vibrante sea mas fácil de reconocer, es necesario hacer la esperiencia con una cuerda bastante gruesa y larga, para que el sonido principal sea grave é intenso.

Los esperimentos manifiestan que la resonancia simultánea de un sonido principal con la serie de sus armónicos, forma un *acorde* tan agradable que no se le puede alterar en la cosa mas mínima sin que se perciba al instante; así es, que se le ha dado el nombre de *acorde perfecto*; y el primer sonido del cual se derivan todos los otros, se ha llamado *fundamental* ó *generador*. Designando este sonido por *ut* ó 1 se halla que todos los otros sonidos del diapason, escepto el *fa* y el *la*, se derivan de las armónicas de *ut* comprendidas en la octava de *ut*.

536. En los instrumentos de viento, que se componen generalmente de tubos, el aire contenido en ellos es el que se pone en vibracion segun el sentido de su longitud, por diversos procedimientos. Estas vibraciones trasmitidas al aire esterior producen en él un sonido que viene á ser apreciable cuando son bastante rápidas. Así, en estos instrumentos no es el mismo tubo, sinó la columna de aire encerrada la que forma el cuerpo sonoro, y su teoría es de todo punto igual á la de las vibraciones longitudinales. Para poner en movimiento la columna de aire encerrada en un tubo, de modo que le haga producir un sonido, no es necesario empujarla ó comprimirla enteramente; pues esto no haría sinó trasportarla paralelamente á ella misma, ó condensarla en un espacio menor; es necesario escitar en uno de sus puntos, á uno de sus estremos, por ejemplo, una presion de rápidas condensaciones y dilataciones alternativas, tales como las que resultarían de las idas y venidas de un cuerpo sólido puesto en vibracion. Estos movimientos alternativos, trasmitidos á toda la columna de aire, la obligan á oscilar en el sentido de su longitud, y escitan en ella ondas sonoras, iguales á las que hemos descrito, tratando de la propagacion del sonido.

El medio mas simple de conseguir este movimiento de

oscilacion, consiste en soplar en el tubo de manera que una lámina delgada de aire, puesta en movimiento con rapidez, venga á quebrarse contra el filo, ó las orillas del instrumento, y así es como se silva en una llave hembra. En general, lo que se llama un *silbato* es un tubo cilíndrico, en que se sopla por un orificio hecho hácia una de sus orillas; y segun sea mas ó menos largo, resultan los sonidos mas graves ó mas agudos, y hé aquí porque los instrumentos de viento tienen aquellos agujeros laterales, que cuando se destapan, elevan cada uno de ellos el sonido fundamental una cantidad relativa á su magnitud y á su distancia de la embocadura. En dichos instrumentos tambien se ha observado que soplando con mas violencia dan la octava del tono que darían con menos aliento.

537. Los gases son tambien á propósito para la propagacion del sonido; y se ha encontrado que los sonidos originados en varias columnas gaseosas guardan apróximadamente la razon inversa de las raices cuadradas de sus densidades, á igualdad de presion; de donde resulta que el gas hidrógeno, que es el mas ligero de todos, da los sonidos mas agudos, lo cual está confirmado por la esperiencia.

OPTICA.

538. Todas las madrugadas podemos observar que cuando el sol principia á elevarse sobre el horizonte, se va presentando á nuestra vista que ántes no le descubría: lo cual nos manifiesta que hay necesariamente entre este astro y nosotros un cierto modo de comunicacion que nos hace conocer su existencia, sin que tengamos necesidad de tocarle. Este modo de comunicacion que se ejerce así á cierta distancia, y se trasmite por los ojos, constituye lo que se llama *luz*; y la ciencia que trata de sus propiedades, se

llama *Optica*. Los cuerpos que pueden presentarla inmediatamente, se llaman cuerpos *luminosos por sí mismos*, tales son el *sol* y las *estrellas*. Generalmente todas las sustancias materiales vienen á ser luminosas tambien, cuando su temperatura está suficientemente elevada; y pierden esa facultad al enfriarse. Sin embargo, si en este último caso son iluminadas por un cuerpo luminoso, pueden enviarnos todavía su luz como si fuese propia, y entónces vienen á ser visibles para nosotros por *reflexion*.

