proce-

diera de la luna, se llamaria *espectro lunar*; si de las estrellas, *estelar*; á cada luz corresponde uno distinto.

Mas al lector se le ocurrirá quizás una duda: ¿la reunion de todos los colores forma efectivamente la luz blanca? ¿Puede considerarse el hecho anterior como decisivo para probarlo? Tomemos diferentes materias en estado pulverulento, y que presenten entre siete los siete colores del iris que se distinguen en la faja de luz solar ensanchada por el prisma. Reunámoslas entre sí mezclándolas bien, añadiendo porciones de unas ú otras, hasta que la cantidad de cada una se encuentre, respecto de la de sus compañeras, en la misma proporcion en que está la anchura de la zona de un color respecto de la de los otros que le acompañan en el espectro; cuando esto se haya conseguido, aparecerá la mezcla de un blanco tan deslumbrador como el que posee el polvo delicadísimo del mármol de Carrara más puro. De la luz blanca salen los siete colores; reuniendo estos colores se vuelve á engendrar aquélla.

Estos curiosos experimentos no son de ayer; habian sido ya ejecutados ántes de que terminara el siglo xvii. Su autor fué el gran fisico y matemático inglés Newton, cuyo nombre no es desconocido ni áun para los que apenas se han ocupado en el estudio de nada de lo que contienen sus obras. El período en que con profunda calma y serenidad científica llevó á cabo estos y otros trabajos que cambiaron el carácter de nuestros conocimientos en tales ramas del saber humano, fué uno de los períodos más agitados en la historia de Inglaterra. Cuando Jacobo II quiso desposeer á los profesores y beneficiados de Oxford, Newton tuvo que abandonar por un momento sus investigaciones, designado para formar parte de la comision que reclamó ante el rey contra aquéllas injusticias. Muchas veces los poderes públicos puestos en manos de hombres ignorantes, no prestan otros servicios que alejar á los sábios de lo que ejecutan para bien de sus semejantes, y privar á la humanidad de lo que se hubiera podido conquistar para ella en el tiempo empleado para cumplir sus impertinencias.

Cuando se averiguó de este modo la composición de la luz, se rasgó ante los ojos del hombre el velo del misterio que encubría la causa de los colores. Los cuerpos reciben sobre su superficie las tintas que llegan en el seno del rayo blanco que les hierde; permiten penetrar algunas en su interior, convirtiéndolas allí en el trabajo de la modificación de su estado, de su volumen ó de la relativa disposición de sus partículas; devuelven otras, rechazadas por reflexión, y con arreglo á la naturaleza de éstas sufren nuestros ojos las impresiones de los rayos azules, rojos, amarillos, verdes, que solos ó mezclados entre sí, se introducen en ellos para pintar en la *retina*, ó lo que es lo mismo, en el nervio destinado á recibir aquella clase de sensaciones, el hermoso color de algunas camelias y otras flores brillantes, el puro matiz de distintas piedras preciosas, ó las cambiantes irisaciones del plumaje de muchas aves.

Además, todos sabemos que no es el sol el único cuerpo de quien recibimos luz: iluminan nuestra tierra, la luna y miles de estrellas en las noches serenas; esparcen sus rayos las lámparas eléctricas, los mecheros de gas, los quinqués de petróleo y las bujías de estearina, en las habitaciones, calles de las ciudades, y grandes salas de los establecimientos públicos; y al recordar que existen todos estos orígenes de radiaciones y medios de alumbrado, nos hemos de preguntar naturalmente: ¿cabe descomponer la luz que procede de todos estos focos? ¿Los resultados que se alcanzan, son los mismos que los obtenidos en la descomposición de los rayos solares?

Presentemos una bola de hierro calentada al rojo blanco, ó una masa fundida de este mismo metal, delante de la ranura y en la parte exterior de aquella cámara cerrada y oscura en que ejecutamos los experimentos anteriores; por la parte interior y delante también de la misma ranura, dispongamos el prisma de cristal ántes usado y en posición igual de paralelismo entre sus aristas laterales y la longitud de la ranura; la imagen que aparecerá en la opuesta pared del cuarto, será más ó ménos brillante según que sea mayor ó me-

nór la intensidad luminosa de la bola de hierro ó de la masa fundida del metal; pero presentará, por lo ménos á primera vista, un carácter parecido al de la alcanzada con la luz solar. Los siete colores que vemos pintarse en el arco iris, teñirán aquí otras tantas zonas, unidas tambien sin solucion de continuidad entre ellas, y próximamente en las mismas relaciones de amplitud.

Quitense luégo aquellos focos de la posicion en que se encuentran; sustitúyase por otros diferentes, y las mismas apariencias se reproducirán una y otra vez, en tanto que estos sean sólidos ó líquidos y se hallen calentados hasta ese limite denominado del *rojo blanco*. Los cuerpos en estas condiciones, pueden ser reemplazados luégo por otros en idéntico estado físico, pero cuya temperatura no sea tan elevada, y entónces se irán alcanzando gradualmente los resultados siguientes. Una esfera metálica que principia á enrojecerse, da sólo la zona encarnada, muy estrecha al principio más ancha despues, en la faja ensachada por el prisma que representa la imágen de la ranura por donde se deja penetrar su luz en la cámara oscura.

Cuando poco á poco se la calienta luégo más, van apareciendo á continuacion el anaranjado primero, el amarillo, el verde, el azul, y por último el añil y el violado. Al hallarse ya completo de este modo su espectro, las condiciones del cuerpo son iguales á aquellas en que se encontraban los anteriores; está calentado al rojo blanco, y blanco brillante es tambien el color de la luz que emite; entre estos dos hechos hay siempre una exacta correspondencia, y en ella se encuentra una nueva comprobacion, de que la luz blanca se resuelve en siete colores y de que por la reunion de estos, se reproduce aquélla. Tambien nos dice el experimento expuesto, que á medida que se calienta más á un cuerpo, se le pone en condiciones de emitir mayor número de radiaciones, y sobre todo, de ir agregando á las rojas las que suceden á estas en el orden siempre fijo en que se presentan los colores del espectro.

El hierro, el cobre, la plata y las sustancias más diferentes,

puestas en estas mismas condiciones, se conducen de igual modo; siempre que los orígenes de luz consistan en cuerpos sólidos ó líquidos, se reproducirá idéntica série de apariencias. ¿Obrarán de un modo parecido estas materias ú otras, en el estado gaseoso?

### III

No contestaremos á la pregunta anterior sin exponer ántes, mediante una representacion ficticia que hable á nuestra fantasia, la teoría aceptada por los físicos actuales para explicar la generacion de la luz, y la existencia de sus distintos colores.

Nos hallamos en plena oscuridad dentro de una habitacion cualquiera; no penetra luz por punto alguno en las paredes de ésta, y no tenemos ni prisma ni medios para experimentar como ántes lo hacíamos. Delante de nosotros se halla una partícula material, que puede oscilar á un lado y á otro, como oscila la péndola de un reloj.

Comienza su movimiento y suponemos comienza con tal lentitud, que no llega á dar al principio sino unas dos ó tres oscilaciones en el segundo; miéntras esto sucedé, nada nos revela, ni que allí existe semejante móvil, ni que hay un cuerpo grande ó pequeño que cambia á cada instante de lugar.

Poco á poco camina más de prisa; su rapidez de marcha se triplica, cuadruplica, quintuplica y alcanza á ser lo suficientemente grande para que aquél recorra diez y seis veces en la unidad de tiempo, la invariable trayectoria que traza en una y otra ocasion delante de nuestro cuerpo; un sonido grave, apenas perceptible por su extrema grávedad, principia á herir el oido.

Continúa su agitacion en aumento, y las impresiones que nosotros vamos recibiendo son cada vez más agudas; no hay

medio ya de compararlas á las sensaciones que pudieran producirnos las cuerdas del *contrabajo* y *violoncello* pulsadas al aire, son semejantes á las notas que arranca el arco del violin; luégo se excede este limite musical, y concluye por no oirse nada cuando aquel péndulo singular da más de 72,000 oscilaciones en el mismo período de tiempo. Desde este instante reina ya siempre el silencio.

El motor ignorado que le impulsa á un lado y á otro, le comunica cada vez mayor cantidad de movimiento. Entre limites que nos son desconocidos, pero siempre superiores á los ántes indicados, recibimos una primera impresion de calor. Siguen animándose sus oscilaciones, y aumentando esta; cruza de una posicion extrema á la otra con velocidades de las que apenas podriamos darnos cuenta, y llega, cosa incomprendible, á pasar por una cualquiera de sus posiciones *cuatro millones de millones* de veces en el corto espacio de *un segundo*. Entónces vemos luz por primera vez, y el simple movimiento de la partícula interrumpe las tinieblas, haciendo aparecer ante nosotros el color rojo más oscuro que observamos en uno de los extremos del espectro.

El número de oscilaciones se va haciendo todavía mayor en el mismo período de tiempo; desaparece el rojo oscuro para ser sustituido primero por otros rojos cada vez más claros; luégo, por el anaranjado, amarillo, verde, azul y añil, á medida que las cifras que expresan el indicado número de oscilaciones van siendo tambien mayores, y se llega al violeta claro, y en último término, al violeta oscuro del extremo opuesto del espectro, cuando pudieran contarse seis millones de millones en ese mismo espacio de un segundo, tomado siempre como unidad para contar el tiempo en esta clase de experimentos.

Después imperan de nuevo la oscuridad, el silencio, la indiferencia para producir toda sensacion: no llega calor hasta nuestro tacto, ni luz á los ojos, ni perciben sonido los oidos; es que el inconcebible movimiento con que en aquellos instantes pasa la partícula por sus distintas posiciones, no tiene virtualidad ni guarda energia para producir efecto alguno?

Si al encerrarnos en aquel cuarto introdujimos con nosotros un frasquito lleno de una de esas materias llamadas sales de plata que se usan en la fotografía, y mantenido éste cubierto hasta aquel momento por un lienzo ó papel negro, es luégo librado de su envoltura al llegar al indicado límite, un exámen superficial del contenido de la vasija verificado al salir del cuarto, nos descubrirá que el líquido se ha ennegrecido como se ennegrecen las placas fotográficas. Más allá de los rayos violetas, que son de entre los luminosos los dados por mayor número de oscilaciones en el segundo, se extienden otros rayos capaces de obrar sobre estas sustancias, revelándonos sólo en esta acción su existencia: lo que no da luz, calor, ni sonido, obra sobre diferentes cuerpos cambiándolos de color, de otras propiedades, y por tanto, de naturaleza.

Los físicos han averiguado ya hoy, á consecuencia de multiplicados trabajos experimentales, y esto es lo único que hemos querido expresar en las imágenes anteriores, que la luz es producida por oscilaciones de las últimas partículas de los cuerpos que reciben en este caso el nombre de *vibraciones*. Saben que es distinto el número de esas vibraciones que engendra á cada color, siendo en el menor número las que dan el rojo extremo, y en el mayor posible las que originan el violeta más oscuro en la otra extremidad del espectro. Saben que más á la izquierda del rojo, y donde nada nota nuestra vista, hay otras radiaciones ménos rápidas capaces de engendrar calor, miétras que á la derecha del violeta se extienden otras más veloces, aptas para modificar en la mayor extension posible la naturaleza de los cuerpos.

Dos radiaciones cualquiera, por próximas que estén y por confundidas que aparezcan en el espectro, están dadas por distinto número de vibraciones y son distintas: es bien seguro que las engendradas respectivamente por *cinco billones*, y *cinco billones una* oscilaciones aparecerian como ocupando el mismo sitio hasta para una vista miles de veces más delicada que la nuestra; y sin embargo, basta conocer este sencillo dato para saber, no sólo que son distintas, sino que entre

ellas existen separándolas, otras infinitas vibraciones dadas por *cinco billones* y todas las fracciones de la unidad, *un cuarto, un octavo, una milésima, una millonésima*, que nos sea dable concebir.

Si nuestra imperfecta vista no distingue en el espectro más que siete colores, el conocimiento de estos datos nos prueba, en cambio, que cada una de las zonas con diferente matiz que observamos en el arco iris, está formada por infinitos rayos distintos entre sí. Al verlos extendidos los unos al lado de los otros, deduciremos que hay en el cuerpo que los envía también infinitas partículas que oscilan á la vez, pero moviéndose cada una de ellas con una velocidad determinada: esta es la consecuencia que tiene que sacarse de las nociones indicadas y del carácter de los espectros que dan el sol y los cuerpos sólidos y líquidos.

Mas si la sustancia que da la luz constara sólo de una ó infinitas partículas que se movieran dando todas *cinco billones* de oscilaciones en un segundo, el espectro de esta luz, formado por el prisma, constaria sólo de una finísima raya de un solo color, rojo, verde, azul y violado; de aquel á que correspondiera la cifra indicada: si todas sus partículas dierran, por ejemplo, *cuatro billones seiscientos mil millones, cinco billones dos y seis billones siete*, su espectro constaria de tres rayas brillantes y coloreadas. Pudiera suceder, por el contrario, que no existieran en la sustancia elementos materiales que engendraran dos, tres, mil radiaciones correspondientes á un número de oscilaciones dado, produciéndose todas las demás, y entónces se obtendria un espectro compuesto por todos los colores, y con dos, tres, mil rayas negras en los sitios donde debian encontrarse los rayos luminosos que aquel cuerpo no pudiera engendrar. ¿Es esto simplemente posible, ó se conocen orígenes de luz cuyos espectros presenten los caracteres diversos de estos distintos tipos que acabamos de indicar?

## IV

Cuando el cuerpo de donde parte la luz es un gas incandescente, la descomposición de sus rayos mediante el empleo del prisma, nos da resultados imprevistos, muy diferentes de los anteriores, y de un carácter que permite sacar de ellos grandísimas aplicaciones. En la pantalla donde antes venía á pintarse una imágen compuesta por fajas de distintos colores, se observan sólo en ciertos sitios una ó varias rayas brillantes, teñidas ya por uno ó ya por otro matiz, colocadas en las posiciones que les correspondería ocupar con arreglo á éste, y apareciendo del mismo modo que si se hubiera borrado la mayor parte de la ancha faja coloreada, respetando sólo en determinados sitios, rayas de luz más ó menos estrechas y en mayor ó menor número. Los gases ofrecen la primera de las dos formas de espectros que indicábamos como posibles al final del capítulo anterior.

Se halla compuesta la luz de las sustancias en este estado físico, lo mismo que se presentaría si no existieran en el gas partículas capaces de vibrar con todas las velocidades posibles, y si sólo alguna ó algunas que se movieran dando números definidos de oscilaciones en el segundo expresados por uno, dos, tres, ó más cifras distintas. Si las hubiera, por ejemplo, que fueran capaces de producir *cuatro billones setecientos mil millones, cinco billones cincuenta y cuatro, y cinco billones seiscientos cuarenta y dos mil millones*, estas se marcarían por tres líneas matizadas respectivamente por el rojo verde y violeta, y las demás que faltan en infinitiva mayoría, quedarían señaladas por la oscuridad en todos los sitios que debían haber ocupado. La descomposición de aquellas radiaciones por el prisma, nos daría forzosamente un espectro del carácter y condiciones que acabamos de exponer.

Al comparar las luces de unos gases con las de los otros, se

nota tambien que en este estado no sólo no presentan todos los cuerpos el mismo género de espectro, sino que no existen dos solos que le tengan idéntico. La materia principal que contiene la sal de cocina, el metal llamado *sodio*, da al volatilizarse en la llama del gas del alumbrado, ó en la de una lamparilla de alcohol, una *raya anaranjada* colocada siempre en idéntica posición en el espectro, y que sirve para distinguirle de los demás. El metal *calcio*, ó principio de la cal que empleamos en nuestras construccions, forma en iguales condiciones una imágen compuesta de varias rayas amarillas y verdes. Otro cuerpo denominado el *bario*, varias de los mismos colores que el anterior, aunque en otras posiciones, mezcladas con algunas anaranjadas y rojas.

