

10244

PROGRAMA

Y

**RESUMEN DE LAS LECCIONES DE UN CURSO
ELEMENTAL**

DE FÍSICA

Y NOTIONES DE QUÍMICA

POR

D. B. CALAHORRA

CATEDRÁTICO PROPIETARIO DE DICHA ASIGNATURA

EN EL

INSTITUTO DE SORIA.

SORIA:

IMP. Y LIBRERÍA DE D. JOSE R. CALLEJA,

1866.



Exposición del Negociado Julio del 1866
7 1^o vuelto

Presentada en esta Secretaría en fin
de Junio de 1866 para los efectos
de la Ley sobre propiedad Mexicana

El jefe de la A. de Fomento
Manuel Sánchez Carrasco

L 47-9676

PROGRAMA

Y

RESUMEN DE LAS LECCIONES DE UN CURSO ELEMENTAL

DE FÍSICA

NOCIONES DE QUÍMICA

POR

D. B. CALAHORRA

CATEDRÁTICO PROPIETARIO DE DICHA ASIGNATURA

EN EL

INSTITUTO DE SORIA.

86

SORIA:

IMP. Y LIBRERIA DE D. JOSE REDONDO CALLEJA,

1866.

PROBAMA

La práctica de muchos años en la enseñanza, me ha hecho conocer lo muy difícil que es á los alumnos cuando es llegado el tiempo de prepararse para los exámenes de prueba de curso y grado de Bachiller, hacer por sí propios la debida separacion, entre lo mas elemental y preciso de lo extenso y no tan necesario, que encierran los libros de texto que se les tiene señalados. De aqui la conveniencia en mi opinion, de *compendiar* aquellos, reduciéndolos á lo necesario, para que encontrando el alumno facilidad en repasar lo que mas extensamente ya estudió, pueda en poco tiempo prepararse para entrar en los exámenes y grado con alguna confianza.

Si en este *resúmen* que he procurado acomodar al programa oficial, encuentran los alumnos alguna ventaja, me daré por muy satisfecho, porque mi único móvil es ayudarles á sobrellevar la carga para que su voluntad no desfallezca.

Los catedráticos, en su buen talento, suplirán todo aquello que crean preciso para el objeto y que no se encuentre en este programa.

1888

INSTITUTO DE SCIENTIA

1888

IMP. Y LIBRERIA DE D. JOSE RIBONHO CAPELLA

1888

FISICA.

PROPIEDADES DE LOS CUERPOS.

Preliminares.

LECCION I.

Consideraciones sobre la Física en general. Física propiamente dicha: su analogia con la Química. Qué llamamos materia: cuerpo: átomo: molécula, y masa. Fuerzas moleculares. Diverso estado de los cuerpos. Fenómeno físico. Ley: teoría. Agentes físicos.

1. La Física, considerada en general, abraza el estudio de los cuerpos, el de los *agentes*, y el de los fenómenos que resultan de la acción de estos sobre aquellos. Comprende la *astronomía*, *geografía*, *historia natural*, *física propiamente dicha*, y *la química*.

2. La ciencia llamada hoy Física, tiene por objeto estudiar las propiedades y fenómenos que presentan los cuerpos, mientras su naturaleza no sufra modificación alguna. La Química se ocupa de los fenómenos en que la naturaleza de los cuerpos se altera de un modo cualquiera. De estas definiciones se deduce el íntimo enlace de las citadas ciencias, así como también el límite que las separa.—Tendremos ocasión de observar que con la Física se relacionan muy estrechamente las ciencias Matemáticas, generalizando sus resultados y favoreciendo los adelantos de aquella.

3. Se llama *materia* ó *sustancia*, todo lo que afecta ó puede afectar a nuestros sentidos, y cuerpo á la porción limitada de la materia. Si el *geómetra* estudia en los cuerpos el espacio que ocupan, sin atender á su materia,

el físico se dirige principalmente á estudiar las propiedades de la materia contenida en aquellos espacios.

4. El estudio de los cuerpos revela que no están formados de una materia continua, sino de elementos infinitamente pequeños, y que no se pueden dividir por los medios físicos: se hallan *yuxtapuestos*, sin tocarse, manteniéndose á distancias en virtud de reciprocas atracciones y repulsiones que se denominan *fuerzas moleculares*. Estos elementos indivisibles, se llaman *átomos*, la reunion de los átomos forma una *molécula*. Los cuerpos son un conjunto ó agregado de moléculas. Se dicen *simples* ó *elementales*, cuando los átomos que forman las moléculas que los constituyen, son todos iguales ú homogéneos. Se llaman *compuestos*, si son dos ó mas átomos diferentes los que forman las moléculas.

5. *Masa* de un cuerpo se llama á la cantidad de materia que el mismo contiene. No puede determinarse en absoluto, pero fácilmente se obtiene su *masa relativa*, es decir, la relacion de su masa absoluta con la de otro cuerpo, tomado por *unidad*.

6. En los cuerpos se distinguen tres estados.

1.º El de *sólido*, como las maderas y piedras: se presenta cuando la fuerza de atraccion molecular es mayor que la de repulsion. Las moléculas de estos cuerpos tienen tal adherencia, que para separarlas se necesita emplear un estuerzo mas ó menos considerable. Por esta adherencia conservan su forma primitiva.

2.º El estado *líquido*, como el aceite y el vino: es debido á la igualdad entre las dos fuerzas moleculares, de atraccion y repulsion. Las moléculas de estos cuerpos están muy debilmente unidas, pudiendo por esta causa, resbalar fácilmente unas sobre otras; de lo cual resulta que estos cuerpos no afectan ninguna forma particular, tomando la del vaso que los contiene y nivelándose la superficie.

3.º El estado *gaseoso* ó sea *aeriforme* como el hidrógeno y oxígeno: se presenta cuando la fuerza de repulsion molecular es mayor que la atraccion. Se distingue este estado por la mayor movilidad de sus moléculas; y por la continua *repulsion* á que obedecen sus moléculas,

en virtud de la propiedad que despues se estudiará con el nombre de *expansibilidad*.

7. La mayor parte de los cuerpos simples y muchos de los compuestos, pueden presentarse en los tres estados de sólido, líquido y gas, segun la temperatura.

8. Se llama *fenómeno físico*, á todo cambio en el estado de un cuerpo, sin alteracion en su composicion. La congelacion del agua, y su evaporacion, son *fenómenos físicos*.

9. En *física* se dice *ley* á la relacion constante entre un fenómeno y su causa. El conjunto de leyes relativas á una misma clase de fenómenos se llama *teoría física*. Tambien se dice *teoría* á la esplicacion que damos de un hecho físico.

10. Entendemos por *agentes físicos* á las causas de los fenómenos que presentan los cuerpos: su esencia es desconocida, y apreciamos su existencia por los efectos á que dan lugar. Estos son la *atraccion universal*, el *calórico*, la *luz*, el *magnetismo* y la *electricidad*. A los cuatro últimos se les dice tambien *fluidos incohercibles*, é *imponderados* porque ni se les puede encerrar en vaso alguno, ni tampoco determinar su peso.

LECCION II.

Métodos para estudiar la Física: observacion, experiencia. Propiedades de los cuerpos: Estudio de la estension, uso del *vernier*. Impenetrabilidad y medios de probarla.

11. Para adelantar en el estudio de las *leyes físicas*, los medios que empleamos son la *observacion* y la *experiencia*. La *observacion* consiste en estudiar los fenómenos que presentan los cuerpos espontáneamente ó abandonados á si mismos. Las *experiencias* tienen lugar quando se reproducen los fenómenos poniendo á los cuerpos en condiciones especiales. Además se emplea muchas veces el método *analítico*, como medio de investigacion y de prueba; y el *hipotético*, ó de suposiciones, admitidas ya respecto á las causas de ciertos fenómenos, ó tambien al origen de las fuerzas que los producen.

12. El *físico* se propone conocer los cuerpos, esta-

diando sus propiedades y los fenómenos que en ellas producen algunos agentes que existen en la naturaleza.

13. Llamamos *propiedades* de los cuerpos, á las diferentes sensaciones ó impresiones que producen en nuestros sentidos. Se dividen en *esenciales, generales y particulares*. Las primeras son comunes á todos los cuerpos, y no podrian existir sin ellas: tales son la *extension* y la *impenetrabilidad*. Las generales, convienen á todos los cuerpos, pero podemos hacer abstraccion de ellas, considerándolas como no existentes: estas son la *porosidad, divisibilidad, compresibilidad, elasticidad, inercia, movilidad y gravedad*. Las propiedades particulares solo se observan en ciertos cuerpos ó en determinados estados de los mismos, como la *solidez, fluidez, dureza, ductilidad* y algunas otras.

14. Principiando el estudio de las propiedades por el de las esenciales, ó atributos inseparables de la materia, y que bastan para definirla, tenemos la *extension* ó sea la propiedad que tienen los cuerpos de ocupar cierta porción del espacio, á la cual llamamos su *volumen*. Esta propiedad no basta para hacer constar la existencia de un cuerpo; se verá despues, que las imágenes, ocupan una parte de espacio, y en su formacion no entra un solo átomo: no poseen las otras propiedades de la materia; no son pues cuerpos.

Para medir las longitudes con la precision que ha menester el físico en casos dados, usamos el *nonius*, que construiremos tomando una regla A. B. dividida en milímetros, por ejemplo, y otra C. D. de longitud de *nueve* divisiones de la 1.^a, y dividiéndola en 10 partes iguales, tendremos que cada division de la regla C. D.

9 1
 ó *nonius* valdrá — de milímetro, y diferirá en — de milímetro de la A. B. Con este aparato mediremos una longitud con aproximacion de *un décimo* de milímetro.

15. La *impenetrabilidad* es una propiedad en virtud de la que dos elementos materiales no pueden á la vez ocupar una misma porcion del espacio; ó bien, es la propiedad que tiene un cuerpo de excluir á todos los demás

del lugar que ocupa. Exencial en los cuerpos, como la extension, la impenetrabilidad se basta á sí misma para hacer constar la presencia de aquellos.

Esta propiedad conviene menos á los cuerpos que á la materia, puesto que todos disminuyen de volumen por un frio intenso y por una presion mas ó menos enérgica, debida al estrechamiento ó cambio de posicion de sus moléculas, por consecuencia de los *vacios* ó *poros* mas ó menos grandes que ofrecen los cuerpos y que son susceptibles de recibir las moléculas de otros cuerpos, y de disminuir por la influencia de ciertas fuerzas. Pero esta penetracion de los cuerpos me prueba la penetrabilidad de la materia, porque desapareciendo los poros no puede el cuerpo recibir las partículas de otro, ni variar su volumen por efecto de la presion.

La penetracion de los sólidos entre sí, es solo aparente; y si en su interior penetran líquidos ó gases se verificará por la interposicion de las moléculas, pero excluyéndose estas mutuamente.

La impenetrabilidad de los *sólidos* con los *líquidos*, se prueba introduciendo el sólido en un vaso que contenga un líquido, el que se derramará si el vaso está lleno; y de no estarlo, el líquido se elevará como si hubiese aumentado en un volumen igual al del sólido introducido. La impenetrabilidad de los *líquidos* entre sí se prueba, echando en un vaso que contenga uno dado, otro que sobre el primero no ejerza accion química sensible; en cuyo caso el volumen que resulte es igual á la suma de los parciales, aunque las moléculas de los líquidos se encuentren mezcladas. La impenetrabilidad de los *líquidos* con los *gases* se prueba introduciendo un vaso cualquiera boca abajo en un líquido, y notaremos que elevado el líquido sobre el vaso en el exterior, en el interior tan solo entró una pequeña porcion.

LECCION III.

Porosidad, medios de probarla en los cuerpos: **volúmen aparente y real**. **Divisibilidad**, considerada física y matemáticamente. **Límite de la división física**.

16. La observación y la experiencia nos han hecho ver que las moléculas de los cuerpos no están unidas por un contacto íntimo, sino separadas por intervalos, mas ó menos considerables, llamados poros, y de aquí la

Porosidad es la propiedad que tienen los cuerpos de dejar intervalos vacíos entre sus partículas materiales. Estos vacíos ó *poros* se dicen *visibles* cuando como sucede en el carbon, el corcho y la madera, se les distingue á la simple vista, ó con el auxilio del microscopio: y les llamaremos *invisibles*, cuando no pueden ser distinguidos por ninguno de los medios antes indicados, sin que por esa razon dejen de existir, pues que á ellos se deben los cambios de volúmen de los cuerpos. Estos poros no pueden ser penetrados por cuerpo alguno, si no interviene una accion química; al paso que los *visibles* pueden admitir las moléculas de los *gases*, de los *liquidos* y aun de los *sólidos* en algunas ocasiones.

17. El volúmen de los cuerpos se divide en *aparente*, ó sea la porcion de espacio que ocupa; y *real*, que será el que ocuparia la materia de que consta el cuerpo, abstraccion hecha de los *poros*. Este volúmen es constante, pero no lo es el aparente, que varia con la intensidad de las fuerzas moleculares que soliciten al cuerpo.

Los cambios de volúmen que experimentan los *sólidos* en circunstancias dadas, prueban su porosidad, pues que si no existiese, siendo *impenetrables las moléculas*, no podrían hacerse mas pequeñas. Se prueba esta propiedad en los *liquidos*, al observar que si se mezcla agua y vino, el volúmen que se obtiene es la suma de los *liquidos* propuestos, y como veremos que todo el liquido está teñido, deducimos que las moléculas de cada uno se han acomodado en los poros que el otro presenta.

Respecto á los *gases*, como sus moléculas tienden á la

repulsion, fácilmente se deduce, que en estos cuerpos la porosidad es mayor que en ningún otro estado.

18. *Divisibilidad* es la propiedad que tienen todos los cuerpos de poderse reducir á partes mas pequeñas, hasta llegar á un límite tal que son invisibles con el auxilio de instrumentos. Esta propiedad puede considerarse en *abstracto*; en cuyo caso podrá llegar al infinito, pues nada se opone á que por pequeña que sea una cantidad, la supongamos idealmente descompuesta en otras mas pequeñas: de aquí el admitir que la divisibilidad *geométrica* no tiene límite. Si consideramos la *divisibilidad física* ó *material*, notaremos que se hace imposible toda división cuando hemos llegado á un cierto límite, que dependerá de la energía de los medios ó agentes empleados.

No obstante el límite de la divisibilidad física, se presentan muchos ejemplos de extrema divisibilidad de la materia. Así un frasco que contenga almizcle difunde partículas odoríferas en una vasta habitación, sin que su peso disminuya perceptiblemente: tan tenues son las moléculas desprendidas. El oro puede reducirse á láminas tan finas que 360,000 sobrepuestas unas á otras, no exceden del grueso de una pulgada; corresponderá pues á cada una $\frac{1}{360,000}$ de pulgada.

El reino orgánico presenta ejemplos todavía más notables de la divisibilidad de la materia.

LECCION IV.

Para probar esta propiedad en un sólido, por ejemplo, *Compresibilidad*: medios de probarla. *Elasticidad*, experimentos que la confirman y división de los cuerpos atendiendo á este carácter.

19. La *compresibilidad* es la propiedad que poseen los cuerpos de disminuir de volumen por efecto de la presión. Esta propiedad es consecuencia de la porosidad, y puede considerarse al propio tiempo como su mejor prueba.

Todos los cuerpos son mas ó menos compresibles.

Los sólidos lo son en diversos grados, pues mientras ciertos tejidos, el corcho y la madera son muy compresibles, los metales lo son en menor escala, si bien las impresiones que las medallas y monedas reciben por el choque del volante, nos prueba su compresion. Si en algunos sólidos no se ofrece reduccion en su volumen por la *presion*, como se agrupan mas intimamente sus moléculas, presentando el cuerpo aumento de *densidad*, esta circunstancia sería la razon principal que justifica la propiedad en cuestion. Los líquidos son muy poco compresibles y por mucho tiempo se les tuvo por no provistos de esta propiedad. Sin embargo, se probará que lo son, aunque tan en pequeña escala, que para las aplicaciones podemos suponerlos como incompresibles.

Los gases son, de todos los cuerpos, los que pueden comprimirse mas fácilmente, y bajo suficientes presiones se les reduce á un volumen 10, 20 y 100 veces menos que el que ocupan á la presion ordinaria. Si el esfuerzo ejercido en los gases llega á un cierto límite, en la mayor parte de ellos, no persiste el estado gaseoso, siendo reemplazado por el estado líquido.

20. La *elasticidad* es la propiedad que poseen los cuerpos de recobrar su volumen ó forma primitiva luego que cesó de obrar la fuerza que alteró esta forma ó volumen. Como propiedad general tan solo se estudia la elasticidad por *presion*, porque si bien puede desarrollarse por *flexion*, *torsion*, y *traccion*, estas especies de elasticidad entran en el número de las propiedades particulares de los sólidos, únicos que las presentan.

Para probar esta propiedad en un sólido, por ejemplo una lámina delgada de acero templado, observaremos que puede doblarse por un esfuerzo dado, y abandonándola despues á sí misma, vuelve á su forma rectilínea, produciendo una série de pequeños movimientos hasta fijarse en la posicion primitiva.

Tambien observamos que dejando caer una esfera de marfil sobre un plano de mármol pulimentado y cubierto por una ligera capa de aceite, vuelve á subir á una altura algo menor que la de la caída, dejando en el punto en donde choca una huella circular tanto mayor cuan-

to lo fuese la altura de que cayó la esfera. En el momento del choque la esfera debió aplanarse sobre la superficie del mármol, y mediante la reaccion de las moléculas así comprimidas, volvió á elevarse.

21. El restablecimiento de los cuerpos á su volúmen ó forma primitiva, no siempre se efectúa del mismo modo, pues mientras en unos se verifica instantáneamente ó en un tiempo indivisible, como el marfil y el acero, llamándose *elásticos de 1.ª especie*, en otros tarda un tiempo apreciable, aunque corto, como la goma elástica y el corcho, que se dicen *elásticos de 2.ª especie*. Además se nota que los sólidos son elásticos dentro de ciertos límites, que se manifiesta en unos por la desintegracion de las partículas del cuerpo, y en otros por adquirir las moléculas posiciones nuevas que conservan despues.

22. Los líquidos no solo son elásticos, sino que lo son perfectos, es decir que vuelven á su primitiva forma cuando cesa el esfuerzo que los comprimió, cualquiera que haya sido la accion ejercida sobre ellos. Lo propio sucede respecto á los gases, sea cual fuese la presión que hayan sufrido, y no puede dudarse de este carácter teniendo en cuenta la repulsion á que obedecen las moléculas de estos cuerpos.

LECCION V.

Inercia, sus leyes y consecuencias que se deducen de esta propiedad. Movilidad, gravedad y direccion en que obra. Leyes de la atraccion terrestre. Peso de los cuerpos. Masa. Densidad.

23. La *inercia* es una propiedad puramente negativa: consiste en la falta de aptitud que tiene la materia para darse movimiento á sí propia, ni para aniquilar el de que pueda estar animada. Deduciéndose de esta propiedad, que para hacer que un cuerpo pase del estado de reposo al de movimiento ó viceversa, se necesita una causa especial que dé origen á dicho cambio. Algunos consideran la inercia como *fuerza*, en cuyo caso se dice:
1.º Los cuerpos en reposo lo estarán eternamente mientras una fuerza no los ponga en movimiento. 2.º Si un

cuerpo se mueve, lo hará siempre hasta que una causa lo detenga.

La primera parte del enunciado es *evidente*, pues que un cuerpo en reposo lo estará hasta que una causa externa venga á cambiar su actual condicion. Para la segunda deberemos observar, que producido el movimiento en un cuerpo, si le vemos pararse al cabo de mas ó menos tiempo, es por efecto de las resistencias ú obstáculos que encuentra en su marcha, notándose que el movimiento continúa por mas tiempo cuando las resistencias disminuyen, y continuaria eternamente si desaparecieran por completo. De ello tenemos buena prueba en los astros, en su revolucion al rededor del sol.

24. La *movilidad* consiste en la propiedad que tienen los cuerpos de poderse mover ó trasladarse de un lugar á otro, en virtud de un impulso. El estado de un cuerpo cuando cambia de lugar, se dice *movimiento*, y su permanencia en un mismo lugar se llama *reposo*. Uno y otro pueden considerarse absoluta ó relativamente. El *reposo absoluto* seria la completa carencia de movimiento. No se conoce en el Universo cuerpo alguno que se halle en este estado. El *movimiento absoluto* seria su cambio de lugar con respecto á otro cuerpo que se encontrase en estado de reposo absoluto.

El *reposo relativo* es el de un cuerpo que conserva la misma posicion respecto á otros que consideramos como fijos, pero que en realidad todos se mueven. El *movimiento relativo* es el de un cuerpo que varia de posicion respecto á otros que suponemos inmóviles, por mas que esten mudando de lugar.

En el mundo físico solo se observan el movimiento y reposo relativo. La quietud y el movimiento absoluto son concepciones de nuestra imaginacion, pues en el mundo todo es relativo y condicional: los árboles y edificios quietos en apariencia, participan del doble movimiento de la tierra, de rotacion sobre su eje y de revolucion al rededor del sol.

25. Entendemos por *gravedad*, la propiedad que tienen los cuerpos de dirigirse hácia el centro de la tierra cuando dejan de estar sostenidos. Tambien se la llama

atracción terrestre, por cuanto obra sobre los cuerpos dirigiéndolos hácia aquel centro.

La acción de la gravedad actúa constantemente sobre los cuerpos, tiende á disminuir la distancia que los separa del centro de la tierra; y en un mismo punto de este planeta obra siempre con igual intensidad sobre los diferentes cuerpos, comunicándoles la misma velocidad.

Si consideramos la gravedad como fuerza, deberíamos formular sus leyes diciendo: «que la atracción terrestre produce sus efectos en razón directa de las masas, é inversa del cuadrado de las distancias; cuyo enunciado se debió á *Nevvton*.

La misma atracción considerada relativamente á los demás cuerpos del sistema planetario y el sol, al rededor del cual giran, se llama *gravitación universal*. Cuando actúa para unir las moléculas de los cuerpos, se dice *atracción molecular*.

La dirección de la *gravedad* se reconoce por la de una *plomada*. Esta dirección, llamada *vertical*, es perpendicular á la superficie de un líquido en calma y de pequeña extensión; y es la que sigue un cuerpo cuando cae por la acción de la *gravedad*.

Por consecuencia de la gravedad, todos los cuerpos ejercen presión sobre los obstáculos que se oponen á su descenso hácia el centro de la tierra. Esta presión se acostumbra á llamar *peso del cuerpo*. Se distingue el *absoluto* y el *relativo*.

26. El *peso absoluto* de un cuerpo es la resultante de todas las acciones de la gravedad sobre cada una de las moléculas que le componen; de donde resulta que es proporcional á la masa ó cantidad de materia que contenga. Así mientras la gravedad es la fuerza elemental que obra sobre la unidad de masa de los cuerpos en general, el peso es la fuerza que proviene de las acciones de la gravedad sobre todas las moléculas.

El *peso relativo* es la relación del peso absoluto de un cuerpo con otro *peso determinado* que se toma por unidad. Para determinarlo usamos la balanza.

27. *Densidad de un cuerpo por otros pero específicos*.

co, se llama la cantidad de materia que contiene bajo la unidad de volúmen. No es posible determinar las densidades absolutas, podemos sí determinar las densidades relativas: para los sólidos y líquidos se ha elegido el *agua destilada* á 4.º sobre cero, como término de comparación; y para los gases sus densidades se aprecian con relación al *aire*, á la temperatura de 0.º y presión ordinaria de la atmósfera. Si llamamos D. la densidad de un cuerpo, V. su volúmen y M. su masa, tendremos que aquella viene expresada con la siguiente fórmula $D = \frac{M}{V}$; de donde obtendremos la de su masa por esta, $M = DV$, y por último el volúmen expresado $V = \frac{M}{D}$.

LECCION VI.

Propiedades particulares. Cohesion, dureza, maleabilidad, ductilidad, tenacidad. Procedimientos empleados para evidenciarlas.

28. Hemos dicho que se llaman propiedades particulares las que solo se observan en ciertos cuerpos ó en determinados estados de los mismos. Además queda consignado tambien que los cuerpos y sus moléculas, obedecen ó están solicitadas por dos fuerzas contrarias, de las que la una tiende á aproximarlas y la otra á separarlas, dando origen estas fuerzas á hechos y fenómenos muy variados. La primera de estas fuerzas se llama *atracción molecular*: no se ejerce mas que á distancias infinitamente pequeñas, y si estas son sensibles su efecto es nulo; en lo cual se diferencia de la gravitación universal y de la gravedad que actúa á todas las distancias.

29. La *cohesion* es la fuerza que une entre sí las moléculas de una misma naturaleza, ó semejantes; dos de hierro, tres de azufre por ejemplo. Esta fuerza casi nula en los gases, débil en los líquidos, es muy grande en los sólidos; si bien varia considerablemente no solo con la naturaleza de los cuerpos, si es que tambien con la co-

locación de sus moléculas. La *afinidad* es la fuerza de atracción que se ejerce entre sustancias heterogéneas ó diferentes. Su estudio pertenece á la Química.

30. A las modificaciones de la *cohesion* hay que atribuir no pocas propiedades de los cuerpos; la *dureza* es una de estas, entendiendo por esta propiedad la resistencia que oponen los cuerpos á ser rayados por otros. En este sentido decimos que el *diamante* es el cuerpo mas duro que conocemos, porque sobre que él raya á todos los demás, al presente no se conoce ninguno que le raye, y para gastarle tenemos que recurrir al rozamiento con su propio polvo.

La *dureza* varia considerablemente en los diferentes sólidos, no solo con su naturaleza sino en uno mismo con las circunstancias bajo las cuales se unieron las moléculas. Los cuerpos que son rayados fácilmente por otros se dicen *blandos*, y lo son en mas ó menos grado segun su naturaleza: así la *plata* y el *oro* puros son mas blandos que cuando se les une con el cobre, como se practica para preparar la pasta de la moneda y joyería.

31. Damos el nombre de *ductilidad* á la propiedad que tienen algunos cuerpos de cambiar de forma por la presión ó por causa de tracciones mas ó menos enérgicas. La arcilla humedecida y la cera ligeramente calentada son cuerpos muy ductiles, por cuanto el mas ligero esfuerzo les hace variar de forma.

Estudiando esta propiedad en los metales, se la define comunmente diciendo, que consiste en la facultad que tienen los metales de reducirse, por esfuerzos mas ó menos poderosos, á hilos muy delgados. Al efecto se hace uso de un aparato llamado *hileras*: bajo este punto de vista se dice que el *platino* y el *oro*, son metales muy ductiles.

Si esta propiedad se determina por medio del martillo ó del laminador, y si los metales se reducen á láminas mas ó menos finas, toma el nombre de *malleabilidad*. De aquí el decir que el *plomo* y el *oro* son metales muy maleables, porque pueden reducirse á láminas muy finas.

32. La *tenacidad* consiste en la resistencia que pre-

sentan los cuerpos á su rotura. Para calcular esta fuerza, se reducen los cuerpos á varillas cilíndricas ó prismáticas, y se les somete, en el sentido de su longitud, á una fracción medida por pesos conocidos, quilógramos por ejemplo, suficientes para verificar la rotura del cuerpo.

MECÁNICA DE SÓLIDOS.

LECCION VII.

ESTÁTICA.

Qué entendemos por fuerza, y qué debemos distinguir en ella.

Mecánica. Su division. Equilibrio: fuerzas instantáneas y continuas. Unidades de las fuerzas. Modo de actuar las fuerzas.

33. Dáse el nombre de *fuerza* á toda causa capaz de producir el movimiento, ó de modificarle. La accion de los músculos de los animales, la gravedad, las atracciones y repulsiones eléctricas, la tension de los vapores, son otras tantas fuerzas.

34. En el estudio de toda fuerza debemos considerar su *direccion*, su *magnitud* ó *intensidad* y su *punto de aplicacion*. La direccion se representa por la linea recta segun la cual tiende á mover el cuerpo. Su magnitud ó intensidad, por el mayor ó menor esfuerzo que ejerce sobre él, ó bien su relacion con otra fuerza tomada por unidad. El punto de aplicacion, es el punto del cuerpo, sobre el cual la fuerza actúa inmediatamente. *Mecánica* se llama á la seccion de la Física que tiene por objeto el estudio de los efectos de las fuerzas actuando sobre los cuerpos. Se divide en *estática* y *dinámica*. La *estática* estudia las condiciones del equilibrio, y la *dinámica* las leyes del movimiento; subdividiéndose luego en *estática de sólidos*, *hidrostática*, y *acrostática*, segun que se estudie el equilibrio de los cuerpos sólidos, líquidos y gases. Análogamente, la *dinámica* se dice *dinámica de sólidos*, *hidrodinámica*, y *acrodinámica*, segun el estado del cuerpo cuyas leyes del movimiento se estudian.

35. Cuando un cuerpo sufre la acción de dos ó mas fuerzas, cuyos efectos se neutralizan mutuamente, y por consecuencia permanece quieto, á este estado particular, se le llama *equilibrio*. Se distingue del reposo verdadero porque en este último no concurre sobre el cuerpo fuerza alguna.

36. Las fuerzas se dicen *instantáneas*, cuando obran en un periodo de tiempo indivisible, ó lo que es igual, en una sola impulsión, como en la explosión de la pólvora; y *continuas*, las que actúan sobre los cuerpos mientras estos se mueven, como la gravedad. Con estas expresiones no queremos dar á entender dos especies de fuerzas, sino dos diversos modos de obrar.

Para valuar la intensidad de una fuerza tenemos necesidad de tomar otra como unidad, y que sirva de término de comparación. Por más que sea arbitraria esta unidad, se acostumbra á compararla con el efecto que produciría, en cuanto á presión, un peso determinado. *La unidad para comparar las fuerzas es el quilógrametro*, ó sea el esfuerzo necesario para elevar el peso de un quilógramo en un segundo de tiempo á la altura de un metro. Se usan tambien como unidades, el *caballo de vapor*, que equivale á 75 quilógrametros; y la *gran unidad dinámica* que es equivalente á 1000 quilógrametros.

37. Toda fuerza que es equivalente á dos ó mas se llama *resultante*; y las fuerzas que la han constituido se dicen *sus componentes*, cuya reunión ó conjunto de estas, forma lo que en ciertos casos llamamos sistema de fuerzas.

38. Si un cuerpo está solicitado por dos ó mas fuerzas, no puede tomar más que un movimiento único; así es que una fuerza sola de magnitud y dirección determinada, que será su resultante, podrá producir y remplazar, por consiguiente en el cuerpo, á todas las del sistema. Es muy conveniente saber determinar la resultante de un sistema de fuerzas, ó lo que es igual, componer varias fuerzas en una sola que las remplace. Para ello consideraremos, que las fuerzas pueden obrar sobre los cuerpos, de tres modos: 1.º *en una misma dirección*. 2.º *en dirección contraria*, y 3.º *concurriendo en un punto*.

En el primer caso, si muchas fuerzas actúan en dirección de una recta y en el mismo sentido, la resultante es evidentemente igual á su suma y permanece invariable. En el segundo supuesto, si las fuerzas actúan en dirección de una misma recta pero en sentido contrario, se determina la suma de las que van en un sentido y de las que actúan en el opuesto, y si son iguales, resultará equilibrio; si no lo fuesen, la resultante vendría representada por la diferencia, y actuaría en sentido de la mayor. Si fuesen concurrentes, la resultante se determinará por la ley del paralelogramo de las fuerzas.

LECCION VIII.

Fuerzas concurrentes: determinación de la resultante: influencia que tiene en su magnitud el valor del ángulo que forman.

38. Llamamos fuerzas concurrentes á las que se reúnen en un punto, en el cual podemos suponerlas aplicadas todas.

40. Varias fuerzas pueden constituir equilibrio en cualquier número que se hallen, siempre que esten de tal manera dispuestas, que el efecto de cada una sea aniquilado por el concurso de todos los demás, pudiendo decirse: «Si un sistema de fuerzas produce equilibrio, cada una de ellas es igual y directamente opuesta á la resultante de todas las demás.» Efectivamente, si tres fuerzas concurrentes en un punto producen equilibrio, dos de ellas darán una resultante, que debiendo producir el efecto de las componentes, se equilibrará con la tercera fuerza, y como esto último solo puede tener lugar cuando las fuerzas sean iguales y directamente opuestas, resulta que esta tercera fuerza es igual y opuesta á la resultante de las dos primeras. Si consideramos las otras dos resultantes, aplicando el mismo razonamiento, vendríamos á igual resultado.

41. Con la denominación de *teorema del paralelogramo* de las fuerzas, se conoce el siguiente enunciado. «La resultante de dos fuerzas concurrentes está representada en magnitud y dirección por la diagonal del parale-

lógramo construido sobre estas fuerzas.» Es decir, la resultante de las dos fuerzas concurrentes, sigue la direccion de la diagonal de la figura trazada bajo ellas; y su intensidad será igual a la suma que corresponda a las componentes.

Recíprocamente: una fuerza puede descomponerse en dos, aplicadas al mismo punto que la primera y actuando en igual direccion. Para ello basta construir sobre dichas rectas un paralelógramo, cuya diagonal sea la fuerza dada, pues la longitud de los lados representará las componentes que se buscan.