La ciencia de la luz se suele dividir en cuatro tratados, á saber: en *Optica* propiamente dicha, que trata de las propiedades de la luz directa; *Perióptica*, que trata de la direccion que toma la luz al pasar por junto á otros cuerpos; *Catóptrica*, que trata de la luz refleja; y *Dióptrica*, que trata de la luz refracta.

En todos los casos, cuando un objeto nos trasmite la sensacion de su existencia por medio de la luz, esta trasmision se hace uniformemente, en línea recta, y casi instantáneamente; pues cuando el sol se halla en uno de los puntos de su órbita, nosotros tenemos la sensacion de su presencia en dicho punto 8′ 13″ despues que ha llegado allí; y como la distancia media del sol á la tierra es 27440453 leguas de 20000 piés, resulta que la velocidad con que camina la luz es de 55660 leguas por segundo.

539. Cuando la luz se propaga de un cuerpo luminoso hácia nosotros, nos llega siempre á traves de diferentes medios, tales como el aire, el agua ú otros cuerpos diáfanos que le permiten el paso. Los rayos al entrar en estos cuerpos siguen algunas veces su ruta en línea recta; pero lo mas regular es que se desvíen de su direccion, á cuyo fenómeno se llama *refraccion*. Y las modificaciones que padece la luz, al pasar por cerca de los estremos de los cuerpos, se comprenden bajo el nombre de *difraccion* de la luz.

Cuando los cuerpos no dan paso á la luz, la reflejan; y si tienen bastante densidad y están pulimentados, la reflejan con regularidad y presentan una imágen distinta del objeto luminoso. La esperiencia prueba que el *rayo que viene del cuerpo luminoso, y que se llama* rayo incidente, *y el rayo reflejo, se hallan ambos en un mismo plano, normal á la superficie de incidencia; y ademas se verifica que el rayo incidente y el reflejo forman con la superficie reflectante ángulos iguales*. De manera, que si suponemos que NL (fig. 143) sea normal á la superficie reflectante KLH, y que SL sea el rayo incidente, y RL el reflejado, se llama comunmente á SLH *el ángulo de incidencia* ó simplemente *la incidencia*, y á RLK el ángulo de *reflexion*; y como segun lo que acabamos de indicar, debe ser RLK=SLH, resulta que *el ángulo de reflexion es igual con el de incidencia*.

Como la reflexion de la luz se verifica con un rigor matemático segun la ley que hemos enunciado, se puede hacer uso de esta propiedad con mucha ventaja para medir los ángulos formados por dos superficies planas pulimentadas: y en esta propiedad estriba el *goniómetro* que Mr. *Charles* empléa para medir los ángulos de los cristales; este apreciable instrumento es mas ventajoso que el descrito por *Haüy* y por *Brongniart* por cuanto es adecuado para la repeticion de los ángulos.

En la reflexion de la luz está fundada la construccion de los *espejos*: los cuales pueden ser *planos*, *cóncavos* y *convexos*; los planos dan á conocer la imágen *igual* al objeto; los cóncavos la hacen conocer *mayor* y los convexos *menor*. Los espejos ordinarios se hacen de cristal, poniéndoles detras un aleacion de azogue y estaño; pero se pueden hacer de cualquier sustancia que sea capaz de recibir pulimento; para los telescopios astronómicos se hace uso de los espejos de metal. Los Incas del Perú los tenían de obsidiana.

La fuerza que produce la reflexion de la luz en la superficie de los cuerpos, parece que es á primera vista un simple resultado de la elasticidad, que obliga á las moléculas luminosas á reflejarse en la superficie de los cuerpos pulimentados.