Desde el instante en que cada una de las materias existentes produce un espectro distinto, este carácter puede servir para diferenciarlas entre sí, lo mismo que sirve para separarlas y distinguir las unas de otras, su distinto peso, su distinto color, su variada forma, la variada aspereza al tacto y las demás cualidades que se presentan de diverso modo en las diversas materias que conocemos. Cuando se encuentren juntas muchas de estas, al volatilizarse en un foco de calor cualquiera, darán superpuestos sus espectros, y el observador reconociendo en la imágen luminosa la presencia y la posición de ciertas rayas, podrá afirmar que se encuentran los cuerpos químicos á quienes corresponden, en la mezcla que se ha sometido á nuestro exámen. Esto nos permitirá analizar un ingrediente cualquiera y descubrir cuáles son sus componentes, mediante el exámen del espectro que dé su luz. El método de reconocimiento fundado sobre los principios y operaciones indicadas, recibe el nombre de *análisis espectral*.

Mas no sólo se anuncia la presencia de las sustancias cuando sus gases emiten luz, extendidos los vapores alrededor de un foco luminoso, formando como una atmósfera que le envuelva, modifican tambien el carácter de sus radiaciones y cada uno de ellos de un modo que le es propio, sirviendo este nuevo dato para reconocerles de una manera tan

segura como por la produccion de los fenómenos anteriores. Los cuerpos poseen la propiedad de *emitir*, ó lo que es igual la de *enviar calor y luz* desde su masa á todo lo que les rodea, y al mismo tiempo la de *absorber tambien calor y luz*, recibiéndolos del medio que les envuelve, ó de todo lo que es exterior á su masa, y convirtiéndolos en el interior de ella en mil trabajos mecánicos de modificacion de su forma y su volúmen.

A poco que se estudie cómo se manifiestan esas propiedades, se nota, en virtud de lo ántes expuesto, que los gases no emiten indistintamente cualquier clase de radiaciones lumínicas. El *sodio*, segun se ha visto, no proyecta sino unas cuantas anaranjadas con las cuales constituye esa faja del mismo color y de cierta anchura que compone todo su espectro; el *calcio* engendra sólo las amarillas y verdes que ya se ha dicho se observan en la imágen producida por la descomposicion de su luz por el prisma; el *bario* las anaranjadas, amarillas y verdes, y así sucesivamente. ¿Sucede algo de parecido á esto en la propiedad de absorcion?

Es ley que se descubrió hace ya mucho tiempo respecto del calor, que son iguales los poderes absorbentes y emisivos de los cuerpos, es decir, que absorben la misma cantidad de radiaciones que pueden emitir; para el calor no habria medio de distinguir de un modo claro unos de otros, los rayos dados por distinto número de ondulaciones en el segundo, y no se pudo afirmar tal principio sino en términos generales. Desde el momento en que se empieza á trabajar con la luz, nos hallamos con un agente, en el cual, pueden hacerse estas comprobaciones, bajo un punto de vista mejor definido; la investigacion se ha realizado y al realizarse, se ha visto que cada gas, absorbe precisamente aquella clase de radiaciones que es capaz de emitir; el *sodio*, las que ocupan la posicion de la faja anaranjada que representa su imágen prismática; el *calcio*, las mismas rayas amarillas y verdes; el *bario*, las de este matiz y las anaranjadas.

Supongamos ahora que tenemos un cuerpo sólido ó líquido incandescente, colocado delante de la ranura de la cámara

oscura; el prisma que hay en el interior de ésta y enfrente también por el lado interior de la misma ranura, nos proyectará como ya sabemos en la pared opuesta, un espectro compuesto por los siete colores, sin que falte ninguno de ellos, ni haya solución alguna de continuidad. Si entónces se desprende un vapor de cualquier metal, suficientemente frío para no dar luz, y este vapor se interpone entre el sólido incandescente y la ranura, y por tanto entre aquel y el prisma, el gas producido absorberá los mismos rayos que debía emitir; si es de *sodio* absorberá los correspondientes á la faja anaranjada; si de *calcio* las amarillas y verdes, y entónces en el espectro continuo y completo que se habia formado ántes aparecerá en el primer caso una raya negra en el anaranjado; varias en el amarillo y verde en el segundo: la posición de estas será siempre paralela á las zonas de separación de los colores. Estos espectros, tan característicos de los metales como los primeros, se llaman *espectros de absorción*; á cada uno de los de *emisión* ó con rayas brillantes, corresponderá otro de estos.

Para que el resultado descrito se obtenga, es necesario que el foco que ha de dar el espectro continuo esté á alta temperatura y que el gas esté frío; es decir, que el primero emita una luz de gran intensidad, y el segundo no emita ninguna, ó la emita con escasisimo brillo. Estos dos términos de alta ó baja temperatura, de alta y baja intensidad, son, segun se comprende, relativos uno á otro. Si fueran descendiendo la temperatura é intensidad del foco, y aumentando la del gas, llegaría un momento en que la tendrían iguales; en este caso el vapor metálico absorbería ciertas radiaciones del espectro continuo, y tendería á producir rayas negras en él, pero al mismo tiempo emitiría estas mismas radiaciones con igual fuerza y brillo que las demás que da el sólido, y reemplazando con ellas los huecos ó vacíos de luz que pudiera producir en las de aquél, el resultado final sería un espectro completo, como si sólo alumbrara al prisma el sólido incandescente y no existiera vapor alguno.

Continuando en progresion este mismo decremento del

brillo del sólido y aumento de el del gas, las rayas de éste empezarian á destacarse más fuertes sobre un fondo de todos los colores; luégo estos se irian confundiendo en una iluminacion vaga y uniforme, y aquellas se señalarian aún más; últimamente quedarian ellas solas al apagarse el fuego del foco luminoso que daba el espectro continuo. Algo semejante á esto es lo que pasa en el fenómeno llamado de *inversion* de los espectros de los vapores metálicos, cuando pasan de espectros de *absorcion* á espectros con rayas brillantes ó vice-versa.

En resúmen de todo lo anterior, podremos decir que segun que el gas brille con menor, con igual ó con mayor intensidad que el sólido incandescente á quien envuelve, así se tendrá, ó un espectro surcado por varias líneas negras, ó espectro continuo que no revele la presencia del vapor metálico, ó distintas rayas brillantes.

Tales son los fenómenos cuyo conocimiento ha puesto en nuestras manos uno de los más poderosos medios de investigacion de las distintas materias químicas.

## V

El *análisis espectral* no ha sido descubierto en una sola tentativa. Las conquistas de las ciencias físicas y naturales, fundamento de la civilizacion moderna (telégrafos eléctricos, empleo del vapor, perfeccionamiento de la maquinaria, alumbrado público), exigen una série de esfuerzos de parte de los hombres que consagran su vida entera á estudiar todos los dias los hechos que se presentan ante sus ojos, sacando del conocimiento de algunos, aplicaciones inmediatas, y archivando los otros para que proporcionen al fin y al cabo ventajas prácticas á las generaciones que les suceden, conforme se está notando hoy que acontece con muchos que pudieron ántes parecer resultados simplemente curiosos, pero sin

utilidad, cuando se les alcanzó y se les expuso á las gentes á principios del siglo xvii.

La historia abreviada de las etapas á que se fué llegando hasta poseer este poderoso medio de análisis por medio de la luz, que hoy poseemos, tiene sobrado interés por sí misma para que no sea impertinente colocarla en este sitio: en España puede servir además para que el pueblo comprenda qué género de actividad se despliega en tales asuntos por todos los pueblos del mundo culto. Es bien sabido que sólo el que hace cosas por sí y contribuye á descubrir algo que adelante la ciencia que cultiva, merece en Europa y América el nombre de naturalista y profesor, y que al que simplemente se halla enterado de lo que los demás hacen, no se le mira ni se le puede mirar de otro modo que como un hombre culto ó mero aficionado.

No habia terminado aún el año 1752, cuando el inglés Thomas Melville observó por primera vez el color amarillo bien marcado que presenta la llama del espíritu de vino mezclado con la sal de cocina; remóntase, por lo tanto, á mediados del siglo xviii la adquisicion del primer dato que habia de servir de base al descubrimiento del análisis espectral. Setenta años más tarde, en 1822, tuvo ya éste aplicacion: el fisico Brewster necesitaba emplear en sus experimentos un foco de luz que diera uno sólo de los colores del espectro, y acudió á la llama amarillenta que habia usado Melville.

En esta segunda fecha, John Herschel, el célebre astrónomo que registró con sus telescopios tantas veces el cielo, comparó entre sí los espectros obtenidos descomponiendo la luz procedente de la llama de alcohol, en la que se habian arrojado diferentes compuestos de los cuerpos denominados cobre, estroncio y boro: da el primero á los focos de luz una tinta verdosa; la comunica roja el segundo y verde de otro tono el tercero. Herschel afirma, como resultado de sus trabajos, que el exámen de aquellas imágenes, formadas por el prisma, le permitia averiguar en muchas ocasiones la existencia en distintas mezclas de cantidades pequeñísimas de cualquiera de los cuerpos citados.

Cuatro años más tarde se ocupó en estudiar el mismo asunto el físico Talbot: habian llamado principalmente su atención las luces rojas que se usan muchas veces en las fiestas públicas y espectáculos teatrales, y pretendiendo averiguar qué género de rayos las componian, hizo pasar sus radiaciones por el prisma, y examinó la imagen obtenida. Como él mismo dice en uno de sus escritos, habia en ella grandes espacios oscuros interrumpidos por la presencia de líneas brillantes de mayor y menor intensidad: en la porcion correspondiente al rojo era donde éstas se ofrecian más numerosas y mejor marcadas. El espectro que observó Talbot en este punto, correspondia al vapor del cuerpo químico conocido con el nombre de *estroncio*, que es importante ingrediente en la confeccion de los fuegos artificiales.

Este físico, tan conocido tambien por el impulso que dió al descubrimiento de la fotografia, es uno de primeros que expuso ya de un modo claro las relaciones que habia entre las apariciones de rayas en los sitios correspondientes á unas ú otras regiones del espectro, y la naturaleza química de las sustancias, cuyos vapores, puestos en incandescencia, producian la luz. Con singular sagacidad fué suprimiendo unos cuerpos y agregando otros en las mezclas destinadas á dar llamas coloreadas, y viendo al mismo tiempo qué rayas coloreadas quedaban en los espectros, y cuáles se suprimian, pudo averiguar las correspondientes á cada una de las materias que se reunian para fabricar aquellos productos.

A estas siguieron otras tentativas y la adquisicion de diferentes resultados. En 1834, Talbot volvió á publicar nuevos trabajos, mostrando que conocia ya el modo de distinguir las dos llamas rojas, tan semejantes á simple vista, que dan las materias llamadas *litio* y *estroncio*; los espectros obtenidos con el prisma están formados por rayas colocadas en posiciones diferentes y en distinto número para cada una de las dos sustancias. *Miller*, en 1845, y *Swan* once años más tarde, agregaron nuevos datos á los expuestos por el anterior: cinco despues, en 1861, publicaron los célebres físicos *Bunsen* y *Kirchnoff* la série de los experimentos que permitian

se aplicara la descomposicion de la luz al reconocimiento de los distintos cuerpos que entraban en la composicion de la materia que ardia. Desde este momento adquirimos ya el medio de averiguar si hay cobre, hierro, plata, oro y otros principios, en todo cuerpo que nos envie radiaciones luminosas: desde este instante cayó en nuestras manos el recurso mediante el cual podíamos enterarnos de las materias que forman la masa de las estrellas.

Las primeras conquistas alcanzadas en su aplicacion, aqui dentro de esta misma tierra, nos dan á la vez la prueba de la confianza que puede tenerse en las indicaciones proporcionadas por estos métodos de descubrimiento y la medida de su sensibilidad. Digamos ante todo, que para ejecutar cómoda y exactamente los experimentos de la descomposicion de los rayos que nos envia una luz cualquiera, se ha dispuesto un aparato especial que recibe el nombre de *espectroscopio*. Consta de un pié y una plataforma horizontal: sobre ésta se halla el prisma, que es naturalmente la pieza más importante del instrumento. Dirigidos hácia dos de sus caras se encuentran dos tubos de metal semejantes á dos anteojos; el uno lo es realmente y sirve para observar con mayor claridad el espectro que se va á formar: el otro es un simple tubo que lleva una ranura en la placa que le cierra por la extremidad opuesta á la que mira el prisma; delante de esta ranura, que es alta y estrecha, se coloca la luz, cuyo espectro se va á analizar. Las radiaciones penetran por la ranura; siguen caminando horizontalmente por el eje de este tubo; caen sobre una de las caras del prisma; salen ya descompuestas por la que forma ángulo con ésta, y son observadas á su salida mediante el antejo astronómico dirigido hácia esta cara.

Dueño de estos recursos *Bunsen*, le empleó sin descanso en examinar los caracteres de todas las materias que podian caer en sus manos. Un dia analizaba los restos terrosos que habia dejado la evaporacion de una gran cantidad de agua mineral procedente de los manantiales de Dürkheim en el Palatinado, cuando vió aparecer en el campo del microscopio

pio varias hermosas líneas brillantes rojas y azules que no había observado ántes en ocasion alguna ni con otras materias: tal confianza tenia en su método, que afirmó sin vacilar la existencia de dos metales nuevos que se hallarian en muy pequeñas proporciones en aquel agua, cuando no se había logrado distinguirles de los demás por los procedimientos de análisis quimicos ántes conocidos y juzgados de los más delicados. Despues de hacer esta afirmacion, era necesario obtenerles aislados de todo otro cuerpo en cantidad suficiente para examinar sus propiedades, y probar de un modo irrefutable la verdad del aserto: Bunsen emprendió esta difícil tarea, y para que milésimas de grano que pudieran haber contenidas en cada arroba de líquido se convirtieran por lo ménos en algunos centigramos, hizo evaporar *cuarenta y cuatro mil kilógramos de aquellas* aguas: así alcanzó una onza escasa de la mezcla de los dos metales cuya existencia había pronosticado, dándolos los nombres de *cesio* y de *ruvidio*.

Si datos más determinados fuesen necesarios para juzgar de la delicadeza de este procedimiento de análisis, nos bastaría citar las siguientes cifras, que son más elocuentes que toda clase de razonamientos. Basta que exista en el aire *un diez y ocho mil avo* de sodio, del elemento principal que encierra la sal de cocina, para que todas las luces den la raya anaranjada característica de este cuerpo, por la combustion que experimenta el contenido en el aire al rededor de la llama. Para reconocer y demostrar la existencia del *ruvidio* no es necesario poseer más cantidad de *dos diezmilésimas de milígramo*.

Desde esta época, el espectroscopio ha proporcionado el descubrimiento de otras varias sustancias que entran en la composicion de esta tierra que habitamos, que se hallan en su superficie, con las cuales tropezamos quizás todos los dias, y que penetrarán muchas veces en nuestro cuerpo, siéndonos ántes desconocidas por las pequeñísimas proporciones en que forman parte de las mezclas en donde se las ha encontrado. Sirvan de ejemplo el *talio* que se anunció pri-

mero por una hermosa raya verde, y fué separado luego de algunas piritas de hierro, y el *galio* que ha sido estudiado por primera vez no hace aún cuatro ó cinco años por el eminente químico y al mismo tiempo fabricante francés, monsieur Lecoq.