Respecto a la magnitud de la resultante en el paralelógramo de las fuerzas, no solo depende de la que corresponde a las componentes, sino que influye además el ángulo que forman entre si. Se demuestra que si este aumenta, aquella, ó sea la resultante, disminuye hasta el punto de ser igual a la diferencia de las dos fuerzas, cuando aumentando el valor del ángulo lleguen a ser las fuerzas directamente opuestas. Si por el contrario, el ángulo disminuye, la resultante aumenta, y si tal fuera la aproximacion de las fuerzas que llegaran a superponerse, en tal caso la resultante estaria representada por la suma; de donde se deduce que los límites de la resultante estan dados por la suma y por la diferencia de las componentes.

Si las fuerzas concurrentes fuesen en mayor número de dos, pero todas situadas en un mismo plano, la resultante se obtiene facilmente aplicando el teorema fundamental, primero a dos fuerzas, luego a la resultante obtenida y la tercera fuerza, y así sucesivamente hasta encontrar la última diagonal que es la resultante pedida.

42. Los efectos de la composicion ó descomposicion de las fuerzas se nos ofrecen con frecuencia a nuestra observacion. Como ejemplo, podemos citar un barquichuelo que atraviesa un río impelido por la direccion de la corriente y por la accion de los remos, recorre una línea que corresponde a la resultante de aquellos dos impulsos, en vez de seguir el de la corriente ó el de los remos.

LECCION IX.
Fuerzas paralelas en un mismo sentido, determinar su resultante.
Momentos de las fuerzas. Fuerzas paralelas en direccion opuesta.

43. Cuando varias fuerzas paralelas actuan sobre un cuerpo en una misma direccion, se demuestra 1.º que tienen una resultante: 2.º que es igual a la suma de las fuerzas consideradas y paralela a ellas: 3.º que esta resultante pasa por entre los puntos de aplicacion de las componentes, dividiendo la recta que los une en partes inversamente proporcionales a las intensidades de las fuerzas.

44. Si las fuerzas fuesen dos y con la circunstancia de tener igual intensidad, es claro que siendo la resultante igual a su suma, y paralela, vendria aplicada a la mitad de la recta que une los puntos de aplicacion de aquellas. Si una de las fuerzas supuestas es mayor que la otra, la resultante vendrá aplicada a un punto de la recta que une los de accion, tanto mas proximo a ella, cuanto sea su medida comparada con la menor. Los efectos en uno y otro caso, serian iguales a los que nos produciria una fuerza única en la misma direccion, igual a su suma, y cuya posicion estuviese determinada segun las anteriores consideraciones.

45. Llamamos *momentos de las fuerzas* al producto de multiplicar cada una de ellas por su distancia al punto de aplicacion de la resultante. Estos productos de las componentes respecto al punto de aplicacion de la resultante son iguales.

Para obtener la resultante de muchas fuerzas paralelas y que obran en un mismo sentido, se busca primero la resultante de dos de ellas, segun hemos indicado, luego la de la resultante encontrada y la tercera fuerza, y asi sucesivamente hasta obtener por resultante final una fuerza igual a la suma de las dadas, paralela a ellas y de idéntica direccion.

46. Si dos fuerzas paralelas actuan en direccion con-

traría sobre un mismo cuerpo, la resultante estará dada por la diferencia de ambas, actuando en sentido de la mayor. Pero si las dos fuerzas son iguales, se originará lo que llamamos en mecánica *par de fuerzas*; en este caso la recta á que suponemos aplicadas las fuerzas, en vez de equilibrio, presenta un movimiento de rotacion sobre su parte media.

Si las fuerzas paralelas girasen de una manera cualquiera, pero conservando aquella direccion, casi como sus puntos de aplicacion, la resultante tambien giraria, permaneciendo paralela á las componentes, y pasando por el mismo punto de aplicacion, que en este caso se llama *centro* de las fuerzas paralelas.

LECCION X.

Determinacion del centro de gravedad de los cuerpos. Diversos casos de equilibrio que pueden presentarse relativamente á esta cuestion.

47. La accion que la gravedad ejerce sobre las moléculas de los cuerpos, da origen á un sistema de fuerzas paralelas, que como obra para todas las moléculas con igual intensidad y en la misma direccion, dará una resultante, que por lo expuesto en la leccion anterior, será paralela á las componentes, igual á su suma, y actuando en idéntica direccion. La medida de esta resultante es lo que hemos llamado *peso del cuerpo*, proporcional con el número de moléculas de que conste, pues que cada una de ellas es impulsada por la gravedad.

Esta resultante tendrá un punto de aplicacion que en el caso actual llamaremos *centro de gravedad*; se define diciendo que es un punto por el cual pasa constantemente la resultante de las acciones de la gravedad sobre las moléculas del cuerpo en todas sus posiciones.

Si el cuerpo se encuentra sostenido por su centro de gravedad, queda en equilibrio en todas las posiciones que pueda tomar girando al rededor de él; porque la resultante de las acciones de la gravedad molecular pasa siempre por este punto y se encuentra destruida,

pués que lo suponemos sostenido. Si el cuerpo está suspendido por un punto diferente únicamente, será posible el equilibrio, cuando el centro de gravedad se encuentre encima ó debajo del de suspension y en la misma línea vertical. La determinacion del centro de gravedad de los cuerpos homogéneos y de forma geométrica, es fácil de investigar por sencillas consideraciones de aquella ciencia. Así en una línea recta se encuentra en la mitad de su longitud, el de un círculo ó una esfera, en su centro, el de un cilindro en la mitad de su eje; el de un paralelogramo, en el concurso de sus diagonales, etc. Hemos indicado que los cuerpos fuesen homogéneos para que su centro de gravedad coincidiese con el geométrico; pero no lo estará si el cuerpo, una esfera, por ejemplo, está formada por dos emisferios diferentes ó heterogéneos, ó bien uno hueco y otro macizo. En estos casos, y cuando el cuerpo no tenga un centro geométrico, se descubre la posicion del centro de gravedad por un procedimiento sencillo. Se reduce á suspenderle por dos puntos diferentes, y como para el equilibrio el centro de gravedad ha de estar sostenido, se hallará en la prolongacion del hilo de suspension, en las dos operaciones, y precisamente en el punto de interseccion de las dos líneas prolongadas del hilo del sosten.

49. Atendiendo á la posicion del centro de gravedad de los cuerpos, con relacion al punto de apoyo, y teniendo presente que no quedan en equilibrio sino cuando la vertical tirada por sus centros de gravedad pase por el interior de la base, ó polígono que se forma uniendo entre sí los puntos de apoyo, se presentan tres casos diferentes de equilibrio.

1.º *Equilibrio estable.* Es el estado de un cuerpo que, desviado de su posicion de equilibrio, le recobra por sí mismo tan luego como cesa todo obstáculo que á ello se opone: este estado se observa siempre que el centro de gravedad se presenta mas bajo que en cualquiera posicion de las demás que el cuerpo puede tomar.

2.º *El equilibrio inestable.* Es el estado de un cuerpo que separado de su posicion de equilibrio no vuelve por

si mismo á recuperarla. Tiene lugar cuando el centro de gravedad está mas alto que en cualquiera otra posición, y si mediante una desviacion el centro de gravedad baja esta accion le hace bajar mas y mas.

3.º *Equilibrio indiferente.* El que persiste en todas las posiciones que toma el cuerpo; y que tiene lugar cuando coinciden en un mismo punto el centro de gravedad y el de suspension del cuerpo.

LECCION XI.

Idea general de las máquinas. Su clasificacion segun el apoyo. Palancas. Equilibrio en los tres géneros.

50. Llamase *máquina* á todo aparato destinado á equilibrar ó mover un cuerpo por medio de fuerzas cualesquiera. Tambien se dice, que son instrumentos, por medio de los cuales puede trasmitirse ó modificarse una fuerza ó movimiento en cuanto á su cantidad y direccion.

51. Las máquinas pueden considerarse *estática* ó *dinámicamente*: en el primer supuesto, único de que nos ocuparemos, serán instrumentos por cuyo intermedio fuerzas cuya cantidad y direccion son conocidas, equilibran á otras fuerzas que pueden ser diferentes por su direccion ó intensidad.

En toda máquina debemos considerar. 1.º La *resistencia*, que es el cuerpo que se intenta mover ó equilibrar. 2.º La *potencia*, ó fuerza que se emplea. 3.º La *máquina misma*, que es el cuerpo intermedio que trasmite la potencia sobre la resistencia.

52. Toda máquina necesita un obstáculo para insistir sobre él, al cual se le llama *punto de apoyo*; debe sostener la *potencia y resistencia* permitiendo al aparato moverse sobre dicho punto. Segun la naturaleza del apoyo se dividen las máquinas en de *punto*, *linea* ó de *superficie de apoyo* segun que los obstáculos lo sean: un *punto* fijo como en la palanca; una *linea*, como la polea; y una *superficie* como el plano inclinado.

53. Las máquinas, no merecerán el nombre de tales si no pueden cambiar una de las tres cosas siguientes,

por lo menos; la *direccion del movimiento*, el *género del movimiento* y la *velocidad*: algunas como el torno cambian las tres circunstancias espresadas.

54. Se llaman *máquinas simples* á la palanca, polea, torno, plano inclinado, tornillo, cuña y sogas ó máquinas funiculares; y *compuestas* á las que resultan de diferentes combinaciones que pueden verificarse con las simples.

55. La *palanca* es una barra inflexible, recta, curva ó angular sujeta á girar sobre un punto llamado de apoyo. A sus extremos se aplican, en general, la potencia y resistencia, cuyas distancias al punto de apoyo se las denomina *brazos de la palanca*.

Si aplicamos la palanca á mover ó superar una resistencia, que obra en uno de los extremos de aquella, actuando en el otro la potencia y teniendo el punto de apoyo entre ambas, observaremos que para establecer el equilibrio, la potencia y la resistencia se hallan en razon inversa de los brazos de la palanca. Como varían los caminos que recorren la potencia y resistencia en proporcion de los brazos respectivos, tendremos que la potencia multiplicada por el espacio ó camino que anda es igual á la resistencia multiplicada por su camino correspondiente. Ley general y de aplicacion á todas las máquinas.

Se usan tres especies de palancas. De *primer género* se dicen las que tienen el punto de apoyo entre la potencia y la resistencia como las tijeras, y balanzas. De *segundo género*, cuando tienen la resistencia entre la potencia y el punto de apoyo: como el cuchillo del panadero. De *tercer género*, cuando la potencia está situada entre la resistencia y el punto de apoyo, tal sucede en el brazo del hombre.

Como la potencia estará mas ó menos favorecida segun el brazo de la palanca sobre que actúe sea mas ó menos largo, respecto al de la resistencia, observaremos que la potencia puede favorecerse ó perjudicarse en la de primer género, segun la longitud de los brazos; que en la de segundo género esta siempre favorecida, por ser su brazo toda la palanca, y en las de tercer género

siempre la potencia está perjudicada, porque su brazo es menor que el de la resistencia que es la totalidad de la palanca.

LECCION XII.

Balanza. Estudio de este aparato. Método de dobles pesadas. Explicación de la romama.

56. La *balanza* es el aparato que usa el físico para hallar el peso de los cuerpos.

La *balanza* es una palanca de primer género de brazos iguales, que nos dará las condiciones del equilibrio entre potencia y resistencia cuando sean iguales; es decir, cuando el cuerpo cuyo peso se quiere determinar sea igual á los pesos conocidos con los que se le quiere equilibrar. El punto de apoyo de la balanza está en el medio de la palanca; á las dos extremidades están suspendidos, por cadenas ó alambres metálicos, los platillos destinados á recibir el uno el cuerpo que se quiere pesar, y el otro las pesas. Atravesado el medio de la palanca por un prisma triangular de acero, que descansa por un corte ó ángulo, sobre una chapa de agata ó de acero bruñido; el rozamiento está disminuído y tiene el aparato notable facilidad para moverse. También sobre la parte media de la palanca, hay una aguja ó *fiel*, perpendicular á la barra y que oscila delante de un pequeño arco graduado: cuando está en el cero de la graduacion, el fiel tiene una posion vertical, y la palanca estará horizontal, cuya posición marca el equilibrio de la balanza.

La sostiene ó unas chapas metálicas que reciben el prisma que atraviesa la palanca, ó una columna que apoya en su parte superior al referido prisma.

El centro de gravedad de la balanza debe encontrarse en la vertical que pasa por el eje, pero mas bajo que el punto de suspension.

En este caso el equilibrio subsiste en la horizontalidad, y si sale de ella, siendo aquel equilibrio *estable*, la balanza vuelve á remplazarlo por si, porque si bien

la vertical sale fuera de la base, lo hace en la direccion en que el brazo se eleva, tendiendo á hacerla descender y á darla su posicion primitiva.

Los dos brazos de la balanza deben ser iguales en longitud y peso, con cuyas condiciones dos cuerpos de pesos iguales se equilibrarán en los dos platillos, y producirán una inclinacion mayor ó menor en la balanza cuando sean desiguales. Si las circunstancias indicadas no estan satisfechas, todavia se puede tener el peso exacto de un cuerpo recurriendo al método de dobles pesadas de *Borda*. Se coloca el cuerpo en un platillo y en el opuesto se pone arena ó granalla de plomo, basta llevar la balanza al equilibrio; se quita el cuerpo y se remplaza por pesos conocidos, que haciendo equilibrio al otro platillo, representan el peso buscado con independencia de la longitud y peso de los brazos de la balanza, puesto que en uno mismo hemos colocado el cuerpo y los pesos que le representan.

57. La *romana*, sirve tambien en muchos casos para pesar los cuerpos. Es una palanca de primer género de brazos desiguales, en la cual la *potencia* está representada por una masa llamada *pilon*, que obra á diferentes distancias del punto de apoyo; segun la *resistencia* que actua en el otro lado de este, sea mas ó menos considerable; así el *pilon* debe obrar á mas ó menos distancia del punto de apoyo, estableciendose el equilibrio cuando la potencia multiplicada por el camino que anda, sea igual á la resistencia por el espacio que la corresponde.

LECCION XIII.

Poleas: leyes del equilibrio. Relacion entre la potencia y la resistencia. Polipastos. Ventajas de su aplicacion. Torno; condiciones del equilibrio; cabrestante.

58. La *polea*, es un cilindro de poca altura, respecto á su diámetro, que gira sobre su eje y que lleva en la superficie concavese una garganta ó hendidura donde se aplica un cordón ó cadena. El eje se apoya en una armadura que abraza la polea. Se llama *fija* cuando, sujetas

las armas á un punto, el aparato solo tiene movimiento de *rotacion*; si además de este tiene el de *traslacion*, entonces se llama la polea *móvil*. En la *fija* la potencia y la resistencia se aplican á los extremos del cordón, y si las trasladamos al punto tangencial de este con el plano circular, uniendo estos puntos con una línea recta, tendremos una palanca de primer género; y siendo iguales sus brazos, lo serán la potencia y resistencia en el caso de equilibrio, sea paralela ó angular la dirección de los cordones.

En la polea *móvil* uno de los extremos del cordón está fijo en un punto, y al otro se aplica la potencia; la resistencia se hallará en las armas de la polea; haciendo la traslación de estas fuerzas á los puntos tangenciales y al centro de la polea, y unidos los de potencia y resistencia con el de apoyo, tendremos una palanca angular de primer género, de brazos en lo general desiguales, en la que la potencia y la resistencia están entre sí en la relación del radio es á la cuerda, para el caso en que los cordones sean angulares. Si fuesen paralelos las traslaciones dichas darían origen á una palanca de segundo género, en la que el brazo de la resistencia es el radio y el de potencia el diámetro, en este caso $P:R :: 1:2$.

59. La reunión de poleas fijas y móviles que se corresponden en un plano, ó sobre un eje las fijas y en otro las móviles, se llama *polipastro*. Para determinar las condiciones del equilibrio entre potencia y resistencia, fijaremos el número de las poleas móviles del sistema, y tendremos que el esfuerzo necesario para superar la resistencia se encuentra dividiendo esta por el duplo del número de las poleas móviles.

Estos aparatos en general se usan para levantar grandes pesos, y presentan un ejemplo práctico de que se gana en fuerza todo lo que se pierde en tiempo.

60. El *torno* es un cilindro que lleva una rueda expresa ó suplida, cuyo centro se halla en el eje al rededor del cual gira. La *potencia* obra en dirección tangencial sobre la rueda, verificándolo la *resistencia*, que pende de un cordón, sobre el cilindro. Si trasladamos potencia y resistencia á los puntos tangenciales correspon-

dientes, se originará una palanca de primer género, en la que la potencia y la resistencia tendrán entre sí, en el caso de equilibrio, la relación del radio del cilindro es al de la rueda.

El *cabrestante*, es un torno cuyo eje es vertical en vez de horizontal. Tanto en el uso del cabrestante como en el del torno, para tener la verdadera distancia del eje del cilindro es necesario añadir al radio de este último el de la cuerda para la primera vuelta, y si diese dos se añadirá el diámetro de la primera vuelta, mas el radio de la que se envuelve despues; lo cual exigirá aumento en la potencia, siendo esta la razón de emplear cilindros de suficiente altura para que la cuerda no tenga que arrollarse sobre sí misma.

Estos dos aparatos se usan para subir grandes pesos, y como lo mas ventajoso para la potencia es que aumente el radio de la rueda, y que disminuya si es posible el del cilindro, esto hace que se empleen en vez de ruedas mapubrios ó palancas, que van colocandose sucesivamente en la dirección de los radios.

LECCIÓN XIV.

Ruedas dentadas; condiciones del equilibrio y aplicaciones á que dan lugar. Cric ó gato. Plano inclinado. Condiciones para el equilibrio de los cuerpos colocados sobre ellos. Cuña.

61. Las *ruedas dentadas* son verdaderos tornos que para obrar unos sobre otros, llevan unas salidas ó dientes que pueden situarse en el plano de la circunferencia, ó bien perpendiculares ó inclinadas. El cilindro está acanalado, ó guarnecido de alas, para engranar en la rueda, y se le llama *piñon*.

Las ruedas dentadas sirven para transmitir el movimiento, ora acelerándole ora retardándole. Su teoría puede referirse á la del torno ó mejor á la de la palanca, de forma que si se reúnen varias ruedas constituyendo un sistema, tendremos que $P : R ::$ producto de los radios de los piñones es al producto de los radios de las ruedas, Son muy frecuentes las aplicaciones de las ruedas en

la maquinaria: un ejemplo nos ofrecen los relojes. En la misma teoría se funda.

62. El *cric ó gato*, está reducido á una barra metálica dentada por uno de sus lados, colocada en una caja en cuyo sentido longitudinal se mueve. Sus dientes engranan con los de un piñon al que se aplica la potencia por intermedio de un manubrio. La resistencia viene aplicada al extremo superior de la barra. Si trasladamos esta al punto en que el diente de la barra se une al piñon, considerándola como un peso, tendremos que para el equilibrio la potencia es á la resistencia, como el radio del piñon es á la circunferencia descrita por el manubrio.

Se usa el *cric*, para suspender grandes pesos ó elevar las masas.

63. Se llama *plano inclinado* el que forma con el horizonte un ángulo menor de $90.^{\circ}$. En el plano inclinado debemos considerar la base, la altura y la longitud. Según la inclinación del plano, así se le designa de $30.^{\circ}$, $40.^{\circ}$ etc. si el ángulo con el horizonte es de $30.^{\circ}$ ó $40.^{\circ}$.

Un cuerpo colocado sobre un plano inclinado no puede estar en equilibrio, porque la gravedad que lo solicita es oblicua á la longitud del mismo; y como el cuerpo no puede seguir la dirección vertical, esta se descompone en dos fuerzas, una perpendicular y otra paralela á la longitud del plano: la primera tiende á doblar el plano y se destruye por la resistencia del mismo; la segunda producirá el movimiento del cuerpo en la dirección en que viene obrando. El valor de estas fuerzas variará con el ángulo del plano inclinado, aumentando el de la perpendicular cuando disminuye aquel, y si crece el valor del ángulo, aumenta la paralela.

Observando que en esta máquina lo que anda realmente la resistencia es la altura del plano, y el camino correspondiente á la potencia es la longitud, tendremos que para el caso de equilibrio $P \times l = R \times h$. Es decir, la potencia es á la resistencia como la altura del plano es á su longitud.

Conviene considerar el caso en que la potencia sea paralela á la base, entonces será $P \times b = R \times h$: y nos

dice que la potencia es á la resistencia como la altura es á la base.

Los hechos que se presentan cuando un cuerpo insiste sobre un plano inclinado, son problemas que se resuelven por el paralelógramo de las fuerzas; suponiendo la accion de la gravedad como la diagonal de la figura, siendo aquella descompuesta en las dos, perpendicular y paralela, de que antes nos ocupamos.

64. Se llama *cuña* á un plano inclinado, en el cual no es el cuerpo el que se desliza sobre él, sino que el plano inclinado se introduce por la parte inferior del cuerpo, obligándole á elevarse por este medio, y superando los obstáculos que encuentre en su marcha. La potencia se aplica en la base ó cara opuesta al corte de la cuña, y la accion se trasmite en la direcciu de los lados que forman el corte ó filo, que es la arista que se introduce: el equilibrio tiene lugar cuando la T: R:: como la base de la cuña es el duplo de su altura.

El efecto de las cuñas es tanto mas energético cuanto el ángulo de la misma, ó sea el formado por los dos planos inclinados que la constituyen, es mas agudo.

A las cuñas pertenecen los cuchillos, alfileres y cuantos instrumentos punzantes y cortantes empleamos.

LECCION XV.

Tornillo: leyes del equilibrio en el mismo. **Tornillo sin fin.** Cuerdas ó máquinas funiculares,

65. Damos el nombre de *tornillo*, á un plano inclinado, que apoyándose por su base sobre la superficie lateral de un cilindro recto y de base circular, sube á lo largo de él formando una hélice. Para demostrarlo observaremos que si se toma un triángulo rectángulo de papel cuya base ó cateto mayor sea igual á la circunferencia del cilindro á la que se ajusta, la hipotenusa tambien se acomodará á la misma superficie; pero señalando una curva ascendente y espiral, semejante á la que conocida con el nombre de filete presenta el tornillo.

La distancia que media entre dos espiras consecuti-

vas, medida à lo largo de la generatriz, se llama paso de la rosca.

El tornillo se dice *triangular* ó *cuadrangular* segun la forma que tenga el filete.

Por si solo el tornillo no puede producir los efectos à que se destina; que lo son levantar grandes masas y ejercer enormes presiones: para conseguir esto necesita otra pieza la tuerca, que es un cilindro tallado en hueco y dentro del cual se ajusta el tornillo exactamente, como si fuera el molde de la parte de tornillo que abraza.

En esta máquina observamos que unas veces está fijo el tornillo y gira la tuerca; y en otras por el contrario, la última es la inmóvil, girando el tornillo.

Como la acción de la potencia en esta máquina sea siempre perpendicular al eje del cilindro, y la resistencia paralela al mismo eje, tendremos que para el caso de equilibrio la potencia es à la resistencia como el paso de la rosca es à la circunferencia descrita por la potencia.

El tornillo *sin fin* es una rueda dentada que engrana en el paso de una rosca ó tornillo, al cual se aplica la potencia. Debe observarse que lo que constituye la resistencia en el tornillo es potencia para el torno ó rueda dentada, y por consiguiente, diremos en esta máquina la potencia es à la resistencia, como el paso de la rosca multiplicado por el radio del cilindro es al radio de la rueda multiplicada por la circunferencia descrita por la potencia.

66. Las máquinas *junculares* ó cuerdas en si mismas, tienen poco uso, pero son de aplicación frecuente acompañando à las poleas y al torno, segun se ha visto. Una cuerda solo está tensa en la dirección vertical, pues en cualquiera otra su flexibilidad unida à la acción de la gravedad produce una curva que da origen à una descomposicion de fuerzas, que es causa de que no se trasmite toda la potencia cuando la cuerda no es vertical.

Esta relacion se indica algebricamente por $e = \sqrt{1 - \frac{h^2}{r^2}}$ en cuya fórmula e representa el espacio, h la altura, r el radio, y t el tiempo; teniendo cada una de estas

LECCION XVI.

Movimiento: diversos géneros de movimiento, **Movimiento uniforme;** sus leyes. Principios generales sobre la cantidad de movimiento.

67. El movimiento consiste en la traslación de un cuerpo desde un punto del espacio á otro diferente. Según que el camino recorrido por el móvil sea una línea recta, ó una curva, así el movimiento se dice *rectilíneo*, *curvilíneo*. Además cada uno de estos movimientos puede ser *uniforme* ó *variado*.

El movimiento uniforme es el mas sencillo de todos, se verifica en línea recta y en el cual la *velocidad*, ó sea el espacio recorrido por el cuerpo durante la unidad de tiempo, es constante. Podrá definirse también diciendo que en el movimiento uniforme, el cuerpo recorre en tiempos iguales espacios iguales.

Toda fuerza *instantánea* produce un movimiento *rectilíneo* y *uniforme*, siempre que el cuerpo no esté sometido á ninguna otra fuerza, ni encuentre en su marcha resistencia alguna. Así debe suceder, en virtud de la inercia, y teniendo en consideración que nada existe en el cuerpo capaz de aumentar ni disminuir la acción ejercida por el impulso; de que resultará que se moverá con igual rapidez durante el tiempo que permanezca en movimiento.

En la determinación de las leyes de este movimiento entran tres cantidades, *espacio*, *tiempo* y *velocidad*.

En el movimiento *uniforme* se entiende por *velocidad*, el espacio que el cuerpo recorre en la unidad de tiempo. El espacio recorrido por un cuerpo con este movimiento y en un tiempo dado está en una relación bien simple con su *velocidad*, y se obtiene dicho espacio repitiendo la *velocidad* tantas veces como unidades exprese el tiempo.

Esta relación se indica algebricamente por $e = vt$; en cuya fórmula e representa el *espacio*, v la *velocidad*, y t el *tiempo*; refiriéndose cada una de estas

cantidades á una unidad de su especie. De aquella expresión resulta $v = \frac{e}{t}$, es decir, la velocidad está representada por la relación del espacio con el tiempo; y se encuentra en razón directa del espacio ó inversa del

tiempo. También tendremos $t = \frac{e}{v}$, esto es, el tiempo viene representado por la relación del espacio con la velocidad; deduciéndose también que el tiempo está en razón directa del espacio ó inversa de la velocidad.

Estas nociones nos pueden indicar tres principios, con ayuda de los cuales se miden las fuerzas instantáneas por los efectos que producen.

1.º Las fuerzas instantáneas son proporcionales á las velocidades que imprimen á una misma masa; esto es, $f : f' :: v : v'$.

2.º Las fuerzas instantáneas son proporcionales á las masas que hacen mover con la misma velocidad; esto es, $f : f' :: m : m'$.

Los cuerpos se dice que tienen masas iguales si toman la misma velocidad por la acción de dos fuerzas iguales; y se dice que tiene masa doble ó triple si se necesita para imprimirle la misma velocidad una fuerza doble ó triple.

3.º Las fuerzas instantáneas que actúan sobre masas diferentes y que producen velocidades diferentes, son proporcionales al producto de las masas por las velocidades; es decir, si dos fuerzas f y f' obran sobre dos masas m y m' imprimiéndolas velocidades v y v' tendremos $f = m v$.

de donde $f : f' :: m v : m' v'$.
Si las fuerzas f y f' son iguales $m v = m' v'$ y formando proporción $m : m' :: v' : v$, lo cual dice que si las fuerzas son iguales, las masas están en razón inversa de las velocidades.

El producto $f = m v$, se llama *cantidad de movimiento*. Esta fórmula hace ver que una fuerza tiene por medida

el producto de la masa sobre que actúa por la velocidad que la comunica.

LECCIÓN XVII.

Movimiento variado, acelerado y retardado. Leyes del movimiento uniformemente acelerado y retardado deducidas del triángulo de Galileo.

68. Movimiento *variado* es aquel que lleva un móvil cuando en tiempos iguales recorre espacios desiguales. Las fuerzas *continuas* lo producen, y como estas pueden obrar, ó solicitando al cuerpo en la misma dirección en que se mueve, y por consiguiente obligándole á examinar con mas rapidez, ó bien pueden solicitar al móvil en sentido contrario, retardando su movimiento y deteniéndole: de aquí la division del movimiento variado en *acelerado y retardado*.

La velocidad en el movimiento variado cambia á cada instante. Para obtenerla que adquirió el móvil en un tiempo dado, se suprime la fuerza cuando ya actuó durante este periodo de tiempo, y se mide el espacio que el móvil recorre en la siguiente unidad; el espacio espresaría la velocidad del cuerpo con el movimiento uniforme si la fuerza no reiterara sus impulsiones; ó sea la velocidad adquirida en el movimiento variado.

69. si las fuerzas que dan lugar al movimiento acelerado y retardado son *constantes*, es decir que conservan la misma intensidad y dirección á cada instante del movimiento, sea para acelerarle ó retrasarle, necesariamente resultará uniformidad en el movimiento, que llamaremos *uniformemente acelerado* ó *uniformemente retardado*.

En el estudio de estos movimientos, como en el uniforme, consideramos el *espacio, tiempo y velocidad*. En el uniformemente acelerado las leyes que le caracterizan son dos, que pueden enunciarse del modo siguiente. 1.^a Las velocidades crecen proporcionalmente con los tiempos. 2.^a Los espacios recorridos son proporcionales á los cuadrados de los tiempos empleados en recorrerlos.

La primera ley es una consecuencia del género de fuerza que produce este movimiento; porque actuando á cada impulsión de la misma manera, le comunica velocidades iguales en tiempos iguales, y por tanto en tiempos *dobles* ó *triples* velocidades *dobles* ó *triples*. De forma que obtendremos la velocidad adquirida en un tiempo cualquiera, multiplicando la de la primera unidad de tiempo, por el número de unidades que el tiempo represente; de modo que tendremos $v=gt$, en cuya fórmula v expresa la velocidad al cabo de un tiempo; t y g la velocidad al fin de la primera unidad de tiempo. De la anterior igualdad resultará $t = \frac{v}{g}$.

Para demostrar las leyes del movimiento uniformemente acelerado, se puede hacer uso del triángulo de Galileo, en el que la *base* representa el tiempo, y las líneas perpendiculares que se levantan en las diferentes partes en que la base se divide, indican la velocidad que corresponde á cada unidad de tiempo, la cual se observará que sigue la misma relación que los tiempos.

Si por los puntos en que terminan las perpendiculares, se hace pasar una línea, esta cerrará el espacio que corresponde al movimiento uniformemente acelerado. Este espacio, que se halla representado por el *área de un triángulo*, que sabemos es igual á la mitad del producto de la base por la altura, será $e = \frac{1}{2} bh$; pero como la base b representa el tiempo y la altura h indica la velocidad, tendremos $e = \frac{1}{2} vt$, y sustituyendo v por su valor que sabemos es $v = gt$, resultaría para la fórmula del espacio $e = \frac{1}{2} gt^2$.

Estudiando el triángulo, veremos que las velocidades crecen como los tiempos y los espacios correspondientes á unidades de tiempo expresadas por los números 1, 2, 3, 4, etc. estarán en la relación de sus cuadrados 1, 4, 9, 16. Tal es la ley que rige para los espacios totales. En cuanto á los parciales, ó sea los que corresponden á cada una de las unidades de tiempo, no contando con el que pertenece á las anteriores, sigue la relación de los números impares, de forma que en tiempos es-

presados por 1, 2, 3, 4, etc. los espacios parciales son como 1, 3, 5, 7.

70. Con el mismo triángulo demostramos las leyes del movimiento uniformemente retardado. Suponiendo el móvil en un extremo del triángulo, y con una velocidad que va perdiendo en periodos de tiempo sucesivos é iguales, hasta que en el otro extremo del triángulo llega á aniquilarse el movimiento. Tendremos además que la relacion de los espacios, tiempos y velocidades se deduce de la misma manera, solo que en este movimiento los espacios decrecen como los cuadrados de los tiempos empleados, y por consiguiente como los números 7, 5, 3, 1.

LECCION XVIII.

Leyes de la caída de los cuerpos por la acción de la gravedad.

Máquina de Atwood. Movimiento uniformemente retardado de un cuerpo que asciende.

71. En el estudio de la gravedad, como propiedad, se dice que obra constantemente sobre todos los cuerpos para dirigirlos al centro de la tierra. Estudiando las leyes que rigen en el movimiento de descenso de los graves, tendremos tres muy importantes, á saber:

1.^a Todos los cuerpos en el vacío, caen con la misma velocidad. Esta ley se demuestra experimentalmente dejando caer cuerpos diferentes como esferas de corcho, madera, plomo, mármol y otros, en un tubo de vidrio de algunos pies de longitud, en el que previamente se habrá extraído el aire. Hecho el vacío y volviendo el tubo bruscamente, se ve que todos los cuerpos que contiene caen con la misma velocidad. Si se deja entrar el aire y se invierte de nuevo el tubo, se nota algun retraso que proviene de la resistencia que opone el aire para los cuerpos mas ligeros; de donde se deduce que si en condiciones ordinarias los cuerpos caen con desigual rapidez, proviene de la resistencia del aire y no de que se ejerza la gravedad con desigual intensidad en unas sustancias que en otras.