540. Cuando la luz penetra en lo interior de los cuerpos,

si la incidencia es oblicua, no continúa su ruta en línea recta, sinó que se desvía de su direccion; y este fenómeno es el que hemos llamado *la refraccion de la luz*. La cantidad que se separa de su direccion primitiva, depende de la diferencia que existe entre la densidad y naturaleza del medio que deja y la de aquel en que entra. Si los dos medios son homogéneos y de densidad igual, la refraccion es nula, y el rayo continúa su ruta en línea recta. Si son de la misma naturaleza, pero diferentes en densidad, el rayo luminoso al entrar en el mas denso se aproxima á la normal en su superficie comun; y si la naturaleza y densidad de los medios difieren, concurren ambas circunstancias al fenómeno, y el rayo se aproxima á la normal en el medio cuya accion sobre la luz es mas fuerte.

La esperiencia prueba que *el rayo incidente y el refracto están siempre comprendidos en un mismo plano normal á la superficie de incidencia;* ademas, si los medios no mudan, *el seno del ángulo de incidencia y el de refraccion guardan siempre una relacion constante.*

En la refraccion que padece la luz al atravesar por diferentes medios, está fundada la construccion de las *lentes*, que son de tanta importancia para aliviar y ayudar la vista, y para la construccion de muchos instrumentos útiles.

Todas las formas que pueden tener los vidrios que pueden servir para este objeto, están representadas en la (fig. 144). La A por estar terminada por dos superficies convexas, se llama *convexo-convexa;* y por la semejanza que tiene con una lenteja, es por lo que á todos estos vidrios se les ha dado el nombre de *lentes;* la B se llama *plano-convexa;* las C y D *cóncavo-convexas*, y difieren entre sí en que la C es mas gruesa hácia el centro y la D al contrario; la E *plano-cóncava;* y la F *cóncavo-cóncava.*

Las A, B, C, sirven para reunir los rayos de luz; y las D, E, F, para separarlos; las primeras sirven para auxiliar la vista de los que la tienen cansada, que se llaman *présbitas;* y las segundas, para los que por tener los ojos

demasiado esféricos ó saltones, ó demasiada fuerza refringente en ellos, no ven sinó á muy poca distancia, y se llaman *míopes.*

541. Disponiendo sobre un mismo eje muchas *lentes*, cuyos focus é intervalos se hallen convenientemente calculados, se llegan á formar sistemas que hacen ver los objetos mas distintos y mayores que con la simple vista; y en esto consisten las *lunetas* ó *telescopios*, que tantas utilidades producen á la Astronomía, Navegacion, etc.; y los *microscópios*, por cuyo medio se consigue el hacer visibles hasta los séres mas imperceptibles.

Para dar á conocer cómo se verifica este efecto en las lentes, supongamos que sobre la lente convexo-convexa (fig. 145), que es el *tipo* de todas las de primera clase, caigan varios rayos paralelos, de los que supondrémos que el uno pase por el centro; como este será perpendicular á la superficie refringente no padecerá refraccion, y continuará por lo interior de la lente, y luego saldrá de ella sin mudar su direccion; pero los demas rayos paralelos, al entrar en la lente se hacen convergentes, y al salir se hacen todavía mas convergentes, de modo que se van á reunir en un punto F que se llama el *focus* de la lente; y se da el nombre de *distancia focal* á la que hay desde dicho punto á la lente. Lo contrario se verifica en la segunda clase de lentes, como se ve (fig. 146).

542. Los telescopios dióptricos se pueden considerar como esencialmente compuestos de dos sistemas de vidrios, cuyos destinos son diferentes. El primero, que se llama el *objetivo*, está situado del lado del objeto, y su oficio es el proyectar detras de él á una cierta distancia una pequeña imágen del objeto, muy clara y muy luminosa.