Mas con ser tan importante que tenga tal grado de delicadeza el método de *análisis espectral*, no es ésta ni la única, ni siquiera la principal ventaja que con él hemos obtenido. La esfera de la química, se hallaba ántes limitada al recinto de la porcion de esta tierra que hubiéramos pisado. Al hablar de esta ciencia, venia involuntariamente á la imaginacion del oyente, la imágen de un conjunto de retortas, tubos, alargaderas y frascos, como la del material que aquella tenía que emplear en sus indagaciones, y dichos que estos eran los instrumentos, ocioso se hacia añadir que todos ellos eran inútiles para hacer química extraterrena, siendonos imposible ir á recoger materiales al sol y á la luna, para someterlos á nuestros experimentos.

Hoy leemos en su luz, la composicion de un cuerpo cualquiera. La luz es el agente universal y único que nos da cuenta de que viajan por ahí otros mundos mayores que el nuestro, que describen sus órbitas y emplean en sus movimientos periodos de tiempo que apenas podemos concebir. Todo lo que en ella podemos ir descubriendo, es lo que podemos llegar á saber del universo. Cuando sobre el punto brillante que forma una estrella, se ha podido apoyar un triángulo astronómico, hemos medido las distancias enormes á que se hallan los globos sidéreos; al revelar cada raya brillante del espectro la existencia de una materia, nos es permitido ya hacer *química de las estrellas*, averiguar si hay plata y oro en las entrañas de nuestro sol; veremos luego que todavía nos ha facultado para resolver mayor número de problemas la aplicacion del espectroscopio, al registro de los espacios del cielo.

No estará demás, tampoco, que al hablar de tanta conquista civilizadora como se ha alcanzado en el extranjero, hagamos por vía de digresion, un voto referente á nuestro país.

Aquí no se hace en estas ciencias nada que pruebe somos una de las naciones que deben incluirse en la lista de los pueblos civilizados; apenas dos ó tres firmas de muchachos jóvenes y varias de individuos de cuerpos facultativos, han aparecido en periódicos extranjeros de ciencias de observación, exponiendo los resultados de trabajos propios, ante el juicio de ese gran jurado que forma el mundo culto, y cuyas decisiones son las únicas que pueden hacer luz sobre quién es el que cultiva realmente la ciencia, y quién desempeña sólo el papel de sábio, mediante patente otorgada por el interés de comunión política ó pasión de grupo, ó venalidad de oficina.

Tiempo es ya de que el contribuyente español reclame que no se gasten en la enseñanza de extraviados prejuicios y teorías inútiles, viejas y abandonadas, grandes cantidades de las que ningun provecho saca el país para la resolución práctica de los problemas que ven planteados ante sí á cada paso, el agricultor, el industrial, y el comerciante; tiempo es ya de que, reformando profunda y radicalmente las condiciones de nuestros establecimientos de educación, sin posponer el bien del país ni á la amistad particular, ni á formalidades cancellerescas, se haga de las instituciones que tanto cuestan, focos de donde irradien los elementos necesarios para el desarrollo de la riqueza pública. Entónces no brillará por su ausencia nuestra querida pátria en estas y otras historias de diversos progresos científicos.

Hemos creído que nos autorizaba á esta pequeña digresión, el carácter del presente libro; al mismo tiempo que se populariza la ciencia, es necesario que se interese al pueblo en el exámen del género de educación que hoy se le da; por motivos de todos conocidos, y se le haga ver cuánta importancia tiene el cambio de esta organización de institutos científicos, hasta en las aplicaciones más comunes de la vida.

Vamos ahora á exponer los descubrimientos importantísimos que se han hecho en la aplicación de análisis espectral á los cuerpos celestes.

## VI

Con los medios de análisis recogidos mediante larga y laboriosa experimentación en la tierra, vamos á lanzarnos á investigar detalles en los espacios celestes. Un astro adorado en las edades pasadas, se presenta el primero ante nuestros ojos y reclama preferente atención. Es el que aparece mayor y más brillante, mirado desde nuestra tierra; alumbraba el globo en que vivimos, y engendra el día para él y los demás planetas; sostiene con su calor y su luz la vida de los animales y plantas, haciendo desenvolverse en ellos la fuerza é impulsando en último término todo su movimiento. Veamos lo que nos dice el espectroscopio sobre la composición química, estado físico y condiciones del *sol*.

Recogemos sus rayos, los descomponemos haciéndolos pasar por uno ó varios prismas, para proyectarlos así sobre una pantalla, los examinamos allí minuciosamente, y aquella imagen coloreada que á primera vista parecía continua, como si debiera su formación á proceder la luz de un globo incandescente, sólido ó líquido, presenta realmente rayas negras que la surcan en todas sus regiones en número tan prodigioso, que apenas se concibe en un primer momento sea posible distinguir las entre sí, señalando con precisión sus posiciones. No se mostraron todas á los observadores en un primer momento; la lista de las conocidas ha ido creciendo á medida que se hacían más perfectos los espectroscopios, y al mejorar estos y examinar con ellos las estrechas porciones de luz situadas entre dos de las ántes ya estudiadas, aparecían allí tres, cuatro, veinte líneas nuevas, dando el aspecto de una faja estriada á la que ántes se creería cinta uniformemente teñida de un sólo color.

El sábio alemán *Fraunhofer*, descubrió al principio unas cuantas de las mejor marcadas, á las cuales designó con

letras mayúsculas del alfabeto. La señalada con la *A* se encuentra á la extremidad oscura del rojo; la *B*, hácia el medio de este mismo color; la *C*, en la porcion más clara; *D*, corresponde á la raya que caracteriza el sodio y se señala fuertemente sobre el anaranjado; *E* y *F*, están contenidas en el verde; *G*, divide el azul; *H*, el violado. Despues se denominaron de un modo parecido, otras como la *a*, que se halla entre la *A* y la *B*, *b* entre la *E* y la *F*. Hoy el número de las determinadas, hace ya imposible acudir á éste género de nomenclatura, y las que todos los dias se descubren, son señaladas por otros caractéres.

Cada una de aquellas líneas oscuras, corresponde á una ú otra de las líneas brillantes que caracterizan los diferentes cuerpos: cuando se observan varias que representan en conjunto todas las líneas coloreadas que componen una materia química, podemos inducir legitimamente que ésta se encuentra en el sol. Mas éstas líneas no aparecen brillantes en el espectro del astro y se dibujan en negro sobre un fondo espectral compuesto de todos los colores, que sin su presencia tenderia á ser continuo; si recordamos lo que hace poco decíamos sobre los espectros de absorcion, deduciremos de lo anterior, que el del sol, no sólo nos revela la composicion de este astro, sino algo más, algo muy importante respecto á su constitucion física. No es posible suponer, conocidos estos datos, que el centro de nuestro sistema se halla formado por una masa homogénea; la imágen que dan sus rayos descompuestos por el prisma, nos dice que hay allí por lo ménos una porcion interior que da el espectro con todos los colores: que envuelve á ésta una atmósfera, vehiculo de los vapores de todos los metales y cuerpos que absorben determinadas radiaciones, originando esa infinita série de estrias que interrumpen la continuidad del primero. La porcion interior debe ser tambien más brillante que la externa.

Comparando delicadamente estas líneas oscuras con las luminosas de los diferentes espectros metálicos, se ha podido descubrir que se encuentran en el sol, *sodio*, *calcio* y *magnesio*; *hierro*, *cobre* y *zinc*; *aluminio*, *hidrógeno*, *manganeso* y

otros muchos cuerpos. De entre estos hay alguno como el llamado *titanio*, cuyo espectro consta de más de 470 líneas, y todas estas 470 han sido comparadas con otras tantas oscuras encontradas en la imagen prismática del sol, probándose la exacta coincidencia de unas con otras. Estudios que se han llevado á este límite de delicadeza, y realizados de modo tan paciente y profundo, merecen inspirar hácia los resultados que en ellos se han alcanzado, tanta confianza como el hombre puede tener en cualquier otro dato de los que se supongan más seguros. No hace aún muchos meses, el profesor Draper ha probado también la existencia en el sol del oxígeno, de ese elemento que aquí sostiene toda combustión y toda vida.

El oro, la plata, el mercurio, el plomo, el arsénico y el silicio, y otros varios, faltan en la atmósfera del centro de nuestro sistema, ó se encuentran en ella sólo en pequenísimas cantidades. Si allí hubiera habitantes, y estos elementos no pudieran engendrarse en uno de los instantes de la vida del astro, los pobladores de aquel globo dispondrían de hierro para matarse ó desenvolver su industria, según su gusto; pero carecían de metales preciosos con que satisfacer su avaricia. Estos son, indicados á grandes rasgos, algunos de los principales datos para juzgar de su naturaleza química.

La constitución física, que en términos generales se ajusta á lo ántes dicho, ha suministrado materia para numerosas observaciones, largos estudios, y publicación de obras interesantes. Del núcleo interior que da el espectro continuo, deberíamos creer en virtud de lo expuesto en los capítulos anteriores, que debe hallarse en el estado sólido ó líquido; pero los más recientes estudios sobre los espectros compuestos por líneas brillantes de los gases, han hecho ver que estas imágenes cambian lentamente cuando varía la temperatura ó la presión á que se encuentran tales cuerpos, y que á medida que un gas se halla más comprimido, las rayas brillantes se ensanchan y el espectro tiende á ser continuo, llegando á ofrecer al fin este carácter, cuando las fuerzas que

obran para reducir su volúmen, es decir, la fuerzas que ejercen presión sobre su masa, alcanzan un cierto grado de energía. Es sabido, que comprimiendo los gases es como se llega á hacerles pasar al estado líquido, y ahora vemos que ántes de experimentar semejante trasformacion, anuncia ya que va á ocurrir en ellos, el carácter de su espectro. Teniendo en cuenta las precitadas indicaciones, podemos pensar que el núcleo interior, puede ser ó sólido ó líquido, ó gas muy comprimido, y siempre dotado de una temperatura algo más alta que la atmósfera que le envuelve. De ésta hay que pensar está compuesta por gases de distintas naturalezas y vapores metálicos revelados por el conjunto de las rayas negras que se observan en el espectro.

Todavía nos ha suministrado mayores revelaciones el espectroscopio acerca de la constitucion física del sol. Hacia ya tiempo se habian observado en su superficie grandes manchas oscuras, ó por lo ménos de menor brillo que el resto, y unas prominencias, denominadas fúculas, que aparecian sobre los bordes del disco solar en los eclipses totales. Aprovechando la presentacion de estos fenómenos, se habian hecho ya algunas medidas para determinar la altura y la forma, y esfuerzos poco fructuosos, pretendiendo averiguar la composicion química de estas masas; cuando en 1868, gracias á algunos datos de observacion recogidos á la vez por el fisico francés Janssen en la India, y el sábio inglés Norman Lockyer en Lóndres, se dió con el medio de poder estudiar todos los dias tan singulares formaciones, sin tener que aguardar á que ocurriesen eclipses solares.

La forma de las protuberancias es sumamente caprichosa: reunidas unas á otras y vistas en conjunto las de una cierta porcion del borde del astro, son descritas por Lockyer, como algo «que es recordado, aunque pálido, por las películas nebulosas, infinitamente delicadas, formadas en uno de esos cercados ingleses de soberbios olmos; otras representan un bosque intertropical espesamente entrelazado, dirigiéndose las ramas en todos sentidos. Las prominencias se extienden generalmente á medida que sus porciones están más ale-

jadas del disco, y se deforman lentamente, muchas veces de un modo casi imperceptible.» Su color es de un rojo de fuego.

A la larga, áun aquellos que parecian guardar sin alteración su forma durante el tiempo de una o varias observaciones, vuelven otra vez al cuerpo del astro de donde han salido, se funden ó disuelven, cambian profundamente de contornos y dejan su lugar á otra ú otras que la suceden. Algunas de sus dimensiones han llegado á veces á la enorme longitud de *treinta mil leguas*, y varias de las que así se extendian, llevando á estas distancias la materia solar sin quedar aisladas del borde, aparecian, cambiaban de forma, y se borraban retrocediendo hácia la atmósfera del astro, en el corto periodo de diez minutos, como si fueran surtidor de fuego lanzado á recorrer aquel largo camino con tan extraordinaria rapidez.

Su espectro no es semejante en género al del sol; en vez del fondo continuo estriado de negro ofrecen sólo una série de rayas brillantes, permitiéndonos esto averiguar que la sustancia que las forma es gaseosa y se halla en estado de ignición. Dominan en él las líneas correspondientes al *hidrógeno* y á este cuerpo se le puede mirar como el vehiculo de todos los demás que allí se encuentran; pero despues de minuciosas comprobaciones puede tambien asegurarse que hay en ellas otros metales de los que aquí tenemos en la tierra en union de alguna materia cuyas propiedades son para nosotros un misterio, aunque quizás podrá aparecer un dia en cualquier region del globo en el seno de aguas minerales como el *cesio* y el *rubidio* ó mezclado con materiales aún desconocidos.

Al rededor del sol, y envolviendo á la atmósfera relativamente fria en que se produce la absorcion de luz que da las rayas negras, se halla una atmósfera de la misma naturaleza que las fáculas, es decir, compuesta por gases inflamados, cuyo espesor nó baja de *cinco mil kilómetros*: desde ésta se forman por prolongacion aquéllas. Otras indicaciones del espectroscopio permiten notar que la corriente de los gases es

desde dentro á fuera en las protuberancias, mientras que existe tambien otra de vapores, aunque en direccion contraria, en esas porciones oscuras denominadas manchas solares. La formacion de unas y otras se debe, segun esto, á violentas erupciones de gases que proyectan masas de estos á enormes distancias, como lanza su chorro de vapor una caldera cuando se abre cualquiera de los orificios de comunicacion con el exterior. Estos gases inflamados se enfrian luego, vuelven al seno del astro de donde salieron, y su masa, relativamente fria y mucho ménos luminosa, forma las *manchas solares*.

Durante los eclipses se nota tambien al rededor del disco solar y extendida á mayor distancia que aquella á que alcanzan las fáculas, una zona de luz que recibe el nombre de *corona*. Cuál sea exactamente la naturaleza de ésta, es cosa que nos está puesta todavia como problema para que no interrumpamos un momento este incesante trabajo de investigacion, que es la vida de la ciencia, y lo averigüemos mañana. Se ha discutido mucho sobre si será formada por materia del mismo astro ó por tenue sustancia que exista en todos los espacios celestes. En su espectro hay algunas líneas brillantes existentes tambien en esa hermosa luz llamada *zodiacal*, que se observa con mayor ó menor claridad despues de puesto el sol, sobre todo en las regiones ecuatoriales; y en el brillante fenómeno llamado *aurora boreal*, que varias veces hemos contemplado aquí mismo en España, y que apareció en Octubre de 1870 cubriendo una parte del cielo con diáfanas placas de un color rojizo. Esto pareceria indicar que en las tres cosas influa la presencia de un gas sutil y enrarecido que se extiende por todas partes entre planetas y estrellas.

Mediante lo dicho vemos que en el sol deben distinguirse: un núcleo central que se llama *fotoesfera*, que daria por sí sólo un espectro continuo, y que puede hallarse en estado sólido, líquido ó gaseoso muy comprimido, siendo lo segundo y tercero lo únicamente probable; una atmósfera relativamente fria, que envuelve por todas partes al anterior, lle-

na de vapores metálicos y otras sustancias que engendran las líneas negras de absorcion de la luz del primero; otra envoltura denominada *cromoesfera*, compuesta por gases inflamados que rodean á la segunda, y desde la cual se prolongan las protuberancias; un espacio lleno de materia ténue en donde se extiende la luz hasta una cierta distancia, materia que tanto la podemos considerar de aquel astro como de las porciones intraestelares, y que es representacion material y visible de ese lazo que se extiende entre todo, estableciendo la solidariedad universal.