Por la resistencia que el aire opone á la caída de los líquidos, caen en el aire divididos y en pequeñas gotas; en el vacío lo hacen sin dividirse, y como lo haría una masa sólida según se ve en el *martillo de agua*.

2.^a Los espacios que un cuerpo recorre cuando cae impulsado por la acción de la gravedad, son proporcionales á los cuadrados de los tiempos.

3.^a Las velocidades adquiridas por los graves en su descenso, son proporcionales á los tiempos empleados en la caída $v=gt$.

Estas dos últimas leyes son las del movimiento uniformemente acelerado, de donde se deduce que todo grave en su descenso presenta aquel género de movimiento. Para demostrarlo experimentalmente, y como no baste dejar caer libremente á los cuerpos para confirmar las leyes, por causa de la rapidez en el descenso, se han buscado medios que la moderen para poder determinarlas. Uno de los propuestos al efecto es la aplicación de Atwood. El principio que la sirve de base es bien sencillo. Dos masas iguales se equilibran en una polea fija en todas sus posiciones relativas. Pero si á una de dichas masas se la añade un pequeño peso, el equilibrio se destruirá, y al caer estos dos cuerpos, arrastrarán al otro que está sujeto al extremo opuesto del cordón que pasa por la garganta de aquella máquina. Es evidente que el peso adicionado adquirirá menos velocidad cayendo con los dos sujetos al cordón que verificándolo solo: porque tiene que mover las dos masas inertes y dividir con ellas la velocidad que la gravedad le comunica. De forma que el movimiento será tanto más lento cuanto menor sea la masa adicional respecto á las que están fijas á los extremos del cordón.

Debe observarse que si bien puede moderarse la velocidad en la caída, no cambian las leyes del censo de los graves, porque se modere el movimiento; porque disminuida la velocidad en la misma proporción durante cada unidad de tiempo, existen entre las nuevas velocidades, las mismas relaciones que entre las que adquiriría el cuerpo cayendo solo y libremente.

Estas leyes que convienen á todos los cuerpos en el

vacio, tambien próximamente convienen á los que siendo bastante densos verifican su caída en el aire, por no recibir sino una ligera modificacion de parte de este fluido. La intensidad de la gravedad es en Madrid en 1." 35 pies, y el espacio que el cuerpo corre en 1' de 17,5 pies.

72. Un cuerpo que se eleva en virtud de un impulso y contra la gravedad, su velocidad disminuye gradualmente, presentándose el movimiento *uniformemente retardado*. En cada unidad de tiempo el cuerpo pierde por la accion de la gravedad una parte de la que le comunicó el impulso, y siendo aquella constante llega á ser el efecto del impulso, por falta de continuidad, igual á *cero*. Llegado este momento el cuerpo principia á descender, y como gana en cada período porciones de velocidad iguales á las que perdió al elevarse, siendo en este caso la accion de la gravedad, *aceleratriz*, el movimiento adquirido será uniformemente *acelerado*, y al final del descenso, tendrá igual velocidad que se le comunicó para elevarse, si bien dirigida en sentido contrario, lo que se enuncia diciendo: un cuerpo que se eleva verticalmente desciende despues de la subida, tocando á la tierra con la misma velocidad que tenia al principiar á ascender, pero dirigida en sentido contrario.

LECCION XIX.

Movimiento curvilíneo; modo de originarse. Movimiento parabólico. Movimiento circular. Fuerzas centrales.

73. Para que se origine el movimiento *curvilíneo* es indispensable que las fuerzas actúen de una manera especial sobre el cuerpo. Podrá tener lugar 1.º cuando sobre un punto material obran dos fuerzas, una constante en sus efectos y otra variable. 2.º Cuando, una de las dos fuerzas que actúan sobre el cuerpo, conserva relaciones invariables en su direccion con una superficie, línea ó punto que esten fijos en el espacio.

Se llama *parabólico* este movimiento si el cuerpo recorre una línea que se aproxima á la que los géometras describen con aquel nombre. Esto sucede al proyectil lanzado por una arma de fuego que está colocada horizontalmente; cuyos gases, producto de la combustion de

la pólvora, producen un impulso casi instantáneo, que le comunicará un movimiento uniforme, y recorrerá en el plano horizontal espacios que aumentan como los tiempos. Si recibe la acción de la gravedad desde el momento que principió el movimiento, su impulso hará recorrer á la bala en el plano vertical con un movimiento uniformemente acelerado, espacios que aumentan como los cuadrados de los tiempos. Si las fuerzas actúan á la vez, el proyectil sigue una dirección intermedia, hasta trazar la rama de *parábola*, que es la curva que dá nombre al movimiento.

Si una fuerza solicita á un cuerpo en la dirección de un punto fijo, y otra tiende á desviarle del mismo punto, darán lugar ambas á un movimiento *curvilíneo*. Efectivamente, dando valores á las dos fuerzas citadas, la resultante de ambas será la diagonal de la figura que con ellas se ha trazado, puesto que son concurrentes. Si en el punto donde concluye la diagonal obra un nuevo impulso que solicita al móvil en dirección del punto fijo, combinado este con la fuerza que ya se le comunicó en el período anterior, le obligará á recorrer por la razón dicha, la diagonal de la nueva figura, y así continuando se originaría un polígono regular, cuyo centro es el punto fijo. Si fuesen las diagonales infinitamente pequeñas, el polígono se confundiría con una curva cerrada llamada *circunferencia*, y el movimiento sería *circular*, siempre que las dos fuerzas sean iguales.

74. A la fuerza que solicita los cuerpos á dirigirse á un punto fijo, se llama *centripeta*; y á la que obra para alejarles del centro, se dice *centrifuga* llamándose *centrales* á las dos fuerzas dichas.

Si en un punto dado de la curva que describe el móvil cesa la *centrifuga*, obedecerá el cuerpo á la fuerza *centripeta*, y si esta cesase, lo haría á la fuerza *centrifuga*, tomando una dirección *tangencial* á la curva en el punto considerado.

Las leyes del movimiento circular de los cuerpos que se demuestran experimentalmente con aparatos bien conocidos son:

- 1.ª La intensidad de la fuerza centrifuga es propor-

cional á la masa del cuerpo puesto en movimiento.

2.ª La fuerza centrífuga *augmenta* como el cuadrado de la velocidad del cuerpo.

3.ª La fuerza centrífuga *es proporcional al radio del círculo que describe el móvil.*

LECCION XX.

Movimiento oscilatorio. Péndulo, simple y compuesto: influencia de la longitud del péndulo en la duración de las oscilaciones.

Aplicaciones de este aparato.

75. Cuando un cuerpo se mueve conservando relaciones invariables con un punto fijo y recorriendo repetidas veces un mismo círculo, presenta un caso de movimiento curvilíneo muy interesante. El péndulo ofrece este movimiento. Así llamamos á un cuerpo suspendido de un hilo ó barrilla, tendido verticalmente y que se mueve con libertad al rededor del punto de suspensión. El péndulo permanecerá en equilibrio *estable*, cuando la vertical que pasa por su centro de gravedad, lo verifique por el punto de suspensión para destruirse con él. Si se desvía de esta posición, elevándole mecánicamente, en el momento que se le abandone, la acción de la gravedad le hará descender por el mismo arco que se elevó, y en virtud de la inercia, cuando llegue á la dirección vertical, por la velocidad que trae en el descenso, se elevará en el lado opuesto del arco primero, hasta la misma altura que aquella de que descendió: al bajar por este se repetirán los hechos citados, y así continuará su movimiento oscilatorio al rededor del plano vertical, en el que concluye por fijarse.

El arco que el péndulo recorre en sus posiciones extremas, se llama *amplitud* de la oscilación, y cada una de sus dos mitades *semi-oscilación*. La que recorre el aparato al descender, se llama *semi-oscilación descendente*, y se dirá *semi-oscilación ascendente* la parte que recorre cuando se eleva. Se comprende fácilmente que por efecto de la gravedad, cuando descende el péndulo llevará movimiento uniformemente acelerado, y será

uniformemente retardado cuando se eleve ó sea en la semi-oscilacion ascendente. El tiempo empleado por el péndulo en recorrer el arco que dá la amplitud del movimiento, se dice *duracion* de la oscilacion.

Se dicen *isócronas* las oscilaciones cuando el péndulo emplea tiempos iguales en recorrer arcos que van siendo cada vez mas pequeños.

Un péndulo puesto en movimiento debería eternizarse en él, por virtud de su inercia; sin embargo, le vemos pasar al estado de equilibrio con facilidad; porque se aniquila el movimiento por la resistencia del aire y por el rozamiento que sufre en el eje de suspension.

El *péndulo simple ó ideal*, lo formaría un hilo inextensible y sin peso, fijo en una de sus extremidades y que en la otra llevase una molécula. Este aparato no se realiza en la práctica. El compuesto está constituido por un cuerpo lenticular comunmente fijo por medio de un hilo ó alambre á un punto ó eje. Lo mas frecuente es suspenderlo por un prisma triangular que atraviesa la parte superior del alambre y que insiste sobre planos de ágata ó bien de acero templado.

Las oscilaciones del péndulo estan sometidas á las leyes siguientes:

1.^a En péndulos de igual longitud, no varia la duracion de la oscilacion, cualquiera que sea la materia de que esté formado el aparato.

2.^a En péndulos que oscilan en arcos que no exceden de 5 grados las pequeñas oscilaciones son *isócronas*.

3.^a Para péndulos de diferente longitud, la duracion de las oscilaciones estan en razon de las raíces cuadradas de dichas longitudes.

4.^a En diferentes puntos de la tierra, la duracion de las oscilaciones, en péndulos de igual longitud, estan en razon inversa de la raíz cuadrada de la intensidad de la gravedad.

El péndulo sirve para valuar la intensidad de la gravedad en diferentes puntos de la tierra, dando á conocer la forma de este planeta. Con él probamos la mayor intensidad con que la gravedad obra en los polos, respecto al ecuador; debido 1.^o al menor radio terrestre en

los polos, de que resultará menos fuerza centrífuga que disminuya la gravedad; 2.º á la mayor proximidad de los polos al centro de la tierra, por lo cual la fuerza atractiva obrará con mas intensidad.

Se usa tambien para medir el tiempo aplicando la ley del isocronismo. La fórmula para medir el tiempo

es $T = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ en cuya ecuacion π representa la relación del diámetro á la circunferencia, igual, 3,14159, l la longitud del péndulo, y g la accion de la gravedad: de donde si $T=1$ tendremos $g = \pi^2 \cdot 1$. Obtenemos

pues la gravedad midiendo exactamente la longitud l , y despues lo multiplicamos por el cuadrado de π . Finalmente; del péndulo se sirve M. Fouleault, para demostrar experimentalmente el movimiento de rotacion diurna de la tierra.

LECCION XXI.

Rozamiento: causas que la determinan: diferentes especies de rozamiento. Choque de los cuerpos. Leyes de la comunicacion del movimiento, entre los cuerpos duros y los elásticos.

76. El rozamiento proviene de las asperezas que presentan los cuerpos que, si pueden disminuir con la operacion del pulimento, no desaparecen; porque siendo los cuerpos porosos, presentan intersticios ó cavidades y partes salientes ó asperezas; y cuando se ponen en contacto dos cuerpos, las asperezas de uno se acomodan á los poros del otro y vice-versa, en proporcion de la presion que se ejerce entre los dos cuerpos: luego si el cuerpo se ha de mover, gastará una parte de la fuerza motora en vencer la resistencia originada por la penetracion, resultando la que en dinámica se denomina de *rozamiento*.

El rozamiento se ha dividido en dos especies. 1.º El que presenta un cuerpo cuando se desliza ó resbala so-

bre otro. 2.º El que corresponde á dos cuerpos de los que el uno ó ambos ruedan girando sobre sus ejes. El primero es el mas considerable, y lo será la fuerza que se consume en vencerle.

Las leyes del rozamiento son las siguientes:

1.º El rozamiento como resistencia al movimiento de dos cuerpos que resbalan, es proporcional á la presión que ejerce el que se mueve sobre la superficie de sosten.

2.º El rozamiento de un cuerpo en movimiento, es independiente de las dimensiones de la superficie.

3.º El rozamiento es independiente de la velocidad que lleva el cuerpo puesto en movimiento.

4.º El rozamiento respecto á los cuerpos compresibles y blandos es mayor al principiarse el movimiento, pero varía con la naturaleza de las superficies puestas en contacto.

No solo el pulimiento disminuye el rozamiento, sino tambien la interposicion de materias fluidas ó untuosas que tapan los poros. De aquí la práctica de colocar estas sustancias en los parages de gran rozamiento en las máquinas. Si, por el contrario, deseamos aumentarle, erizaremos de asperezas la superficie de los cuerpos, lo cual es ventajoso en muchos casos.

77. Se llama *choque* la acción recíproca entre dos cuerpos en movimiento que se encuentran. Puede ser *central* ó *escéntrico*. El central será cuando el choque tenga lugar en la dirección de una línea recta que pasa por los centros de inercia de los cuerpos. El *escéntrico* si el choque se verifica en otra dirección cualquiera.

Para determinar las leyes del choque de los cuerpos los dividimos en *no elásticos* porque pierden en el choque repentino la escasa elasticidad que poseen y conservan después del choque la forma que éste les hizo adquirir; y en *elásticos* ó que inmediatamente después del choque recobran la forma que antes tenían, y que por ello se dicen cuerpos perfectamente elásticos.

Sabemos que no hay cuerpo que esté desprovisto de elasticidad, pero es tan escasa en algunos que los resultados que obtenemos no difieren sensiblemente de los que darían si fuese nula, y de aquí el considerarla

como tal en el choque entre ciertos cuerpos. Tampoco conocemos sólidos que sean *perfectamente elásticos*, pero los que hemos llamado de *primera especie* dan resultados que en poco difieren de los que darían si poseyeran completa esta propiedad.

Las leyes del choque de los cuerpos no elásticos y duros son:

1.º Si dos cuerpos chocan centralmente estando uno en movimiento y otro quieto, el resultado será moverse despues unidos, en la direccion del primero y con una velocidad comun en proporcion de las masas de ambos. Si llamo x la velocidad comun, siendo las sumas de las cantidades de movimiento iguales antes y despues del choque, tendremos $x = \frac{M V}{M + M'}$

2.º Si dos cuerpos chocan centralmente, moviéndose en una misma direccion, esta no cambiará, pero la velocidad despues del choque quedará en proporcion de las masas; lo que se espresa diciendo $x = \frac{M V + M' V'}{M + M'}$

3.º Si dos cuerpos se encuentran marchando en direcciones contrarias con masas y velocidades iguales, quedarán en reposo despues del choque; pero si las velocidades son desiguales, seguirán moviéndose en la direccion del cuerpo que lleve mayor cantidad de movimiento, repartiéndose la diferencia de velocidad en proporcion de las masas de los cuerpos; lo que espresamos en esta fórmula $x = \frac{M V - M' V'}{M + M'}$

En las leyes de los cuerpos *elásticos* deberemos observar, que en el primer periodo se conducen como los inelásticos, y son aplicables las fórmulas establecidas para esta clase de cuerpos: en el segundo periodo obra la elasticidad para restablecerlos en su forma primitiva, y como esta accion sea igual y contraria á la de compresion que la precedió, será necesario tomar un duplo; así tendrémós:

1.º Si un cuerpo elástico choca con otro que tambien lo es y que está en reposo, toda la velocidad que aquel pierde la gana el último.

2.º Si dos cuerpos elásticos se hallan en movimiento, cambian recíprocamente en el choque central sus velocidades respectivas.

78. En el choque escéntrico debemos tener presente que si la direccion en que cae el cuerpo es oblicua á la superficie de otro, su accion se descompone en dos; una perpendicular que se destruye con la resistencia del plano, y otra paralela que imprimirá el movimiento al cuerpo; si este no es elástico: si lo fuese se verificaría la descomposicion dicha, pero la elasticidad que produce una accion igual y contraria á la fuerza perpendicular destruida, dará lugar á que se combine con la paralela, y su resultante marcará la direccion que tomaría el cuerpo formando el ángulo de *reflexion* igual al de *incidencia*.

LECCION XXI.

MECANICA DE FLUIDOS.

Hidroestática. Principio de igualdad de presion. Condiciones del equilibrio en los líquidos. Presiones en todas direcciones sobre los vasos que los contienen. Vasos comunicantes.

79. La *hidroestática* es la parte de la mecánica que tiene por objeto estudiar las condiciones del equilibrio en las masas líquidas, sobre las cuáles pueden obrar una ó mas fuerzas, y los efectos de las presiones de los líquidos sobre el fondo y paredes de los vasos que los contienen.

Se comprende con el nombre de *fluidos* á los cuerpos formados de moléculas bastante movibles para tomar la forma del vaso que las encierra. Si las moléculas tienen alguna adherencia entre sí y son además los cuerpos poco compresibles, se dicen *fluidos líquidos*. Si por el contrario los cuerpos son muy compresibles y sus moléculas se hallan en estado continuo de repulsion, se dicen *fluidos aeriformes* ó *gases*.

80. El carácter distintivo de los líquidos es la notable movilidad de sus moléculas, aunque variable con su naturaleza y con lo que algunos llaman diferentes *grados* de liquidez. Así mientras admiten el mayor en el etér sulfúrico y el agua como el término medio, suponen las grasas como cuerpos intermedios entre el estado líquido y el de sólido perfecto, para lo que será preciso admitir preponderancia de la atracción molecular sobre la acción repulsiva.

81. Los líquidos como cuerpos graves, ejercerán presiones sobre los vasos que los contienen, y además poseen la propiedad física de transmitir en todos sentidos la fuerza ó presión que actúe en un punto dado de la masa fluida. Esta cualidad de los fluidos en general es llamada por los físicos *principio de la igualdad de presión*. Una de las más importantes aplicaciones que este principio ha recibido es á la construcción de la prensa hidráulica.

Para que los líquidos estén en equilibrio deben satisfacer diferentes condiciones: 1.^a que la superficie libre sea perpendicular á la resultante de las fuerzas que la soliciten. Si es la gravedad la única que actúa sobre el líquido, será horizontal, en pequeña extensión, la superficie de aquel. 2.^a Cada una de las moléculas que forman la masa líquida debe sufrir en todos sentidos presiones iguales; en otro caso y dado la movilidad de sus moléculas, obedecerían á la fuerza ó presión preponderante. 3.^a Si líquidos diferentes están mezclados en un mismo vaso, la superficie de separación debe ser horizontal.

82. La presión que las masas líquidas ejercen sobre el fondo del vaso que las contiene, depende solo de la extensión de la base y de la altura que tenga el líquido, lo que se enuncia en forma de ley diciendo: la presión de un líquido sobre el fondo del vaso es igual á la del peso de una columna cilíndrica que partiendo de la base se elevase hasta el nivel superior del líquido.

El aparato de M. Haldat demuestra experimentalmente la verdad del enunciado anterior.

También ejercen presión los líquidos *de abajo arriba*,

y se valúa haciendo uso al efecto de un cilindro que lleva un obturador que se adhiere á la parte inferior de aquel; tan pronto como es sumergido en el agua, la presión de abajo arriba se hace sensible, y se desprenderá si echamos agua dentro del cilindro hasta que tenga la altura que en el exterior.

8. La presión sobre las paredes laterales crece con la altura del líquido; está representada por el peso de una columna líquida que tenga por base la pared misma y por altura la del líquido sobre el centro de gravedad de la pared.

9. Cuando varios vasos de forma cualquiera comunican entre sí, los líquidos en ellos contenidos, para equilibrarse, deberán satisfacer las siguientes condiciones.

- 1.^a Las superficies libres deben ser horizontales y presentar el mismo nivel siendo los líquidos homogéneos.
- 2.^a Si los líquidos son heterogéneos ó de diferente densidad, las alturas de nivel en cada vaso ó tubo estarán en razón inversa de sus densidades.

La primera ley se aplica á la de conducción de las aguas por medio de cañerías que son verdaderos tubos comunicantes; así como á la construcción de los niveles de agua y de aire.

LECCION XXIII.

Principio de Arquímedes; su demostración experimental; cuerpos flotantes; condiciones del equilibrio.

83. Cuando un sólido se sumerge en un líquido la superficie del primero sufre presiones en todas direcciones: las que obren de abajo arriba tienden á hacerla ascender, disminuyendo por consiguiente su peso. Se demuestra que dicha presión vertical es igual al peso de un volumen del líquido equivalente al del cuerpo sumergido. Arquímedes fué el geómetra que descubrió esta propiedad; su enunciado es: todo cuerpo sumergido en un líquido pierde de su peso una parte igual al peso del volumen líquido que desaloja. Con la *balanza hidrostática* se demuestra experimentalmente este principio. Al efec-

to lleva un pequeño gancho en uno de sus platillos y de él se hace suspender un cilindro de metal hueco, que es el molde exacto de otro macizo que estará suspendido del anterior. Si hecho el equilibrio al aire libre, se sumerge después en el agua el cilindro macizo, el equilibrio se altera inclinándose la balanza del lado opuesto; lo cual probará que ha perdido de su peso el cilindro al sumergirse en el agua; y observando que el equilibrio se restablece llenando de agua el cilindro hueco, es claro que se tendrá probado que *aquella pérdida es igual exactamente al peso de un volumen de agua igual al del sólido*. También podría probarse este principio por el raciocinio; la demostración es independiente de la forma del cuerpo, aplicándose á los cuerpos sumergidos en los gases lo mismo que en los líquidos.

84. Los cuerpos sólidos sumergidos en los líquidos presentan hechos que se explican por el principio citado.

El peso del cuerpo sólido representa una presión vertical de arriba abajo, y la del empuje ó peso del líquido, desalojado vendrá obrando en sentido contrario, es decir de abajo arriba. Si el peso del sólido es igual al empuje del líquido, el cuerpo no puede bajar ni elevarse, quedando indiferentemente en cualquiera punto que se le abandone: pero solo quedará en equilibrio cuando el centro de gravedad del sólido quede en la misma vertical que el del empuje; porque no basta para que dos fuerzas se equilibren que sean iguales, y contrarias, es necesario también que obren siguiendo una misma línea. El equilibrio será *estable, indiferente ó inestable*, según que el centro de gravedad del sólido esté *mas bajo coincidiendo, ó mas alto* que el del empuje: llamando *centro de empuje* al punto donde podemos suponer aplicada la resultante de todas las presiones que ejerce el líquido en los diferentes puntos de la superficie de los cuerpos sumergidos.

Quando el peso del sólido es mayor que el del líquido que desaloja, ó sea que su empuje, al sumergirse descenderá con una fuerza igual á la diferencia entre su peso y el del líquido que desaloja.

Si el peso del cuerpo es menor que el empuje, el cuerpo se eleva y sale poco á poco fuera del líquido, en razón á que la fuerza que tiende á hacerle descender es menor que la que le solicita de abajo arriba; pero como esta última disminuye á medida que el cuerpo sale del líquido, y siendo constante el peso del sólido, llega el empuje á igualarse con la presión que representa el peso del cuerpo, en cuyo caso este se presenta *flotante*: tendremos pues que todo cuerpo que flota desaloja un volúmen de líquido cuyo peso es igual al suyo.

85 El principio de Arquímedes ha tenido otras aplicaciones de grande importancia, porque lo es la de averiguar el volúmen de los cuerpos de la forma mas irregular. Al efecto se le suspende por medio de un hilo delgado pesándole en el aire y luego en el agua destilada á la temperatura de 4.º La pérdida de peso que esperiamente es el peso del agua desalojada, de él se deduce su volúmen y por lo mismo el del cuerpo sumergido. Si el cuerpo perdió de su peso 40 gramos, este será el del agua desalojada: pero sabemos que *un gramo* es el peso de un *centímetro cúbico* de agua destilada á 4.º Luego el volúmen del agua desalojada y el del cuerpo sumergido es de 40 centímetros cúbicos.

Tambien se aplica el mismo principio para determinar las densidades de los sólidos líquidos.

LECCION XXIV.

Aplicacion del principio de Arquímedes para determinar la densidad de los sólidos y líquidos.

Se entiende por *densidad*, segun anteriormente hemos dicho, *la relacion que existe entre la masa de un cuerpo y su volúmen*. Segun esta definicion, para calcular la densidad de un cuerpo será necesario conocer su peso y el de un volúmen igual de agua destilada, si este cuerpo se toma como unidad de comparacion, á la temperatura de 4.º Lo primero se consigue con el uso de la balanza y empleando el método de dobles pesadas: para lo segundo basta observar cuánto pierde de

su peso el sólido al sumergirse en el líquido, pues por el principio de Arquímedes dicha pérdida es igual al peso de un volúmen de agua, igual exactamente al del sólido. Si comparamos este peso con el del sólido, veremos cuántas veces el uno está contenido en el otro, y obtendremos la densidad representada en el cociente de dividir el peso del cuerpo al aire libre por el de un igual volúmen de agua.

87. Para esta operación en los sólidos se les suspende de la balanza hidrostática, y después de pesados al aire, se les sumerge en el agua destilada y se anotan los gramos necesarios para restablecer el equilibrio, se divide el peso del cuerpo al aire por la pérdida dentro del agua y el cociente dará la densidad del sólido.

Si el peso del cuerpo al aire se expresa por P , y la pérdida en el agua por p , siendo d la densidad del agua tendremos: $p : P :: 1 : x$; luego $x = \frac{P}{P-p}$

Si el cuerpo fuese menos denso que el agua ó sea *flotante*, será necesario para que se sumerja, añadirle otro cuerpo mas denso, pero se tendrá en cuenta después el valor de este así en el aire como en el agua, para hacer la resta correspondiente del total.

En el caso que el cuerpo fuese soluble en el agua, se hará uso de otro líquido que no ejerza acción sensible sobre el mismo, y la operación vendrá reducida á dividir el peso del cuerpo por el de un igual volúmen del líquido, multiplicando el cociente por la densidad de este último, con lo que tendremos la del sólido con relación al agua. Si llamo p el peso del líquido y P el del cuerpo sólido siendo d la densidad del primero, el cuarto término será la densidad buscada, es decir:

$p : P :: d : x$; luego $x = \frac{P}{p} \times d$.

88. Para determinar la densidad de los líquidos, uno de los procedimientos está reducido á suspender un sólido de la balanza hidrostática, sumergiéndolo en se-

guida en el agua destilada y despues en el liquido propuesto. Como en cada liquido pierde de su peso en proporcion del que corresponde al del volumen liquido desalojado, siendo este igual si bien diferentes las pérdidas en cada caso, la densidad queda determinada dividiendo el peso del liquido por el del agua.

Con frecuencia se hace uso del método del frasco, para determinar la densidad de los líquidos. La operación está reducida á pesar el frasco sucesivamente lleno de agua y del liquido en cuestion; se anotan los dos pesos, y descontando en ambos casos el peso del frasco, se tendrán dos volúmenes exactamente iguales de diferentes líquidos que representarán pesos tambien diferentes: dividiremos el peso del liquido por el del agua y el cociente da la densidad buscada.

Como varia el volumen de los cuerpos segun su temperatura, claro es que su densidad no será igual á diversas temperaturas. Por esto debe elegirse una constante para determinar las densidades, y se ha convenido sea la de 4.^o para el agua destilada, y la de *cero* para todos los demás cuerpos.

LECCION XXV.

Estudio de los areómetros de volumen constante y de volumen variable: aplicación de estos aparatos.

89. Los *areómetros* son aparatos *flotantes* destinados á determinar la densidad de los líquidos generalmente; ó bien las cantidades relativas de los líquidos que forman una mezcla. Se distinguen dos especies: la una se llama de *volumen constante* y peso variable, porque siempre se sumergen igual cantidad en el liquido, requiriéndose para esto diversos pesos segun los líquidos. La otra se dice de *volumen variable* y peso constante, es decir que conservando el mismo peso deberán sumergirse desigualmente en los diferentes líquidos.

Entre los de volumen constante se cuentan los de Fahrenheit y de Nicholson. El primero está formado de un cilindro de vidrio que lleva suspendido por su parte

inferior una pequeña esfera, casi llena de mercurio ó de plomo para dar al aparato la posición de equilibrio estable sumergido en los líquidos. La parte superior del cilindro termina en un bástago delgado de vidrio que ofrece en su medio una *marca ó señal*, y en su extremo libre una cápsula para colocar los pesos necesarios para que el aparato se sumerja en el líquido hasta la señal, en cuyo caso se dice *enrasado*.

Para aplicar este aparato, principiámos por pesarle con precisión, y luego se le hace flotar en una probeta llena de agua colocando en la cápsula los pesos necesarios para el enrase. Según la condición del equilibrio de los cuerpos flotantes, el peso del aparato, más los colocados en la cápsula, equivalen al de un volumen de agua igual al de la parte del aparato sumergido. Si se determina del mismo modo el peso de un volumen igual del líquido dado, tendremos su densidad dividiendo este peso por el del primero, ó sea por el peso del volumen de agua. El areómetro de Nicholson difiere del anterior en estar formado de una sustancia metálica. Es un cilindro hueco que termina por un cono lleno de plomo para darle estabilidad.

Con este aparato no solo se determina la densidad de los líquidos sino también la de los sólidos. Se principia por *enrasarle* en el agua, y después se quitan los pesos conocidos que para conseguirlo se colocarán en el platillo; se remplazan por el cuerpo sólido, y suponiendo que el enrase continúe deduciremos, que el cuerpo tiene el mismo peso que los colocados en el platillo para enrasar, puesto que estos y aquel ejercen igual presión. Para conocer el peso de un igual volumen de agua, se traslada el sólido del platillo al cono inferior y se introduce el aparato en el agua: en este caso no *enrasa* el areómetro, y para que lo verifique es necesario poner pesos en la cápsula superior. Estos pesos representan el de un volumen de líquido igual al del sólido, ó sea la pérdida de este en el agua. Dividiendo el peso del sólido por el peso del agua se tiene la densidad buscada.

90. Los areómetros de *volumen variable* se compo-

nen de un bástago de vidrio, con una esfera algo gruesa y llena de aire, y debajo otra pequeña lastrada con mercurio. Cuando está en equilibrio en un líquido, desaloja un volumen de un peso igual al suyo, y se sumerge tanto mas cuanto menos denso sea el líquido. Estos aparatos no dan la densidad de los líquidos, sino las cantidades de ácidos, sales, alcohol ú otras sustancias que forman ciertas disoluciones, ó sea la mayor ó menor concentracion de estas.

Los destinados para líquidos mas densos que el agua, se regula su peso de modo que en el agua destilada á 4.º se sumerja hasta la parte superior del bástago, cuyo punto se marca con el 0. Para trazar la escala hacemos una disolucion de 10, 15, 20, partes de sal comun, en 90, 85, 80, partes de agua destilada, y como estas disoluciones son mas densas que el agua, el aparato se sumergirá menos, y en una tira de papel pegada al interior del bástago, señalaremos los puntos hasta donde el aparato se sumerge respectivamente, poniendo los números 10, 15, 20. Este areómetro se designaría con el nombre de *pesa-sales*. La misma escala graduada con los ácidos da los *pesa-ácidos*.

Para líquidos menos densos que el agua, la graduacion será ascendente é inversa de la anterior.

El mas usado de estos areómetros es el de *Beaume*, que puso el 0 en el punto de enrase en una disolucion de 10 partes de sal comun y 90 de agua en peso, y el número 10 en el del enrase del agua destilada, dividiendo este intervalo en partes iguales, y continuando despues la escala. Este es el usado, para valuar la riqueza de los líquidos espirituosos.

Gay-Lussac, ha construido un aparato que mide á 15.º el número de centésimas de alcohol puro, en volumen, que contienen estos líquidos á la citada temperatura. El bástago comprende 100 divisiones á partir del 0 que ocupa la parte inferior, y corresponde al enrase en el agua. Despues se disuelven 5, 10, 15, 20, partes de alcohol con 95, 90, 85, 80 de agua, y como el resultado de la mezcla será un líquido menos denso que el agua, el aparato se introduce mas y nos indica las

centésimas de alcohol que hay en la mezcla, por el punto de los de la escala con el cual entrase en cada caso.

LECCION XXVI.

Hidrodinámica. Ley de Torricelli. Salida por orificios practicados en pared delgada. Contraccion de la vena fluida. Gasto efectivo

y gasto teórico.

91. Se propone la *hidrodinámica*, como antes hemos visto, estudiar las leyes del movimiento de los líquidos al salir de los vasos que los contienen. El movimiento puede tener lugar por la sola presión que el líquido ejerce en el punto donde está la abertura; ó bien por esta presión unida á otra fuerza mecánica; con tal siempre que no haya en el exterior una presión suficiente para contrabalancear la que actúa de dentro á fuera.
92. Cuando los líquidos salen de los vasos que los contienen, por sola la acción de presión que ejercen, su velocidad en la salida guarda proporción con la profundidad de la masa líquida encerrada en el vaso. La velocidad se determina por el siguiente teorema debido á Torricelli. Las moléculas de un líquido al salir por un orificio, tienen la misma velocidad que la que un grave cualquiera adquiriría cayendo en el vacío, desde una altura igual á la que tiene la superficie de nivel sobre el orificio. Se demuestra este teorema haciendo uso de un vaso que lleva unido en su parte inferior lateral un tubo de igual altura que el vaso y del cual está separado por medio de una llave. Si lleno el vaso de un líquido se abre la llave que establece la comunicación con el tubo lateral, se observa que el líquido asciende en él hasta la misma altura que la del vaso; luego las moléculas próximas á la llave están solicitadas por una fuerza suficiente para ganar dicha altura; y como para elevarse á una altura dada se necesita la misma velocidad que la adquirida cayendo de igual altura, queda probado el teorema.
93. El chorro líquido que sale de un vaso se llama *vena*. Si el orificio de salida está en un punto de la pared

vertical ó inclinada del vaso, tendremos que el líquido sale mediante la influencia de dos fuerzas; una la gravedad que le solicita en sentido vertical, y la otra la presión del líquido que obra perpendicularmente á la pared y en proporción á la profundidad: el líquido sigue la dirección de la resultante de ambas fuerzas, y sin la resistencia del aire la curva que describiria sería una *parábola*. Estando el orificio practicado en el fondo del depósito, la *vena* será rectilínea y vertical, porque las dos fuerzas antes dichas obran en el mismo sentido.