El otro sistema, que se llama *ocular*, está situado del lado del ojo del observador, y está destinado á hacer mayor la pequeña imágen formada en el focus del objetivo, y á enviarla á una distancia del ojo que sea la conveniente para la vision distinta; por lo que la disposicion del ocular debe

modificarse segun las diferentes vistas. Todas las lentes que componen un telescopio, se deben colocar en el eje de un tubo ennegrecido, á fin de que la luz de los objetos situados sobre la prolongacion de este eje sea la sola que pueda llegar al ojo; y aun es necesario que el tubo total se componga de dos partes móviles la una en la otra, de las que la una comprenda el objetivo y la otra el ocular, para que cada observador tenga la facultad de aproximar ó retirar el uno del otro y ponerle al alcance de su vista.

Sustancias de densidad muy diferente pueden tener fuerzas refringentes iguales, y se ve al mismo tiempo que una sustancia menos densa que otra puede sin embargo poseer un poder refringente mayor. Así, la accion de los cuerpos sobre la luz no solo depende de su densidad, sinó tambien de la naturaleza química de sus partículas. Se nota ademas que las sustancias cuya fuerza refringente es mas enérgica, son en general las resinas y aceites; y puesto que la del agua destilada no les es muy inferior, se puede concluir que debe haber en el agua algun principio inflamable, análogo á aquel de que se componen las resinas y los aceites. Como el diamante es el que mayor fuerza refringente tiene, dedujo *Newton* que debía ser combustible: lo cual ha sido comprobado por la Química moderna, pues ha demostrado que el diamante es el *carbon puro*.

543. De todos los gases y de todas las sustancias observadas, el que tiene mayor fuerza refringente es el *hidrógeno*, que es 6,6 veces mayor que la del aire atmosférico; este principio existe en grande abundancia en las resinas, aceites y gomas, donde está unido al carbon y al oxígeno; por lo que se deduce que él es el que da á estas sustancias aquella gran fuerza refringente que *Newton* habia observado.

El poder refringente del aire atmosférico es el mismo en todos los parages de la tierra; pues se ha calculado por los poderes refringentes parciales de sus principios constitutivos, y estos no varían (485) ni con la latitud, ni con la altura del observador sobre el nivel del mar. Por consiguiente

las tablas de refracciones calculadas para una latitud, se pueden emplear en todos los climas, teniendo en consideracion solamente las variaciones de densidad producidas por las mudanzas de presion y de temperatura.

En cuanto á las diferencias que podrían depender de la humedad esparcida en la atmósfera, está demostrado que son nulas, y que es inútil atender á ellas; pues el vapor del agua mezclado con el aire obra sobre la luz, casi como lo haría el aire ordinario que tuviese un grado de tension igual; tambien resulta que la mudanza de temperatura no produce mudanzas sensibles en el poder refringente de los gases y del aire.

Cuando por circunstancias locales hay dos capas de aire contiguas, en que las densidades son muy diferentes por estar la una muy caliente por los rayos del sol ó cualquier otra circunstancia, y un observador colocado en la capa de densidad media, mira á un objeto remoto, situado tambien en esta capa, le verá de dos modos: directamente por medio de la capa del aire de densidad uniforme que los separa é indirectamente por rayos reflejados en la capa inferior; y habrá dos imágenes del objeto, la una derecha y la otra invertida por la reflexion.

A este fenómeno le suelen llamar los marinos *mirage*. De manera que un hombre que se fuese alejando del ojo del observador, se iría viendo con dos imágenes invertidas como representa la (fig. 147).

544. Hay cristales que tienen doble refraccion; y estos se deben dividir en *doble refraccion atractiva y en doble refraccion repulsiva*.