## VII

Algo podemos averiguar tambien sobre la composicion química ó algunos de los elementos que existen en los planetas llamados Mercurio, Vénus, Júpiter, Saturno y demás cuerpos que se hallan subordinados al sol, sostenidos en el espacio por la atraccion de su masa, obligados á girar á su alrededor ó en torno de otros que ya cumplen con esta condicion y formando por lo tanto un sistema de cuerpos celestes.

La gran dificultad que aparece á primera vista para el empleo del espectroscopio en esta indagacion, es que los cuerpos que hemos nombrado no poseen luz propia: la reciben todos del globo de fuego cuyo estudio nos ocupó en el capítulo anterior y la reflejan en su superficie; però si algunos tienen á su alrededor una atmósfera ó envoltura gaseosa, como esta que envuelve nuestra tierra, las materias contenidas en ellas ejercerán un cierto poder de absorcion sobre la luz solar; aparecerán nuevas rayas oscuras en el espectro de la luz que nos devuelva el planeta, y por ella se vendrá en conocimiento del estado en que se hallen dichas atmósferas y de la naturaleza química de los principios que la forman.

Nuestro satélite, la luna, no suministra indicacion de ningun género; ni por este ni por otros procedimientos se ha podido descubrir si está defendida por una capa de gas tan excesivamente ténue que no se revela á los procedimientos de investigacion más delicados, ó si carece por completo de ella. Tanto en un caso como en otro, es imposible admitir que haya en nuestro satélite océanos, ni lagos, ni rios, ni grandes masas de agua de ningun género, ni á consecuencia de esto séres organizados, plantas, animales ú hombres como aquí tenemos. Ese astro tan hermoso cuando nos devuelve blanca la luz solar durante la noche, es sólo la representacion de la muerte, imágen tranquila que, indiferente á todo, recibe las radiaciones y las envía sin modificarlas.

*Mercurio* aparece tan envuelto en los rayos solares que es imposible ó muy difícil el llegar á adquirir sobre él numerosos datos de este género. En la imágen prismática de *Vénus* no se observan *líneas* oscuras que marquen mejor, ni las que se encuentran en el espectro solar, ni las que el vapor de agua de nuestra atmósfera agrega á aquéllas. El espectro de *Marte* presenta muchas rayas próximas á la *d* del solar iguales á las que aparecen en éste cuando el astro del día se encuentra cercano al horizonte y sus radiaciones tienen que atravesar un mayor espesor de la atmósfera terrestre; estas rayas corresponden á sustancias que existen en nuestra envoltura gaseosa, y su presencia en el espectro de *Marte* prueba que hay tambien las mismas materias en la masa del planeta.

En *Júpiter* se agregan muchas líneas negras á las líneas espectrales que nos son conocidas. Muchas de estas revelan allí la existencia de vapores iguales á los que flotan en la atmósfera terrestre. Otras nos descubren la existencia de distintas materias cuya naturaleza ignoramos, no siéndonos posible compararlas á cuerpo alguno terrestre. El espectro de *Saturno* revela el vapor de agua en este planeta. Los de *Urano* y *Nep­tuno* presentan alguna semejanza entre sí, aunque en el primero hay una línea que coincide con una de las del hidrógeno, mientras faltan las características del aire, lo cual constituye su especialidad, y el del segundo tiene la parti-

cularidad notable de aparecer cortado en el rojo faltando este color.

No se ha olvidado tampoco el estudiar por estos métodos, esos astros singulares que aparecen de cuando en cuando en la bóveda celeste, desapareciendo algún tiempo despues para volver pasados muchos años, ó no volver nunca, al ménos que se sepa, y en los que el vulgo cree ver escritos tantos peligros, cuando tantos positivos y reales le amenazan más de cerca sin que fije en ellos su atencion: nos referimos á los *cometas*. Nada se sabia ántes de positivo acerca de su naturaleza y áun los datos que se han recogido con estos poderosos medios de análisis, que tanto han hecho adelantar el estudio del sol, han sido aquí impotentes para alejar todas las oscuridades y misterios que dominan aún en tal asunto.

Desde 1866 á 1867 apareció el primer cometa que pudo ser examinado expectroscópicamente: su imágen prismática se hallaba compuesta de un fondo poco luminoso, en el cual se descubrian aunque con dificultad todos los colores, y de varias líneas brillantes que se destacaban sobre éste. Púdose estudiar luégo el *cometa* llamado de *Brorsen*, que es periódico y de los que se presentan más á menudo; en él se observó tambien el mismo espectro continuo débil de luz y difícil de apercibir, é iguales rayas brillantes en número de tres. Respecto de la constitucion de tan extraños cuerpos, parece ya poderse deducir de los datos anteriores, que consisten en una masa de gas en ignicion que luce por si misma y que puede reflejar al mismo tiempo las radiaciones que la envía el sol. Lo primero engendra las rayas brillantes; lo segundo el espectro continuo que no es otro que el del sol tan débil como es la reflexion sobre el gas.

El conocimiento de su naturaleza química ofrece aún muchísimas dificultades, y los pocos datos adquiridos sobre las materias que los forman, hacen difícil de explicar lo que hemos dicho sobre su estado físico. En 1868 apareció un segundo cometa que lleva el nombre del astrónomo aleman Winnecke; el físico inglés Huggins le estudió detenidamente y mostró que las tres líneas de su espectro coinciden con las

rayas del *carbon*. Mas ¿cómo puede hallarse allí este cuerpo? ¿Cómo hacerse luminoso? El sábio *Roscoe* dice que el cometa que hemos denominado de *Brorsen* «apenas contendrá tanta materia como encierra el aire que llena una reducida habitación, y que sin embargo, esta pequeña cantidad de sustancia, ocupaba un volúmen cuyo diámetro determinado por *Baxendell*, se elevaba á 60.700 millas.»

Faltan hoy por hoy más detalles y teoría que sirva para llegar á interpretar esto. El carbon procedente aquí de vegetales antiguos ó modernos, es un cuerpo más extendido por el universo de lo que pudiera creerse; le contienen en grandes cantidades los aereolitos que vienen desde otros espacios á caer en la superficie de la tierra; nosotros no concebimos, sin embargo, cómo pueda estar el carbon incandescente y en condiciones de tal tenuidad, careciendo al mismo tiempo de los elementos necesarios para sospechar con qué cuerpos pueda estar unido, para dar lugar á sustancias que puedan ofrecer aquellos caractéres. Las observaciones de *Huggins*, ya de por sí mismas muy precisas para que se las dé entero crédito, han sido confirmadas luégo en el estudio de otro cometa descubierto por *Winnecke* y en el llamado de *Encke*.

Léjos, muchísimo más léjos que nuestro sol, se encuentran otros soles á veces extraordinariamente más grandes que él, que se manifiestan á nuestra vista como simples puntos luminosos y reciben, segun ya sabemos, el nombre de estrellas. Para descomponer su luz y estudiar sus espectros, ha sido necesario recurrir á combinaciones ingeniosas y vencer grandes dificultades; á pesar de todo, los primeros descubrimientos sobre las condiciones físicas y químicas de dichos astros, se remontan al año 1814, en que *Fraunhofer*, el descubridor de las rayas solares, indicó ya que los espectros de las diversas estrellas difieren mucho entre sí, separándose por tanto la mayor parte de ellos, del de el astro que hemos estudiado.

El eminente astrónomo *Secchi* determinó en sus caractéres más generales, los de unas cuatro mil estrellas, y pudo notar que estos se referian próximamente á cuatro tipos distin-

tos. Se hallan en el primero, los de estrellas que son de un blanco brillante ó de un blanco azulado, como las denominadas *sirius* y *vega*; su espectro está caracterizado por cuatro líneas negras que coinciden con las del nitrógeno. Ofrecen el segundo semejante al de nuestro sol *pollux*, *capella* y otras teñidas en general por una tinta amarillenta. Dan los del tercero, la descomposición de las radiaciones de varias estrellas rojas y anaranjadas como algunas de *Orion*, *Hércules* y *Pegaso*; estos espectros tienen un aspecto particular, parecen formados por ocho ó diez columnatas paralelas entre sí y compuestas por bandas que son alternativamente oscuras y brillantes. Los espectros del cuarto grupo procedentes de estrellas muy pequeñas y rojas, son muy semejantes á los anteriores, diferenciándose sólo unos de otros, en que aquellos, ó los del tercer grupo, tienen todas sus fajas más iluminadas del lado del rojo, y estos del de el violeta.

¿A qué responden estos diferentes tipos? ¿Son muestras de los estados sucesivos por que ha de ir pasando una sola estrella, ó son clases distintas de estos cuerpos irreducibles unas á otras? ¿Se presentan en el cielo como se presentan á la vez en cualquier sociedad humana, niños, adolescentes, adultos y ancianos, ó es comparable su coexistencia á la coexistencia de distintos seres en la tierra, de hombres, peces, insectos y plantas? La opinion está dividida en este punto: hay razones poderosas en favor de ambas teorías. Por un lado parece que estos debian ser los diferentes aspectos que pudiera presentar un mismo cuerpo celeste, que se hallara primero incandescente y á una altísima temperatura, como está todavía el sol y se ha encontrado nuestra tierra lo mismo que otros cuerpos sidéreos, y se fuera luégo enfriando lentamente. Por otro, afirman los adversarios de la anterior doctrina, que cada una de estas clases de estrellas se encuentra de preferencia en una cierta region del espacio, y que sería raro suponer se agruparan así por edades.

Aun admitiendo la primera hipótesis, todavía hay controversia para saber cuáles son más jóvenes y cuáles se hallan más avanzadas en el camino de su vida. Afirman algunos, y

de un modo al parecer irrefragable, que puesto que el color blanco indica una temperatura más alta, las del primer grupo comienzan ahora su existencia, mientras que las del cuarto son las más próximas á enfriarse; pero á esto responden los otros, que muy bien pueden también las últimas emitir desde su núcleo una luz blanca y hallarse á mayor grado de calor y haber producido por esto mismo mayor volatilización de sus materiales, que formen una atmósfera muy densa y dotada de gran poder para la absorción de la luz, que las dé, en último término, á ellas el color que poseen, y á su espectro el aspecto particular que hemos indicado. El principal defensor de la primera teoría es el astrónomo *Lockyer*.

Admitase una cosa ú otra, las estrellas aparecen en general formadas por un núcleo brillante y una atmósfera de vapores metálicos absorbentes y gases en ignición. En muchas se han reconocido varias de las principales materias que las constituyen; la denominada *Aldebaran*, ó la más brillante del *Táuro*, y *Betelgeux* en *Orion*, contienen *sodio*, *magnesio* y *calcio*. El *hidrógeno* que existe en la primera, y en casi todas las esferas celestes, falta en la segunda. Hay también en aquellas *hierro*, *mercurio*, *antimonio* y *bismuto*. En ninguna de las dos se notan indicios de plata ni de otros metales pesados.

Existen muchas estrellas asociadas por lazos bien reconocibles: hay cuerpos sidéreos, que en general no pueden percibirse á simple vista, que se hallan teñidos por el azul, el verde ó el púrpura, y aparecen siempre subordinados á otra estrella más brillante, roja ó anaranjada. Cuando se comparan los espectros de los dos que forman un grupo se observa que hay numerosas líneas negras en uno de ellos en la región que aparece libre de rayas, en el otro y viceversa. Uno de los astros de la constelación denominada el cisne, se encuentra en estas condiciones, es doble: el espectro de la estrella anaranjada tiene surcadas por innumerables rayas oscuras sus regiones roja y azul, y libre del todo la de igual color al suyo; el del globo azul presenta igual particularidad en el anaranjado y rojo, y despejado el azul.

Las estrellas de que hemos hablado hasta aquí conservan sensiblemente en todo tiempo sus mismas condiciones y caracteres: la evolucion que sufran debe ser tan lenta, que no alcance la vida del hombre para notar las variaciones: faltan además datos exactos recogidos en la antigüedad, para que comparaciones entre sus diversos estados, fuesen posibles á lo largo de muchos siglos; pero sucede lo mismo con todas las que conocemos?

## VIII

A ciento cincuenta asciende el número de las estrellas marcadamente reconocidas como variables; puede sospecharse que á las comprendidas en éste, se unen otras muchas cuyos cambios son demasiado pequeños para poderlos apreciar de una manera tan evidente como se ha apreciado el de las primeras.

Se observa, que las teñidas por matices mejor determinados, son las más cambiantes, y que de entre estas, la mayoría presentan color camarsi ó anaranjado. Dos estrellas pueden citarse como excepciones notables á la ley general: una pertenece á la constelación denominada la *Lira*; otra es la llamada *Algol* en la *cabeza de Medusa*. Ambas son cambiantes y de color poco definido.

Las alteraciones que presenta el brillo de la segunda, ofrecen un carácter puramente singular. Dos dias y trece horas permanece inalterable; luégo pasa en tres horas y media desde la segunda á la cuarta magnitud; en otras tres y media pasa desde la cuarta á la segunda, para guardar de nuevo su tranquilidad y su reposo, mientras transcurre el mismo período de dos dias y trece horas. De cuando en cuando vienen algunas perturbaciones á alterar la regularidad de este ciclo de trasformacion; pero los alejamientos desde él son de pequeña importancia.

Consultada la naturaleza de su luz, observamos que el espectro de esta estrella, no sufre alteracion alguna miéntras tales variaciones se producen en sus destellos: idéntico asimismo permanece lo mismo cuando el astro destella con su más espléndido fulgor, que al reducirse su brillo en la considerable proporcion en que decrece. No se pueden atribuir por tanto estas modificaciones á erupciones violentas de gases que conmuevan la masa del astro, ni á cambios en la naturaleza fisica ó química de su sustancia: los incrementos y decrementos de luz en este caso, revelan sólo el paso de un cuerpo opaco por delante de su disco, de un satélite de aquel sol, cuya existencia nos es noticiada sólo por los fenómenos des-eritos, ó la accion de otra influencia parecida. He aquí, por qué medio puede irse averiguando algo sobre los otros sistemas de mundos semejantes al nuestro, que llenan el infinito espacio.

Esto que se observa en Algol, no es, sin embargo, lo que acontece más generalmente, ni aún en otras estrellas variables, cuyo período de cambio tiene tanta regularidad como el de la anterior. Hay astros como el llamado *Arturo*, perteneciente á la constelacion el Boyero, cuyo espectro tiende á pasar de un espectro semejante al de nuestro sol, al tipo estriado, á medida que su luz se hace más tibia, miéntras que otras esferas celestes que experimentan modificaciones parecidas, presentan alternativamente primero, aquella forma de espectro, y luégo, la segunda de un modo claro y definido.

Pueden citarse otros muchos cuerpos sidéreos cuyos espectros presentan rayas brillantes cuando ellos llegan á su máximum de luz, indicando esto que tienen lugar en su masa erupciones de *hidrógeno* y otros gases inflamados; en tanto que pierden éstas al mismo tiempo que á simple vista se ve decrecer su magnitud, extendiéndose fajas oscuras, cada vez más anchas, sobre el conjunto de los colores que producen sus rayos descompuestos por el prisma. Esto parece indicarnos que á los gases incandescentes se han sustituido en sus atmósferas vapores enfriados y densos en considerable cantidad.

Aquí se nota ya la influencia de hondas perturbaciones. No se parecen éstos á aquéllos cuerpos inalterables sometidos á las ocultaciones de su luz por astros que les están subordinados y giran á su alrededor: son globos que sufren incesantes trasformaciones, cambios profundos en su masa, sacudimientos enérgicos de ésta y revoluciones extremas en sus atmósferas, si bien muchas de estas siguen presentándose todavía como algo normal en ellos y con el carácter periódico que ofrece su mismo movimiento en el espacio, las fases de la vida de una planta, ó los alternativos tránsitos de sueño á vigilia, y de ésta á aquél á que se encuentra sujeta la existencia de los animales y del hombre.