94. Se llama *contracción* de la vena líquida, la reducción del diámetro del cilindro líquido á corta distancia de la abertura de salida. Proviene la contracción de la vena, de la convergencia de las moléculas líquidas que llegan al orificio en todas direcciones, y á la distancia del semidiámetro de la abertura se estima la sección de la vena en $\frac{5}{8}$ de la del mismo orificio. Si se quiere probar el movimiento convergente de las moléculas sobre el orificio, se usa un vaso diáfano, y echando agua en él se suspenden partículas de ámbar ú otra sustancia poco pesada, y se verá dirigirse hacia el punto de salida desde el momento que el líquido entre en movimiento.

Como por la contracción de la vena los líquidos no llenan completamente los orificios de salida, el *gasto* ó cantidad de líquido que sale en un tiempo dado, disminuye: pero no solo influye la contracción de la vena en el gasto, sino es que lo hacen mas principalmente la *velocidad del líquido*, el *tiempo* que está saliendo y la *sección* del orificio.

Si se representan por sus iniciales *el gasto*, *sección*, *tiempo* y *velocidad*, tendremos $G = S T V$, y $V = \frac{G}{ST}$.

La velocidad no puede ser constante si no lo es la altura del líquido: para conseguirlo se puede usar el *flotador de Prony*.

El cálculo suministra que la velocidad debida á una altura dada, viene espresada por la fórmula $V = \sqrt{2gh}$.

de donde resulta que $G = ST\sqrt{2gh}$. Este es el llamado gasto *teórico*, y el *efectivo* será menor, por la contraccion de la vena, y se espresa $G = 578 ST\sqrt{2gh}$.

La medida de las aguas corrientes se valúa en España por *reales*, llamando real de agua en lo general á la cantidad que corre en 24 horas por un orificio de 6, 5 líneas de diametro, con la carga de una línea sobre el orificio: produce 6430 cuartillos. Tambien se valúa por *la pulgada de agua de fontanero*. Representa la porcion de agua que sale en 24 horas por un orificio de una pulgada francesa de diámetro y con una carga constante de 7 líneas sobre el centro del orificio. Produce unos 40,000 cuartillos.

LECCION XXVII.

Salida de los líquidos por tubos adicionales. Surtidores. Salida de los líquidos por tubos largos.

94. Se dicen tubos *adicionales* á los que se aplican á los orificios practicados en los depósitos en donde estan contenidos los líquidos. Si el líquido no moja al tubo, no resulta ninguna modificación en la velocidad ni en la forma de la *vena*; pero si se establece adherencia entre el tubo y el líquido, los resultados cambian completamente. Si el tubo es cilindrico y de una longitud que no esceda de 4 veces el diámetro, el gasto, ó cantidad de líquido derramado en un tiempo dado, está aumentado en la relacion de 133 á 100 con el que daría el orificio sin el tubo. Si el tubo es cónico y se apoya su base menor en el orificio, el aumento está en la relacion de 150 á 100. Si se apoya en su base mayor, el gasto estará disminuido con relacion al orificio, libre ó sin tubo; pero aumentado si el orificio del vaso fuese igual á la seccion menor del cono; de forma, que el aumento llega á ser en la relacion 200 á 100, si se unen los dos últimos sistemas, es decir dos tubos cónicos unidos por su menor seccion, apoyada una de las mayores y libre la otra.

95. Los *surtidores* son filetes de agua que salen con fuerza de un orificio, por la presión que ejerce una columna de agua elevada sobre dicho orificio. Según el teorema de Torricelli, el *surtidor* debería tener la altura del depósito, pero el rozamiento del agua con las paredes del tubo, la resistencia del aire, y además el choque de las moléculas que descienden contra las que se elevan, son otros tantos obstáculos para que el líquido no pueda tomar la altura teórica del depósito.

Mariotte ha deducido de la experiencia una relación entre la altura del *surtidor* y la del depósito sobre el

$$H^2$$

orificio, y la presenta bajo esta forma $H' = H + \frac{1}{3}H$ Las

300

alturas H' del depósito y H *surtidor* se expresan en pies.

96. La velocidad del líquido es la misma en todos los puntos de un mismo cilindro cualquiera que sea su longitud; porque debe pasar en cada sección y en el mismo tiempo la misma cantidad de líquido, pero varía si las secciones no son las mismas, estando en su máximo en las secciones más pequeñas, y en su mínimo donde son mayores. Los resultados dichos se aplican al movimiento de las aguas en los canales y ríos.

97. Los líquidos que se mueven en los tubos, ejercen menos presión que los líquidos en reposo, y disminuye la presión á medida que aumenta la velocidad. Si esta es la que corresponde á la altura del líquido, entonces la presión es nula; si la velocidad fuera mayor que la que corresponde, la presión tiene lugar de fuera á dentro, de forma que haciendo un orificio, el agua no sale pero entra el aire, notándose un pequeño silbido.

El agua en movimiento se ha considerado como un agente dinámico, produciendo sus efectos por el choque, cuando corriendo por canales encaentra en su paso un obstáculo que puede mover, ó bien por el peso, cuando obra sobre cuerpos también móviles que ceden al esfuerzo de la presión.

Los sólidos son los que se elevan sobre el agua y los líquidos son los que se elevan sobre el agua y los gases son los que se elevan sobre el agua.

LECCION XXVIII.

Aerostática. Caracteres de los gases. Peso y elasticidad del aire.

Presión de la atmósfera en todos sentidos.

98. La **aerostática** tiene por objeto estudiar las condiciones del equilibrio de los gases y presiones que ejercen en todas direcciones.

Los gases ó fluidos aeriformes, son cuerpos formados de moléculas perfectamente movibles, y en un estado continuo de repulsion que se designa de *expansibilidad*, *tension* ó *fuerza elástica*, de donde toman con frecuencia el nombre de cuerpos perfectamente elásticos.

El aire forma al rededor de nuestro globo una cubierta continua cuyo espesor se eleva á 44 ó 15 leguas. Esta capa de aire se llama *atmósfera*, la cual sigue á la tierra en su movimiento por el espacio.

El aire no es cuerpo simple como se creía en algún tiempo, la química moderna ha demostrado su composición, como veremos después.

99. La mayor parte de las propiedades observadas en los líquidos convienen á los gases; en estos notamos, 1.º que se trasmite en todas direcciones y con igual intensidad el esfuerzo que se ejerza en un punto de su masa.

2.º Que solo es posible el equilibrio cuando sus moléculas sufren en todas direcciones presiones iguales y contrarias.

3.º Que la presión que ejercen en virtud de la gravedad, depende de su densidad y altura sobre la superficie oprimida.

4.º Los cuerpos sumergidos en los gases están sometidos á una presión vertical que actúa de abajo arriba, é igual al peso del fluido desalojado.

5.º La salida de los gases por orificios pequeños sigue las leyes que la de los líquidos.

Las moléculas y las masas gaseosas están sujetas á las leyes generales de la materia; su gravedad podrá demostrarse por esperimentos directos, y ejercerán por consecuencia presiones sobre todo obstáculo que las impida moverse hácia el centro de la tierra, en propor-

ción de las masas contenidas en los espacios conmensurables y gaseosos.

100. Para probar el peso del aire, se toma un globo de vidrio de cabida de un litro y sujetándolo á un gancho de la balanza hidrostática anotamos su peso, habiendo de antemano extraído el aire con la máquina neumática, y por medio de una llave de fuente que lleva el globo. Establecido el equilibrio, se abre la llave, entrando el aire aquel se altera, y para restablecerle basta añadir un *grano* á los pesos que equilibraban el globo vacío. Este peso representa el del aire que penetró en el globo, y como un litro de agua pesa *mil gramos* de aquí el decir que el aire es mil veces menos denso que el agua.

101. Los gases son cuerpos *perfectamente elásticos*, por cuanto siempre recobran su volumen primitivo cesando la fuerza comprimente. La fuerza *expansiva* que distingue este estado, consiste en su tendencia á tomar siempre un volumen mayor, cuando desaparecen las resistencias y obstáculos que se opongan á la repulsión molecular. Se demuestra la *expansion* colocando debajo del platillo de la máquina neumática una vejiga con llave que contenga una corta cantidad de aire, mojadola antes para que sea mas flexible: al principio se equilibran la fuerza elástica del aire del recipiente y de la vejiga; pero luego que se principia á hacer el vacío, debilitándose la presión que esta sufre, hinchándose cada vez mas, se llenará, quedando demostrada la fuerza expansiva. Si damos entrada al aire exterior, vuelve la vejiga á su volumen primitivo por la compresión del aire.

Por consecuencia de la *expansion*, las superficies gaseosas no se presentan niveladas; y sin embargo, siendo la atracción terrestre contraria á la expansiva, y como esta disminuye con las distancias intermoleculares de las masas aeriformes, se comprende que la gravedad será preponderante en un momento dado, y de consiguiente que la atmósfera *tiene limite*, siendo muy probable que sea de la misma forma que nuestro planeta.

102. El aire ejerce presiones en todas direcciones, probándose la de arriba abajo con el rompe-vejigas.

Los hemisferios de Magdedurgo prueban la presión en todas direcciones; porque cuando se ha hecho el vacío en ellos, cualquiera sea su posición, encontramos dificultad para separarlos: si se da entrada al aire, separándolos, al reunirlos nuevamente se observa que equilibradas las presiones de fuera á dentro y viceversa, se les puede separar con facilidad.

Si un vaso de los comunes y lleno de agua se le cubre con una hoja de papel, si aplicada la mano se le invierte, notaremos que separando la mano el líquido no cae; porque la presión de abajo arriba impide al papel desprenderse del vaso.

LECCION XXIX.

Medida de la presión atmosférica. Barómetros de diferentes especies.

403. Los experimentos citados en la lección anterior demuestran la existencia de la presión de la atmósfera; resta dar á conocer medios para determinar su valor. El *barómetro* es el instrumento destinado para medir la presión atmosférica. Le descubrió Torricelli, discípulo del gran Galileo, en 1643.

Como los antiguos no tuvieran noticias exactas sobre las propiedades del aire, al observar la elevación del agua en los espacios vacíos, como las bombas, lo atribuían á las causas ocultas y al pretendido horror de la naturaleza al vacío. Galileo entrevió que la causa de la elevación del agua en toda capacidad purgada de aire, era la presión atmosférica, porque en otro caso, el líquido debería elevarse indefinidamente en el vacío, y como lo hace hasta una altura limitada, prueba la verdadera causa de aquella elevación. Además, líquidos de diferente densidad se elevan en razón inversa de sus densidades, cuando siendo cierto el *horror al vacío* deberían elevarse igualmente todos los líquidos.

Como en *hidrostática* dos columnas líquidas se equilibran cuando sus alturas están en razón inversa de sus densidades, tendremos que si la atmósfera y el es-

pacie donde asciende el líquido por efecto de la presión del aire, se consideran como un aparato de brazos comunicantes, resultará una verdadera balanza para pesar el aire, que estará equilibrada cuando un platillo, en el cual gravita toda la atmósfera, sufre igual acción de presión, que el otro en donde tan solo obra la columna líquida que ascendió en el vacío. Esta tiene 32 pies de altura respecto al agua, y 76 centímetros con relación al mercurio, que es 14 veces mas denso que el agua.

104. El barómetro se construye con un tubo cilíndrico de vidrio, cerrado por un extremo, de 6 á 10 milímetros de diámetro y longitud de unos 85 centímetros. Se le hace calentar por una lámpara de alcohol para desprender la humedad que está adherida al tubo; despues se le llena de mercurio haciéndole calentar en el tubo; se aplica el dedo al extremo abierto del tubo y se le invierte en una capacidad llamada *cubeta* llena tambien de mercurio. El líquido desciende en seguida del tubo, en cuanto se retira el dedo, y se mantiene suspendida sobre el nivel de la cubeta una columna que mide la presión de la atmósfera en el punto donde el barómetro se construye. A la parte superior del tubo que está exenta de mercurio y de aire se la llama *cámara barométrica* ó vacío de Torricelli.

Para medir la altura barométrica se coloca junto al tubo una escala dividida en partes longitudinales iguales, cuyo *cero* debe coincidir con el nivel del mercurio en la cubeta, para lo cual la escala debe ser móvil á fin de llevar el *cero* al punto correspondiente en todos los casos. La escala lleva en su parte superior un *vernier* que facilita la medida con toda precisión.

Se usan con frecuencia barómetros de sifon, formados por un tubo encurvado, abierto el brazo corto; este es ancho y suple á la cubeta, y el otro de longitud de 0, m35 mas estrecho; midiéndose la presión por la diferencia de la altura del mercurio en ambas ramas. La escala es *doble*, y se fija coincidiendo el *cero* con la recta que pasa por el vértice de la curva que une aquellas; restando de la mayor la menor queda valuada la presión.

Una modificación de este aparato debida á Gay-Lussac, lo hace á propósito para el transporte y muy conveniente para emplearlo en operaciones que exijan grande precisión. Tambien el de *cubeta* puede usarse en los dos casos anteriores, siempre que lleve la *cubeta* de fondo móvil: mecanismo ideado por M. Fortin, siendo su aparato el de mas uso.

El barómetro llamado de *cuadrante*, pertenece á los de sifon, y sus indicaciones se verifican sobre una esfera parecida á la de un reloj, que recorre una pequeña palanca.

Un nuevo aparato se ha generalizado últimamente debido á M. Bourdon: está fundado en el siguiente principio. Un tubo doblado en espiral y de paredes flexibles, se desdobra cuando aumenta la presión inferior contra las paredes del tubo, y se cerrará mas la espiral cuando la presión exterior sea la que aumenta. Formado el tubo de laminas muy flexibles y hecho el vacío en su interior, los cambios en su forma dependerán de las variaciones de la presión atmosférica, y se hacen sensibles por un sencillo mecanismo, en un cuadrante fijo delante del tubo, casi circular.

LECCION XXX.

Variaciones barométricas. Ley física sobre la constitucion de la atmósfera: aplicación del barómetro para medir la altura de un punto sobre el nivel del mar.

103. El barómetro sufre variaciones continuas hasta en un mismo punto.

Las variaciones son lentas, y de aquí el que la altura media de las observaciones hechas en un dia sea igual observando el barómetro de segundo en segundo ó de hora en hora.

Llamase *altura media diurna*, el número que se obtiene sumando las 24 observaciones sucesivas y dividiendo la suma por el mismo número. En nuestra latitud la altura medio diurna, difiere poco de la que corresponde á las doce de la mañana. Esta altura depende

de la que tenga el punto que consideremos sobre el nivel del mar, y se le suele designar con el nombre de *variable*.

Se distinguen dos especies de variaciones en el barómetro. 1.^a Las *diurnas* ú horarias (que se producen periódicamente á ciertas horas y que son las mas importantes). 2.^a Las *accidentales* que no ofrecen regularidad en su marcha y provienen de cambios en la densidad y en el peso de la atmósfera.

Las diurnas, no muy sensibles en nuestro clima, se presentan de modo que en 24 horas el barómetro ofrece dos máximos de altura sobre las 9 de la mañana y 11 de la noche; y otros dos mínimos de 3 á 4 de la mañana y tarde.

El barómetro presenta variaciones muy notables en los cambios de tiempo, observándose que cuando sube la temperatura baja la presión, y vice-versa.

El descenso del barómetro precede generalmente á las lluvias, mientras que la subida coincide con lo que llamamos buen tiempo: estas indicaciones no merecen sin duda tanta confianza como algunos las atribuyen, pero tampoco deben ser desatendidas.

106. Como decrece la presión de la atmósfera á medida que nos vamos elevando á sitios altos, claro está que debe el barómetro bajar tanto mas cuanto mayor sea la altura; por la dependencia que existe entre la que tenga el barómetro y la de la capa atmosférica que sobre él viene gravitando. Si la atmósfera estuviese formada de capas de igual densidad, la distancia *vertical* de dos puntos vendria espresada por el espesor de una capa de aire suficiente para sostener una columna de mercurio equivalente á la diferencia que resulte entre dos observaciones, una en el punto mas bajo y otra en el mas elevado; pero como la atmósfera, por causa de su compresibilidad, tiene diversa densidad en sus diferentes capas, de aqui el que aquella operación sea algun tanto complicada.

Las densidades de la atmósfera disminuyen á medida que aumentan las alturas de aquella, y como son proporcionales á las presiones, notaremos que si las ca-

pas de la atmósfera crecen en progresion aritmética, decrecen las densidades del aire en progresion geométrica.

De esta ley física, descubierta por resultado de la experiencia, se deduce que correspondiéndose los términos de la primera progresion con los de la segunda, los de aquella son los *logaritmos* de los de esta última, de donde resulta que la altura de un punto vendrá representada por la diferencia de los *logaritmos* de las columnas barométricas medidas al pié y en la parte culminante del sitio propuesto.

Para medir alturas aproximadas, basta calcular una capa de aire de 11 metros de altura, por cada milímetro que descienda el mercurio en el barómetro, suponiendo la altura media al nivel del mar en 760 milímetros.

LECCION XXXI.

Medida de la fuerza elástica de los gases: ley de Mariotte, Manómetros de diversas especies. Válvulas de seguridad.

107. Hemos dicho en lugar oportuno que los gases son perfectamente elásticos, que son expansivos y que como todos los demás cuerpos son compresibles, si bien esta propiedad es mucho mayor en este estado. El aparato que se describe con el nombre de *estabon neumático*, prueba evidentemente la última cualidad.

Al físico interesa conocer la relacion que entre si guardan las presiones sufridas por una masa gaseosa, y el volúmen que ocupa, la cual es conocida con el nombre de *ley de Mariotte* cuyo enunciado es: los volúmenes que ocupa una misma masa gaseosa están en razon *inversa* de las *presiones* que sufre; su elasticidad y su densidad son *proporcionales* á las mismas *presiones*. Para probar la verdad de este enunciado nos servimos del tubo de Mariotte: encorbado, de brazos desiguales, cerrado y dividido en partes de igual capacidad el mas corto, abierto el otro brazo y dividido en porciones de igual longitud. Si se echa mercurio en este, el volúmen del aire contenido en el brazo corto se reduce tanto mas

en su volúmen cuanto aumente la presión que ejerce la columna de mercurio, y como en estos experimentos no varia la masa del aire encerrado, su densidad y elasticidad, es necesariamente tanto mayor cuanto menor es su volúmen, ó en proporción que aumenta la presión, lo cual confirma la segunda parte del enunciado.

108. Dase el nombre de *manómetros*, á unos aparatos destinados á medir la tensión de los gases y vapores cuando esta es superior á la atmosférica.

Uno de los mas usados es el de aire comprimido fundado en la ley de Mariotte. Si se aplica este aparato al depósito de gas ó vapor cuya fuerza elástica se quiere medir, la igualdad de altura que marcaba el mercurio en ambas ramas del tubo dos veces encorbado que forma aquel aparato desaparece elevándose en el brazo cerrado y reduciendo el aire en el contenido á la $1/2$, $1/4$ etc., segun la presión de aquel sea de dos á tres atmósferas. Este manómetro puede ser de tubo recto cerrado en el extremo superior, y que por el inferior está sumergido en el mercurio, conteniendo en su interior aire atmosférico; la cubeta donde descansa el tubo, comunica con el depósito del gas cuya tensión se quiere medir.

Mr. Bourdon ha construido un manómetro fundado en el principio físico que le sirvió para el barómetro. Si el tubo metálico casi cerrado que lo representa, se expone á la acción de un gas de grande tensión, el tubo tiende á desdoblarse, y vice-versa cuando la fuerza elástica del interior disminuye: una pequeña palanca indica estas alteraciones recorriendo una escala trazada por comparación.

109. Las *válvulas de seguridad*, son en lo general unos conos truncados de metal destinados á medir la tensión de los vapores contenidos en los depósitos á que se aplican: se abren cuando la fuerza de dentro á fuera supera á la de fuera á dentro. Si como frecuentemente sucede sobre dicho cono truncado se apoya una palanca que lleva á su extremo libre un pilon, la válvula no se abre hasta que la tensión del vapor supere la presión atmosférica aumentada con el peso de la palanca, pilon y válvula.

LECCION XXXII.

APARATOS FUNDADOS EN LA ELASTICIDAD DEL AIRE.

Máquina neumática. Uso del barómetro de probeta para conocer el vacío hecho. Utilidad de su aplicación.

110. La máquina *neumática* es uno de los aparatos más importantes de la física; fundada en la elasticidad del aire, se usa para verificar el vacío en una capacidad dada. Tres son las partes principales que la constituyen; la *platina*, superficie de vidrio esmerilado ó de metal destinada para recibir las campanas ó vasos de que se desea extraer el aire: el *cuerpo de bomba* en el cual y por medio de un piston se logra enrarecer el aire contenido en la campana ó vaso: el *barómetro truncado* ó de *probeta*, que indica el grado de enrarecimiento que se ha conseguido en el aire del recipiente, ó sea su aproximación al vacío. El centro de la platina lleva un orificio que la pone en comunicacion con el cuerpo ó cuerpos de bomba, cuando al subir el piston se eleva con él la válvula cónica que viene sujeta á una barrilla que pasa por el mismo piston. Este á su vez tiene otro orificio en su centro y en él está aplicada otra válvula cónica también y que se abre de abajo á arriba. La barrilla del piston es dentada, para engranar con los de una rueda, que movida por un manubrio obliga al piston al doble movimiento de ascenso y descenso: por último, en el tubo que hace comunicar la platina y cuerpo de bomba, tiene origen, una rosca horadada en su centro á la que se atornilla una tuerca, fija á la campana, dentro de la cual está el barómetro de probeta.

Al extraer el aire del recipiente también se hace de la campana que contiene el barómetro, y se observa que una parte del mercurio que llena el brazo cerrado de aquel, desciende á medida que va siendo menor la tension del aire que obra en el extremo abierto, nivelándose en ambas ramas cuando es el vacío exacto, y midiendo la aproximación el *desnivel* del mercurio en el brazo cerrado sobre el abierto.

111. No produce la máquina neumática vacío perfecto; las de doble agotamiento lo dan en menos de un milímetro. Para conseguirlo en menos tiempo y evitar la resistencia que para elevar un solo pistón tendríamos que vencer, debido á la presión atmosférica, se usan dobles cuerpos de bomba, cuyos pistones juegan en oposición, es decir, baja uno cuando asciende el otro.

Con el auxilio de la máquina descrita probamos los efectos de la presión atmosférica; la fuerza repulsiva de las moléculas gaseosas; que el aire es esencial á la combustión y para la vida de los animales; que la gravedad imprime á los cuerpos la misma velocidad, y otros varios fenómenos.

LECCION XXXIII.

Máquina de compresión. Bomba de inyección. Fuente de compresión. Idem de Heron. Escopeta de viento. Principio en que se funda el atíete hidráulico.

112. Se llama *máquina de compresión*, por algunos *contra-neumática*, un aparato que sirve para comprimir el aire ó cualquiera otro gas. Su forma es la misma que la de la neumática y solo difiere por la disposición de las válvulas que se abren de alto abajo, y por su recipiente que se fija invariabilmente sobre la platina. Al bajar un pistón el aire se ve comprimido, abre la válvula del cuerpo de bomba y penetra en el recipiente; al elevarse, se cierra la válvula del cuerpo de bomba por el aire del recipiente, y abriéndose la del pistón, el aire atmosférico pasa al cuerpo de bomba. El recipiente de esta máquina comunica con un manómetro de aire comprimido de tubo recto, aparato ya descrito.

113. La *bomba de inyección*, está constituida por un cilindro y un pistón sin válvula: el cilindro lleva un orificio cerca de su extremidad superior terminando en el otro extremo en un tubo, que puede atornillarse á los aparatos correspondientes, y en una válvula que se abre de dentro á fuera. Cuando el pistón descende, introduce en el recipiente el aire del cuerpo de bomba: al elevarse

tiene que superar la presión atmosférica y no dá entrada al aire hasta que supera el orificio.

114. La *fuerza de compresión* es un vaso de paredes resistentes: su boca sirve de tuerca á un tubo que llega casi hasta el fondo de aquel, pudiendo atornillarse en su parte superior una bomba de inyección. Si echamos agua en el vaso hasta los $\frac{3}{4}$ ó los $\frac{5}{6}$ de su altura, y despues hacemos funcionar la bomba de inyección, el aire que se introduzca por su menor densidad, se dirigirá á ocupar la parte superior del vaso, donde aumentará su elasticidad en proporción de la cantidad introducida.

La elevación del agua en el surtidor, será proporcional á la compresión del aire.

En la fuente de *Heron* el líquido se ve comprimido por la acción de una columna de agua que penetra en un vaso ocupado á la vez por agua y aire, siendo por consiguiente una modificación de la de compresión y elevándose el agua en proporción de la elasticidad que adquirió el aire.

115. El mecanismo de la *escopeta de viento*, se reduce á la culata, tubo cilindrico resistente que lleva en su extremo superior una válvula que se abre de fuera á dentro: con una bomba de inyección se introduce aire hasta que tenga una tensión de 8 á 10 atmósferas, y separando la bomba, se fija el cañon con su proyectil y tacos correspondientes. Si se tira del resorte ó gatillo, oprimida la válvula, se abre, y saliendo el aire muy comprimido lanza el proyectil, quedando en el acto cerrada la válvula: pueden tirarse varios tiros sin repetir la carga de la culata.

116. El *ariete hidráulico*, destinado á la elevación del agua á grandes alturas y de mas efecto que las bombas, se funda en el principio de reacción de los líquidos, ten la elasticidad y compresibilidad del aire.

En el tubo de conducción, la altura del líquido sobre la del depósito se debe á la fuerza expansiva del aire comprimido en la cabeza del ariete.

parte interior del mismo cilindro con otra válvula que se abre, res-

LECCION XXXIV.

Aparatos fundados en los efectos de la presión atmosférica: **Bom-**
bas de diversas especies: pipeta: fuente intermitente: **Sifon:**
 117. En la bomba aspirante-impelente, se han reuni-

117. Las bombas son aparatos destinados a la elevación del agua, por aspiración, por presión, ó bien por los dos efectos combinados. Tres son las variedades que se acostumbra á describir en la física y llevan los nombres de *aspirante*, *impelente* y *compuesta* ó *aspirante-impelente*.

La bomba aspirante se compone 1.º de un cuerpo de bomba ó cilindro que en su base lleva una válvula que se abre de abajo arriba: 2.º de un tubo de aspiración que se introduce en el líquido que se quiere elevar; va unido al cuerpo de bomba en el punto donde está la válvula: 3.º el pistón con un bástago que le hace subir y bajar en el cuerpo de bomba: lleva un orificio protegido por una válvula que se abre de abajo arriba. Una palanca mueve al bástago y pistón. Si ocupa el pistón la parte inferior de su carrera las válvulas estarán cerradas, y al subir aquel se forma un vacío debajo de él, en el que se precipitará el aire del tubo de aspiración cuya válvula abrirá por efecto de su elasticidad. Al bajar el pistón la válvula de este que estaba cerrada por la presión atmosférica, se abre por la compresión ejercida en el aire, mientras está cerrará la del cuerpo de bomba. En las emboladas sucesivas el agua sube sobre el pistón y se eleva con este.

En este aparato, como el agua se eleva por la presión atmosférica, la altura no podrá exceder desde el nivel líquido al punto mas alto de la carrera del pistón en el cuerpo de bomba, de 32 pies al nivel del mar; y respectivamente al desnivel vertical que sobre aquel tengan los puntos en donde operamos.

118. Las bombas *impelentes* varían considerablemente en su forma. La mas comun está formada de un cilindro ó cuerpo de bomba con una válvula en su base que se abre de abajo arriba, llevando un tubo lateral en

la parte inferior del mismo cilindro con otra válvula, en la union con dicho cuerpo de bomba, que se abre, respecto al mismo, de dentro á fuera. El piston que se mueve en el cuerpo de bomba, es macizo y lleva un bástago en el cual se aplica la fuerza.

119. En la bomba aspirante-impelente, se han reunido elementos de ambas; así que, mientras el agua sube en virtud de la presión atmosférica en el tubo de aspiración, es lanzada despues por el lateral á causa de la presión que se ejerce en el piston macizo que lleva el aparato.

Suelen disponerse dos cuerpos de bomba, cuyos pistones juegan en oposicion, por medio de un manúbrio, con lo que se consigue una corriente continua del líquido.

120. *La pipeta*, es un tubo de vidrio adelgazado en una de sus extremidades, llevando una pequeña esfera hueca próxima á la terminacion: introducida en un líquido, si al sacarla se aplica el dedo pulgar al extremo libre del tubo, el líquido no puede caer por la presión atmosférica; pero si se quita el dedo, equilibrada la que obra en dos extremos del tubo, sale el líquido para interrumpirse al aplicar el dedo otra vez.

La fuente intermitente, está fundada en igual principio: cesa la salida del depósito superior, en el momento que ascendiendo el agua en el tubo que termina junto al recipiente presentando un corte en bisel, la presión atmosférica exterior se hace preponderante en los tubos; vuelve el movimiento, en el momento que se equilibran las presiones de la atmósfera dentro y fuera del depósito superior.

122. *Sifones*, llamamos á unos tubos encorbados de brazos desiguales destinados á trasvasar los líquidos. La rama corta se introduce en el líquido y en la otra se hace una fuerte succión, con lo cual por la menor elasticidad del aire que queda en el tubo, sometido el líquido á la presión atmosférica que obra con toda su intensidad sobre la superficie del vaso, asciende en el tubo hasta superar la curba, bajando por el tubo largo.

LECCION XXXV.

Equilibrio de los cuerpos sumergidos en el aire. Barómetro. Globos aerostáticos. Movimiento de los gases. Gasómetros: frasco de Mariotte. Anemómetros.

123. El principio de Arquímedes es aplicable á los gases como á los líquidos; por consecuencia los sólidos sumergidos en aire pierden de su peso en proporción del que tenga el volumen de fluido que desalojen. Esta pérdida se demuestra por medio del *barómetro*. Consiste en un fiel de balanza que sostiene en un extremo una esfera hueca de bastante diámetro y en el otro lleva una masa que al aire equilibra á la anterior y que es de muy reducido volumen. Si se coloca el aparato en el vacío, el fiel se inclina en sentido de la esfera hueca, lo cual indica que realmente pesa mas que la otra masa, pues que en este caso no sufren presión ni pérdida alguna y solo obedecen á la gravedad.

En este mismo principio se funda lo que llaman los físicos *aerostacion*, cuyo objeto es sostener un cuerpo flotante en medio de la atmósfera y darle movimiento en diversas direcciones; usan al efecto los *globos aerostáticos*.

Para conseguir que flote un cuerpo en la atmósfera, es preciso que desaloje un volumen de aire cuyo peso sea mayor que el del cuerpo sumergido con todos los adherentes; y como estos son bastante pesados, será preciso llenar el globo de fluidos; como el aire dilatado por el calor, y mejor el hidrógeno, que son menos densos que el aire atmosférico en la unidad de volumen; y temperatura ordinaria.

Los globos se construyen de papel ó de tafetan barnizado; de forma esférica, y cubierto el hemisferio superior con una red de cuerda de cuya parte inferior se suspende la barquilla que ha de recibir al *areonauta*, los pesos ó lastres y demás útiles necesarios. La parte superior del globo lleva una válvula que, por medio de un cordón que baja á la barquilla, puede abrirse de fuera á dentro.

Lanzado el globo en la atmósfera, por la mayor presión de abajo arriba, que la representa el peso del volumen de aire que desaloja, se equilibra cuando esta presión sea igual con la de arriba abajo, que es el peso del globo con sus adherentes. Si equilibrado el aparato quiere el aeronauta seguir subiendo, disminuye el peso del globo arrojando lastres; si desea bajar, abre la válvula, sale el hidrógeno, y disminuyendo su volumen es menor el del aire desalojado, y por consiguiente el empuje vertical hacia arriba.

La ascension aerostática, mas notable fue sin duda, al menos por sus resultados, la que hizo en 1804 Gay-Lussac en París: subió á 7000 metros de altura.

El problema de dar direccion lateral á los globos, está por resolver, pues que todos los ensayos practicados solo dieron resultados negativos.