Todos los rayos luminosos que parten de los objetos terrestres, no siguen al refractarse la misma relacion del seno de incidencia al seno de refraccion. Así es, que si un rayo de luz se hace atravesar por un prisma, y se recibe la imágen en un bastidor, se descompone la luz y presenta una *imágen* ó *espectro solar* de la forma que se ve en la (fig. 148), en la cual se notan los siete colores siguientes: *rojo*,

anaranjado, amarillo, verde, azul celeste, azul turquí, y violado. De manera que, *la luz del sol es una mezcla de rayos heterogéneos, de los cuales los unos son mas refrangibles que los otros; y tomados los de una misma especie separadamente de los demas, son susceptibles de producir sobre nuestros órganos la sensacion de sus respectivos colores.*

Se nota igualmente que *estos rayos difieren tambien en reflexibilidad, y que los mas refrangibles son tambien los mas susceptibles de ser reflejados interiormente por refraccion.*

Cada uno de los rayos homogéneos comprendidos entre los diversos límites de rojo, anaranjado, etc. tiene su grado propio é invariable de refrangibilidad y de color, que conserva siempre, cualquiera que sea el número de refracciones que se le hagan sufrir; y tambien se verifica que estos colores no se alteran por las reflexiones que padecen sobre los cuerpos naturales.

Si se concibe dividida en 360 partes la longitud total del espectro, resulta que el color violado ocupa 80 de estas partes, el azul turquí 40; el azul celeste 60; el verde 60; el amarillo 48; el anaranjado 27; y el rojo 45.

545. Cuando las moléculas luminosas atraviesan cuerpos cristalizados, dotados de la doble refraccion, sufren al rededor de su centro de gravedad diversos movimientos dependientes de la naturaleza de las fuerzas que las partículas del cristal ejercen sobre ellas. Algunas veces el efecto de estas fuerzas se limita á disponer todas las moléculas de un mismo rayo paralelamente las unas á las otras, de modo que sus caras homólogas estén vueltas hácia los mismos lados del espacio. Este fenómeno se ha espresado con el nombre de *polarizacion*, asimilando el efecto de las fuerzas al de un iman que volviese los polos de una serie de agujas magnéticas todos en la misma direccion; y se demuestra por esperimentos directos la existencia de los movimientos diversos que se acaban de indicar, y que se continúan real-

mente á profundidades muy sensibles en lo interior de los cuerpos.

546. Habiéndose notado que la luz va por lo regular acompañada de *calor*, se ha tratado de indagar si todos los rayos de los diferentes colores, en que se descompone por medio del prisma, poseen igual facultad de calentar los cuerpos; y se ha encontrado que *esta facultad era mayor en el azul turquí que en el violado; mayor en el azul celeste que en el azul turquí; mayor en el verde que en el azul celeste; y así sucesivamente, hasta el rojo que producía una temperatura mas elevada que todos los otros colores;* y aun se ha encontrado por algunos, que *el máximo de temperatura estaba mas allá del rojo estremo y fuera de toda la parte visible del espectro.*

Habiéndose observado que cuando se espone el muriato de plata y otras diversas sales blancas á la luz, se ennegrecen: que la resina guayaco espuesta á la luz pasa del amarillo al verde: y que esponiendo á un rayo de luz solar una mezcla de volúmenes iguales de gas hidrógeno y de cloro, se verifica al instante una detonacion, cuyo producto es el ácido hidroclórico, llamado ántes ácido muriático. Se ha tratado de indagar si cada porcion colorífica del espectro solar poseía una misma ó diferente energía química; y se ha encontrado que *esta energía era menor en el rojo que en cualquiera de los otros, y que iba creciendo hasta el violado que poseía la mayor.* De manera, que por todos los fenómenos que hasta el dia nos presenta la luz, debemos inferir que la facultad *calorífica* y *química* varía en toda la estension del espectro, al mismo tiempo que la *refrangibilidad;* pero segun funciones diferentes, tales que la facultad calorífica esté en su *mínimo* al estremo violado del espectro, y en su máximo al estremo rojo, ó un poco mas allá, mientras que al contrario la facultad química, espresada por otra funcion, tuviese su mínimo en el estremo rojo; y su máximo al estremo violado, ó un poco mas allá.