Mas no son estos tampoco los hechos en que mejor puede verse escrito el trastorno y la revolucion incesante á que está sometido ese hermoso cielo tan sereno ante nuestra vista, porque los cataclismos, las trasformaciones violentas y aun la perturbacion más terrible de todo sistema y todo organismo se resuelven al fin en el orden, en el bienestar y en la armonía, lo mismo en la naturaleza que en las sociedades humanas.

Hay estrellas que parecen brotar de la nada ante nuestra vista en el momento más inesperado; existen otras que se borran para siempre de esa ficticia bóveda azul cuando quizás se creeria poder contar mejor con su subsistencia durante largo tiempo. Citaremos algunos ejemplos de entre los más importantes que se conocen de una y otra clase de fenómenos.

Digna es de notarse, en primer término, la aparicion observada por Ticho Brahe al caer la tarde del 11 del Noviembre de 1572. Llevaba ya el célebre astrónomo unos treinta minutos entregado á sus estudios, y contemplando el cielo, cuando de repente vió presentarse en la region de *casiopea* una estrella tan brillante como algunos de los más brillantes planetas de nuestro sistema solar. Cuenta su descubridor que las personas de buena vista llegaron á *contemplarla claramente al medio dia*; y las dotadas de mediana ó mala *durante la noche en muchas ocasiones en que el cielo estaba lo suficien-*

*temente velado por la niebla para que no se pudieran ver las otras estrellas.* Mediante estos datos se puede formar idea de su magnificencia.

Poco tiempo guardó tan intensa luz; mes y medio ó dos meses despues sus destellos se debilitaban rápidamente, y al cabo de diez y ocho á diez y nueve meses aparecia privado de brillo y claridad el sitio en donde estaba. ¿Quedar<sup>a</sup> de ella algun recuerdo? ¿Será cierto, como supone con bastante fundamento un ilustre astrónomo, que el astro de Ticho Brahe no es sino un pequeño cuerpo de color rojo que apenas brilla en la misma region? ¿Fueron perturbaciones é incrementos de actividad del mismo cuerpo celeste los fenómenos iguales que se sabe pudieron observarse en la misma porcion del espacio durante los siglos x y xiii? Extraña impresion produce el conocimiento de esta periódica alteracion de condiciones físicas que agita la inmensa masa de una esfera celeste de trescientos en trescientos años. Si esta es realmente la ley de variacion para ella, y las mismas fuerzas continúan obrando, ántes de diez años podremos ver repetido el hecho, siéndonos fácil ahora, y con nuestros actuales medios, estudiarle con detenimiento.

Citamos esta aparicion como ejemplo, y como un ejemplo de los más notables que pudiéramos indicar; pero no como el único que haya llegado hasta nuestra noticia. La presentacion de otros muchos en tiempos anteriores y en los actuales se ha repetido hasta hacernos ver que no es la tranquilidad de la muerte, sino la calma de la coordinacion y precisa dependencia, la que impera en las regiones de esos mundos, y sistemas mucho mayores que el que tiene por centro el sol que mejor conocemos. Desde que Hiparco hizo su catálogo de estrellas, hasta el instante del cambio observado en una del Cisne durante el traseurso del año 1876, se han registrado veintitres hechos de este género, acerca de cuya autenticidad no puede quedar duda alguna, y recogido numerosas indicaciones más vagas ó faltas de completa exactitud. Muchas de estas modificaciones, quizás la mayor parte, han tenido lugar en la proximidad de esa faja blanca

llamada la *vía láctea*; puede por esto sospecharse, si bien no es posible afirmarlo con seguridad, que de ella parten las influencias que producen las reacciones de materia á materia, y encienden el fuego de los astros que las sufren.

El estudio mediante el espectroscopio de los dos casos de cambio muy apreciable que nos ha sido posible estudiar por este procedimiento en los tiempos modernos, ha proporcionado datos bien comprobados y suficientemente extensos acerca del modo de verificarse estas modificaciones y de sus causas más probables. Una estrella de segunda magnitud brilló por primera vez durante el año 1866 en la *Corona boreal*, declinando luego en doce dias hasta la sexta, y llegando á ser, finalmente, de las sólo visibles con el auxilio de un buen telescopio. En 1876, la que hemos citado del *Cisne* apareció el 24 de Noviembre con una intensidad comparable á las de tercera magnitud, subsistiendo sólo, al ménos para nuestra vista, durante el breve periodo de tres meses.

Lo mismo en el espectro de aquélla que en el de ésta se distinguían rayas brillantes reveladoras del hidrógeno, del magnesio, y de otras materias desconocidas para los habitantes de la tierra; rayas que estaban situadas sobre un fondo continuo formado por los colores del iris. Poco despues, cuando los astros empezaron á apagarse, quedó en el espectro de la primera, la porción continua sola; las rayas brillantes en el de la segunda.

De estos resultados, podria deducirse que en tanto que en la de la *corona boreal* habia resistido la masa de la estrella á la accion de las terribles erupciones de gases inflamados que la estuvieron agitando durante algun tiempo, en la del *cisne* preponderó la fuerza de éstas, y fué su cuerpo reducido á vapores. La raya brillante que en último término vino á representar toda su luz, guardaba exacta correspondencia con una de las que ofrecé el espectro, que luego describiremos, de esos cuerpos singulares llamados *nebulosas*.

Hay además en estos hechos una particularidad muy digna de ser notada; desde que apareció como de segunda magnitud la estrella de la *corona boreal*, hasta que descendió á la

sexta, su luz hubo de disminuir en la proporción de *setecientos sesenta á uno*. Comparando estas dos cifras podremos formarnos idea aproximada de la intensidad de la variación sufrida por todos los cuerpos contenidos en aquel astro y sospechar la de sus condiciones físicas.

Nuestro sol es también una estrella variable, según han demostrado los dos eminentes físicos Jansen y Lockyer, por más que sus cambios sean relativamente insignificantes; pero si algún día llegaran estos á alcanzar la magnitud que alcanzaron en 1866 los de la estrella de la *corona boreal*, la tierra y los planetas grandes y pequeños que siguen con nosotros al centro del sistema, serían en un sólo momento reducidos á vapor. Mucho ántes de que esto aconteciera, no quedarían, no sólo las vidas, sino resto alguno de las plantas y los animales; el hombre y sus creaciones se aniquilarían del mismo modo, sin dejar recuerdo ni señal de su existencia. Todas las condiciones que han creado sobre esta tierra, el tiempo, la fuerza germinal y los agentes físicos; sus paisajes magníficos, sus océanos imponentes, las aglomeraciones gigantescas de montañas, se borrarían con la misma facilidad con que se borra una acuarela al pasar sobre ella una tinta uniforme, y lo que tan terrible desgracia representaría en nuestra morada, no sería si no un hermoso fenómeno de luz, muy interesante para su contemplación y estudio desde otro mundo cualquiera, como lo ha sido en estos tiempos para nosotros el incremento en esplendor y magnitud aparente de esas estrellas de la *corona boreal* y del *cisne*.

Quizás mientras nos consagramos al descanso, sin que nada perturbe nuestro sueño, desaparecen allá, vaporizados hasta en sus últimas partículas, planetas de otros soles mucho mayores que el nuestro; quizás un día, en tanto que esta mísera humanidad trata de afirmar instituciones imperecederas, desaparezcan también á la vez escena y actores como gota de agua que cae sobre las llamas de poderosa hoguera. Si llegara á ocurrir tan terrible catástrofe, no se perdería todo: algún astrónomo curioso habitante en cualquiera de los pla-

netas que caminan por los espacios intraestelares, apuntaria en su cartera la fecha en que habia notado cierto incremento de luz en el sol, para el uno de los cuerpos más pequeños de la constelación de que forma parte aquel astro, centro de nuestro sistema.

Muchos autores llenos de bondad, de esos á quienes asustan de antemano las noticias que piensan van á intimidar á los demás, se apresuran á asegurar que son poco probables las distintas catástrofes naturales, siempre que se ven obligados á describirlas; las probabilidades suelen apreciarlas prácticamente, de distinto modo los diferentes individuos cuando llega el caso, segun que se encuentran más ó menos cercanos al sitio de la produccion del cataclismo. Aquí dirian para tranquilizar, y aún hay algun escritor que ya lo dice, *que esto no ha ocurrido hasta ahora*, lo cual no es fácil poner en duda, y que quizás no sucederá nunca, posibilidad que como todas las posibilidades, tampoco debe negarse; mas de tan inocentes consuelos á proclamar seguridades hay una distancia infinita, porque estas seguridades no se pueden dar.

Reconozcamos que hay en los anteriores datos la indicacion de una forma más en que podemos ser destruidos en compañía de todo lo que juzgamos más firme bajo nuestras plantas, y sírvanos de consuelo el pensar que si el hecho se produjera no nos quedaria mucho tiempo para asustarnos, ni ménos para condolernos de nuestra desgraciada suerte.

## IX

En medio de los grupos de estrellas obsérvanse tambien otras concreciones de materia semejantes á ténues y delicadas nubes blanquecinas en la apariencia; escasamente, y en reducido número, apercibibles á la simple vista, registradas ya hasta el número de 5.000 bien determinadas, mediante el auxilio de los más poderosos instrumentos y de formas va-

riadísimas y caprichosas, á quienes se ha dado el nombre de *nebulosas*.

Remóntanse al siglo xvii las primeras noticias concretas que nosotros poseemos sobre su descubrimiento. Los nombres de los físicos *Marius* y *Huyghens* van unidos á la observacion de las que se encuentran en las constelaciones denominadas *Andrómeda* y *Orion*. 1612 y 1656 son las dos fechas memorables de la inclusion de estos cuerpos en el catálogo de las masas de distintas condiciones que existen en los espacios celestes.

¿Qué son las nebulosas? ¿Cómo están constituidas? ¿Son reuniones de estrellas vistas á gran distancia de nuestra tierra y cuya luz se confunde en aquella luz tibia y uniforme que nos envian, cómo se confunden en una sola masa azulada y de regulares contornos las asperezas y escabrosidades de una montaña que se ve en los límites del horizonte? ¿Consisten, por el contrario, en depósitos de materia informe desde los cuales pueden disgregarse porciones más ó ménos grandes para engendrar en uno y otro momento nuevas estrellas? Todos estos problemas se han planteado los astrónomos, y todas estas hipótesis han sido emitidas para explicar el secreto de la constitucion de aquellas masas misteriosas.

Que no son cuerpos cuya existencia sea tan extraña á la de los demás como á primera vista parece, ó de naturaleza que no ofrezca ni relacion remota con la de las estrellas, es verdad que comprueban dos importantes hechos. Desde la nebulosa de aspecto más vago é indefinido, casi pura ráfaga luminosa que revela en ligero brillo la existencia de algo material, hasta el cuerpo sidéreo de contornos marcados y límites mejor definidos, se extienden una serie de cuerpos ya próximos ó ya alejados de uno y otro término extremo, que los enlazan entre sí, cual si aquellos fueran los eslabones terminales, y éstos los intermedios de una misma cadena, ó los primeros puntos los más separados de una línea recta continua, en la cual estuvieran representadas las otras masas sidéreas por los situados entre ambos.

Ya en tiempos muy anteriores se habia reconocido que al

lado de las nebulosas que mejor merecen este nombre, existen otras en las que se destacan desde su fondo homogéneo, porciones brillantes que aparecían delimitadas con mayor ó menor claridad cuando se dirigían hácia ellas los telescopios más poderosos con que entónces contaba la investigación científica, adquiriéndose así el convencimiento de que había, por lo ménos, dos clases distintas de estos cuerpos. Además de las anteriores se reconocen también todas esas formas distintas de asociación de cuerpos sidéreos que han recibido de diferentes autores los nombres significativos de *niebla estelar*, *polvos de estrellas*, *enjambres de estrellas* y otros.

La segunda clase de hechos que muestra de un modo bien evidente la existencia de relaciones entre estrellas y nebulosas, comprende aquellos que se refieren á trasformación ante nuestra vista de unas en otras. Uno de estos casos ha sido ya citado al hablar de la estrella que apareció en el *cisne*: otros varios de trasformación repentina de una nebulosa en estrella volviendo esta al cabo de cierto tiempo á su anterior condición, han sido observadas y descritas por varios eminentes astrónomos, como *Pogson*, *Luther* y *Anwers*.

Mas después de indicados estos datos, todavía queda en pié la cuestión principal, y casi en el mismo estado en que se hallaba; ¿cuál es este género de parentesco? Cómo están constituidas las nebulosas?Cuál es su naturaleza física y química? De no acudir á otros medios de indagación que los hasta hoy empleados, siempre quedará nuestra opinión oscilando entre si es que aquellas masas que se juzgan más diferentes de las estrellas, aparecen así porque distan más de nosotros, ó si presentan su peculiar fisonomía porque tienen caracteres que las diferencian mucho de estas, por lo ménos mientras no abandonan su condición de tales nebulosas.

Para sacarnos de dudas no han servido hasta hoy los telescopios: de muchos grupos de cuerpos que se veían de un modo confuso, se ha creído resolverlos en claras agrupaciones de cuerpos celestes al aumentar la potencia de aquéllos; pero otros muchos han guardado sus mismas apariencias vagas y misteriosas. Acudamos al espectroscopio.

En la noche del 20 de Agosto de 1864, el Dr. Huggins, uno de los sábios que mejor pueden ostentar el título de astrónomo, porque ha descubierto mayor número de secretos de los que guardaban los cuerpos celestes, y ha ensanchado considerablemente el campo de la astronomía abriendo nuevos é inmensos horizontes en este estudio: en esa noche memorable para la historia de la ciencia, el eminente inglés que hemos nombrado semetió los rayos de las nebulosas al pasar por el prisma, y al nuevo y grandioso método de análisis por la luz. Con gran asombro suyo vió que en vez de una faja continua compuesta por todos los colores, se presentaban ante su vista sólo tres rayas luminosas, dos de un color verde brillante, otra casi azulada y destacadas sobre un fondo oscuro. Las nebulosas no pueden ser por lo tanto, á semejanza de las estrellas, astros dotados de un núcleo brillante envuelto por una atmósfera con vapores absorbentes. Las nebulosas que ofrecen este tipo de espectro, están formadas por un gas.

De estas tres rayas brillantes una de ellas se distinguió con claridad desde el primer momento: las otras dos se revelaron á la vista del observador despues de mirar con un poco de atencion. La más fuerte, que es al mismo tiempo la más bercana al sitio donde hubiera debido presentarse el color rojo, corresponde al gas denominado *nitrógeno*, al mismo elemento que forma principalmente nuestra atmósfera, y que se halla en aquellas masas celestes en estado luminoso. La más débil y más alejada de la anterior situacion, revela la existencia del *hidrógeno*. La intermedia no ocupa la posición de la de ninguna de las materias que nos son conocidas. Algunas nebulosas presentan tambien en su espectro una cuarta raya.

Con tan poderoso medio de análisis y fundándonos en los datos indicados, nos será ya posible irnos dando cuenta de algunas de las particularidades que presentan aquellos cuerpos. Desde luégo deberemos recordar que los espectros brillantes del *hidrógeno* y del *nitrógeno* constan de muchas rayas, además de la que ofrece perteneciente á cada uno de

ellos el de las nebulosas; para que la imagen prismática de la luz de los indicados gases llegue á simplificarse de tal modo, es preciso enrarecerlos hasta un alto limite, es decir, hasta que con una pequeñísima masa de ellos se llene un gran recipiente, y enfriarlos al mismo tiempo: de aqui deduciremos que es ténue la materia de las nebulosas y que está á muy baja temperatura. ¿Cómo es luminosa por sí misma? Esto es todavía un secreto.