124. Las leyes del movimiento en los gases difieren de las que se observan en los líquidos, por efecto de la expansion. Su estudio debe comprender, 1.º los medios de dar á los gases una *velocidad* constante: 2.º los que *regularizan* sus efectos, considerando al gas en movimiento como una fuerza motriz, ó bien que favorecen su velocidad, segun sucede en los fuelles, en los que la corriente de aire activa la combustion obrando sobre un carbon encendido, ó se usa en los órganos y otros instrumentos: 3.º los aparatos que nos indiquen la *direccion* y velocidad del gas en movimiento.

Los *gasómetros* son aparatos que usamos para procurar que los gases salgan con una velocidad constante. En ellos se procura un volumen dado del gas cuya velocidad queremos determinar, y haciendo que llegue á este vaso una masa líquida, con velocidad constante, en la misma relacion será desalojado el gas que aquel contenia. Si dentro del vaso que contiene el gas ejercemos presiones constantes, la conseguiremos en la salida del fluido.

El frasco de Mariotte sirve tambien para procurar velocidad constante á los gases, si la corriente líquida que ofrece y que penetra en el depósito donde está el gas, tiene aquella condicion.

Para aumentar la velocidad de la salida de los gases usamos los *fuelles*, que darán corrientes mas ó menos veloces.

Los *anemómetros* se usan para determinar la dirección y velocidad de las corrientes atmosféricas. Lo primero se consigue con el uso de las *veletas*, tanto mas útiles cuanto sea su movilidad. Para medir su *velocidad*, hay aparatos muy diferentes; el de *Lind* está reducido á dos tubos que se unen por otro de menor diámetro y que forman un vaso de brazos comunicantes con su correspondiente escala. Se llenan de agua, y uno se expone en la dirección contraria á la del viento, que impulsará al líquido á bajar en este brazo, elevándose en el opuesto cuyo desnivel mide la velocidad del viento y se aprecia con el uso de la escala.

LECCION XXXVI.

Atracción molecular. Equilibrio entre las moléculas de los sólidos y líquidos. Capilaridad; efectos que produce. Eudosis y exosis.

125. La *atracción molecular* es una fuerza que solicita las partes infinitamente pequeñas de la materia para dirigirse las unas hácia las otras. En virtud de ella, las moléculas de los sólidos ofrecen un ejemplo de equilibrio estable.

Entre un líquido y un sólido tambien se ejerce la atracción molecular: así observamos que si sobre una superficie líquida se coloca un disco y se trata de elevarle perpendicularmente á la superficie, se nota una adherencia muy sensible, cuya intensidad se mide suspendiendo el disco de un platillo de la balanza y despues de hecho el equilibrio se le pone en contacto con la superficie del líquido; los pesos necesarios para separarle prueban la adherencia de sólido y líquido, si aquel no sale mojado; y espresan por el contrario la atracción del líquido consigo mismo cuando este es capaz de mojar al sólido, porque en tal caso este lleva una parte del líquido y los pesos han desunido esta capa del resto de la masa.

126. Los líquidos presentan tambien sus moléculas en equilibrio estable, el *piezómetro*, aparato debido á OErsted, no solo prueba la compresibilidad de los líquidos, sino tambien su perfecta elasticidad. Efectivamente; en este aparato la botella de cuello largo y estrecho, se llena de un líquido poniendo en su extremo superior una gota de mercurio. Se la introduce en un cilindro de vidrio resistente lleno de agua y á la cual se comprime por medio del piston que lleva en su parte superior, observaremos que el índice de mercurio baja en el tubo á donde viene aplicado.

La compresion del líquido es bien pequeña, y se estima, para un esfuerzo equivalente á una presion atmosférica y temperatura de 0.º

En el mercurio 5 millonésimas de su volúmen.

Agua destilada 49 » »

Eter sulfúrico 133 » »

En el momento que cesa la compresion, se nota que las moléculas líquidas vuelven á sus primitivas posiciones, probándose su perfecta elasticidad.

127. Bajo el nombre de *capilaridad* se estudian todos los fenómenos que se producen al contacto de los sólidos con los líquidos. Se llaman *capilares* porque sobre todo se observan en los tubos cuyo diámetro se aproxima al de un cabello.

Cuando introducimos un cuerpo en un líquido que le moja, observamos que se eleva en derredor del cuerpo sólido, y su superficie dejando de ser horizontal toma forma cóncava: esto sucede al sumergir en agua una lámina de vidrio. Si esta lámina la introducimos en el mercurio, como no moja el líquido al sólido, la superficie baja presentando una curva convexa.

Los efectos son mas fáciles de observar en los tubos de vidrio huecos y de pequeño diámetro.

Las leyes de la elevacion y depresion de los líquidos en los tubos capilares son las siguientes:

1.ª Hay elevacion cuando el líquido moja al tubo y depresion en el caso contrario, y las superficies se presentan cóncava ó convexa respectivamente.

2.ª La elevacion y depresion estan en razon inversa

del diámetro de los tubos, mientras no pasen los diámetros de 2 á 3 milímetros.

3.º El ascenso y la depresion varían con la naturaleza del líquido y con la temperatura.

Por la capilaridad se esplican no pocos hechos, entre los que citaremos el ascenso del agua que humedece rápidamente el azúcar cuando un solo punto toca con el líquido: el del aceite, cera y estearina al través de las forcidas.

Se han llamado *eudsmosis* y *exosmosis* á corrientes de direccion contraria que se establecen entre líquidos de diferente naturaleza, cuando estan separados por un tabique muy poroso. Si se coloca alcohol en un tubo de vidrio cuyo fondo está constituido por un pedazo de vejiga fresca, y se le introduce en agua pura, observaremos que despues de algun tiempo una porcion de agua ha pasado á mezclarse con el alcohol, mientras que una pequeña cantidad de este habrá salido del cilindro interponiéndose con el agua del baso. La corriente al interior se dice *eudsmosis*, y la exterior *exosmosis*.

Estos fenómenos se relacionan sin duda con los capilares; pero en mucha parte dependen de las leyes que rigen á los seres organizados, concurriendo además otras fuerzas como las de la electricidad.

LECCION XXXVII.

Movimiento ondulatorio en los cuerpos sólidos, líquidos y gases.

Acústica produccion del sonido. Sonido musical; ruido.

128. Las moléculas de los cuerpos sólidos, en virtud de su cohesion, permanecen en su posicion de equilibrio hasta que una causa exterior venga á comoverlas. Pero esta accion podrá ser tal que las partículas no se aparten del límite de sus atracciones moleculares; en este caso, tan pronto como se ven abandonadas á sí mismas, vuelven á su posicion primitiva, despues de aproximarse y separarse alternativamente del punto en el cual queda restablecido el equilibrio. Movimiento *ondulatorio* ó *vibratorio* se dice al que presentan las moléculas

de los cuerpos al restablecerse en su posición de equilibrio, cuando cesó el esfuerzo que las conmovió. *Las ondulaciones* se dicen *progresivas* cuando principian en un extremo y se transmiten á las demás partes del cuerpo; comprendiendo unos puntos que se *elevan* y otros que se *deprimen* de su nivel, cuyo conjunto forma lo que llamamos *onda*. Si la *onda* retrocede desde un extremo del cuerpo y en la porción media continúa el movimiento, bien por el impulso directo ó por el de retroceso, en tal caso tendremos las *ondas estacionales*.

Las vibraciones pueden ser *transversales*, *longitudinales* y *rotatorias*. Las primeras se presentan cuando á un muelle de acero, fijo en un extremo, en el otro se le aplica un esfuerzo para alterar el equilibrio; abandonado despues á sí mismo produce una serie de *vibraciones* que por el modo de agitar las moléculas se dicen *transversales*. Las llamadas *longitudinales* se presentan cuando un cuerpo suspendido de un hilo metálico, se le eleva y despues se le deja caer, en cuyo caso presenta una série de elevaciones y caídas verticales hasta fijarse en la posición de equilibrio. Las *rotatorias*, tienen lugar, si al cuerpo suspendido para el experimento anterior se hace que gire sobre sí mismo; el hilo se *torcerá* en proporción al número de vueltas; abandonado á sí mismo marcha de izquierda á derecha y *vice-versa* hasta fijarse en la posición de equilibrio.

129. Los líquidos presentan ondulaciones importantes. Si en medio de un estanque lleno de agua se deja caer un cuerpo sólido, se notará en el punto del choque una agitación en la masa líquida que se va transmitiendo en derredor y á distancia de aquel punto, por una série de movimientos circulares llamados *ondas* ú *olas*.

Si las ondas líquidas chocan contra un cuerpo sólido retroceden formando el ángulo de reflexión igual al de incidencia.

130. El movimiento *ondulatorio* en el aire atmosférico, se verifica según las leyes de los líquidos, si bien en los gases las ondulaciones se dispersan en el espacio por esferas regulares y concéntricas, constituyendo *ondas esféricas progresivas* y alternativamente *condensadas*

y *maladas* que marchan unas detrás de otras, y si vários puntos de la masa gaseosa han sido á la vez *conmovidas*, las ondas producidas por cada uno se propagan sin confundirse al rededor de sus centros respectivos.

131. Al movimiento ondulatorio ó vibratorio de los cuerpos elásticos, acompaña un fenómeno importante, el de la producción del *sonido*. Este se define diciendo: que es una impresion producida sobre el órgano del oído por las vibraciones suficientemente rápidas y extensas de las moléculas de los cuerpos, al rededor de sus posiciones de equilibrio: otros entienden por *sonido* todo lo que afecta con regularidad nuestro oído: si falta la regularidad en la impresion, ó bien si esta termina brusca y repentinamente, se dice *ruido*. Tal es la sensación que experimentamos cuando oímos el disparo de un fusil.

Llámase *acústica* la seccion de la física que se ocupa de las propiedades del *sonido*, dando á conocer el aparato destinado para percibirlo y el de la producción de la voz humana.

Se dice *sonido musical*, cuando las vibraciones de los cuerpos se suceden con bastante rapidez para producir en el oído una sensación continua; de donde se deduce que el orden, la regularidad y la sucesion del movimiento vibratorio, es el carácter esencial del sonido armonioso ó musical.

LECCION XXXVIII.

Cualidades del sonido; intensidad, tono y timbre. Su propagacion. Velocidad del sonido por el intermedio del aire, del agua y de diferentes cuerpos sólidos.

132. En el sonido debemos distinguir tres cualidades: su *intensidad*, el *tono* y el *timbre*. La intensidad del sonido, ó sea su fuerza, depende de la amplitud de las vibraciones del cuerpo sonoro: así observamos que si hacemos vibrar una cuerda fija por sus dos extremos, la amplitud de movimiento está en su máximun al principio del movimiento y disminuye hasta el fin del mis-

mo. La intensidad del sonido decrece al mismo tiempo con una gran rapidez.

El *tono* del sonido se eleva con el número de vibraciones que el cuerpo ejecuta en un tiempo dado; el sonido será tanto *mas agudo* cuanto mayor sea el número de vibraciones que se produzcan en la unidad de tiempo, y será tanto *mas grave* cuanto menor sea el número de estas que se verifiquen, deduciéndose de la esperiencia que cuando dos sonidos tienen igual *gravedad* ó *altura* ó estan al *unison*, los cuerpos de que provienen ejecutan el mismo número de vibraciones en igual tiempo. Los sonidos mas graves son producidos por 16 vibraciones en un segundo y por 48000 los mas agudos.

El *timbre* ó sea el carácter distintivo del sonido, por el cual se distinguen los que producen diferentes instrumentos, depende de la naturaleza del cuerpo sonoro; del modo con que se le ha puesto en vibracion, y de la naturaleza de los cuerpos que le rodean y que deben propagar el sonido.

133. Los *sonidos* se trasmiten por el movimiento ondulatorio, percibiéndoles el oido á mas ó menos distancias, dependientes de la sensibilidad de aquel órgano; de la distancia al cuerpo sonoro; de la amplitud de las vibraciones; del medio ponderable en el cual se establece el movimiento ondulatorio, y de la direccion del viento.

La esperiencia ha demostrado las siguientes leyes para la trasmision del sonido. 1.^a La intensidad del sonido está en razon inversa del cuadrado de la distancia del cuerpo sonoro al órgano auditivo. 2.^a Todos los sonidos, cualquiera que sean su intensidad, su tono y su timbre, se propagan en el aire atmosférico con la misma velocidad, recorriendo en cada segundo de tiempo sobre 340 *métros*. 3.^a La intensidad del sonido disminuye cuando el aire que lo ha de transmitir está enrarecido. Así se observa que los sonidos son tanto menos intensos cuanto se produzcan en capas de aire cada vez menos densas: en los Alpes y en Monte Blanco, el disparo de una pistola produce un ruido mucho menor que en la llanura. Se demuestra esta ley co-

locando un aparato de relojería sobre una almohadilla de algodón y cubriéndolo con una campana que se apoya sobre la platina de la máquina neumática; á medida que se extraen cantidades variables de aire, el sonido va progresivamente debilitándose hasta observar que hecho el vacío el martillo percute al timbre sin percibirse sonido alguno, lo que prueba que el sonido no se propaga en el vacío. 4.ª Los sonidos se transmiten por el agua con una velocidad próximamente cuádruple de la del aire. 5.ª La velocidad de trasmisión es mucho mayor todavía en los sólidos, variando según su naturaleza, pues mientras en el hierro es de 10, 5 veces mayor que en el aire, es 12 en el cobre, 17 en el vidrio, y varía desde 11 á 17 en las diferentes maderas. 6.ª La dirección del viento favorece la percepción de los sonidos á notables distancias porque los refuerza cuando su dirección es la misma.

LECCION XXXIX.

Reflexion del sonido: ecos y resonancias; bocina y trompeta acústica. Cuerdas vibrantes: sus leyes. Placas vibrantes. Líneas nodales.

134. Cuando el sonido se propaga en una masa indefinida de aire, sigue siempre la línea recta, pero si encuentra un obstáculo se *refleja* en su superficie, bajo las leyes que los cuerpos elásticos; es decir, formando el ángulo de reflexion igual al ángulo de incidencia, y además el rayo sonoro incidente y el reflejado se hallan situados en un mismo plano perpendicular á la superficie reflectante.

La reflexion del sonido da lugar á los *ecos* y las *resonancias*. Los *ecos* se producen cuando uno ó varios sonidos se repiten de un modo distinto: mientras que en las *resonancias* los sonidos reflejados se confunden mas ó menos completamente con los directos.

Para que haya *eco* es necesario que se refleje el sonido en la dirección del observador y que el plano reflectante esté al menos á 17 metros de distancia. Apenas

se distingue un sonido de otro, si no pasa un décimo de segundo entre la percepción de ambos; y como el sonido recorre 340 metros por segundo, en un $\frac{1}{10}$ de segundo recorrerá 34 metros.

Si las distancias al plano reflectante no llegan á 17 metros se confunden los sonidos directo y reflejado, y si bien no es posible oírlos separadamente, en cambio el sonido único se encuentra reforzado, lo que espresamos diciendo que hay *resonancia*. La bocina y la trompeta acústica, son aparatos fundados en esta, así como en la conductibilidad del sonido en tubos cilindricos.

135. La *bocina* sirve para transmitir la voz á largas distancias. Es un tubo de hoja de lata ó de laton ligeramente cónico y ensanchado en uno de sus extremos, llamado *pabellon*. Su efecto se esplica por las sucesivas reflexiones de las ondas sobre las paredes del tubo, de lo cual resulta que dichas ondas tienden á propagarse paralelas al eje del aparato.

La *trompetilla acústica* sirve para que las personas que tienen el oído duro, puedan oír con mas claridad: su efecto se esplica como el de la bocina.

136. En *acústica* dáse el nombre de *cuerdas* á los cuerpos filiformes, elásticos por tension.

Se consideran en las cuerdas las *vibraciones trasversales* que obran en direccion perpendicular á la longitud y las *longitudinales*, ó en el sentido de su longitud. Las primeras se escitan ó frotando á la cuerda con un arco, como el violín, ó pulsando las cuerdas como en la guitarra. Las longitudinales se producen frotando las cuerdas en sentido longitudinal.

El *sonómetro*, sirve para estudiar las vibraciones trasversales de las cuerdas, cuyas leyes son las siguientes:

El número de vibraciones en un tiempo dado, está en razon *inversa* de la *longitud*, de su *diámetro*, y de la *raiz cuadrada* de su *densidad*; y en razon directa de la *raiz cuadrada* del peso que produce la *tension*.

La vibracion establecida en un cuerpo puede tras-

mitirse á los inmediatos, ya por el intermedio del aire ya por otros cuerpos, en lo que se fundan las cajas sonoras que, vibrando con el cuerpo principal, refuerzan los sonidos que éste produce.

Para contar el número de vibraciones de las cuerdas se hace uso de la *sirena* de Cagniard de la Tour.

Cuando una cuerda vibra, presenta moléculas muy agitadas por el movimiento vibratorio, mientras que otras están en reposo; estos puntos, en medio del movimiento ondulatorio de las moléculas, se les denomina *nodos*.

137. En las *varillas* y las *placas rígidas*, puede haber vibraciones trasversales y longitudinales. El sonido que producen varia con la longitud de la varilla, su espesor y naturaleza, haciéndose mas agudo cuando aumenta el espesor y disminuye la longitud.

Para producir estas vibraciones trasversales, se las coloca fijas por un extremo, ó por su centro, y se las frota perpendicularmente á su longitud con un arco: para las longitudinales se las frota con un paño espolvorado con polvo de resina.

Si sobre la barrilla ó lámina hemos echado arena fina ó licopodio, será fácil probar la existencia de líneas *nodales*: su posición varia según que el arco se aplica á la mitad de los lados ó próximo á los ángulos de la placa.

LECCION XL.

Teoría física de la música. Armonía y melodía. Escala musical.

Intervalos: sostenidos y bemoles. Descripción del órgano del oído. Idem de la voz.

138. Los sonidos además de dar origen á efectos físicos, producen también psicológicos; pues el alma siente agrado ó dolor por las sensaciones resultantes de la simultaneidad ó sucesión de diferentes sonidos. En general se llama *acorde*, la coexistencia de muchos sonidos que afectan al oído de un modo agradable. Si la impresión es desagradable, se dice que hay *disonancia*.

La sucesion agradable de los sonidos constituye la *armonia*, y si estos sonidos son acordes unisonos y armoniosos; se dice *metodia*.

139. La música la difinen algunos diciendo, que consiste en la combinacion muy variada de sonidos armoniosos, formando un lenguaje capaz de conmovier las pasiones del espíritu del hombre.

Dase el nombre de *escala musical*, á una serie de sonidos separados entre si por intervalos, y cuyo número de vibraciones presentan la relacion mas sencilla. Esta serie comprende siete sonidos ó notas que constituyen la *escala diatónica*. El número de las vibraciones de estas notas, guarda relacion con la longitud de la cuerda de un sonómetro que se usa para obtener la escala. Se toma para el *do* el *sonido fundamental* del sonómetro, es decir, el que produce la cuerda vibrando en toda su longitud, las que produzcan las demás notas seran las fracciones siguientes:

Notas:.....do.re.mi..fa..sol..la..si..do

Longitud de las cuerdas: 1... $\frac{8}{9}$ $\frac{4}{5}$ $\frac{3}{4}$ $\frac{2}{3}$ $\frac{3}{5}$ $\frac{8}{15}$ $\frac{1}{2}$

Y como el número de vibraciones que una cuerda produce está en razon inversa de su longitud, para tener las vibraciones que corresponden á cada nota, en un tiempo dado, será necesario invertir aquellas fracciones de longitud: asi tendremos:

Notas.....do.re.mi..fa..sol..la..si..do

Número relativo de vibraciones: 1 $\frac{9}{8}$ $\frac{5}{4}$ $\frac{4}{3}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{5}{3}$ $\frac{15}{8}$ $\frac{2}{1}$

Se llama *intervalo* de dos sonidos, á la relacion de sus vibraciones; es decir, al número que indica cuánto un sonido es mas alto que otro. Los intervalos de *do* á *re* se dicen de *segunda*; de *do* á *mi*, de *tercera*; y asi hasta el de *do* á *do*; que se llama *octava*. Si entre las notas de la escala se intercalan otras intermedias, se tiene el *sostenido* si aumentan las vibraciones, y el *bemol* si baja el sonido ó disminuye el número de las vibraciones.

Los intervalos se obtienen dividiendo el número de

vibraciones de una nota cualquiera por el de las vibraciones de la nota inmediatamente inferior, la cual produce tres intervalos diferentes tan solos, que son:

$\frac{9}{8}$ $\frac{10}{9}$ $\frac{16}{15}$, llamándose al 1.º que es el más considerable, *tono mayor*, al 2.º *tono menor*, y al último ó sea el más pequeño *semi-tono*.

140. El órgano del oído está formado del auditivo externo, espansion que recoge la onda sonora para que llegue al oído medio, cuya parte exterior constituida por el tímpano, recibe la impresión y la trasmite, por los huesecitos martillo, yunque lenticular y estribo, al oído interno: en esta cavidad se encuentra un líquido seboso y en él se estiende, en pequeñas ramas, el nervio acústico; parte esencial del oído, pues que todas las demás pueden faltar, sin que dejen de sentirse las sensaciones resultantes de los sonidos.

141. El órgano de la voz humana se asemeja mucho á los instrumentos de lengüeta.

Está formado de un tubo resistente que da paso al aire del pecho y que se denomina *traquea*: la parte superior ó *laringe*, comunica y se une á la posterior de la boca presentando en el punto en donde lo verifican, una abertura oblonga de atrás adelante denominada *glotis*: esta tiene en su parte superior una membrana cartilaginosa llamada *epiglottis*. La voz humana es resultado del movimiento vibratorio del aire saliendo al través de la traquea y en particular de la *glotis*. La menor capacidad de la laringe y el ser más cortos los labios de la glotis, explican que la voz de los niños y mujeres sean más agudas que la del hombre.

LECCION XLI.

Fluidos incohercibles. Calórico: efectos que produce. Hipótesis sobre la naturaleza de este fluido. Medida de las temperaturas.

142. Los fluidos incohercibles é imponderados, son agentes inseparables de los cuerpos, y manifiestan su

presencia por los fenómenos á que dan origen actuando sobre la materia en sus diferentes estados. Uno de estos fluidos es el *calórico*, así llamado al agente que causa en nosotros la sensación del *calor* y que en los cuerpos inertes produce efectos sensibles, como fundir hielo y hacer hervir al agua.

Este agente se encuentra muy esparcido en la naturaleza, se opone al contacto inmediato de las moléculas de que los cuerpos están formados; produce las variaciones que en volumen y densidad presentan los cuerpos á cada instante; á él se debe el tránsito sucesivo de los cuerpos por los estados sólido, líquido y aeriforme, segun que obre con mas ó mas energía; por último, este agente produce en nosotros las impresiones que en diferentes estaciones, en las diversas horas del día, y en los diferentes climas designamos con los nombres de *calor* y *frio*.

143. Desconocida la exencia intima del *calórico*, dos hipótesis se admiten acerca de su naturaleza. La de las *emisiones*, le considera como un fluido material, imponderable, que puede pasar de un punto á otro, y cuyas moléculas se encuentran en un estado continuo de repulsion: cada molécula tendria una porcion de materia ponderable y otra de este fluido imponderable, unidas por su mútua atraccion, gozando el fluido de la *facultad* de salir por la superficie de los cuerpos bajo la forma de rayos dirigiéndose con una velocidad inmensa sobre los cuerpos colocados á distancias.

En el sistema de las *ondulaciones*, se supone que depende el *calor* de un movimiento *vibratorio* de las moléculas de los cuerpos calientes, el cual se trasmite á las moléculas de los demas cuerpos por el intermedio de un fluido eminentemente *sutil y elástico* llamada *éter*, que llena todo el espacio vacío, así como los poros de los cuerpos, y en el cual se propaga á la manera que las ondas sonoras en el aire. Los cuerpos mas calientes serán aquellos cuyas vibraciones tienen mayor amplitud y rapidez; de suerte que la intensidad del calor no vendria á ser mas que la resultante de las vibraciones de las moléculas.

Segun la primera hipótesis, las moléculas de un cuerpo que se enfria pierden calórico, y en la segunda solo pierden movimiento. Esta última teoría es la mas admitida; sin embargo, la de la *emision* simplifica las demostraciones, por cuya razon se la prefiere en muchas explicaciones.

144. La accion general que el calórico produce sobre los cuerpos, consiste en desarrollar una fuerza que tiende a *dilatartos* primero; es decir, a que aumenten su volumen, y despues a cambiar su estado, pasando un sólido a líquido y este a fluido aeriforme.

El aumento de volumen que los cuerpos experimentan por la accion del calórico en igualdad de circunstancias, varia según el estado de aquellos; siendo muy considerable en los gases, menor en los líquidos y mucho menor todavía en los sólidos.

145. Para medir el calórico sensible de los cuerpos ó sea su *temperatura*, usamos de los *termómetros* que se fundan en la dilacion que sufren los cuerpos por la accion del calórico: como esta varia con la naturaleza de los cuerpos, serán diferentes los aparatos empleados en proporcion del calórico que se acumule.

Los termómetros de *gas*, ó *termóscopos* se usan para conocer acciones muy pequeñas: los de *sólidos* ó *pirómetros* para apreciar cantidades muy considerables de aquel agente; por último el caso mas frecuente, será el de estudiar las acciones intermedias ó ordinarias para las cuales hacemos uso de los termómetros de *líquidos*.

LECCION XLII.

Medida de las temperaturas: termómetros de Mercurio. Termómetro de máxima y mínima. Termóscopos. Pirómetros.

146. La *temperatura* de un cuerpo es el estado actual de su *calórico sensible*. Si este aumenta ó disminuye se dice que su temperatura sube ó baja. Los aparatos que usamos para medir las temperaturas y apreciar sus variaciones hemos dicho se llaman *termómetros*.

Los termómetros de líquidos son los de mayor uso, mereciendo la preferencia el *mercurio* y el *espíritu de*

vino, aquel por la dificultad en hervir, y este porque no se solidifica á ninguno de los frios conocidos.

Se compone el termómetro de un tubo capilar de vidrio, que en su extremo inferior lleva una esfera ó cilindro de mayor diámetro: el mercurio llena el depósito y se eleva á una pequeña altura en el tubo; una escala graduada da á conocer la dilatacion del mercurio.

Para introducir este liquido se calienta el tubo con una lámpara de espíritu de vino y se sumerge en seguida la extremidad abierta en un depósito de mercurio puro. Enfriándose el aire, la presión atmosférica obliga al liquido á elevarse en el tubo y depósito: introducido el mercurio se le calienta fuertemente y se cierra á la lámpara.

Falta la escala que permita medir la dilatacion del mercurio para deducir la cantidad de calórico que la ha producido. Para ello se toman dos puntos fijos, el uno corresponde á la temperatura de la *nieve ó hielo al fundirse*, en el cual el volumen del mercurio estará muy disminuido; el otro se refiere á la *temperatura de la ebullicion del agua*, en vasija metálica y presión media de la atmósfera; el aparato estará bañado del vapor que se origina, y libre enteramente de contacto con el liquido. El mercurio se habrá dilatado considerablemente: los dos puntos se dejan marcados en el tubo. Se fija una plancha á este, y señalados los puntos fijos, se divide la distancia en partes de igual longitud que designaremos *grados del termómetro*.

147. Las escalas generalmente usadas son tres: la una se debe á *Celsius*, y por el número de los grados en que está dividida se dice *centigrada*; el *cero* corresponde á la temperatura de la fusion de la nieve y el 100.° á la del agua hirviendo. La distancia de uno á otro punto comprende *cien* divisiones.

La de *Reaumur*, está dividida en 80.° grados: el 0.° es el punto de la fusion de la nieve y el 80.° el del agua hirviendo. La de *Fahrenheit* marca 32.° en el *hielo fundente* y 212 en el agua hirviendo: su 0.° es producido por una mezcla de partes iguales de hielo y sal amoníaco. Desde el 32.° al 212.° se hacen 180.° divisiones.

En todos los termómetros se pueden prolongar las escalas por la parte superior ó inferior, y las últimas divisiones darian los grados que se dicen bajo *cero*.

Dadas las relaciones sencillas de las anteriores escalas, es fácil conocido el grado de un termómetro saber el que marcaría uno de los otros dos en las mismas circunstancias.

Es necesario advertir que en el Farenheit, como el 0.^o de los otros es el 32.^o de este, se principia la comparación descontando dichos 32.^o

148. Los termómetros de *máxima* y *mínima* se usan para medir la temperatura de un subterráneo ó un pozo, ó bien para saber la *mayor* y *menor* temperatura de un día á otro.

En el de *máxima* el índice de acero se mueve con la dilatación del mercurio, y como al contraerse queda fijo, señala en la escala el mayor calórico que obró sobre el mercurio. En el de *mínima* el índice sigue la contracción del alcohol, pero al dilatarse queda fijo el índice en el punto á que descendió en el enfriamiento.

149. Los *termoscopos*, se usan para apreciar pequeñas cantidades de calórico. El *termómetro diferencial* de *Leslie* es un verdadero termoscopio. El tubo comunicante termina en dos esferas iguales, y el ácido sulfúrico coloreado se eleva á la misma altura, si por otra parte la cantidad y temperatura del aire son iguales.

Los grados de este aparato están tomados por comparación con un termómetro centigrado.

El *termoscopio* de *Rumford* es una modificación del anterior. Solo lleva una gota de ácido sulfúrico que se halla en la mitad del brazo horizontal: su cambio de posición tendrá lugar cuando varíe la temperatura del aire de una de las esferas, lo mismo que en el diferencial.

150. Los *pirómetros* se emplean para medir altas temperaturas. El de *Wedgwood*, es el más usado; consiste en un cilindro de arcilla que se contrae por la acción del calórico, lo cual la permite recorrer la escala fija á las tres reglas ligeramente convergentes que el aparato presenta. La escala comprende 240.^o el 0.^o de ella equivale al 500.^o del centigrado, y se calcula cada

grado pirométrico próximamente igual á 72.º centígrados.

LECCION XLIII.

Dilatacion de los cuerpos sólidos. Coeficiente de dilatacion. Aplicaciones de la dilatacion de los metales: péndulo de compensacion. Termómetro de Breguet.

151. Los cuerpos se dilatan por la accion del calórico cuando este aumenta, y sufren por el contrario disminucion en su volúmen, ó se *contraen*, cuando aquel agente disminuye. Este fenómeno general se observa en todos los cuerpos, y la aparente anomalia que presenta el cilindro de arcilla en el pirómetro descrito, se explica porque desaloja el calórico la humedad que retiene con fuerza aquella sustancia, siguiéndose una combinacion mas íntima entre sus elementos; circunstancias que motivan la reduccion del volúmen de la arcilla, hasta un límite dado, pasado el cual se presenta la dilatacion como en todos los cuerpos.

152. Si tenemos un anillo metálico y por su interior pasa una esfera de cobre á la temperatura ordinaria, observaremos al calentarla que la dilatacion sufrida no la permite pasar por el anillo; verificándolo cuando enfriándose vuelva á su primitivo volúmen. Este experimento debido á Md. Gravesande prueba la dilatacion que sufrió la esfera de metal que se hizo calentar.

Los diferentes cuerpos se dilatan desigualmente segun su estado: se comprende que así debe suceder, por la diferente atraccion molecular á quien la calorifica tiene que contrarrestar.

El aumento que experimenta la unidad de volúmen de un cuerpo considerado á cero, por la unidad de temperatura, se llama *coeficiente de dilatacion*. Este necesariamente debe ser diferente cuando varíe la naturaleza del cuerpo, y aun en uno mismo aumentará con la temperatura.

El coeficiente de dilatacion de los sólidos puede ser *lineal*, ó sea en una sola dimension; *superficial*, es decir, en dos dimensiones; y *cúbico* ó en volúmen. En el

mismo cuerpo, la dilatacion *superficial* es el duplo de la lineal, y respecto á la *cúbica* la esperiencia acredita que es el triplo de la dilatacion lineal. Para probar la dilatacion de un metal, por ejemplo, se le dá la forma de barra primática, de un metro de longitud, y fijando á sus extremos dos barrillas verticales, se la sumerge en una caja rectangular llena sucesivamente de hielo y de agua ó aceite cuya temperatura se eleva oportunamente: las distancias de las varillas verticales darian el aumento en longitud de la barra; la temperatura la indicará un termometro colocado en el liquido.

El método anterior atribuido á Ramsden difiere del que se debé á Lavoisier y Laplace por el modo de medir el aumento de longitud del cuerpo. Este último procedimiento mide una dilatacion de $\frac{1}{1000}$ de línea.

744

153. *Péndulos compensadores* son aquellos en los que la prolongacion de la barrilla, cuando aumenta la temperatura, está compensada de manera que permanece invariable la distancia del centro de oscilacion al de suspension, con lo que subsiste la ley del isocronismo. Para conseguirlo, la barrilla va interrumpida y se la fija á un bastidor de acero que lleva dentro otro de laton, apoyado en su base; la lenteja vá unida á una barrilla fija en la parte superior del bastidor de laton: cuando se dilata la barrilla, baja el cuerpo lenticular, pero el cuadro de laton precisamente se dilata por arriba; alza la masa unida á la barrilla, originándose la compension.

El *termómetro de Bregnet* se funda en la desigual dilatabilidad de los metales; es notable por su extraordinaria sensibilidad. Se compone de una hélice de dos milímetros de ancho, y constituida de tres metales plata, oro y platino, superpuestos y muy unidos. La plata que es el metal mas dilatante, forma la cara interna; el platino que es el menos dilatante, ocupa la cara externa, y en el intermedio el oro. El aumento de temperatura hace que se desarrolle la hélice, y la disminucion de aquella produce el efecto contrario: una aguja que va unida al extremo inferior de la espira, recorriendo las divisiones de un

limbo horizontal graduado por comparacion, con un termómetro de mercurio, nos dá la temperatura.

LECCION XLIV.

Dilatacion aparente y dilatacion real de los líquidos. Máxima densidad del agua. Dilatacion de los gases.

154. Los diversos grados de liquidez dependen, como ya hemos visto, de la atraccion molecular, fuerza que varía en los diversos líquidos; cada uno debe ofrecer diferente dilatacion para iguales cambios de temperatura. Estas dilataciones son siempre mayores que en los sólidos, *creciendo tambien su coeficiente con la temperatura.*

155. Deben distinguirse en los líquidos dos especies de dilatacion, la *aparente* y la *dilatacion real*. La primera es el aumento de volúmen de un líquido contenido en una basija que tambien se dilata; la dilatacion *real* ó sea *absoluta*, es lo que aumenta el volúmen del líquido, haciendo abstraccion de la dilatacion de la vasija. Se comprende que el coeficiente de la dilatacion aparente es menor que el de la real: refiriendonos al mercurio, tendremos el coeficiente de la dilatacion aparente $\frac{1}{6480}$ de su volúmen á *cero*. El de la absoluta se consigue añadiendo á la aparente lo que corresponde á la dilatacion del va-

so, dando por resultado $\frac{1}{5550}$.

Se determina el coeficiente de dilatacion aparente de los líquidos, tomando un tubo de vidrio terminado en una esfera, y préviamente dividido en *milésimas partes* del volúmen de la misma. Llena esta esfera de líquido se coloca horizontalmente en un baño de líquido, cuya temperatura puede elevarse calentándole por la parte inferior: poniendo termómetros en el baño tendremos su temperatura, y la posicion de un *índice* de mercurio que se fija en el extremo de la columna líquida que se dilata nos dará su aumento de volúmen por cada un grado.

Tambien se mide el coeficiente de la dilatacion de un liquido tomando una ampolla de vidrio terminada en un cuello estrecho y un pequeño embudo, ofreciendo una *marca* en la mayor estrechez de aquel. Se le llena hasta la *marca* de un liquido á 0.° y se le pesa cuidadosamente: despues se hace calentar, y por la dilatacion sufrida, una parte del liquido pasará al embudo; se la separa y pesándole nuevamente, la diferencia de pesos es presa el valor de la dilatacion que sufrió.

Como el aumento de volumen por la accion del calórico lleva consigo la disminucion de la *densidad*, se comprende la necesidad en que se ve el fisico al ocuparse de esta de tener en cuenta la *temperatura*. De aqui la razon de fijar la de *cero* para la generalidad de los cuerpos, y en quanto á la de los gases se procura que se hallen á la misma presion.

Igual causa motiva la correccion de temperatura en el barómetro, porque su densidad disminuye aumentando el calórico, y la columna líquida pesando menos tiene que marcar mayor altura.

El agua no presenta su *máxima densidad* á la mínima temperatura, como parece sucede en los cuerpos; y pues que un sólido sumergido en ella pierde mas de su peso á 4.° centigrados, se deduce que á este grado es su *máximum de densidad*.

156. El coeficiente de dilatacion de los gases es mayor que en los líquidos, é *igual en todos ellos*. Se concibe que debe ser asi; por quanto en estos cuerpos la atraccion molecular es casi nula, y el calórico no teniendo fuerza que se oponga á sus efectos, favorece la repulsion molecular, carácter que distingue á las de los gases.

El primer procedimiento empleado en determinar la dilatacion de los líquidos sirve para los gases tambien. Se hace el vacio en la esfera y tubo; se llenará despues del gas que se necesita, y se pone una gota de mercurio dentro del tubo para separar del aire exterior el gas del aparato é indicar la dilatacion. El volumen

375

aumenta desde 0.° á 100.° $\frac{375}{1000}$ del primitivo, por tan-

to en un solo grado su coeficiente vendrá espresado por 0,00375.

LECCION XLV.

Cambio de estado de los cuerpos. Fusion: sus leyes. Calórico latente. Solidificación. Mezclas frigorificas.

157. Además de los fenómenos de dilacion el calórico puede dar origen á otros muy importantes; al de cambiar su estado de *sólido en líquido*, y de *líquido en fluido elástico*, cuando aquel agente aumenta, presentándose efectos contrarios cuando disminuye.

Quando el calórico actuando sobre un cuerpo sólido, llega á equilibrar su fuerza repulsiva sobre las moléculas á la de atraccion que las mantiene unidas entre si, en tal caso se comprende que el cuerpo cambia de estado teniendo lugar la *fusion*. Asi llamamos al tránsito de un sólido á líquido por la influencia del calórico. Esta se verifica á temperaturas muy diferentes en los diversos cuerpos: asi notamos que el *hielo* y la *cera* se funden fácilmente, el *hierro* y el *platino* con dificultad, habiendo sustancias como el *carbón* que no han podido fundirse por las mas altas temperaturas.

158. Estudiando el fenómeno se observa que el cambio de estado se verifica quando la accion del foco calorífico no cesa, continuando el cuerpo dentro de su inmediata esfera de actividad. Además la temperatura del cuerpo se eleva hasta adquirir la que se denomina *punto de fusion*: llegado este, se observan dos fenómenos muy importantes:

1.º Todo cuerpo entra en fusion á una temperatura constante, invariable á cada sustancia, si la presion es tambien constante.

2.º Durante la fusion y cualquiera que sea la intensidad del calórico, el cuerpo deja de elevar su temperatura, que permanecerá constante hasta que haya terminado la fusion.

Este último fenómeno indica una absorcion de *calórico*, durante la fusion, dentro de la masa fundente; cuyo

calórico, empleándose únicamente en producir el cambio de estado y haciéndose insensible al termómetro, se le da el nombre de *calórico latente*, para distinguirlo del que afectando á los termómetros y á nuestros sentidos se llama *calórico sensible*.

El hielo hace latente una cantidad considerable de calórico en el acto de su fusion; lo cual probaremos mezclando 1 kilogramo de agua á 79.º centígrados con otro kilogramo de nieve, y conseguiremos 2 kilogramos de agua á 0.º Los 79.º que desaparecen ó que no indica el termómetro se han empleado en fundir la nieve convirtiéndola en 1 kilogramo de agua á 0.º; deduciéndose que el calórico absorbido por la nieve al liquidarse seria capaz de elevar á 79.º la temperatura de un igual peso de agua.

Cuando se disuelve un sólido en un líquido mediante la reciproca afinidad de sus moléculas, tambien es absorbida una cantidad de calórico, circunstancia que esplica en general por qué determinan las disoluciones de las sales un descenso en la temperatura.

159. La *solidificacion ó congelacion* es el paso de un líquido á sólido por desprendimiento del calórico que el cuerpo absorbió al liquidarse. Dos leyes rigen tambien en este cambio de estado:

1.ª La solidificacion de cada cuerpo se verifica á una temperatura constante, que es precisamente la de su fusion.

2.ª Desde que principia hasta que termina la solidificacion no varia la temperatura del líquido.

Algunos líquidos como el *alcohol y el éter* no se solidifican aunque se les someta á los mayores frios conocidos.

160. Como en la fusion, el calórico sensible se convierte en calórico latente, este fenómeno debe producir un frío intenso. Tal es el objeto de las *mezclas frigorificas*. Si hacemos mezclar partes iguales de *nieve ó hielo machacado y sal comun* se produce un frío de 0.º á -17.º En algunas combinaciones químicas el calor desprendido se opone al descenso de temperatura, y la mezcla toma temperatura superior á la de los elementos, así 1

parte de nieve y 4 de ácido sulfúrico dan elevacion de temperatura, y frio si se mezclan en partes iguales.

LECCION XLVI.

Tránsito de un líquido á vapor. Vaporizacion. Fuerza elástica de los vapores. Diferencia entre gases y vapores.

161. Los líquidos abandonados á si mismos en el vacío, en el aire ó en otro gas cualquiera, disminuyen de volumen en general, concluyendo con desaparecer. El fenómeno se explica admitiendo que el líquido se ha convertido en vapor invisible. El vapor sera el fluido aeriforme en que por la accion del calórico se trasforman muchos líquidos como el agua y el alcohol. A estos líquidos los llamaremos *volátiles*, para distinguirlos de otros que no dan vapor á ninguna temperatura, por cuya razon se dicen *fixos*, tal sucede al *aceite*.

El cambio de estado de un líquido á vapor se llama en general *vaporizacion*; si la produccion del vapor es lenta y en la superficie se dice *evaporacion*, mientras que decimos *ebullicion* á la produccion rápida de los vapores en el interior de su misma masa.

Los vapores tienen fuerza elástica, y ejercen presiones mas ó menos considerables sobre las paredes de los vasos que los contienen.

Los vapores se forman en el vacío instantáneamente. En efecto, cuando se introduce una pequeña cantidad de líquido en un barómetro por medio de una pipeta encorbada, el líquido asciende por efecto de su menor densidad al través del mercurio, llega á la parte superior, y deprime instantáneamente la columna mercurial. Esta depression no puede atribuirse *al peso* del líquido introducido, porque el del agua, el alcohol ó el éter, es muy pequeño, comparado con la depression que experimentó el barómetro; no podrá ser atribuido sino al vapor formado por el líquido.

La *tension* del vapor se halla medida por la depression del mercurio en este barómetro, comparada con la altura de otro comun y ordinario que le está inmediato.

Los vapores de diferentes líquidos no tienen la misma

tension á una misma temperatura; así á la de 20.° la depresion producida por el vapor del agua es de 17 milímetros, de 60 la del vapor de alcohol, y de 400 la que ocasiona el del éter. Si la temperatura aumenta la tension se hace cada vez mayor, y si permaneciendo constante la temperatura, el liquido introducido en el barómetro está en algun exceso, es evidente que el vapor ha debido adquirir toda la tension de que es capaz á la temperatura ordinaria, y mientras esta no varie la tension del vapor permanecerá constante: es decir, para una temperatura determinada hay un limite en la cantidad de vapor que puede formarse en un espacio dado, y cuando se ha verificado decimos que el espacio está saturado de vapor.

Tambien influye en la porcion de vapor formado la capacidad del recinto: su tension no varía si la temperatura y naturaleza del liquido son constantes, pero aumenta ó disminuye el vapor cuando lo hace el recinto.

Para demostrar la influencia que tienen estas circunstancias, usamos un barómetro de cubeta profunda que al prepararle dejamos una pequeña parte del tubo sin mercurio, llenándole con el liquido cuyos vapores queremos examinar.

Los vapores tienen una tension máxima á cada temperatura de que no participan los gases permanentes, ó no liquidables: en estos aumentaría su elasticidad al disminuir la capacidad, y por el contrario si la capacidad aumentase disminuiría su elasticidad. Estos hechos prueban las analogías y las diferencias físicas que existen entre las propiedades de los gases y vapores.

Puede medirse la tension de los vapores á diferentes temperaturas; en las inferiores á 0.° el tubo barométrico está encorbado en la parte superior y rodeado de una mezcla frigorífica. Para medir la tension de 0.° á 100.° el barómetro de vapor se coloca dentro de un cilindro abierto por ambos extremos y que lleno de agua se hace despues calentar hasta la ebullicion. Para temperaturas mas altas de 100.° se coloca al liquido en una caldera resistente que lleve un termómetro y un manómetro para medir la tension.

162. Si los vapores ocupan espacios de diferentes temperaturas, que se comunican entre si, la tension se equilibra correspondiendo á la del recinto más frio. La fuerza elástica de la mezcla de vapores y gases es igual á la suma de la fuerza elástica de ambos, conservando el gas la elasticidad que corresponde á su volumen primitivo.

LECCION XLVII.

Evaporacion. Causas que influyen en la evaporacion. Ebullicion. Circunstancias que hacen variar en temperatura. Calórico latente del vapor del agua.

163. La conversion de un cuerpo liquido en vapor, se verifica absorbiendo calórico, y el liquido en el tránsito de estado presenta los fenómeos de la evaporacion ó de la ebullicion.

La *evaporacion* consiste en la formacion de vapores lentamente y á temperaturas moderadas. Suele decirse *espontánea*, porque se efectúa sin foco directo de calórico, tomando este fluido de la masa líquida ó cuerpos inmediatos produciendo siempre frio, como se observa hechando en la palma de la mano unas gotas de alcohol. Si la evaporacion tiene lugar en el vacío, el calórico libre del liquido disminuye por la formacion de los vapores, y si estos son producidos por el agua y absorvidos por el ácido sulfúrico, renovándose sin cesar la formacion de aquellos, el enfriamiento del agua llega hasta *solidificarla*.

Las causas que influyen en la evaporacion de un liquido son: 1.º la *temperatura* aumentando la evaporacion con la que tenga el liquido. 2.º la *presion atmosférica*: la evaporacion se aumenta en razon inversa de la presion que sufre el liquido. 3.º La *estension de la superficie*; siendo formados los vapores en la superficie del liquido, por esta razon será en proporcion de la estension de ella. 4.º La *cantidad de vapor del mismo liquido contenido en el aire*, observándose que cuando está saturado de vapor de agua, la evaporacion de este liquido será nula,

y que llegaría á su máximum en un espacio purgado de aquel. 5.º La *agitacion del air*; con efecto, si no se renueva este, llega á saturarse y cesá la evaporacion.

A esta se debe el que desaparezca el agua, despues de las lluvias, del terreno donde cayó. A la evaporacion efectuada en los mares, los lagos, los rios, y del suelo, deben su origen los vapores que se encuentran en la atmósfera y que condensados pueden constituir las nubes y resolverse luego en lluvia.

164. Se llama *ebullicion* la produccion rápida de vapor en burbujas que se forman en lo interior de las masas líquidas espuestas á la accion del fuego. Estas burbujas no se desprenden de la superficie líquida hasta que los vapores tienen una tension igual á una atmósfera; lo cual tendrá lugar á temperaturas diferentes, segun la naturaleza del liquido con que se opere.

El grado de calor que necesita un liquido para hervir, se llama *su punto de ebullicion*. Este varia segun diferentes circunstancias: 1.º *con la presion* que obra en la superficie: asi en el vacio y en las altas montañas, siendo menor la presion, hierven con mas facilidad; al paso que lo hacen muy dificilmente cuando como en la *marmita de Papin*, la presion sobre la superficie es mayor. 2.º *Con los cuerpos que tenga en disolucion el agua*: asi el agua saturada de sal comun hierve á 109. 3.º *La naturaleza del vaso*: siendo mas facil en uno metálico que en otro de vidrio. 4.º *De la profundidad de la masa*: como el vapor se forma en el fondo del vaso se comprende que para desprenderse tiene que vencer la presion atmosférica, aumentada con la columna líquida que gravita sobre dicho fondo.

Cuando los líquidos hierven presentan dos fenómenos: el 1.º es que la ebullicion de un liquido se efectua siempre á una misma temperatura, si está colocado en las mismas circunstancias: el 2.º fenómeno consiste en que la temperatura del liquido permanece constante, en tanto dura la ebullicion, cualquiera que sea la cantidad de calórico que se le comunique. Este fenómeno hace ver que el calórico absorbido por el liquido se hace latente.

165. El calórico latente del vapor de agua se aprecia observando el que hace libre al condensarse ó sea en su regreso al estado líquido. De los esperimentos resulta que cuando el vapor abandona su estado elástico, pone en libertad una cantidad de calórico capaz de elevar á 540° una igual porcion del mismo líquido á 0° ; ó de 1° una cantidad de líquido 540 veces mayor.

Este número espresa el calórico latente del vapor de agua á la temperatura de 100° que es la ordinaria de su formacion; pero el calórico total será 640° , suma de ambos.

LECCION XLVIII.

Estado esferoidal. Densidad de los vapores. Licuefacción de los vapores y gases. Gases permanentes. Tubos de seguridad.

166. Si un líquido se pone en contacto con un vaso metálico cuya temperatura sea excesivamente superior á la de ebullicion de aquel, el líquido toma una figura *esferoidal*; se mueve con una rapidez notable, no entra en ebullicion y se evapORIZA con lentitud. En el *estado esferoidal* los líquidos tienen temperaturas inferiores á su punto de ebullicion, y varía con la naturaleza de aquellos. En el agua se verifica á $95^{\circ} 5$ y en el alcohol á $75^{\circ} 5$.

El *estado esferoidal* se explica por la repulsion probable entre las paredes del vaso fuertemente calentado y la masa líquida, admitiendo que el globo líquido se halla sostenido á distancia de la vasija por la tension del vapor que se produce en su superficie; no se calienta el líquido por contacto, sino tan solo por radiacion, y de aqui su menor temperatura.

167. La densidad de los vapores no puede determinarse por el procedimiento que hemos descrito para los gases. Como la mas ligera presion ó débil enfriamiento que se opere en un vapor, basta para liquidar una parte, por esta circunstancia exige el empleo de un procedimiento diferente. El debido á M. Gay-Lussac, se reduce á determinar el volumen de vapor que produce, á la temperatura de la ebullicion, un peso dado de liqui-

do. Úsase al efecto una ampolla de vidrio que pesada primero vacía y despues con el liquido, nos dará el peso de este: hecho esto se cierra á la lámpara el tubito en que termina, y se la introduce en una campana de vidrio, dividida en partes de igual capacidad, de altura de unos 30 centímetros, y que llena de mercurio está invertida sobre un vaso de mayor diámetro que tambien contiene mercurio. Si calentamos el vaso donde está invertida la campana, se trasmite el calórico al liquido de la ampolla, lo vaporiza y en el estado elástico que adquiere, obliga al mercurio á descender de la campana, pudiendo medirse su volumen con facilidad.

167. La *licuefacción* ó condensacion de los vapores, es su paso del estado aeriforme al de liquido. Esta tiene lugar en un espacio saturado de vapor, por el mas ligero descenso de temperatura ó el mas leve aumento de presión: si el espacio no está saturado puede sufrir sin liquidarse un descenso de temperatura y disminucion de volumen. Tambien se liquidan los vapores por la absorcion que ejercen sobre ellos ciertos líquidos.

El enfriamiento es la accion comunmente empleada para liquidar los vapores, á cuyo efecto se les pone en contacto con un cuerpo frio, por medio de la *destilacion* de ordinario.

La *destilacion* tiene por objeto, separar un liquido volátil de las sustancias fijas que tiene en disolucion; ó bien dos líquidos desigualmente volátiles. Los aparatos usados con mas frecuencia son el *condensador* de Liebig y el *atambique*, de los que nos servimos para destilar el agua y otros líquidos.

Tambien se ha conseguido liquidar considerable número de gases empleando al efecto fuertes compresiones y escescivos frios. Entre estos se cuenta el gas cloro, el amoniaco, los ácidos carbónico y sulfuroso y otros varios cuerpos, á todos los que se les designa con el nombre de *gases no permanentes*, reservando el de *permanentes* á los que como el oxígeno, hidrógeno, nitrógeno y óxido de carbono, conservan su estado aeriforme á todas presiones y á los frios mas intensos que se han podido producir hasta el dia.

168. Los tubos de seguridad son aparatos empleados para evitar la absorcion en varias operaciones de la *química*. Se efectúa cuando en algunos aparatos se preparan gases, y en un momento dado su tension es *menor* que la presión de la *atmósfera*, que obrando sobre el líquido, á donde llegan los gases, penetra en la vasija, por el exceso de presión del aire. La disposición de los tubos evita este incidente.

LECCION II.

Calorimetría. Unidad de calor. Capacidad calorífica. Calórico específico de los cuerpos, y medios empleados para medirlo.

169. La *Calorimetría* tiene por objeto medir la cantidad de calórico que ceden ó absorven los cuerpos cuando su temperatura baja ó sube, ó bien cuando pasan de un estado á otro.

Se admite como *unidad de calor*, la cantidad de calórico necesaria para elevar de $0.^{\circ}$ á $1.^{\circ}$ la temperatura de un kilogramo de agua.

Calórico específico decimos á la cantidad de calórico que un cuerpo absorbe cuando su temperatura se eleva de $0.^{\circ}$ á $1.^{\circ}$ comparada con la que en el mismo caso absorvería un igual peso de agua.

No todos los cuerpos poseen la misma cantidad de calórico en la unidad de masa y de temperatura: así la mezcla que se hace con un kilogramo de agua á $0.^{\circ}$ y otro de mercurio á $100.^{\circ}$, la temperatura de la mezcla es próximamente de $3.^{\circ}$; de donde deducimos, que la cantidad de calórico que hace subir la temperatura del agua en $3.^{\circ}$ es igual á la que en el mercurio le hace subir á $97.^{\circ}$; de lo que resulta, que la capacidad calorífica, ó calórico específico de los cuerpos, está en razon inversa de las variaciones de temperatura.

Tres son los métodos que se pueden seguir para determinar el calórico específico de los cuerpos: el de las *mezclas*; el de la *fusión del hielo*, y el del *enfriamiento*.

El primer método consiste en mezclar dos cuerpos de temperaturas determinadas y pesos conocidos, ob-

servando la que corresponde á la mezcla. Como la comparacion es con el agua, se hace que este liquido éntre en todas las mezclas, como cuerpo frio.

El método de la fusion del hielo ha dado lugar al *calorímetro* de Lavoisier y Laplace. Este consiste en tres vasos cilindricos y concéntricos que dejan entre sí dos espacios anulares, y una capacidad en el interior de aquellos vasos. Si se coloca el cuerpo, cuyo calórico específico se quiere determinar, en la vasija interior, y se pone hielo machacado en los espacios anulares, si tiene una temperatura de $100.^{\circ}$ se enfriará poco á poco, funde una parte del hielo y llega al cabo de algun tiempo á una temperatura de $0.^{\circ}$ El calor cedido por el cuerpo será proporcional al peso del agua que proviene de la fusion del hielo; este liquido se recoge abriendo la llave del fondo del aparato.

Si el cuerpo de que se trata fuese un liquido, se la introduce en una vasija de calórico específico conocido, y descontando del resultado la parte que corresponda á esta, podremos deducir la capacidad del liquido.

170. El método del enfriamiento consiste en observar lo que tardan los cuerpos en perder una misma temperatura, colocados en un recinto frio y en condiciones enteramente iguales: sus calóricos específicos serán proporcionales á los tiempos empleados en el enfriamiento.

171. El calórico específico del aire y de los gases se determina haciéndolos pasar, con temperatura y velocidad constante, al través de un serpiente rodeado en el exterior de agua fria. Esta se calienta por el calórico que abandona el gas, y la mayor ó menor variacion de temperatura del liquido dará los calóricos específicos con relacion al aire.

Los resultados de la *calorimetría* son muy importantes para explicar fenómenos notables como la radiacion y conductibilidad calórica.

LECCION I.

Dinámica del calórico. Conductibilidad calorífica de los cuerpos sólidos, líquidos y fluidos aeriformes.

172. En la *dinámica del calórico* se estudia la *velocidad* de propagación de este fluido, su *dirección*, *diferencias* que presenta en dirección y velocidad, y *disminución* de sus efectos cuando aumentan las distancias y cuando cruza espacios llenos ó vacíos.

173. Se llama *conductibilidad* á la propiedad que tienen los cuerpos de transmitir mas ó menos fácilmente el calórico por el interior de su masa. Si el paso de este fluido se verifica á distancias, el fenómeno se llama *radiación*.

Los cuerpos que conducen fácilmente el calórico por entre su masa, se llaman *conductores*, tales son los metales; y *malos conductores* á los que ofrecen mayor ó menor resistencia á la propagación del calórico; como las maderas, el carbon y en especial los líquidos y gases.

174. La conductibilidad debe verificarse por radiación molecular, toda vez que las moléculas no están en contacto; y se trasmite de capa en capa, como lo prueba el irse haciendo sensible sucesivamente en las diversas secciones del cuerpo.

La conductibilidad calorífica se compara por el aparato de Ingenboux, en el cual se colocan barrillas de iguales dimensiones de plata, cobre, hierro, zinc, estaño, mármol, vidrio y madera, cubiertas todas de una capa ligera de cera; se colocan en una caja rectangular de cobre, y echando en ella agua hirviendo, las extremidades de todos los cilindros se calientan igualmente; y la conductibilidad es tanto mayor cuanto se haya difundido aquella á mayor distancia de la caja.

Los *poderes conductores* de los cuerpos se miden por el aparato de M Despretz, con el cual se prueba que si las distancias al foco calorífico crecen en progresion aritmética, las temperaturas del aire ambiente decrecen en progresion geométrica.

175. Los líquidos son peores conductores del calor que los sólidos: lo cual se prueba colocando sobre el agua, por ejemplo, una capsula flotante con éter, ó alcohol, que haremos inflamar; observando que el calor producido en la superficie no se hace sensible en un termómetro colocado horizontalmente en una abertura lateral del vaso, y cuya esfera está de 4 á 5 líneas de distancia á la superficie. El calorico encuentra dificultad de propagarse por una capa de agua de 4 ó 5 líneas de espesor por su imperfecta conductibilidad. La uniformidad de temperatura que se establece con prontitud en las masas líquidas calentadas por el fondo, es debida al doble movimiento de moléculas calidas que ascienden por las paredes del vaso, y de otras frias que descienden por el centro del mismo.

Los gases son peores conductores que los líquidos, y para probarlo es preciso impedir el establecimiento de corrientes, lo cual se consigue introduciendo en el vaso donde está el gas algodón en rama, plumazon etc. Así se observa el tiempo que tarda un termómetro colocado en su interior en elevarse cierto número de grados.

176. De las propiedades indicadas se hacen aplicaciones en el uso de dobles vidrieras en los países del norte; las pieles y borras en los trages de invierno para evitar la pérdida de calor por el aire interpuesto. En otras para diluirlo, usamos los metales en los tubos de las estufas para que propaguen el calorico.

LECCION LI.

Calórico radiante. Leyes de la radiacion. Intensidad del calorico radiante. Ley de Newton sobre el enfriamiento.

177. Si dos cuerpos tienen temperaturas diferentes, su calorico tiende al equilibrio, por conductibilidad cuando estan en contacto, ó por radiacion cuando estan separados.

El calorico que se propaga á distancias se designa con el nombre de calorico radiante, y con el de rayo calorifico la linea recta que sigue el calorico al propagarse al través del espacio.

178. Cuando un cuerpo está colocado en un recinto de diferente temperatura que la suya, por la tendencia al equilibrio, el cuerpo mas caliente comunicará al otro una parte de su calórico libre, y en su radiación observaremos: 1.º Que se trasmiten los rayos caloríficos en todas direcciones al rededor de los cuerpos; así que los termómetros que se coloquen á igual distancia, y en diferentes posiciones, respecto al cuerpo caliente, marcan igual temperatura. 2.º Que se propaga en línea recta en un medio *homogéneo*. Si se interpone una pantalla en la recta que une un termómetro con el foco calorífico, el aparato deja de sentir su influencia. 3.º Que la *intensidad* del calórico está *en razón inversa* del cuadrado de la distancia. Ley general de los efectos de una fuerza que obra desde un punto central cualquiera.

El teorema que en cuestión semejante daremos á conocer en la óptica, puede servir para demostrar esta ley.

En la radiación del calórico se admite que la emisión del agente calorífico tiene lugar á todas temperaturas y en todas direcciones: pero el cuerpo que tiene temperatura mas alta, *se enfria* porque los rayos que emite son mas intensos que los que recibe; y por el contrario el de menor temperatura, *se calienta* por la mayor intensidad de los rayos que le llegan: si las temperaturas son iguales en ambos cuerpos, cada uno emite tanto como recibe, y por eso permanece constante la temperatura.

La cantidad de calórico perdida ó absorbida por un cuerpo en un segundo de tiempo, es tanto mayor cuanto mas considerable es la diferencia de su temperatura sobre la del recinto: cuando esta no escede de 15.º á 20.º podemos admitir la ley de *Newton* que nos dice: «la cantidad de calórico que un cuerpo gana ó pierde, por segundo, es proporcional á la diferencia entre su temperatura y la del recinto.»

179. Con relacion al calórico radiante, pueden ser estudiados los cuerpos por su facultad *emisiva*, ó de radiar calórico, *enfriándose*; por la de *reflejarle* ó rechazarle; por la de *absorverle*, ó calentarse; y por último,

por la de *trasmítirla por entre su masa sin calentarse sensiblemente.*

El *poder emisor* de los cuerpos, es su propiedad de emitir en igualdad de temperatura y superficie, una cantidad mayor ó menor de calórico. Varía en los diferentes cuerpos, siendo mayor en general cuando las *temperaturas son elevadas*, y las superficies mas *ásperas ó mates*:

Como el calórico específico varía en los cuerpos, se comprende que la radiación sea proporcional con la cantidad de aquel, supuestas iguales las demás circunstancias. La segunda causa modificante es una consecuencia de lo que hemos consignado en el *enfriamiento*.

En cuanto á la influencia del estado de la superficie, se prueba observando que en el cubo de Leslie, poniendo agua hirviendo, emiten mas calórico las caras mates ó negras sobre el termómetro diferencial colocado delante de un espejo cóncavo, en el que se hizo caer el calórico emitido por el cubo.

LECCION LIII.

Reflexion del calórico: facultad reflectante. Facultad absorbente.

Trasmision del calórico radiante. Diatermancia y atermancia.

Aparato de Melloni.

180. Cuando los rayos caloríficos caen sobre la superficie de un cuerpo, una parte penetra en lo interior del mismo y otra es *rechazada ó reflejada*; esta *reflexion* va acompañada de dos leyes: 1.^a *el ángulo de reflexion es igual al de incidencia*: 2.^a *el rayo incidente y el reflejado están en un mismo plano perpendicular á la superficie reflectante.* La demostracion experimental de estas leyes se electúa disponiendo dos espejos parabólicos uno en frente del otro, del modo que teagan un eje comun: en el foco de uno se colocan unos carbones encendidos, y un pedazo de yesca en el otro foco; y como por la propiedad de la parábola, los rayos reflejados en el primer espejo saldrán paralelos al eje, y encontrando con igual paralelismo el segundo espejo, serán refleja-

dos, reuniéndose en el foco, inflamarán la yesca aunque su distancia sea de 8 á 12 varas.

Si el carbon encendido lo sustituimos con *hielo* ó *nieve*, colocándolo un termómetro en el foco del otro espejo, bajará su temperatura; efecto de que el termómetro emite más calórico que el que recibe, y debe sufrir enfriamiento.

La *facultad de reflejar* el calórico es muy notable en los metales pulimentados, en especial el mercurio y el cobre, siendo muy pequeña en la tinta de china y el negro de humo.

181. El *poder absorbente de los cuerpos*, es la propiedad que poseen de dejar penetrar en su masa una porción mayor ó menor del calórico incidente: está siempre en orden inverso al reflectante; pero no son complementarios ambos poderes, en razón á la pérdida, por reflexion en todas direcciones, que se dice *calórico difuso*. Esta facultad se modifica por causas iguales que la encisiva, y en general se observa que *el cuerpo que mas emite mas absorbe*.

182. Los rayos calóricos pasan al través de ciertos cuerpos sin calentarlos sensiblemente; otros estan privados de aquella propiedad mas ó menos completamente. Melloni llama *diatermos á los cuerpos que dejan pasar libremente el calórico radiante*; y *atermos á los cuerpos que detienen completamente al calórico radiante*.

En estas cualidades influyen varias causas, siendo las principales la *naturaleza de la sustancia que atraviesa el calórico*; su *espesor* y la *intensidad del foco calórico*.

Con el aparato inventado por Melloni para determinar la diatermancia, se ha probado que los cuerpos mas *diatermos* no son siempre los mas *diatermos*; la sal gema y el espeto de islandia siendo muy permeables al calórico lo son poco á la luz, y vice-versa el hielo y el sulfato de alumina. La cantidad de calórico que atraviesa por una sustancia diaterma, decrece cuando aumenta el espesor y se observa que el calórico transmitido disminuye con la temperatura del foco, siendo nula si éste solo tiene 100.º

El calórico puede dar origen á fenómenos parecidos á los que en la óptica llamaremos de *refraccion* y *polarizacion*. Estos se comprenderán mejor en el tratado de la luz.

LECCION LIII.

Aplicacion de la fuerza elástica del vapor del agua. Máquinas de vapor, Descripcion de una máquina de vapor de Watt. Locomotoras. Barcos de vapor.

183. Las máquinas de vapor son aparatos fundados en la elasticidad del vapor de agua; su aplicacion es notable en el siglo actual, con grandes ventajas para el comercio é industria. En las máquinas generalmente usadas, el vapor imprime á un *émbolo* ó *piston*, un movimiento rectilíneo, que por medio de cierto mecanismo se transforma despues en *circular*.

184. En toda máquina de vapor observamos el *generador* ó *caldera* donde tiene origen el vapor del agua que constituye el *motor* ó *fuerza*; y un cuerpo de *bomba* con su *piston* que recibe el impulso. Lleva la caldera como partes principales, *válvulas de seguridad* y *manómetros*; para apreciar la tension del vapor; *silbato de alarma*, y *flotador* para indicar el nivel del agua.