Despues ha tenido tambien que llamar muchísimo la atención las seguras rectificaciones introducidas con el espectroscopio en muchos datos suministrados por los más poderosos instrumentos, y por la antigua astronomía. Hasta ahora se han sometido al análisis unas *ciento cuarenta* nebulosas y de éstas sólo *treinta y una* ó *treinta y dos* presentan *rayas brillantes* en su espectro: las del resto le poseen continuo y corresponden por lo tanto á otro tipo de constitucion más semejante al de las estrellas. Pero, cosa estraña: Willam Herschel llamaba *planetarias* á todas aquellas nebulosas que presentan un disco ó núcleo mejor definido y más iluminado que las otras, y estas, en union de muchas que presentan puntos brillantes que parecen ya indicios de existencias de estrellas, y de varias que estaban ántes admitidas como grupos bien definidos de los astros citados, son precisamente las que ofrecen ese espectro compuesto de las tres rayas coloreadas que descubre son las que lo engendran *masas globulares* de gas algo luminoso.

El volumen de muchos de estos cuerpos es tal, que segun dice un escritor científico, puestas algunas en coincidencia de centro con nuestro sol se extenderian muchas veces más allá que la órbita de Neptuno, el planeta más alejado que hoy conocemos en nuestro sistema. Entre sus formas hay algunas curiosísimas: la de *Andrómeda*, que observó ya *Simon Marius* en 1612, se parece algo á un cometa y es una nubecilla alargada, con dos ó tres estrias en el sentido de su longitud y algun núcleo brillante; la de *Acuarium* un disco circular con dos prolongaciones laterales; la de *Orion* que descubrió el gran fisico Huyghens en 1656, posee una porcion seme-

janté á las más ligeras nieblas y otra caprichosísima compuesta por puntos brillantes. Esta es una de las que habian sido consideradas como compuestas de estrellas, nada ménos que por el gran astrónomo *Herschell*, y en las que el espectroscopio ha revelado la misma composicion *gaseosa* por todas sus porciones, y la misma imágen formada por *rayas brillantes*, con la luz tomada de cualquiera de sus puntos.

Las *nebulosas* se hallan tambien sometidas á cambios más ó ménos profundos y rápidos, conforme á cambio se encuentran sometidas las estrellas. En 11 de Octubre de 1852 anunció un astrónomo, Mr. Hind, que habia descubierto una pequeña nebulosa en esa constelacion que forma parte de los llamados signos del Zodiaco y es denominada el Toro: se la estuvo observando luégo durante el período de nueve años, hasta que en 3 de Octubre de 1861 otro sábio, Mr. D'Arrest, notó que habia desaparecido. Dos meses más tarde se la pudo observar de nuevo; ahora permanece invisible sin que se la descubra áun mediante el empleo de los más poderosos instrumentos de observación que hoy poseemos.

En 1859 apareció ante la vista de Mr. Tempel una nebulosa curiosísima que rodea á la estrella *Merope* en el grupo denominado *Las Pléyadas*: muchas veces se la ha observado desde esa fecha y siempre se ha podido comprobar que aquel cuerpo se encuentra sometido á marcadas fluctuaciones de luz. Otras nebulosas, las de Orion y Argos, sufren cambios notables que muy probablemente serán de carácter periódico. Mas sobre todas estas, la que merece fijar la atención en primer término, es la que ha estudiado Mr. Schultz: fijándose en ella repetidas veces se nota que experimenta alternativas contracciones y dilataciones en su masa, y que su oscilante contorno invade en ciertos momentos las porciones de espacio que la rodean para abandonarlas luégo, y retirarse como arrastrado hácia su centro por la superior fuerza de éste.

Se sabe que hay seres inferiores, compuestos por una materia homogénea, de naturaleza semejante á la de la clara de huevo, cuya masa se halla tambien sometida durante todo el

curso de su existencia á alternativos incrementos y decrementos de volúmen. Estas masas, denominadas *amæbas*, las más sencillas que hoy conocemos donde se descubra ya vida y actividad, parecen mostrar con su incesante agitación las facilidades y plasticidad que encierran para que desde ellas emerjan luégo los organismos de cualquier forma, las numerosísimas clases de séres cuyo primer estado responde á un tipo semejante al suyo. Estas cambiantes nebulosas, en las que ninguna estrella existe todavía, parecen representar con tales caractéres como las grandiosas formas primeras en que pueden tomar origen planetas y soles y sistemas.

## X

Un sonido determinado es siempre producido por un cierto número de vibraciones originadas, en la unidad de tiempo, por las partículas materiales de un cuerpo. La tercera cuerda de un violin afinado para orquesta, al ser pulsada al aire, pasa rápidamente de una á otra de sus posiciones extremas *ochocientas setenta veces* en el espacio de un segundo, y engendra una nota, siempre la misma, que no puede ser reproducida por los demás instrumentos sino cuando la masa de aire, la placa metálica, ó la sustancia, cualquiera que sea, que en ellos vibra, da en el mismo periodo de tiempo igual número de ondulaciones.

Otro sonido distinto es engendrado, por el contrario, por un número de vibraciones constantemente diferente del que produce al anterior é idéntico á su vez para los que le sean iguales en tono, es decir, en grado de gravedad ó agudeza. Este hecho que se repite en todos los casos nos prueba que existe una dependencia invariable entre el carácter de una nota musical y el número de vibraciones por que aquella está dada. Mientras el instrumento que emita la nota esté en reposo, tantas vibraciones como él engendra en un segundo

caerán sobre nuestro oído en igual período de tiempo, mas si se mueve, ¿qué sucederá?

Admitamos primero que se halla colocado en un vehículo que se acerca rápidamente á nosotros, que se acerca con una velocidad comparable á la de *veinticuatro kilómetros en un minuto*, que es la media con que el sonido se trasmite en el aire de unos puntos á otros: este cuerpo seguirá engendrando el mismo número de vibraciones en el segundo; pero como éstas llegaran á nuestro oído con la velocidad que ántes tenían, más la que les aumenta la velocidad del móvil en que viene el instrumento, caerán en mayor número sobre nuestros órganos, en el mismo espacio de tiempo; se producirá el mismo efecto que si las cuerdas, placas, masas de aire, ó la materia vibrante las engendrara más numerosas en igual período, y al oído llegará una nota distinta de la que da el instrumento, y esta nota será más alta, más aguda. Lo contrario y por razones parecidas acontecerá cuando el móvil se aleje del sitio en que estemos.

Si una locomotora pasara rápidamente silbando durante un largo tiempo por un cierto trozo de la línea, no sería difícil para un oído suficientemente delicado hacer una doble comprobación de este género. Al acercarse la máquina, el sonido parecería más agudo de lo que se notaría era al hallarse delante de nosotros; se haría luégo, por el contrario, más grave, al alejarse en el sentido opuesto. Todo esto que decimos tratándose del sonido, acontece del mismo modo respecto de la luz: en el primero es más fácil de aplicar la razón de ser de estos fenómenos, y citar comprobaciones por lo ménos posibles de concebir; en la segunda se presta á las importantes aplicaciones de medir mediante algo semejante al cambio de color la velocidad de las estrellas, segun vamos á indicar.

En 1842 un físico llamado Doppler llegó á anunciar el principio del método con gran claridad; el desconocimiento de esas dos regiones invisibles que se extienden en el espectro solar á la izquierda del rojo y derecha del violado le impidieron prever las dificultades con que habia de trope-

zar en la aplicacion de sus exactas teorías. Una estrella y la tierra pueden irse aproximando una hácia otra, ó bien porque ambas están animadas de velocidades que las conducen al mismo punto, ó bien porque caminando en el mismo sentido la que va delante tenga ménos velocidad que la que la sigue. Cuando esto sucede, lo mismo las radiaciones rojas que las anaranjadas, amarillas, verdes, azules, violadas, deben caer en nuestra retina animadas de mayor rapidez y tender á convertirse, segun creía Doppler, en las que son dadas por un mayor número de vibraciones en el segundo. Esto sucede realmente, mas en un espectro continuo y sin particularidad alguna sobre las distintas fajas de los colores, el cambio es imposible de apreciar. Algunas vibraciones violáceas llogan á poseer las condiciones de las que sólo obran químicamente y dejan de ser visibles; pero al mismo tiempo parte de las azules se hacen violáceas, y parte de las verdes azules: igual porcion de las amarillas verdes, y últimamente, cumpliéndose toda la série de trasformacion de radiaciones posible, algunas de las oscuras, más allá del rojo, pasan á brillar con este color. Verificándose como se verifican á la vez todos estos cambios, el espectro queda á la vista en idénticas condiciones que ántes tenia sin haberse alterado ni el número, ni la posición, ni la anchura de las franjas de los diferentes matices.

No sucede nada de esto cuando la imágen luminosa dada por el prisma presenta algunas rayas brillantes separadas unas de otras ó cuando sobre el fondo policrómico se dibujan diferentes rayas negras: entónces hay traslacion de estas como resultado final de las conversiones de unas en otras, dándonos la medida de esta traslacion el incremento en velocidad que han experimentado las vibraciones, incremento que no es sino el ocasionado por la rapidez con que se acercan uno á otro los dos astros (la tierra y aquel cuya luz se examina), en medio de ese eterno reposo que parece reinar entre los grupos de las ántes denominadas estrellas fijas.

El principio teórico en que se funda la determinacion de las velocidades de los astros relativamente á este planeta en

que vivimos, no es por lo tanto difícil de comprender; mas su ejecución práctica exige instrumentos muy sensibles y habilidad suma en el que investiga; así se explica que muchos y distinguidos astrónomos hayan sido impotentes para llegar á realizar medidas de esta clase áun despues de hallarse convencidos de la existencia de íntimas relaciones entre pequenísimos cambios de posición de determinadas rayas espectrales y las enormísimas velocidades relativas que animan á los cuerpos celestes cuya luz se estudiaba.

Los resultados obtenidos mediante la aplicación de estos métodos han sido verdaderamente maravillosos: para apreciar velocidades que pasan de *sesenta leguas en un segundo* es necesario apreciar con exactitud traslaciones espectroscópicas que en las mejores condiciones no exceden nunca de *dos á tres milésimas de milímetro*, y cosa estraña, los medios de investigación van siendo ya tan delicados en esta naciente rama de la ciencia, que no sólo se han llevado á cabo con suficiente exactitud estas determinaciones, sino que, por más asombroso que parezca, se han ejecutado otras mucho más delicadas.

Al mismo físico y astrónomo inglés que descubrió la naturaleza y constitución real de las nebulosas, á Huggins, le estaba reservada la gloria de resolver también experimentalmente esta cuestión. No se remonta más allá de 1868 la fecha de la presentación á la Institución real de Lóndres del primer escrito en que daba cuenta de las medidas de velocidades de estrellas que acababa de efectuar y del método que había empleado para ello. Observó el espectro de Sirius, y creyó ver, despues de comparar su espectro con el del hidrógeno, que una de las rayas negras que indican la presencia de este cuerpo en la estrella se hallaba algo trasladada en el sentido correspondiente á un movimiento de alejamiento en la estrella. Se cercioró primero de que aquella era realmente la que correspondía á aquel cuerpo; midió luego su cambio de posición del modo delicado que ántes se dijo, y pudo afirmar como consecuencia de estos trabajos, que la estrella Sirius se alejaba de nuestra tierra con una velocidad *ed trescientas sesenta á cuatrocientas veinte leguas en el minuto*.

Pasó luego al examen de dos estrellas muy importantes de la constelacion denominada Orion á las llamadas *Betelgeux* y *Rigel*. En la primera, las líneas correspondientes al *sodio* y al *magnesio* son las que mejor se prestan á este género de comparaciones; verificadas con ellas, pudo verse que aquella esfera celeste se alejaba de nosotros con una velocidad comparable á la máxima que hemos citado de *Sirius*. En la segunda sirven las líneas del hidrógeno para determinar su velocidad; esta parece elevarse á unas *cinco leguas en el segundo*, ó á *trescientas en el minuto*, tomando esta unidad de tiempo, conforme lo venimos haciendo para llamar mejor la atención de nuestros lectores hácia los curiosos resultados que ha ido proporcionando el análisis espectral.

En la estrella *Castor* de la constelacion *Géminis* se confunden en un sólo espectro los de los dos cuerpos celestes que la forman. La raya elegida fué la que da el hidrógeno enrarecido; ésta tiene un ligero movimiento de traslacion hácia el rojo, y de aquí se deduce que la estrella es tambien de las que se alejan: su velocidad llega á certa de quinientas leguas en el minuto. *Regulus* del *Leon* aumenta tambien la distancia entre él y nuestro sistema solar en unas *cuatro leguas cada segundo*.

Existen otras muchas estrellas que caminan en sentido opuesto á las anteriores y se acercan á nosotros. Citaremos en primer término á *Polux*, á la compañera de *Castor* en esa constelacion *Géminis* que debe su nombre á las relaciones que á primera vista parecen existir entre estas dos estrellas: su velocidad está expresada por la enorme cifra de *novecientas sesenta leguas* en un minuto. Averiguado esto no podremos ya mirar como muy gemelas dos esferas celestes que se alejan una de otra *sesenta mil leguas más en cada hora*.

*Arturo*, de la constelacion el *Boyero*, ofrece líneas bien marcadas correspondientes al *sodio*, al *magnesio* y al *hidrógeno*; prestándose todas ellas, y muy especialmente las del segundo, á que se midan sus traslaciones y se deduzca de ellas la rapidez con que se acerca aquel cuerpo sidéreo. La investigacion se ha hecho en estas condiciones y el resultado ha sido

determinar como medida de tal rapidez de aproximacion la cifra de *tres mil seiscientas millas inglesas en el minuto*.

La mayor importancia que tienen este género de descubrimientos es el permitirnos completar las ideas que ya se tenían acerca de las traslaciones de muchas estrellas. En el campo del telescopio habia sido ya posible apreciar cambios de posicion en el sentido tangencial y formarse idea bastante exacta de la rapidez con que estos tenían lugar: los datos espectroscópicos se refieren por el contrario á las direcciones radiales y sirven de complemento á las anteriores medidas, como aquellas les sirven tambien á las efectuadas por este medio. No son por lo tanto dos procedimientos distintos para hacer una misma cosa, como pudiera creerse por los que no se fijaran bien en la cuestion, consisten en la determinacion de dos elementos distintos del movimiento de la estrella que tenidos en cuenta ambos pueden hacérsenos conocer.

Supongamos se ha observado por el primer método que una estrella se traslada cuatro leguas por segundo hácia la derecha del observador; y luégo por el segundo, que el mismo astro se aleja de nosotros cinco en el mismo período de tiempo, esto nos indicaria que no caminaba paralelamente á nosotros, ni en direccion opuesta, sino de un modo oblicuo, permitásenos la frase, y nos pondria además en condiciones para formarnos alguna idea del carácter y velocidad del movimiento total componiendo estas dos direcciones de traslacion de un modo semejante al indicado en los tratados elementales de mecánica para la composicion de las fuerzas que obran en un mismo punto. En la moderna Astronomía se saca todavía mayor partido de esto que el que podemos indicar en el presente librito.

Fundándose en el reconocimiento de movimientos por el primer método un sábio americano de gran genialidad llamado Proctor, habia mostrado las relaciones de dependencia que luégo indicaremos que existen entre muchos cuerpos del espacio. Al hacerse las nuevas medidas hubo interés en conocer si las citadas relaciones se mantenian del mismo

modo. No hubiera tenido nada de particular que bajo este nuevo punto de vista existieran otras muy distintas, porque muy bien pueden alejarse una serie de estrellas todas hácia la izquierda del observador, y en seguida acercarse unas en sentido radial hácia la tierra, mientras se alejan otras; pero, cosa extraña, no sucede en general así.