185. Las máquinas de vapor se suelen dividir en tres clases:

- 1.ª Atendiendo á la manera de obrar el vapor.
- 2.ª Por el efecto mecánico útil que se puede sacar de la fuerza expansiva del vapor.
- 3.ª Por las modificaciones que puede sufrir el mismo vapor despues de producir su efecto.

En la 1.ª clase notamos, que en algunas máquinas el piston tan solo recibe el impulso del vapor en *una superficie*, y vuelve por el mismo camino por la presión atmosférica ó por el peso de algunas piezas del aparato, recibiendo el nombre de máquinas de *simple efecto*; se dicen de *doble efecto* si el vapor obra sobre las dos caras del piston. Si este recorre una parte de su trayecto por la fuerza del vapor, continuando despues por la ten-

sion del mismo, se dice entonces la *máquina expansiva*.

En la 2.^a clase, se comprenden máquinas cuyo vapor tiene una fuerza elástica muy poco superior á una atmósfera, y se dicen de *baja presion*; otras de presion comprendida entre 2 y 4 atmósferas, llamadas de *presion media*; y por último, de *alta presion* si la tension del vapor escede de 4 atmósferas.

Las de la 3.^a clase, unas son de *condensacion*, si el vapor despues de producir su efecto se condensa poniéndolo en contacto con un depósito de agua fria, y otras son sin *condensacion*, en ellas el vapor que ya obró su efecto pasa y se pierde en la atmósfera.

186. En una máquina de vapor de Watt, las partes principales son: 1.^o El *generador* que se halla en comunicacion con el aparato motor. El vapor produce doble efecto y despues se condensa. 2.^o La *válvula en D*, por cuyo medio se distribuye el vapor sobre y bajo del piston. 3.^o El *paraletógramo*; palancas articuladas destinadas á mantener la varilla del piston en la direccion del eje del cilindro. 4.^o El *volante* que sirve para regularizar el movimiento de la máquina, aun variando la fuerza motriz. Consiste generalmente en dos ruedas ó masas pesadas. 5.^o La *escéntrica*, pieza circular unida al eje del volante; da movimiento á la válvula en D. 6.^o El *regulador*: son dos péndulos unidos entre si por dos laminatas de hierro articuladas, las cuales por la rotacion mas ó menos rápida de la máquina, y por la fuerza *centrifuga* desarrollada, se desvian recorriendo un arco de circunferencia que espresa la fuerza motriz de vapor.

187. Llámanse *locomotoras*, á unas máquinas de vapor de alta presion y sin condensacion, montadas sobre el armazon de un carruage, que se mueven por si mismas, trasmitiendo el movimiento á las ruedas. Estas máquinas proporcionan facilidad para mover *enormes masas con notable velocidad*.

Si en las máquinas de vapor se suprime el condensador y el volante, y se remplaza este por dos grandes *ruedas de paletas en los extremos del eje*, se tienen las máquinas empleadas en la *navegacion*.

LECCION LIV.

Principales Orígenes del calor: acciones físicas, químicas y mecánicas.

188. Los manantiales, ó sea orígenes principales del calor, son físicos, químicos y mecánicos.

MANANTIALES FÍSICOS.

189. La radiación solar. Todos los cuerpos aumentan de temperatura cuando se hallan espuestos á la acción de los rayos solares. Para medir la cantidad de calor que anualmente emite el sol, M. Pouillet recomienda el uso del *pyrheliómetro*; afirmando que es tal, que podría fundir una capa de hielo que cubriera la tierra teniendo aquella un espesor de 31 metros.

Los efectos de los rayos caloríficos solares varían en casos dados; aumentando sobre un cuerpo, cuando se aproximan á la dirección perpendicular de su incidencia, y en los períodos del año que llamamos verano ó invierno, ó en las diferentes horas del día.

Calor terrestre. El globo terrestre posee un calor propio que se designa *calor central*. Observando la temperatura en las minas profundas se nota que aumenta en un grado por cada 30 ó 40 metros que se ganan en profundidad, debajo de la línea que llamaremos *capa invariable*; lo que ha dado lugar á la suposición de que la tierra puede considerarse como un cuerpo muy caliente, que ha ido enfriándose poco á poco á partir de la superficie, por efecto de la radiación hácia los espacios celestes, pero que conserva en su interior una temperatura muy elevada todavía.

Cambio de estado. Siempre existe desprendimiento de calórico, ó se convierte el calórico latente de los gases y vapores en calórico libre, cuando se liquidan, sucediendo lo mismo cuando los líquidos se solidifican.

Corrientes eléctricas. Las corrientes eléctricas producen intenso calor: pueden fundir el oro, la plata y otros metales que necesitan temperaturas muy elevadas.

MANANTIALES QUIMICOS.

Combinaciones químicas. Toda combinación química va unida á desprendimiento de calor. Si la combinación es lenta, como la oxidación del hierro al aire, el calor es insensible, pero es muy notable si se efectúa con rapidez, mediando entonces *combustión*. Así llamamos á toda combinación química que se efectúa con desprendimiento de calor y luz. A la de la madera, carbon etc. debemos el calor que necesitamos para nuestros usos domésticos y artísticos. A una combinación química se debe casi todo el calor animal, que en el hombre es de 36.º 6 en estado de salud completa.

MANANTIALES MECANICOS.

191. *Compresion.* Los gases y los sólidos al comprimirlos violentamente, desprenden un calor abundante. El aire atmosférico reducido bruscamente al quinto de su volúmen, desprende calor suficiente para inflamar la yesca.

La *percusión* del acero sobre el pedernal produce un calor que facilita la combinación del oxígeno del aire con las partículas de acero desprendidas, presentando además una luz muy viva: se ha utilizado para inflamar la yesca.

El *frotamiento*. Todos los cuerpos se calientan con el frote: dos pedazos de madera seca frotados vivamente, concluyen con inflamarse: si se hacen frotar dos pedazos de hielo, adquieren temperatura suficiente para llegar á fundirse.

LECCION LV.

Optica. Hipótesis sobre la naturaleza de la luz. Cuerpos luminosos, diáfanos, traslucientes y opacos. Trasmisión y velocidad de la luz.

192. Con el nombre de *óptica* designamos la sección de la física que tiene por objeto el estudio de la luz, ó del agente que actuando sobre el sentido de la vista nos

pone en comunicacion con los objetos distantes, dándonos á conocer sus colores, forma y posicion.

A la luz se la ha supuesto tambien como un agente incohercible é imponderable, como el calórico, con la diferencia de que existe fuera de los limites de nuestro globo y en los espacios insondables del universo: circunstancia que no presenta este fluido.

Fluido *luminico* llaman algunos á la causa de la luz, -193. Para esplicar los fenómenos de la luz, se admiten, como para el calórico, dos hipótesis, porque su naturaleza es desconocida: hay un hecho que nos acerca al conocimiento de la esencia de aquel fluido, tal es el de no tener origen sino de cuerpos materiales.

En la 1.^a hipótesis, de las *emisiones*, el fluido luminoso es material; se desprende en moléculas muy ténues y de una *elasticidad perfecta*; sale de los cuerpos luminosos en todas direcciones, y penetrando en la vista humana da origen á la vision. En la 2.^a, hipótesis de las *ondulaciones*, se admite que las moléculas de los cuerpos luminosos estan animadas de un movimiento vibratorio escesivamente rápido que se comunica á un fluido *sutil y elástico*, difundido por todo el universo y que se llama *éter*: una conmocion en un punto de este, se propaga como el sonido en el aire por esferas concéntricas y en todas direcciones. Esta hipótesis es la actualmente adoptada en la óptica.

-194. Segun la hipótesis de las emanaciones, un cuerpo será luminoso cuando desprenda moléculas del fluido luminoso; ó lo será cuando pueda conmovier al *éter* y producir vibraciones que se trasmitan á largas distancias. Aunque un cuerpo no sea luminoso, podrá ser visible cuando *refleje* la luz que llega á su superficie.

-195. Decimos cuerpos *diáfanos* ó *transparentes* á los que dan fácilmente paso á la luz por entre su masa, y al través de los cuales se ven los objetos, con claridad; como el agua y el vidrio pulimentado. Llamamos *trascucientes* á los que permiten paso á la luz en corta porcion, por lo cual no puede á su través reconocerse la forma de los objetos; como el papel y vidrio sin pulimento.

Cuerpos *opacos* son los que no dan paso á la luz; á su

través no se pueden distinguir los objetos: la madera y los metales, son opacos.

La *diáfandad* y la *opacidad* no son absolutas, dependiendo del espesor que la luz atraviese y de la naturaleza del cuerpo.

196. Se llama *rayo luminoso*, la línea recta que sigue la luz al propagarse: un conjunto de rayos que parten de un mismo origen, se dice *haz luminoso*. Este diremos *esparato*, si los rayos lo son; *divergente*, cuando los rayos se desvían entre sí, y *convergente* cuando concurren hácia un mismo punto.

La trasmisión de la luz se verifica en línea recta, cuando el medio es *homogéneo*; interponiendo entre la vista y el cuerpo luminoso una pantalla opaca y que tenga un orificio en el centro, dejaremos de percibir aquel, á menos de no colocar el orificio de la pantalla en la recta que una el ojo y el cuerpo luminoso.

197. La velocidad de la luz fue determinada por Roemer y Casini, fijándola en 80,000 leguas de 4 kilómetros por cada segundo de tiempo; al efecto se sirvieron del tiempo que media entre las ocultaciones del primer satélite de Júpiter en el cono de sombra que este proyecta detrás de sí.

LECCION LVI.

Intensidad de la luz. Fotómetros. Sombra y penumbra: su determinación gráfica y experimental.

198. Las sensaciones que la luz produce en el órgano de la vista, cuando llega á la superficie de los cuerpos oscuros, varía con la distancia al foco luminoso: la observación enseña, que la intensidad de la luz está en *razón inversa* del cuadrado de la distancia.

Supongamos un cuerpo luminoso en el centro de dos esferas concéntricas; cada una de ellas recibe la misma cantidad de luz, y como, según un teorema geométrico, las superficies esféricas son como los cuadrados de los *radios*, la cantidad de luz recibida por una misma porción de cada una de ellas, será recíprocamente pro-

porcional á los cuadrados de estos radios , 6 sea distancias al cuerpo luminoso. Si la esfera exterior tiene un radio doble, debiendo ser cuatro veces mayor la superficie , la luz recibida tendrá una intensidad cuatro veces menor , pues que ilumina un espacio cuatro veces mayor.

Depende tambien la intensidad de la luz de la inclinacion de sus rayos respecto á la superficie del cuerpo sobre que cae , demostrándose que es proporcional al seno del ángulo que forman los rayos luminosos con la superficie iluminada.

199. Llamamos *fol6metros* unos aparatos propios para comparar la intensidad relativa de dos luces. El mas generalizado está reducido á obtener con un mismo cuerpo opaco , y sobre una pantalla blanca , dos sombras de igual intensidad , apreciando , por la distancia respectiva de cada una de las dos luces que iluminan al cuerpo opaco que es causa de las sombras , las intensidades relativas de dichas luces.

200. Llamamos *sombra* de un cuerpo , la parte de espacio donde aquel impide que penetre la luz.

El tránsito del espacio iluminado a la verdadera sombra , no es brusco : presenta zonas mas 6 menos iluminadas que constituyen la *penumbra*.

Las sombras son verdaderos volúmenes geométricos : su forma varía segun la magnitud de los cuerpos luminoso 6 iluminado y su respectiva posicion. Supongamos ambos esféricos y mayor el cuerpo luminoso ; para determinar la sombra , tiraremos tangentes á los dos cuerpos , a partir desde el luminoso , y estas nos marcaran el volúmen y limite de la sombra y del espacio iluminado. Si las tangentes supuestas se cruzan en el intermedio de los cuerpos , su prolongacion en sentido del opaco da la forma de la *penumbra* , constituida por la serie de puntos al rededor de la sombra , donde principia a verse el cuerpo luminoso y concluye de verse todo entero.

201. Si los rayos de luz penetran en una *cámara oscura* por un orificio pequeno , transmitidos en linea recta , daran origen a imágenes que se presentan invertidas , y

su forma igual á la de los objetos exteriores, independiente de la forma del orificio.

LECCION LVII.

Catóptrica. Leyes de la reflexion de la luz. Espejos planos: imágenes en los mismos. Espejos angulares y paralelos.

202. Llámase *catóptrica* la parte de la física que estudia las leyes de la reflexion de la luz sobre las superficies planas ó curvas, y la formación de las imágenes en los espejos.

Cuando la luz llega á la superficie de un cuerpo pulimentado, es reflejada siguiendo las mismas leyes que el calorico: 1.^a el ángulo de reflexion es igual al de incidencia; 2.^a los rayos incidente y reflejado estan en un mismo plano perpendicular á la superficie reflectante.

Se demuestran estas dos leyes haciendo uso de un círculo graduado cuyo plano es vertical: en el centro se coloca un pequeño espejo horizontal, sobre el cual se hace caer un haz de luz con una inclinacion determinada, con relacion á la normal levantada en el punto en que la luz toca al espejo, lo que constituye el ángulo de incidencia: despues de la reflexion el haz conserva igual inclinacion con la normal.

Si bien la mayor parte de la luz se refleja bajo las leyes indicadas, otra porcion lo hace *irregularmente*, y es la que nos permite ver el cuerpo reflectante desde diferentes posiciones.

203. La intensidad de la luz reflejada crece con el valor del ángulo formado con la normal á la superficie reflectante, y en proporcion del pulimento.

Se da el nombre de *espejos* á los cuerpos bien pulimentados que hacen ver, por reflexion de la luz, los objetos que se les presentan. Se llama *imagen* la reproduccion de un objeto.

Los espejos se les divide por razon de su forma en planos, esféricos, cilindricos etc.

204. En los espejos planos, la imagen producida es simétrica relativamente al objeto, y aparece detrás del

espejo á una distancia igual á la que delante tiene el cuerpo. Si de un punto colocado delante de un espejo salen rayos de luz propia ó reflejada, después de la reflexión, serán divergentes, y solo la prolongacion de los que penetren en la vista del observador se reunirán en un punto que llamaremos su *foco virtual*, que será en donde verá la imagen del cuerpo.

Si los rayos son perpendiculares al espejo, reflejándose con las mismas condiciones geométricas, serán paralelos á los incidentes, y las imágenes exactamente iguales á los objetos. Si los rayos caen con un ángulo de 45° los reflejados la conservan, y como el centro virtual está detrás del espejo, el objeto y su imagen formarán un ángulo de 90° ó sea doble del que el espejo forme con ellos.

En los espejos *angulares* se forman por reflexiones sucesivas, tantas imágenes *menos una*, cuantas veces el ángulo formado por los espejos esté contenido en 360° . En los *paralelos*, como el valor del ángulo es 0° , el número de imágenes será infinito, y si no llega á serlo, consiste en la gran pérdida de luz en las reflexiones sucesivas.

LECCION LVIII.

Reflexion de la luz sobre las superficies curvas: Espejos cóncavos y convexos. Determinacion de sus focos. Formacion de las imágenes en los mismos. Espejos cilindricos y cónicos.

205. La luz se refleja en las superficies curvas bajo las mismas leyes que en las planas; y se comprende que así suceda, considerando los espejos curvos formados de superficies planas infinitamente pequeñas. Los demás uso son los *cóncavos* y los *convexos*. La *normal* á la superficie curva, en un punto dado, es la perpendicular al elemento correspondiente; ó sea al plano tangente que lo contiene.

El centro de la esfera hueca de que forma parte el espejo, se dice *centro geométrico*; y el vértice de la curva del espejo, se llama *centro de la figura*. La línea recta

indefinida tirada por los centros, se llama *eje principal*, y la que une el centro geométrico con un punto del espejo distinto del centro de la figura, se llamará *eje secundario*.

Se llaman *focos* los puntos donde concurren los rayos reflejados, ó su prolongacion. Se distinguen dos especies de focos, el *principal* y el *virtual*.

206. Si el cuerpo luminoso está colocado á una distancia infinita, para que los rayos que llegan al espejo puedan considerarse como paralelos al eje principal, como lo serán los del sol comparada su distancia con la *apertura del espejo*, los rayos reflejados irán todos á cortarse sensiblemente en un mismo punto, que se hallará en el medio del radio. Este punto se llama *foco principal*, ó foco de los rayos *paralelos*. Su determinacion está fundada en las leyes de la reflexion.

Cuando los rayos de luz tienen su origen de una distancia limitada, el foco cambia de posicion conservando siempre igualdad los ángulos de *incidencia* y de *reflexion*. Si el cuerpo luminoso está colocado entre el espejo y el *foco principal*, los rayos saldrán divergentes, y no pudiendo cortar al eje delante del espejo, lo cortarán en su prolongacion geométrica detrás del mismo; este punto se llama *foco virtual*. En este se verá la imágen, pues que se refiere siempre á la prolongacion del rayo que hiere el órgano de la vision.

207. Los espejos convexos ocasionan siempre divergencia en la luz que reflejan, no presentando por consecuencia *foco real*, y si únicamente el *virtual*. Este se encuentra detrás de la superficie convexa y á una distancia igual á la mitad del radio de una esfera de que formará parte la referida superficie. Las imágenes resultan en los espejos esféricos, como en los planos, de la reflexion de la luz; la posicion de aquellas se deduce de la formacion de los focos y direccion de los rayos reflejados.

Los espejos convexos presentan siempre las imágenes directas y mas pequeñas que los objetos, debiendo para percibir las colocarse en la direccion de los rayos reflejados.

208. Los espejos *cilíndricos* y los *cónicos* obran, respecto á la reflexion, como espejos planos en sentido de su eje, y como los convexos en el sentido perpendicular ó trasversal; de que resulta que observado un objeto por medio de aquellos, una dimension se presenta natural y otra notablemente desfigurada.

LECCION LIX.

Dióptrica. Leyes de la refraccion simple. Índice de refraccion. Reflexion total. Refraccion al través de los cuerpos terminados por superficies inclinadas.

209. La *dióptrica* es la parte de la física que tiene por objeto dar á conocer los fenómenos que se originan cuando los rayos luminosos pasan al través de los cuerpos diáfanos. Cuando la luz pasa oblicuamente por los cuerpos diáfanos, sufre un desvío en su direccion llamado *refraccion*. Para que tenga lugar, es indispensable la *oblicuidad* en los rayos, y no habrá refraccion si penetran con direccion *perpendicular*.

Angulo de incidencia se dice al formado con el rayo directo que cae oblicuamente sobre la superficie del cuerpo trasparente, con la perpendicular levantada en el punto de contacto de la misma superficie: el ángulo de *refraccion* está formado del rayo despues de la refraccion, y la normal ó perpendicular prolongada dentro del medio diáfano.

210. Un rayo de luz que se refracta presenta las siguientes leyes:

1.^a Pasando la luz de un medio menos denso á otro mas denso, se refracta aproximándose á la perpendicular: lo propio sucede cuando pasa de un cuerpo menos á otro mas refringente. No se desvía al través de medios homogéneos.

2.^a Los rayos incidente y refractado se encuentran en un mismo plano, perpendicular á la superficie que separa los dos medios.

Para demostrar estas leyes, llamadas de Descartes, se hace uso del mismo aparato que para la reflexion, sus-

túyendo al espejo con un semicírculo de vidrio lleno de agua, procurando que llegue la superficie de esta al centro del círculo.

211. Se llama *índice de refracción* la relación que entre sí guardan los senos de los ángulos de incidencia y de refracción. Varía según los medios; es $\frac{4}{3}$ del aire al agua y $\frac{3}{2}$ del aire al vidrio. Esta relación es constante, cualquiera que sean los valores de dichos ángulos.

212. Uno de los efectos de la refracción, es el de presentarnos los cuerpos sumergidos en un medio más refringente que el aire, más próximos á la superficie de separación.

Efecto también de la refracción, nos parece que los astros están más elevados sobre nuestro horizonte, por ser más densas las capas de aire que la luz atraviesa cuando se aproxima á la tierra.

Si un rayo luminoso pasa de un medio á otro menos refringente, el ángulo de refracción es mayor que el de incidencia: habrá un ángulo incidente al cual corresponde uno de refracción de 90° ; este ángulo de incidencia se dice *ángulo límite*, porque en otro mayor no puede dar origen á otro refractado: si aumenta el ángulo incidente, el rayo no penetra en el cuerpo, será *reflejado interiormente*, á cuyo fenómeno llamamos *reflexión total*.

El *espejismo* y la *fatamorgata* son fenómenos de reflexión total de la luz que atraviesa capas de aire de menor densidad en las de contacto á la superficie de la tierra, por causa de la alta temperatura que tiene el suelo. Consiste el fenómeno, en la percepción bajo cada cuerpo lejano, de su *imagen invertida* y como si se viera por reflexión sobre el agua.

213. Todo cuerpo diáfano limitado por caras planas inclinadas se llama *prisma*. La intersección de estas dos caras en una línea recta, se llama *arista del prisma*, y la inclinación que comprenden *ángulo refringente*. Llegando la luz con oblicuidad á una de las caras del prisma, se desviará en su incidencia, ó sea dentro del prisma, y también en su salida ó emergencia. El observador recibe el rayo de luz después de esta segunda refracción y ve-

rá al cuerpo en un punto muy próximo al ángulo refringente.

LECCION LX.

Refracción de la luz al través de los cuerpos terminados por superficies curvas. Lentes: determinación de sus focos. Formación de las imágenes.

214. La refracción de la luz tiene lugar bajo las mismas leyes, al través de medios terminados por superficies curvas, que en las planas.

215. En óptica se llama *lente* á todo medio diáfano terminado por dos superficies esféricas, ó por una porción de esfera combinada con una plana. Se distinguen dos especies: las *convergentes* que aumentan la convergencia de los rayos luminosos, y las *divergentes* ó que aumentan su divergencia.

Entre las primeras se comprenden las *bi-convexas*, *plano-convexas* y *cóncavo-convexas* ó *menisque-convergentes*, según la terminación de sus dos superficies; siendo en la última variedad mayor la *convexidad*. Entre las *divergentes* se comprenden la *vi-cóncava*, *plano-cóncavo* y *cóncavo-cóncava* ó *menisque-divergente*: esta última tiene mayor la *concavidad* que la *convexidad*. En toda *lente* se llama *eje principal* la línea recta indefinida tirada por los dos centros de las superficies de la misma.

Las propiedades de cada grupo se refieren á las *bi-convexas* ó *bi-cóncavas*; las demás se aplican á su especie correspondiente. Se construyen de ordinario de vidrio ó cristal.

Las lentes las consideramos formadas por dos prismas unidas por sus bases en las *convexas*, y unidas por sus vértices en las *cóncavas*: en cuyo supuesto, la marcha de los rayos luminosos sera como en los prismas.

216. *Lentes convexas*. Cuando los rayos de la luz llegan á la lente en dirección paralela al *eje*, se observa que, si bien los que tienen la dirección del *eje*, confan-

diéndose con él, pasan por la lente sin cambiar de dirección, los paralelos, por efecto de la refracción, convergen en un punto, al cual se llama *foco principal*, y su distancia á la lente *distancia focal*. Si el punto luminoso estuviese en su foco principal, los rayos refractados saldrían de la lente paralelos al eje. Si dicho punto luminoso está próximo á la lente, los rayos despues de la refracción convergen en un punto tanto mas distante de la lente, cuanto el punto luminoso esté mas cerca del foco. Si el centro luminoso está colocado entre la lente y su foco principal, los rayos saldrán divergentes respecto al eje, y solo sus prolongaciones pueden cortarle: el punto donde lo verifica se llama *foco virtual* del en que está fijo el centro luminoso.

217. *Lentes cóncavas*. Cualquiera que sea la distancia del cuerpo luminoso, en las lentes divergentes no se forman nunca mas que *focos virtuales*: su posición variará con relación á la del cuerpo luminoso.

Las *imágenes* en las lentes, como en los espejos, están formadas por el conjunto de los focos de cada uno de sus puntos: pueden ser pues *reales* ó *virtuales* en los mismos casos que los focos. La imagen que se produzca en una lente convergente de un cuerpo muy lejano cuando se la recibe mas á fuera del foco principal, es *imagen real*; se presenta invertida y con magnitud creciente con la distancia del plano que la recibe; si el cuerpo está entre el foco principal y la lente, la imagen es *virtual*, amplificada y en posición directa; de aquí, el nombre de *vidrio de aumento* con que se designa á las lentes en este caso.

Las lentes divergentes no dan sino imágenes virtuales, directas y menores que el objeto.

LECCION LXI.

Descomposicion de la luz. Espectro solar. Recomposicion de la luz blanca. Teoria sobre el color de los cuerpos. Propiedades del espectro.

218. La luz blanca, es decir la solar, además de

desviarse cuando pasa por un prisma, se *dispersa* ó *descompone* en muchas especies de luces. Si la imagen refractada se la recibe sobre una pantalla, se la observará alargada perpendicularmente á la arista del prisma, y dividida en bandas transversales de diferentes colores, cuya imagen se llama *espectro solar*.

Este experimento debe practicarse dejando penetrar un haz de luz en una habitación oscura, por un orificio que se hace en una ventana; se recibe aquel en un prisma, y el espectro sobre una pantalla á distancia conveniente del prisma.

Los *colores*, ó diferentes sensaciones que la luz solar descompuesta puede producir en el órgano de la vista humana, son en el *espectro* en número de siete, que empezando á contar por los mas próximos al ángulo refringente del prisma, son *rojo*, *anaranjado*, *amarillo*, *verde*, *azul*, *añil* y *violado*.

La posición de los colores prueba que el *rojo* es el *menos* refrangible, y el *violado* es el *mas*, puesto que se observa mas próximo á la base y mas distante del ángulo refringente del prisma.

Los prismas diremos que son mas dispersivos cuando el espectro formado tiene mas extensión.

Los diversos colores del espectro son simples ó indescomponibles; si uno de estos atraviesa un segundo prisma, la luz sale de él con la tinta de la incidente.

Puede verificarse la recomposición de la luz blanca, completando la teoría y el experimento: 1.º Recibiendo el espectro sobre un segundo prisma de igual ángulo refringente que el primero y colocado en sentido contrario, con lo que vuelven al paralismo los rayos divergentes del espectro. 2.º Reuniendo por medio de una lente bi-convexa ó de un espejo cóncavo, todos los colores del espectro; en el foco aparecerá una imagen blanca.

De estos diferentes experimentos dedujo Newton que la luz no es homogénea, sino que está formada por los siete colores del *espectro* que, efecto de su diferente refrangibilidad, se dispersan por medio del prisma. En esta teoría los cuerpos descomponen tambien la luz por

reflexion, y su color propio depende de los distintos colores simples reflejados. Los que reflejan todos, son blancos, y negros en el caso de que toda la luz sea absorbida.

Se llama espectro *complementario* aquel cuya tintas estan invertidas respecto a otro *espectro solar* y que superpuestos ambos forman la luz blanca.

219. En el espectro solar se distinguen propiedades *luminosas, calorificas y quimicas*. La intensidad de la luz es mucho mayor en los colores *anarillo y verde*. La del calor tambien varia en los diversos colores, siendo mas intensa en el *rojo*. Finalmente, los fenómenos de *combinacion y descomposicion* de los cuerpos, son muy notables en los rayos color *violeta*.

En el espectro, se distinguen por medio de una lente aeromática, *lineas oscuras* y paralelas llamadas *rayas del espectro*. Si el espectro es solar, la posicion es fija en dichas *rayas*, pero varia para la *artificial* ó de las *estrellas*. En la *luz electrica* se producen *rayas brillantes* en lugar de *oscuras*.

Los espectros luminosos producidos por la llama del alcohol, que tiene en disolucion pequeñas cantidades de diferentes sales, si estas tienen una misma base, las rayas del espectro son las mismas y brillantes, variando con la naturaleza del compuesto salino; de cuyos hechos saca no poco partido la quimica moderna.

LECCION LXII.

Acromatismo. Prismas acromáticos. Aberracion cromática. Lentes acromáticos. Absorcion de la luz.

220. Se llama *acromatismo* al fenómeno de refraccion en virtud del cual, atravesando la luz espesores diferentes de sustancias convenientemente dispuestas, se desvia sin descomponerse ni presentar mas color que el blanco. Por largo tiempo se sostuvo la imposibilidad de que la luz se desviara, por refraccion, sin descomponerse, hasta que Dollond probó experimentalmente la inexactitud de aquella opinion emitida por Newton, y por consiguiente probó la posibilidad del *acromatismo*.

Para conseguirlo se disponen, uno al lado de otro y en posiciones contrarias, dos prismas, uno de vidrio y otro de líquido, este tiene uno de sus lados móviles. La imagen refractada está coloreada en general, pero haciendo mover una de las paredes del *prisma variable*, se consigue hallar una posición en la cual la coloración desaparece sin dejar de haber desviación. Vemos, pues, que los prismas se *acromatizan*, sirviéndose de dos sustancias diferentes, colocadas de modo que sus ángulos refringentes estén invertidos y de diferente valor, según sus potencias refractivas. Los *prismas acromáticos* se suelen construir de dos prismas uno de *crystal* y otro de *vitrío*, colocados de modo que dos caras estén aplicadas la una á la otra.

Con las lentes acromáticas se corrige el defecto llamado *aberración cromática*: este consiste en los anillos ó bandas coloreadas que rodean á las imágenes cuando se observan al través de dichas lentes. Es de suma importancia corregir este defecto, sobre todo cuando las lentes se destinan á observaciones delicadas. Como las lentes son verdaderos prismas, la luz se descompone á su través, y de aquí la necesidad de acromatizarlas. Las *lentes acromáticas* se componen de otras dos, una bi-convexa de vidrio y otra bi-cóncava de cristal, dispuestas de modo que coincidan exactamente en una de sus caras.

221. No conocemos cuerpo alguno perfectamente diáfano; pues el aire, el agua y el vidrio debilitan la luz que los atraviesa, y teniendo bastante espesor estos cuerpos, puede la luz hasta no impresionar ya cuando obra sobre la retina. Así muchas estrellas no son visibles en un valle, aunque el cielo este puro, y lo son al subir á las montañas mas altas.

La pérdida gradual que experimenta el fluido luminoso al atravesar los medios diáfanos, se llama *absorción*: es debida á la reflexión de la luz sobre las moléculas de los cuerpos. Si todos los rayos simples fuesen igualmente transmitidos al través de los cuerpos diáfanos, serian estos incoloros; pero como permiten el paso de ciertos rayos mas fácilmente que á otros, el medio

toma entonces el color del rayo para el cual es mas diáfano. Por eso nos parece azul el aire en grandes masas.

LECCION LXIII.

De la vision. Descripcion del ojo humano. Formacion de las imágenes. Eje óptico, ángulo óptico y ángulo visual. Defectos del ojo que se pueden corregir con el uso de lentes.

222. Llamamos *vision* á la percepcion de los objetos producida por la luz que emiten ó reflejan, originando en nosotros una sensacion que nos rebela su presencia. El *ojo* es el órgano destinado á desempeñar este importante acto; colocado en una cavidad huesosa llamada *órbita del ojo*, su forma es la de un *globo ovoide*, y está formado de membranas y humores. La 1.^a membrana ó sea la exterior, es llamada *esclerótica ó córnea opaca* en su parte posterior, y *córnea trasparente* en la anterior: sigue la *coroides*, cuya parte anterior presenta un diafragma anular llamado el *iris*. Constituye la parte coloreada del ojo, y lleva una abertura llamada *pupila*, por la que penetran los rayos de luz dentro del ojo. Detrás está el *crystalino*; es notable por su diafanidad: el espacio que media entre él y la córnea trasparente llamada *cámara anterior* del ojo, está ocupado por el humor *acuoso*, y el situado entre el *crystalino* y el fondo del ojo, ó *cámara posterior*, contiene otro líquido llamado *humor vítreo*. Finalmente, la *retina*: es la *expansion del nervio óptico*, despues de su paso al través de la córnea opaca y de la coroides. Esta membrana ocupa el fondo del ojo, y en ella se fijan las imágenes.

Lleva además el ojo dos tabiques membranosos, *párpados*, que evitan la entrada de cuerpos extraños que podrian ofenderle; y músculos que le permiten girar en su órbita.

La marcha de la luz dentro del ojo es consecuencia de las leyes de la refraccion.

Las imágenes en el ojo aparecen invertidas; si no obstante referimos los objetos á su posicion natural, depende, segun se cree, de las percepciones por los otros

sentidos que rectifican las de la vista, adquiriendo el alma el habito de referir arriba lo que está abajo y vice-versa.

Se llama *eje óptico principal* de un ojo, la recta que pasa por el centro de la pupila y por el del cristalino. El *ángulo óptico* es el formado por los ejes ópticos principales de los dos ojos, cuando están dirigidos hácia un mismo objeto. Este ángulo es tanto menor cuanto mas lejanos estan los objetos.

Se designa *ángulo de vision* al formado por las rectas tiradas desde las extremidades del objeto al centro óptico del cristalino. Para una misma distancia decrece este ángulo con la magnitud del objeto, y para uno mismo disminuye con la distancia del objeto. De aquí que aparezcan tanto mas pequeños cuanto estén mas distantes.