Indicaremos para terminar algunos de los resultados de los estudios de Proctor, y las modificaciones que todos estos trabajos han introducido en nuestra concepcion moderna de la estructura del Universo.

## XI

La medida de la velocidad de las estrellas, y determinacion del sentido en que marchan, ha permitido ver que las constelaciones ó grupos que forman en el cielo responden á la existencia de lazos reales entre los diferentes cuerpos sidéreos y no sólo á una distribucion casual en el plano de observacion, que les haga aparecer de tal modo. Hoy que se sabe marchan tambien los astros denominados fijos se ha averiguado por la determinacion de sus grandes velocidades y la direccion de los caminos recorridos, que aquellos cuerpos dotados de luz propia, forman sistemas mucho más grandiosos, pero semejantes, al que constituyen aquí los planetas compañeros de la tierra y el sol que los vivifica con sus infinitos rayos.

Más de setenta ú ochenta estrellas mayores que el astro del dia, pertenecientes á las constelaciones *Géminis* y *Cáncer* marchan juntas, como impelidas por una misma fuerza. El sistema entero de las que forman el signo del Zodiaco denominado Tauro, tiende á girar alrededor de la llamada *Alcyon* en las Pléyadas, formando un sistema de soles subordinados á otro sol, que á su vez caminará quizás moviéndose en torno de un nuevo centro más grandioso.

De entre los muchos ejemplos de encadenamientos de los cuerpos sidéreos que pudiéramos agregar á los anteriores, merece citarse especialmente el de cinco pertenecientes á la constelacion el *Arado* que se alejan con igual velocidad de nuestra tierra. Estos cuerpos están tan alejados de nosotros, que de ninguno de los cinco se conoce la distancia exacta hasta este planeta; mas para formarnos alguna idea, siquiera sea pequeña de la magnitud del sistema á que pertenecen, supongamos por un momento que se encuentran sólo tan alejados como el último astro, cuya distancia nos sea aún conocida: dicho se está que las cifras que expresen las dimensiones reales de aquél, serán mucho mayores que las obtenidas bajo este supuesto.

En el grado de alejamiento admitido, la separacion con que se ofrecen ante nuestros ojos las dos más separadas de aquellas, corresponden á una distancia efectiva entre las masas de *veintiun billones trescientos setenta y cinco millones* de leguas. La cifra de los miriámetros que medien realmente entre ellas, ó entre ellas y el centro de su sistema, que nos es aún desconocido, sería aún más incomprensible para nuestra imaginacion. De la magnitud del número citado no nos podremos dar cuenta exacta si no le comparamos con otros que nos sean más fáciles de abarcar en nuestro entendimiento. Admitiendo que sea cien kilómetros por hora la velocidad media del tren rápido entre Paris y Burdeos una locomotora que hubiera salido con la misma velocidad de una de aquellas estrellas, y la conservara igual durante todo el camino, no llegaría á la otra sino al cabo de más de *ciento veintidos millones de años!*

Para comprender la extension del tiempo empleado en sus revoluciones, tenemos otro dato tambien astronómico que nos hará dominar mejor su conocimiento. Una de las tres estrellas que forman la cola de la *Grande Osa*, ó más vulgarmente *la lanza del carro*, la que se encuentra en medio, que lleva el nombre de *Mizar*, tiene un satélite denominado *Alcor* que á simple vista apenas se distingue de ella; y sin embargo, este cuerpo, á pesar de hallarse además animado de una de esas

velocidades tan extraordinarias que caracterizan el movimiento de los cuerpos sidéreos por el espacio, tarda todavía *siete mil seiscientos años* en efectuar un movimiento de revolución alrededor de la estrella que sirve de centro al sistema que con ella forma.

La consideracion de esta cifra se presta á infinitas observaciones de entre las cuales creemos nos será permitido citar algunas de las más estrañas con el propósito de llamar de un modo vivo la atencion de todos hácia la significacion real de los periodos de tiempo y de las leyes de la vida terrena á que concedemos instintivamente más valor absoluto. Es bien sabido que la unidad que llamamos *año* y que nos sirve para contar la duracion de las cosas, el curso de la existencia del hombre, de un animal, ó una planta, está aquí marcada en la tierra por el tiempo que tarda en cumplirse una revolución entera de nuestro planeta alrededor del sol; bien conocido nos es lo que influye la sucesion de sus distintos periodos en el desarrollo de todos los organismos que con nosotros viven, en el nacimiento y muerte de varios seres cuya existencia se extiende sólo de una estacion á otra; en el ciclo de la vegetacion, etc., etc. La razon de ser de estas influencias es de tal naturaleza, que bien puede suponerse además de un modo racional que acontecerá lo mismo en otras partes y que de existir habitantes en ellos, éstos se encontrarían influenciados por iguales movimientos, y el de revolución de aquellos globos alrededor de su centro constituiría tambien una unidad de medida semejante á nuestro año.

Si á la luz de las observaciones anteriores juzgamos ahora el valor de esa cifra de *siete mil seiscientos años* que representa la revolución de *Alcor* alrededor de *Mizar*, fácil nos será comprenderle notando que si el mundo hubiera comenzado segun el modo de interpretar ántes la historia sagrada, hace unos cinco mil años, el satélite no habria tenido aún tiempo más que para dar tres cuartos de vuelta alrededor del sol que la ilumina, y que los habitantes que hubieran nacido en el primer dia de las cosas, y desde luégo en tiempos á los cuales no se remonta la vieja historia humana, se encontrarían

allí todavía en la tèmprana edad de nueve meses. ¡Feliz el mundo aquel donde sólo imperaría la inocencia!

Con los descubrimientos que se han apuntado, siquiera sea de un modo tan elemental é incompleto, en el curso de este librito, se han modificado profundamente nuestras creencias acerca de la constitucion del Universo. Se creyó en algun tiempo que todo se hallaba formado por nebulosas separadas unas de otras, como islas llenas de materia en el océano del espacio vacío ú ocupado á lo más por tenuísimo y uniforme fluido. Cada nebulosa encerraba luégo infinidad de estrellas de igual carácter á estas que se presentan á nuestros ojos, simples elementos, segun tal doctrina, de la gran nebulosa solar cuyos limites, ya vagos é indefinidos, deberían hallarse en esa faja blanquecina que denominamos *via láctea*. Nuestra nebulosa debería tener la hechura de un disco hendido, y semejantemente á ella aunque bajo distinta forma, estarian dispuestas esas otras cuya existencia se nos revela sólo al través de los astros ántes citados, más vecinos de nuestro sol y sus compañeros de region.

Hoy tales ideas y conceptos han experimentado una radical trasformación: se tiende más á la continuidad; se sospecha ya, casi se sabe, que no hay espacios vacios, ni núcleos por ahí perdidos en donde se reconcentre en particular la energía dinámica y la materia para hacerlos vehiculos de infinitos sistemas sidéreos que faltan en otras direcciones. Sabemos que la trasformacion de estrellas en nebulosas y de estas en aquellas ha tenido lugar poco ménos que ante nuestra vista, y que no se puede señalar entre ambas la línea de profunda separacion, haciendo á las primeras cuerpos de próximo parentesco con el sol; y á las segundas contenidas de infinitos astros, cuerpos que reproducen allá á distancias cuyas dimensiones no concebimos, la imágen de lo mismo que tenemos más próximo en todo lo demás que se ve á excepcion de ellas, masas de superior gerarquía á las cuales están las otras subordinadas.

Despues, nótese tambien que hay variedad, que hay riqueza de tipos, y que esa variedad y riqueza hacen al cielo algo

más de la naturaleza, y algo más real, de lo que pudo creerse en anteriores tiempos. No son las regiones sidéreas vehículo de cuerpos incorruptibles, iguales todos é inmutables: existen allí cuerpos que están agitados por violentas erupciones de gases; masas que se informan y se encienden en un momento dado, para iluminar con luz propia las regiones que la rodean, globos que se distinguen ó cuya sustancia pasa á condiciones de mayor diafanidad; cambio y trasformacion por todas partes en aquellos cuerpos de volúmenes colosales, del mismo modo que en los seres pequeñísimos que tenemos que observar en el campo de un microscopio y con considerables ampliaciones.

La evolucion, ley de la vida, que aquí regula el tránsito de unos á otros periodos, impulsa tambien allí ese eterno mudar que engendra los diferentes aspectos de muchos de los globos celestes que nos son más conocidos. Desde el estado de enrarecido gas, va pasando la sustancia de los astros á un primer período de incandescencia y á sucesivas fases de enfriamiento y consolidación; lo mismo en unos estados que en otros, toda masa que existe en los espacios sidéreos se mueve alrededor de algun centro; el que ocupa esta posición respecto de los primeros, no permanece fijo, sino que gira en torno de soles superiores, y así de ese eterno moverse con velocidades inconcebibles, resulta en último término la série de dependencias armónicas y subordinaciones que ofrecen en último término y ante nosotros el cielo cual si en él imperara la calma de lo inmutable.

Conocido esto, será fácil presumir cuán complejo ha de presentarse el problema, aún no resuelto, de las influencias que se ejercen sobre las condiciones físicas de la tierra. El sol marcha arrastrando detrás á sus astros subordinados los planetas, y entre ellos á este globo que habitamos, y en esta marcha al través de espacios inmensos y con velocidades de cientos de leguas, en una hora, atravesamos por países más desconocidos que las comarcas aún inexploradas del Africa ó la Oceanía; por paradisiacas regiones del cielo; por puntos misteriosos, de cuyas condiciones físicas apenas podemos

darnos alguna cuenta, y donde no es posible presumir qué destino nos espera.

A distancias inmensas creemos hallarnos, y quizás lo creeremos con fundamento, de todos los demás mundos sí-déreos donde lucen otros soles mayores y más hermosos, ó se engendran en instantes dados rápidas y terribles trasformaciones; pero no es ménos cierto que en la trama infinita de las direcciones y formas segun las que cada cuerpo obra sobre los demás, el menor cambio, allá muy léjos, puede traducirse en cosas para nosotros muy apreciables, quizás en esas diferencias climatológicas que hay de unos años á otros, ó en la gran série de variados conjuntos de condiciones físicas que median entre las primeras épocas geológicas que hoy conocemos y las posteriores edades.

Somos viajeros arrastrados por un motor poderoso que no es guiado por nuestra voluntad, y que nos lleva á donde le conducen fatalmenté su movimiento y las fuerzas que sobre él obran: la vida ó la muerte pueden encontrarse lo mismo en puntos de nuestro camino hácia donde corremos con una velocidad más que vertiginosa. La humanidad que ha sentido instintivamente siempre cuán precaria es su existencia, se veía acometida á veces por temores horribles, como los que se despertaron en el siglo de Campanella, y se consolaba luégo con esperanzas tan fantásticas en su forma como los detalles que pudieran enumerarse de los peligros que habria de correr al anunciarse tan pavorosas predicciones. Hoy ve imperar la armonía despues de cada catástrofe; ve que aquella reina y restablece su imperio con tanta mayor energía cuanto mayor tambien ha sido la agresion que contra su poder se ha hecho; sabe ya que la serenidad y el órden renacen más hermosos de las perturbaciones más hondas, y al conocer y observar todo esto, haciéndose superior, aun sin darse cuenta de ello, al interés de momento y personal de cada uno de sus individuos, siente que algo hay superior á lo que cree sus más preciados bienes terrenales, y piensa que hácia este algo le arrastra su destino, hasta á despecho de su voluntad.

# PROSPECTO

## PROPOSITOS DE LA REDACCION

Convencidos de la necesidad de una activa propaganda de cultura en nuestro país, acometemos con fé y entusiasmo la fundacion de la BIBLIOTECA DEL PUEBLO, sin miras de lucro ni ánsias de gloria, obedeciendo tan sólo al estímulo, para nosotros invencible, del deber. No juzgamos lícito dolerse del mal, sin acudir en busca del remedio. Lamentar la ignorancia que esteriliza las más preciadas conquistas de la Ciencia y de la Política, pero permanecer indiferentes y apáticos, arguye hipócrita complicidad en las maquinaciones de los enemigos del progreso, ó flaqueza mal avenida con el temple de alma que piden la constante agitacion moral y la perenne lucha de ideas que caracterizan el periodo crítico en que vivimos.



No hay que pedirlo todo al Estado, y mucho ménos cuando la organizacion de los poderes públicos y los procedimientos mediante los cuales hacen efectiva su mision histórica están en desacuerdo con los principios de la Ciencia; cuando el deber natural de fomentar la cultura se entiende como tutela y policia gubernativa de las instituciones docentes; cuando el presupuesto de la instruccion pública ofrece un raquitismo que contrasta con injustificables extremos de prodigalidad en otros conceptos; cuando perecen extenuados por el hambre los maestros de las escuelas públicas, pobres mártires, á quienes ni siquiera resarcirá de sus desventuras presentes el recuerdo de la posteridad.

La iniciativa individual, que toma luego formas colectivas para robustecer su accion, comienza dichosamente á despertar en nuestro país. Centros científicos tan doctos como la Institucion libre de enseñanza, cuyos maestros se han grangeado por su saber y su virtud el respeto y el amor de nuestro pueblo; la Escuela de Institutrices, iniciadora de la regeneracion intelectual y quien sabe si tambien moral de la mujer española; el Fomento de las Artes, siempre celoso del porvenir del obrero; la Academia de Jurisprudencia, escuela práctica de sábios juriseconsultos; el Ateneo Científico y Literario, que tan gloriosas tradiciones ostenta; el Circulo Nacional de la juventud, que tan felices esperanzas brinda; la Union Mercantil, donde es tan activo y tan fecundo el comercio de las ideas, y otras muchas corporaciones más ó ménos populares establecidas en Madrid y provincias, celebran debates y conferencias públicas llamando á sus cátedras ilustres pensadores y políticos. La Liga contra la ignorancia, fundada por el más activo propagandista de buenos pensamientos y buenas obras, aporta el valioso contingente de sus fuerzas á una empresa que está por cima de todas las diferencias de escuela y todas las pasiones de partido.

No faltan tampoco bibliotecas económicas dignas de alabanza, que siembren semillas fructíferas; pero, ó las recogen de extraña cosecha, ó las buscan en antiguo granero.

Nuestro propósito es otro muy distinto del de las publica-

ciones hoy existentes: aspiramos á infundir en el pueblo por medio del libro adquirido á precio ínfimo, las enseñanzas de la ciencia; pero con un espíritu libre y progresivo, con un carácter nuevo y propio, con una tendencia política y patriótica. Queremos que nuestra BIBLIOTECA sea algo más que una coleccion mejor ó peor esecogida y clasificada: si el acierto nos favorece, aspiramos á llenar una página, aunque modesta, de la historia de la cultura española en nuestro tiempo.

Necesitábamos para ello el concurso de inteligencias ilustres y generosas, que compartiesen con nosotros el convencimiento de que esta noble empresa ha de cumplirse sin otra mira interesada ni otro móvil personal que la satisfaccion íntima, compañera de toda buena obra. El éxito ha coronado nuestros esfuerzos, y con verdadera gratitud escribimos en este *prospecto* los nombres de estadistas insignes, de científicos eminentes, de literatos ilustres, que honrarán nuestra BIBLIOTECA con sus trabajos. Entre los suyos figuran tambien los nombres de gran y valiosa parte de esa juventud dorada que brilla en los círculos donde dignamente ostenta su grandeza la aristocracia del talento, y cuya amistad tiene siempre para nosotros el valor de una enseñanza.

Bastará al lector recorrer la lista de nuestros colaboradores, para inferir el sentido homogéneo á que responde la BIBLIOTECA DEL PUEBLO, sin perjuicio de la fecunda variedad de conocimientos á que se consagra y la diversidad de escuelas que en ella tienen genuina representacion. De otra suerte, pidiendo ó aceptando el concurso de escritores hostiles al pensamiento moderno, hubiéramos servido de instrumento á la difusion de doctrinas que creemos nocivas á la cultura del pueblo y al esplendor de la patria.

Nos abona la pureza del fin, nos alienta el concurso de ilustres varones, y no ha de faltarnos la virtud que ménos abunda en nuestro país: la de la constancia. Al ver la luz este prospecto, estamos ya concluyendo la impresion del primer volumen; hemos empezado la del segundo, y obran en nuestro poder los originales del tercero y cuarto: somos

tan amigos de la actividad, como hostiles á la palabrería: queremos cumplir más de lo que ofrezcamos.

En los trabajos que publiquemos, no quedará desdeñada aquella sabiduría que por caminos ignotos ó mal discernidos llega y se renueva y distribuye entre el pueblo, y cuyo caudal es hoy como nunca precioso, merced á la influencia educadora de la prensa periódica: recogerla para depurarla en el cedazo de una crítica reflexiva, constituye uno de los fines más recomendables de la ciencia, pues no son, al fin y al cabo, antagónicos, el saber del pueblo y el del científico; antes bien, de igual modo que el arte popular y erudito, se fecundan y aleccionan reciprocamente, aprovechando su armonía, más aún que en otras en las ciencias sociales, donde cura tanto la ciega rutina como el idealismo utópico.

El pueblo tiene un gran sentido práctico, y pide siempre utilidad á las cosas. Atendiendo en su valor esta advertencia, no hemos, sin embargo, de constreñir nuestra publicación á los límites que marcaría un utilitarismo parcial y estrecho. En primer lugar, no es sólo útil lo que nutre el cuerpo y llena la gabela; y por otra parte, tampoco dejan de servir á veces para materiales provechosos las enseñanzas que á primera vista creemos de menor utilidad lucrativa.

Con tan meritoria intención como escasa prudencia algunos, llevados otros más del amor al negocio que del celo por la enseñanza, dánse la mano en propagar la instrucción popular, mediante estímulos de la fantasía, que toman forma de novelas interesantes y aún maravillosas, donde el arte no suele recabar grandes conquistas y la ciencia sufre frecuentemente graves mutilaciones.

Nosotros, fieles expositores de la verdad, propagandistas entusiastas de la ciencia, procuraremos mostrarla en toda su belleza, pero en toda su realidad; no omitiendo medio de acrecentar sus cualidades estéticas, pero evitando cuidadosamente incurrir en los extravíos que engendra ese nocivo afán de conmover y fascinar, aún al carísimo precio del error.

La ciencia es muy útil y muy bella; pero no debe estimarse

receta de metálicos provechos, ni álbum de quiméricas consejas.

Escribiendo en uno de los últimos lustros del siglo XIX, sería absurdo llevar á la cultura pública el legado de la primera mitad de esta centuria incomparable, sin recoger lo mucho y bueno que en los treinta años últimos han inquirido y expuesto las ciencias todas, y muy particularmente las naturales, cuyos prodigios de experimentacion y análisis sorprenden y entusiasman. Los manuales que hoy sirven de texto en nuestras Universidades é Institutos, son, con raras y plausibles excepciones, los mismos de hace treinta años: en programas oficiales aparecen consignados aún errores que han sido objeto de contundente rectificacion, y que, ni para combatirlos siquiera, se mencionan ya en la Europa culta.

Nuestra BIBLIOTECA divulgará los estudios más recientes, sin entregarse por ello á la hipótesis, nutriéndose de verdades comprobadas é indiscutibles, y aún en muchos casos, anticipará doctrinas y observaciones ántes no sospechadas, ó á lo sumo entrevistas, emprendiendo trabajos que una apatía indisculpable dejó por hacer.

Con estas tareas alternarán otras de aplicacion inmediata á la enseñanza doméstica, como por ejemplo, gramáticas y diccionarios vulgares que permitan aprender, sin necesidad de maestro, los idiomas más generalizados en Europa.

Juzgamos tambien que ha de merecer favorable acogida nuestro propósito de escribir narraciones de hechos contemporáneos no conocidos en España, y consagrar á cada Estado de Europa uno ó dos volúmenes, segun su importancia, en que se indique lo más trascendental de su pasado y lo más notable de su presente. A este propósito, podemos consignar complacidos que actores muy principales de sucesos recientes han ofrecido relatos interesantísimos por su novedad, y que dos eminentes publicistas extranjeros preparan ya para nuestra BIBLIOTECA, los volúmenes consagrados á sus países natales.

Al terminar cada año, daremos á la estampa, con el título de *Anuario popular*, un volumen en que consten los hechos

más importantes, acaecidos dentro y fuera de nuestra patria, durante el año á que se refiera.

No nos arredran los breves límites en que hemos de encerrar nuestros trabajos, para poder publicarlos en condiciones tan económicas como las que anunciamos: condensando lo esencial, suprimiendo atavios retóricos y digresiones inútiles, daremos, como una locucion proverbial dice discretamente, *el grano sin la paja*. Cuando sea preciso exceder el número de páginas fijado como tipo, no hemos de sacrificar el pensamiento y el propósito al temor de un gravamen pecuniario.

### OBRAS DE NUESTROS COLABORADORES.

Dada cuenta de nuestras aspiraciones y proyectos, pasemos á indicar los trabajos, escritos expresamente para nuestra BIBLIOTECA, por varios de los distinguidos publicistas que nos honran con su valiosísimo concurso:

AUTORES.	TÍTULOS DE LOS VOLUMENES.
SRES. AGUILERA . . . . .	La letra de cambio (estudios de Legislacion comparada).
» ALAS . . . . .	Ideas generales de la Economía politica.
» ALCÁNTARA GARCÍA. . . . .	Educacion popular.
» ALVARADO. . . . .	La libertad de comercio en Inglaterra.
» ARNAU. . . . .	El principio de nacionalidad.
» AZCÁRATE. . . . .	El régimen representativo.
» BASELGA. . . . .	Higiene de las familias.
» BÉCERRA. . . . .	Cosmografía.
» BELTRAN. . . . .	Africa en 1887.
» BRUNET (Avelino). . . . .	Asociacion obrera.
» CALDERON (Laureano). . . . .	La circulacion de la materia.
» CALLEJA. . . . .	El trabajo de las máquinas.
» CAMPILLO. . . . .	Retórica popular.
» CARVAJAL. . . . .	El socialismo y la democracia.
» CASTELAR. . . . .	Ideales de la democracia.
» CEPEDA. . . . .	El crédito agricola.
» COLORADO. . . . .	Poetas españoles contemporáneos.
» COMAS. . . . .	De las relaciones juridicas.
» CORTEZO. . . . .	Agentes nocivos á la salud.
» COSTA. . . . .	Genesis de la revolucion española.
» ECHEGARAY (Eduardo). . . . .	Cantidades complejas.
» ECHEGARAY (José). . . . .	Teorias modernas de la quimica.
» FERNANDEZ FONTECHA. . . . .	Renacimiento constitucional de España.
» FIGUERAS. . . . .	Estudios históricos acerca del establecimiento de la República en España y sus causa.
» GALDO. . . . .	Higiene popular.
» GARCÍA ALONSO. . . . .	Los delitos politicos.

AUTORES.	TÍTULOS DE LOS VOLÚMENES.
SRES. GARCÍA GÓMEZ.	Teoría de la Revolución.
» GINER (Francisco).	Historia de la Arquitectura española.
» GINER (Hermenegildo).	Estudios de Indumentaria.
» GÓMEZ MARÍN.	Manual popular de Administración.
» GÓMEZ ORTIZ.	Relaciones entre la Política y la Literatura.
» GONZÁLEZ SERRANO.	La sabiduría popular.
» GUTIÉRREZ BRITO.	Decadencia de la raza española en América.
» HERRERO.	La pintura en España.
» JUSTE.	Padilla, Lanuza, Sorolla (leyendas revolucionarias).
» LLEDÓ.	Aritmética popular.
» MARTOS (Cristino).	Lo contencioso-administrativo.
» MARTOS JIMÉNEZ.	La superstición popular.
» MONTERO RÍOS (Eugenio).	Tolerancia religiosa según el dogma católico.
» MONTERO RÍOS (José).	Inhumaciones y sepulturas.—Proyecto de una Necrópolis en Madrid.
» MORER.	Abastecimiento de agua de las poblaciones.
» MORALES DÍAZ (Gustavo).	La evolución.
» MOYA (Miguel).	Ideal artístico del siglo XIX.
» NIETO (Emilio).	La confesión de un justo (diálogo filosófico).
» PACHECO.	La enseñanza moderna.
» PEDREGAL.	La Hacienda al alcance del pueblo.
» PÉREZ DE LASALA.	Los faros y la luz eléctrica.
» REUS.	El fin del Estado.
» RODRÍGUEZ (Gabriel).	Franklin.
» ROMERO GIRON.	El Jurado.
» RUIZ DÍAZ.	Transformaciones en la naturaleza.
» SAEZ.	El hierro y el acero.
» SARDOAL.	La Democracia contemporánea.
» SERRANO FATIGATI (Enrique).	El rayo de luz (estudios de Física).
» SERRANO FATIGATI (Alfredo).	La Medicina sin medicamentos.
» TABOADA.	Higiene y medicina del agua.
» TORRES CAMPOS (Manuel).	Cómo se administra justicia.
» TORRES CAMPOS (Rafael).	El Museo Arqueológico Nacional.
» VALDÉS Y RUBIO.	El derecho mercantil al alcance de todos.
» VELASCO.	Estática gráfica.
» VINCENTI.	Reformas penitenciarias.

Han prometido también favorecernos con su concurso los Sres. Salmerón, Moret, Ruiz Zorrilla, Figuerola, Simarro, Morayta, Rubio, Uña y otros eminentes publicistas.

## TRABAJOS DE LA REDACCION

La Redacción prepara, entre otros, los siguientes trabajos:

ÉTICA SOCIAL Y POLÍTICA (un vol.).

ESTUDIOS DE PSICOLOGÍA ESTÉTICA, ACERCA DE NUESTRO TEATRO CLÁSICO (un vol.).

LOS PRODIGIOS DEL AHORRO (un vol.).

- ENSAYOS DE LEGISLACION INDUSTRIAL (un vol.).  
 EXPOSICION POPULAR DEL DERECHO ESPAÑOL, CON EXPRESION DE SUS MÁS URGENTES REFORMAS (cinco vols.).  
 GEOGRAFIA AGRÍCOLA INDUSTRIAL Y MERCANTIL DE ESPAÑA (cinco vols.).  
 GRAMÁTICA FRANCESA (un vol.).  
 DICCIONARIO ESPAÑOL-FRANCÉS Y FRANCÉS-ESPAÑOL, conteniendo 20.000 voces (tres vols.).  
 MANUAL DEL COMERCIANTE (un vol.)  
 TURQUÍA (un vol.).  
 GRECIA (un vol.).

## BASES EDITORIALES

**VENTA.**—Cada volumen de la BIBLIOTECA constará de 64 páginas al ménos, con una elegante cubierta y grabados ó mapas siempre que el texto lo requiera; el precio de cada volumen, sea cual fuere el número de sus páginas, grabados y mapas, **treinta céntimos** de peseta en Madrid y **treinta y cinco** en el resto de la Península. Se exceptúan tan sólo los Dicionarios, que constarán de más de 300 páginas, y cuyo precio se fija en 4 reales en Madrid y 5 en el resto de la Península.

**SUSCRICION.**—Se admiten suscripciones á la primera série de 23 volúmenes por el precio ínfimo de **seis pesetas** en Madrid y **siete** en el resto de la Península. Los tomos de Dicionarios se considerarán como tres para los efectos de la suscripcion. El suscriptor, pues, adquiere por **seis pesetas** cerca de 2.000 páginas de diversos asuntos y renombrados autores, que editadas en otra forma y con distinto propósito, costarian **más de treinta pesetas**.

**COMISION.**—Se concederán á los libreros y vendedores ambulantes rebajas de importancia para facilitar la circulacion y venta de la BIBLIOTECA.

**DIAS DE PUBLICACION.**—Nuestro propósito es distribuir un volumen cada domingo; pero á causa de las dificultades propias del comienzo de una publicacion de esta índole, sólo aparecerán *por ahora* dos tomos mensuales.

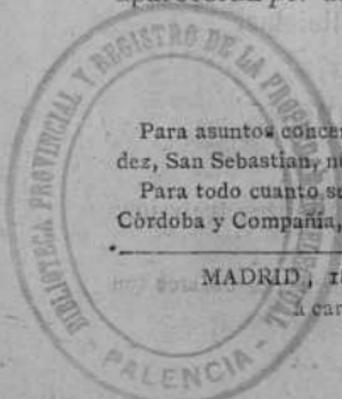
## ADVERTENCIA

Para asuntos concernientes á la Redacción, dirigirse al Sr. Canalejas y Menéndez, San Sebastian, núm. 2, segundo.

Para todo cuanto se relacione con la Administracion, dirigirse á los señores Córdoba y Compañía, Puerta del Sol, núm. 14, Librería Universal.

MADRID, 1887. — Imprenta de la BIBLIOTECA DEL PUEBLO,

A cargo de A. Ruiz de Castroviejo, Minas, 23.



# THE HISTORY OF THE

STATE OF

NEW YORK

FROM 1784 TO 1800

BY

JOHN B. HENNING

Author of

"The History of the State of New York, from 1784 to 1800"

and

"The History of the State of New York, from 1800 to 1812"

and

"The History of the State of New York, from 1812 to 1820"

and

"The History of the State of New York, from 1820 to 1830"

and

"The History of the State of New York, from 1830 to 1840"

and

"The History of the State of New York, from 1840 to 1850"

and

"The History of the State of New York, from 1850 to 1860"

and

"The History of the State of New York, from 1860 to 1870"

and

"The History of the State of New York, from 1870 to 1880"

and

"The History of the State of New York, from 1880 to 1890"

and

"The History of the State of New York, from 1890 to 1900"

and

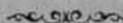
"The History of the State of New York, from 1900 to 1910"

and

"The History of the State of New York, from 1910 to 1920"



# BIBLIOTECA DEL PUEBLO



## OBRAS PUBLICADAS

- GONZALEZ SERRANO. . . La sabiduría popular.  
SERRANO FATIGATI (E).. El rayo de luz.

## OBRAS EN PRENSA

- TORRES CAMPOS. . . . . Cómo se administra justicia.  
ROMERO GIRON. . . . . El Jurado.  
PEDREGAL. . . . . La Hacienda al alcance del pueblo.  
SERRANO FATIGATI (A).. La medicina sin medicamentos.

## OBRAS PREPARADAS

- P. DE LASALA. . . . . Los faros y la luz eléctrica.  
CARVAJAL. . . . . El socialismo y la democracia.  
RODRIGUEZ (G).. . . . Franklin.  
BELTRAN.. . . . Africa en 1881.

---

## PRECIOS DE SUSCRICION

Á LOS VEINTICINCO VOLÚMENES DE LA PRIMERA SÉRIE

- En Madrid. . . . . 6 pesetas.  
En el resto de la Península. . . . . 7 —

---

## ADVERTENCIA

Para asuntos referentes á la Redaccion, dirigirse al Sr. Canalejas y Mendez, San Sebastian, 2, segundo.

Para todo cuanto se relacione con la Administracion, dirigirse á los señores Córdoba y Compañía, Puerta del Sol, núm. 14, Librería Universal.