223. La distancia á que debe colocarse un objeto para percibirse mas fácilmente, es llamada *distancia de vision distinta*. Esta varia con los individuos y con la magnitud de los objetos. Para los caracteres ordinarios de imprenta es de 8 a 10 pulgadas para una vista bien constituida.

Los *miopes* tienen la vista muy corta y no ven distintamente sino á distancia de 4 ó 5 pulgadas. Los *présbitas*, al contrario, tienen la vista muy larga, colocan los caracteres que quieren leer á distancia de 30 á 32 pulgadas. El primer defecto, *miopia*, consiste en un exceso de curvatura ó convexidad en la córnea ó el cristalino, y se corrige con el uso de lentes *divergentes*. El de los *présbitas* resulta por aplanamiento de la parte anterior del ojo, bien en la córnea ó en el cristalino; se corrige con lentes *convergentes*. El uso de las lentes facilita la formacion de las imágenes sobre la *retina*, sin cuya circunstancia no hay sensacion.

Aunque son dos las imágenes que se pintan en los dos ojos, trasmiten una sola impresion, cuando se forman sobre puntos que se corresponden; pero son distintas y el objeto aparece doble cuando los puntos donde se forman no se corresponden, como sucede cuando se desvia un ojo de su posicion apartándole con el dedo.

LECCION LXIV.

Instrumentos de óptica: cámara oscura, Daguerreotipo, Fotografía.
Cámara lucida, Linterna mágica, Microscopio solar.

224. Los instrumentos ópticos en general tienen por objeto favorecer las percepciones de la vista humana, aislando la luz antes de llegar al órgano de la visión, en unos, y amplificando las imágenes en la retina, en otros.

La cámara oscura es un aparato destinado á pintar sobre un plano la imagen de un paisaje ó de un objeto que está fuertemente iluminado. La forma una caja de madera que lleva una abertura en uno de sus lados, en el cual se fija un tubo con una lente para recoger mayor número de rayos. En el fondo del aparato se pinta invertida, en dimensiones muy pequeñas, la imagen del objeto exterior.

Las imágenes producidas en la cámara oscura, son notables por la verdad de su forma y limpieza de sus contornos. Para fijarlas invariablemente, los físicos utilizan la acción química que ejerce la luz sobre ciertas sustancias, por ejemplo el yoduro y cloruro de plata.

Daguerreotipo se llama al aparato de que se sirven para fijar las imágenes sobre láminas colocadas en la cámara oscura.

El arte de producir así las imágenes de los objetos por la acción de la luz, ha recibido el nombre de Fotografía puede hacerse sobre metal, papel ó vidrio.

225. M. Daguerre hacia uso de una lámina de cobre recubierta de otra de plata pura: la exponía á las emanaciones del yodo y del bromo. La placa así preparada se la lleva rápidamente á la cámara oscura, y se la deja algunos minutos para que la luz produzca su efecto. Se hace visible la imagen, espoliéndola á los vapores del mercurio, calentado hasta los 75.º por medio de una lámpara de alcohol. Este vapor se fija tan solo sobre las partes de la placa que fueron heridas por la luz viva: despues se lava la placa con una disolucion de hiposul-

fito de sosa y cloruro de sodio que disuelven la sal de plata á que no atacó la luz, y por último con agua destilada.

Las imágenes daguereotípicas están únicamente compuestas de claros y oscuros.

En la fotografía se fijan las imágenes sobre el papel ó vidrio, utilizando siempre la acción química de la luz sobre compuestos de plata. Respecto al papel, las imágenes son *negativas*, es decir que los claros y oscuros están cambiados; donde no obró la luz se presenta claro, y negro en los demás puntos. Para obtener la imagen *positiva*, se cubre la negativa con una hoja de papel impregnado de cloruro de plata, se oprime entre dos láminas de vidrio, y se exponen á la acción de la luz.

226. La *cámara lucida* es un aparato que sirve para obtener una imagen exacta de un objeto cualquiera. está formada de un prisma cuadrangular: uno de sus ángulos es recto, otro de 135° y los otros dos de $67^{\circ}5'$ cada uno. Los rayos penetran perpendicularmente sobre uno de los lados del ángulo recto, y después de dos reflexiones en los que forman el de 135° , salea también perpendicularmente sobre el otro lado del ángulo recto; en donde el observador verá la imagen prolongando el rayo emergente; es decir, debajo del prisma.

227. La *linterna mágica* es un aparato que sirve para obtener en un plano blanco, colocado en una habitación oscura, la imagen ampliada de objetos pequeños. Se compone de una caja de metal en cuyo interior hay un reflector cóncavo y en su foco una luz: frente al reflector lleva la caja á su misma altura un agujero con una lente convergente y un tubo, á cuya extremidad lleva otra lente también convergente; delante de la lente se presenta una lámina de vidrio donde están pintadas las figuras; se las coloca invertidas, y por efecto de la segunda lente se las vé directas. Si el aparato puede tener movimiento para variar la dimension de las imágenes, se llama *fantasmagoria*.

El *microscópio solar* es una linterna mágica, iluminada por la luz directa del sol: un espejo refleja la luz

sobre una lente convergente fija en el hueco de la ventana; en el foco de esta lente se coloca el objeto, y su imagen se pinta notablemente amplificada en un plano blanco colocado dentro de la cámara oscura.

LECCION LXV.

Microscopio simple. Microscopio compuesto. Anteojos astronómico, terrestre y de Galileo. Telescopios.

228. Los *microscopios* son aparatos destinados á ver los objetos notablemente amplificados; para poder apreciar sus detalles, que no es fácil examinar á la simple vista por sus pequenísimas dimensiones.

El *microscopio simple* consiste en una lente convergente, ó varias superpuestas, destinado á hacer ver objetos muy pequeños, que sería muy difícil distinguir á la simple vista. Si el objeto se coloca entre la lente y su foco, mientras el ojo lo está, del otro lado de la misma lente, en su foco; los rayos refractados y convergentes se reúnen en el aparato de la vision, y en su prolongacion rectilínea verá la imagen bajo un *ángulo visual mayor*, por consiguiente aumentada.

El *microscopio compuesto*: se destina para ver los objetos en sus menores detalles. Está formado por lo menos de una lente convergente de foco corto que se dirige al objeto (*objetiva*), y otra menos convergente que está cerca del ojo, (*ocular*). Los principios físicos que le sirven de base son los mismos que en el simple. Una caja, pintada interiormente de negro, aísla la luz exterior, contribuyendo á dar mas claridad á la imagen virtual que ha de producirse en la retina.

229. Entre los *telescopios* se pueden describir todos los aparatos que amplifican el ángulo visual pequeño de objetos grandes que se hallan muy distantes, dividiéndolos en de *refraccion* y de *reflexion*: en todos la facultad amplificadora se obtiene dividiendo el ángulo visual, cuando se mira al través de este aparato, por el ángulo de vision cuando se percibe directamente el objeto.

Los anteojos *astronómico*, *terrestre*, y de *Galileo* per-

tenecerán á los telescopios por refraccion. El *astronómico* se compone de dos lentes convergentes, una objetiva de un foco muy largo y otra ocular de foco corto. La imágen se presenta invertida, lo cual no es inconveniente para observaciones astronómicas.

El *anteojo terrestre* presenta las imágenes directas, para lo cual consta de cuatro lentes; son dos astronómicos combinados.

El anteojo de *Galileo* ó de teatro, consta de una objetiva bi-convexa y una ocular bi-cóncava; esta se coloca entre el objetivo y su foco principal haciendo coincidir en un mismo punto los focos de ambas lentes. La imágen es directa, por la desviacion que imprime á la luz la ocular antes de cruzarse en el foco de la objetiva.

230. Los verdaderos *telescopios* son aparatos destinados á observaciones astronómicas en lo general; se fundan especialmente en la reflexion. El de *Herschell* está formado por un gran tubo abierto en un extremo y en cuyo fondo se encuentra un reflector cóncavo y metálico; los rayos que este refleja producen una imágen, que el observador la mira armado de una lente convergente. Como hay una sola reflexion, las imágenes son muy claras por la poca pérdida de luz.

El de *Newton* se diferencia en llevar un espejo inclinado á 45.º delante del cóncavo del fondo: colocado el ojo en el foco de la lente, vé la imágen amplificada y perpendicular al objeto.

El de *Gregori* tiene la ventaja de su fácil manejo, pero como en el anterior, se pierde mucha luz en las dos reflexiones y una refraccion.

LECCION LXVI.

Doble refraccion de la luz. Polarizacion de la luz. Interferencias.
Difraccion. Principales origenes de la luz.

231. Cuando pasa la luz al través de ciertos cuerpos cristalizados, presenta el notable fenómeno de dividirse en dos rayos distintos, ofreciendo dos imágenes de un mismo objeto. Este fenómeno se llama *doble refraccion*, el

cual es muy sensible en el espato de islandia. Se llaman *birefringentes* los cristales que tienen esta propiedad.

Uno de los rayos en que la luz se ha dividido está sujeto á la ley ordinaria de refraccion, por cuya razon se le llama *ordinario*, mientras al otro que lo está á leyes especiales, se dice *extraordinario*: las mismas denominaciones damos á las imágenes.

Eje de doble refraccion se llama una direccion segun la cual los rayos de luz no se bifurcan, ó pasan sin descomponerse al través de los cristales. En el espato islandico se verifica cuando la luz pasa en direccion paralela á la *recta que une los ángulos triedros obtusos del romboedro*. Algunos cristales ofrecen este fenómeno en dos direcciones, y se llaman cristales de dos ejes.

Se llama *seccion principal* de un cristal de un eje al plano, que pasando por el eje de doble refraccion, sea perpendicular á una cara natural ó artificial del cristal.

232. La *polarizacion de la luz*, es una modificacion particular de los rayos luminosos, en virtud de la cual despues de reflejados ó refractados, no pueden reflejarse ó refractarse en ciertas direcciones. Se dice *luz polariza* la que tiene estas modificaciones singulares, y ángulo de *polarizacion* de una sustancia, es el que debe formar el rayo incidente con la superficie plana y pulimentada de esta sustancia para que el rayo reflejado se polarice. Este ángulo es de $35^{\circ} 25'$, refiriéndose al plano en el vidrio, ó de $54^{\circ} 35'$ con la normal.

La luz polarizada no puede transmitirse al través de una turmalina cuyo eje de cristalización es paralelo al plano de incidencia, pero lo verifica en todas las demás posiciones, estando en su maximum de trasparencia cuando el eje es perpendicular al plano.

La luz que penetra en el vidrio en los esperimentos anteriores, se polariza por refraccion. Tambien por doble refraccion puede polarizarse la luz.

Se llaman *polariscopos* los aparatos usados para reconocer cuándo está polarizada la luz, y determinar el plano de polarizacion. El mas sencillo se funda en el uso de la turmalina, que trasmite la luz natural y la que está polarizada en un plano perpendicular á su eje de cris-

talizacion, y se convierte en un cuerpo opaco para la luz polarizada en un plano paralelo al mismo eje.

233. Llámase *interferencia* una acción mútua que ejercen dos rayos luminosos cuando, emanados de un mismo foco, se encuentran bajo un ángulo muy pequeño: en la interseccion de los rayos la luz se aumenta en unos puntos mientras se extingue á sí propia en otros.

Las interferencias tan solo pueden explicarse por la hipótesis de las ondulaciones. Si las moléculas vibrantes se cortan en el espacio, se comprende que puedan restablecer el equilibrio, y tambien que marchando paralelas y cayendo sobre un mismo punto se refuercen y produzcan mayor luminosidad.

Por la misma hipótesis nos damos cuenta de la *difraccion*: es una modificacion que sufre la luz pasando por las extremidades de los cuerpos, en virtud de la cual parece se doblan los rayos y penetran en la sombra.

234. Los *manantiales ú orígenes de la luz* pueden reducirse á la luz del sol, á la de las *estrellas*, al *calor*, cuando basta para enrojecer los cuerpos; las *combinaciones químicas*, la *compresion*, la *fosforescencia* y la *electricidad*.

LECCION LXVII.

Magnetismo. Propiedades de los imanes. Polos y línea neutra. Hipótesis sobre el magnetismo. Fuerza coercitiva. Atracciones y repulsiones magnéticas.

235. Llámase *imanes* los cuerpos que tienen la propiedad de atraer las partículas del hierro, acero, níquel, cobalto y sus compuestos. Se dicen *naturales* cuando se encuentran en la superficie ó en el seno de la tierra, como la piedra *iman* que es un óxido de hierro, abundante en la naturaleza. Diremos *artificiales* á las barras ó agujas de acero templado, que no teniendo aquellas propiedades, las han adquirido por procedimientos que luego se dirán.

La acción de los *imanes* se ejerce á todas las distan-

cias y al través de los cuerpos, si bien varía cuando la distancia aumenta, y tambien con la temperatura.

236. *Polos* llamamos los dos puntos de la superficie del imán donde parece acumulada la intensidad magnética: línea *neutra* se dice la parte en donde la acción magnética es nula.

Los polos se designan con los nombres de polo *austral* el uno, y *boreal* el otro; espresiones tomadas de la propiedad de todo imán, que gira al rededor de un plano horizontal, de tomar sensiblemente una dirección tal, que un extremo se dirige al Sur y el otro al Norte de la tierra.

Se prueba la existencia de los polos observando que el péndulo magnético, formado de una pequeña esfera de hierro suspendida de un hilo delgado, no se desvía de la vertical al presentarle la parte media del imán, y lo hará cuando las extremidades del imán estén mas en frente del péndulo.

Los polos de los imanes, actuando del mismo modo sobre el hierro, obran de modo diferente unos sobre otros, siendo fácil probar que *polos de nombre contrario se atraen, y se repelen si son de un mismo nombre.*

237. Los fenómenos de los imanes se deben al fluido llamado magnético; está compuesto de dos *elementales* que se atraen mutuamente, y cuyas moléculas se repelen en cada uno de ellos; llamado el uno *fluido austral* y el otro *boreal*.

Sustancias magnéticas llamamos á las que son atraídas por el imán, como el *hierro* y el *acero*. Estos cuerpos contienen el fluido que produce los fenómenos del imán, no separados sus componentes como en éstos, sino en estado de combinacion que destruye la influencia de un imán; el fluido de nombre diferente del que tenga el polo mas próximo, es atraído, y repelido el del mismo nombre. Mas adelante esplicaremos los fenómenos de los imanes haciéndolos depender de la acción de la electricidad.

238. Las descomposiciones y recomposiciones citadas son instantáneas en el hierro, pero en el acero tardan á desarrollarse, y una vez originadas, el cuerpo

conserva las propiedades adquiridas. La causa que se opone á la separacion de los fluidos boreal y austral y á su recombinacion, cesando la accion del imán, se llama *fuerza coercitiva*; es nula en el hierro y muy sensible en el acero. Se suele tambien decir á estos cuerpos *magnéticos*, porque conservan la accion desarrollada, y *magnetizables*, si vuelven instantáneamente á su estado natural.

239. Las atracciones y repulsiones magnéticas que tienen lugar cuando polos de diferente ó de un mismo nombre están frente uno de otro, están *en razon inversa* del cuadro de la distancia. La determinacion de esta ley está fundada en observar el número de oscilaciones de una aguja imantada en un tiempo dado, bajo la influencia de un imán colocado á diferentes distancias. Al físico *Coulomb* se debe su conocimiento.

LECCION LXVIII.
Magnetismo terrestre. Accion directriz de la tierra. Declinacion ó inclinacion magnética. Brújulas. Agujas astáticas.

240. Una aguja imantada, apoyada por su centro, si se la abandona á si misma toma constantemente una direccion, la de Norte á Sur, cualquiera que sea el punto de la observacion. Si se la hace variar mecánicamente, vuelve á su primitiva posicion, en el momento que cesa el esfuerzo, y despues de una serie de oscilaciones. La accion que la solicita es magnética, porque si la aguja no estuviese imantada, en todas las posiciones se equilibraria.

De estas observaciones han deducido los físicos que la tierra debe considerarse como un imán de grandes dimensiones, cuya línea neutra se encuentra próxima al ecuador geográfico, y los polos inmediatos á los de su rotacion. De aquí los nombres de fluidos *austral* y *boreal*, que se supone preponderan en los dos *hemisferios*, los cuales obrarán por *atraccion* sobre la extremidad de la aguja que tenga el polo contrario, y por *repulsion* sobre el del mismo nombre: diremos *polo austral* de la

aguja à la extremidad que marca la direccion *Norte de la tierra*, y *boreal* al que se dirige al hemisferio Sur de la tierra. 241. Llamándose *meridiano geográfico*, al plano que pasa por el centro del globo y por el meridiano, por analogía se designa con el nombre de *meridiano magnético* al plano que pasa por el centro del globo y por los polos de una aguja en equilibrio sobre su eje. Estos dos meridianos no coinciden.

Declinacion se llama el ángulo que forma la aguja imantada con la meridiana. Es oriental ú occidental, según que el polo *austral* se dirige al *esté* ó al *oeste*. Los aparatos para determinarla se llaman *brújulas de declinacion*. Es una aguja imantada que en su centro lleva una chapa de ágata, que se apoya en un estilete vertical, llevando un círculo dividido. Para medir la declinacion, la division *zero* debe coincidir con la *meridiana* del punto donde se opera: el arco comprendido entre el *zero* y el extremo *norte* de la aguja, dá la *declinacion*.

Lineas sin declinacion se llaman las que pasan por los puntos donde la brújula coincide con la meridiana. La declinacion presenta variaciones *regulares*, unas, y otras *irregulares*. Las primeras se dicen *seculares*, cuando en el movimiento de la aguja de *esté* á *oeste* duran las oscilaciones muchos siglos: y *diurnas*, si se observan durante el día. Desde la salida del sol el polo *norte* de nuestras brújulas marcha á poniente, adquiriendo la mayor desviacion de 12 á 3 de la tarde y retrocediendo despues, quedando fija en la noche. Las *irregulares* ó *perturbaciones*, consisten en modificaciones accidentales de las brújulas producidas por las *aurores boreales*, por los *temblores* de tierra, *erupciones volcánicas* y por la caída del rayo. 242. La *brújula de inclinacion* es una aguja imantada apoyada por un eje horizontal, que pasa por su centro de gravedad. En nuestro hemisferio, separándose la aguja de la horizontalidad, desciende el polo *austral* de la misma, elevándose el *boreal* y vice-versa en el hemisferio Sur. Al ángulo que forma con el horizonte cuando el

plano vertical en que se mueve coincide con el meridiano magnético; se llama *inclinacion magnética*. La serie de puntos donde la aguja imantada permanece horizontal, forman el *ecuador magnético*. La inclinacion crece con la latitud, valiéndolo $90.^{\circ}$ en los polos, y varia con el trascurso de las épocas de observacion.

243. Llámase aguja *astática* la que se halla libre de la accion de la tierra. Se consigue reuniendo dos agujas de igual fuerza, paralelas y en frente sus polos contrarios, sostenidas por un mismo eje. Por esta disposicion quedan destruidas las acciones de la tierra; y aunque no sean *completamente astáticas*, actúan sobre ellas las fuerzas atractivas mas pequeñas, como veremos después.

LECCION LXIX.

Procedimientos usados para la imantacion. Saturacion en los imanes. Manojos magnéticos. Armaduras.

244. Los diversos medios de imantacion son la influencia de poderosos imanes, el magnetismo terrestre; y finalmente las *corrientes eléctricas*: de estas después nos ocuparemos. Tres métodos hay de imantar con los imanes: 1.^o *simple friccion*: 2.^o *por contacto separado*: 3.^o *por contacto unido*. Una barra de acero reconoce un limite, la *potencia magnética* que adquiere, dependiente del temple del acero y energia de los imanes empleados. Se dice que un iman, artificial está *saturado*, cuando su poder magnético está en el limite y no puede aumentar su accion aunque se repita el procedimiento con imanes mas poderosos.

El método de *simple friccion* consiste en hacer deslizar el polo de un iman desde uno á otro extremo de la barra que se imanta, repitiendo las fricciones en un mismo sentido: al último extremo que abandona el iman frotando, le comunica un polo contrario al suyo: estos imanes son débiles, y ofrecen *puntos consecuentes*, polos intermedios á los extremos.

En el *contacto separado* se colocan los polos contrarios de dos barras de igual fuerza, en medio de la que se imanta, haciéndolas correr simultáneamente hasta las

extremidades, repitiendo la operacion sobre las diversas caras. *Duhamel* apoya la barra en dos imanes fijos y cuyos polos contrarios estan en frente, y dá á las barras de la friccion una inclinacion de 25 grados: este método dá imantacion mas enérgica y regular.

Para el *método de doble contacto unido*, los imanes que se fijan verticalmente sobre la de acero, estan separados por una pieza de madera, y corren juntos desde el medio á un extremo, luego de esta extremidad á la otra, procurando volver al medio por el extremo opuesto al que principiaron las fricciones. *OEpinus* lo ha perfeccionado, apoyando la barra en los polos opuestos de dos imanes, y dando á los movibles una inclinacion de 15 á 20 grados. Así se imantan grandes barras, pero con frecuencia tienen puntos consecuentes.

La tierra obra como un imán para descomponer el fluido natural del hierro dulce ó del acero. En este, por la fuerza coercitiva, no basta la accion terrestre para producir la imantacion; pero en el hierro dulce es suficiente, sobre todo si se colocan las barras en la direccion del meridiano magnético y paralelamente á la inclinacion de la aguja. Si en esta disposicion la barra se la aproxima una *aguja imantada*, el polo boreal es atraido por la parte interior, mientras que la superior lo repeleria; prueba de la separacion de los dos fluidos de la barra, como si se hubiese imantado por la influencia del polo boreal de un imán.

Separando las barras de la posicion indicada, vuelven á su estado natural, pero conservan la imantacion si antes se las percute con un martillo, ó somete á torsion si el espesor lo permite.

245. Un *manejo ó haz magnético*, está formado por varias barras imantadas reunidas paralelamente por sus polos de un mismo nombre. Se les dá la forma de herradura con preferencia, para sostener pesos, porque funcionan á la vez los dos polos.

246. *Llámanse armaduras en los imanes*, unas piezas de hierro dulce que se ponen en contacto con los polos para conservar, y aun aumentar, su poder magnético, como consecuencia de la accion por influencia.

En las brújulas no se necesitan armaduras, porque la acción magnética del globo, oponiéndose sin cesar á la recombinación de los fluidos, llena el papel de aquellas.

LECCION LXX.

Electricidad estática. Idea general de la electricidad. Medios de desarrollarla. Electricidades contrarias, Hipótesis sobre la naturaleza de la electricidad.

247. La *electricidad* es considerada por los físicos como un agente de los mas universales que emplea la naturaleza; y que siendo poderoso, produce fenómenos tan variados como sorprendentes. Algunos la llaman tambien *fluido eléctrico*, y le suponen estendido no solo en nuestro planeta sino en todo el universo.

248. Los principales medios para desarrollar los fenómenos eléctricos en los cuerpos son el *frotamiento*, la *presión*, el *calórico*, el *contacto de dos metales diferentes*, y con especialidad, *las acciones químicas*.

Se reconoce la presencia de este agente observando que el *vidrio*, la *resina* y otros cuerpos, despues de frotados, tienen la propiedad de atraer los cuerpos ligeros que se les presentan, obrando sobre el *péndulo eléctrico* formado por un hilo de seda que sostiene una pequeña esfera de médula de sahuco.

El estudio de la electricidad comprende dos secciones, la *estática* ó en *reposo* y la *dinámica* ó en *movimiento*. En la primera se produce principalmente por frotamiento, se acumula en la superficie de los cuerpos y se mantiene en equilibrio, en estado de tension que se manifiesta por chispas ó por atracciones. La *dinámica* se produce con especialidad en las acciones químicas, y atraviesa los cuerpos en forma de *corriente* con una velocidad comparable á la de la luz: siendo notable por sus acciones químicas y por sus relaciones con el *magnetismo* en lo que difiere de la *estática*.

Si se frota un *metal* ó la *madera*, se electriza en todas sus partes al mismo instante: otros como el *vidrio* y el *lacre*, por el contrario, conservan solamente la

electricidad en los puntos donde fue desenvuelta: los primeros se dicen buenos conductores de la electricidad, porque no oponen resistencia al movimiento del fluido, como los metales; á los segundos llamamos malos conductores porque dificultan el movimiento de la electricidad, como el vidrio.

Un cuerpo se dice está aislado, cuando está sostenido por el vidrio ú otro que no dé paso á la electricidad. Así dispuestos, es fácil observar que el frote desarrolla electricidad en los cuerpos, cualquiera sea su naturaleza.

Los cuerpos malos conductores no toman ni pierden electricidad sino en el punto de contacto: los buenos conductores la adquieren ó desprenden en toda la extensión de la superficie.

249. Los físicos han podido distinguir por diversos experimentos dos electricidades, una idéntica á la que produce el vidrio frotado con paño, llamada *vitrea* ó *positiva*, y otra la que se desenvuelve frotando la resina con aquel tegido, que se dice *resinosa* ó *negativa*; notando además que dichas electricidades se atraen cuando son de diferente nombre y se repelen cuando son de uno mismo.

Para explicar los fenómenos eléctricos, se han admitido dos hipótesis. La primera, ideada por *Symmer*, supone la existencia de dos fluidos que obran por repulsión sobre sí mismos y por atracción sobre el otro. Todos los cuerpos contienen estos fluidos, en estado de combinación, formando el fluido *eléctrico natural* ó *neutral*. Por diferentes causas, como el frotamiento, pueden separarse apareciendo el uno en el cuerpo frotante y el otro en el frotado, tienden á reunirse para constituir de nuevo el fluido natural, y se les dice *vitrea* y *resinoso* ó *positivo* y *negativo*; estos nombres tomados de la hipótesis de *Franklin*. Esta admite un solo fluido, y cuando los cuerpos se encuentran de él saturados, se presenta en estado natural; si tenia el cuerpo exceso de fluido, se decía electrizado en *mas* ó *positivamente*, y si tenia defecto, en *menos* ó *negativo*. La 1.^a hipótesis se admite en la actualidad, pero se conservan las denominaciones de fluido positivo (+) y negativo (-).

LECCION LXXI.

Desarrollo simultáneo de las dos electricidades. Fuerzas eléctricas.
 Ley de las acciones eléctricas. Distribuciones de la electricidad en los cuerpos. Poder de las puntas.

250. Admitida la hipótesis de las dos especies de electricidad, es fácil observar que al desarrollo de una de ellas va siempre unido el de la de signo diferente, en cantidades iguales. Si tomando dos discos metálicos aislados, se les hace frotar fuertemente y se los separa con rapidez, colocando entre ambos, á igual distancia, un péndulo eléctrico, quedará inmóvil, por estar atraído con igual fuerza por ambos discos. Si se hacen tocar las superficies frotadas, se recombinan los dos fluidos que tenían en estado libre, y desaparece toda acción sobre el péndulo.

251. La especie de electricidad que adquieren los cuerpos, varía con la naturaleza del frotante y del frotado, y en uno mismo, con el estado de la superficie y la temperatura; así el vidrio se electriza *positivamente* frotado con paño, y *negativamente* con piel de gato. El lacre es *negativo* por frote con paño, y *positivo* con seda; dos discos de la misma naturaleza, el mas pulimentado se electriza de positivo y el mate negativo: si uno está caliente y el otro frío, este se carga del *positivo* y aquel del fluido *negativo*.

252. Las acciones eléctricas varían con las distancias y las cantidades de electricidad; la experiencia acredita que están en razón inversa del cuadrado de las distancias y son proporcionales á las cantidades de electricidad. Estas leyes fueron descubiertas por Coulomb, y se demuestran fácilmente por medio de la balanza inventada por el mismo físico, fundada en el principio siguiente: « la fuerza de torsion de un hilo metálico es proporcional al valor del ángulo de torsion de este mismo hilo.»

253. Cuando un cuerpo cualquiera aislado se electriza, el fluido se dirige á la superficie del cuerpo, en

donde forma una capa muy ténue, y se desprenderia del referido cuerpo sin el obstáculo que el aire opone al movimiento del fluido eléctrico: en el vacío se desprende el fluido en la misma proporcion que se produce.

Como las moléculas eléctricas se repelen mutuamente, si son de una misma especie, se fijarán en la superficie, como demostró Coulomb por su esfera hueca que lleva un orificio circular en la parte superior. Electrizada convenientemente, introducido un plano de prueba y tocando en la superficie interior, no dá indicio alguno eléctrico, pero si se toca tangencialmente al exterior de la esfera, el plano quedará electrizado.

254. *Tension eléctrica* se llama al esfuerzo que hace la electricidad acumulada en la superficie de los cuerpos para abandonarlos.

Las cantidades de electricidad que se encuentran en los diferentes puntos de un cuerpo, decimos *su espesor eléctrico*: varia segun la forma del cuerpo. Si es esférico, el espesor es igual en toda la superficie: si es un *elipsoide de revolucion*, aumenta desde los extremos del eje menor á los del eje mayor; y si el cuerpo termina en *ángulos salientes ó puntas*, la accion eléctrica adquiere una tension tan grande, que superando la resistencia del aire, se escapa á medida que se produce ó que llega de un manantial eléctrico: esta propiedad se denomina *poder de las puntas*.

La electricidad de que estan cargados los cuerpos se pierde lentamente, y concluye por desaparecer. Esta pérdida puede atribuirse 1.º á la conductibilidad, aunque débil, de los aisladores: 2.º á la del aire y de los vapores, que será tanto menor cuanto mas seco esté aquel, suponiendo que rodea á los cuerpos electrizados. Esta es la razon de que los experimentos con la máquina eléctrica apenas dan resultado en el aire húmedo.

LECCION LXXII.

Electricidad por influencia ; fenómenos á que dá origen. Electrocopos y electrómetros.

255. Un cuerpo se electriza por *influencia* cuando, hallándose situado dentro de la esfera de actividad de un origen eléctrico, este descompone su electricidad natural. Colocando un cilindro de metal aislado á cierta distancia del cuerpo electrizado, los péndulos que se han hecho suspender por hilos conductores de los extremos del cilindro, divergen sensiblemente de este, inclinándose hácia el cuerpo electrizado el péndulo fijo en el extremo del cilindro que le está mas inmediato, y se desvia el mas distante; el péndulo mas próximo tiene electricidad contraria á la del cuerpo electrizado, y del mismo signo el mas distante. Esta esplicacion se funda en la hipótesis de los dos fluidos, y acciones atractivas ó repulsivas á que dan origen. La *electricidad libre del cuerpo* actúa por influencia sobre el *fluido natural* del cilindro, y atrayendo al punto mas inmediato el fluido de diferente nombre que el de que está cargado el cuerpo, repelerá al punto mas distante el del mismo signo. Si la fuerza que produce la descomposición cesa, los fluidos se recombinan totalmente, pero tan solo disminuirán si disminuye la citada fuerza.

Los extremos del cilindro influenciado son los *puntos* en donde se acumula *mayor* dosis de electricidad libre, disminuyendo hasta la línea *llamada neutra*, en donde es nula: esta se halla algo mas próxima al cuerpo electrizante.

Si un cilindro electrizado por influencia se le hace que comunique con el suelo ó depósito comun, el fluido del mismo nombre que el del origen eléctrico, repelido por este, pasa al depósito comun: si suprimimos el contacto con el suelo y despues separamos al cuerpo electrizante, el cilindro queda cargado de signo diferente al que tuviese dicho origen.

256. Cuando las acciones atractivas de las electricida-

des, del origen eléctrico y del cuerpo influenciado, tienen tensión suficiente para vencer la resistencia del aire, se recombinan, presentando el fenómeno de *la chispa*, acompañada de luz y de un ruido seco, debido á la agitación del aire en el acto de la recombinación de los dos fluidos.

Los fenómenos citados solo se observan en los cuerpos buenos conductores; en los no conductores apenas son sensibles, porque se electrizan difícilmente por influencia.

237. Llamamos *electroscopos* ó *electrómetros* á unos aparatos destinados para reconocer si un cuerpo está electrizado, y la naturaleza de la electricidad. Están fundados en la teoría de la electricidad por influencia.

El mas sencillo es el *péndulo eléctrico*, y el de mas uso el *electrómetro de panes de oro*. Al aproximar á este aparato un cuerpo electrizado, sea resina por ejemplo frotada con paño, el fluido negativo de esta descompone el natural de la barrilla metálica, atrae el positivo y repulsa el negativo á las hojas de oro, que se desviarán mutuamente. Si se toca con el dedo la esfera en que termina la barrilla, continuando la influencia, el aparato quedará cargado de signo distinto al del citado manantial. Si lo está de fluido positivo, al aproximar un cuerpo que aumenta la repulsión de las hojas, deduciremos que tiene fluido de su mismo nombre; si la divergencia disminuye muy sensiblemente, y si aproximando el cuerpo se tocan las hojas de oro desviándose despues, será prueba de que el cuerpo tiene electricidad diferente.

Electrómetro de cuadrante llamamos á un péndulo eléctrico modificado, que sirve para medir la intensidad de la electricidad producida en ciertos aparatos; será en proporción del ángulo de desviación de la vertical.

LECCION LXXXIII.

Máquina eléctrica: descripción de la de Disco. Electròforo. Efectos de la electricidad estática.

238. La *máquina eléctrica* sirve para producir gran-

des dosis de electricidad por frotamiento, acumulándola en los conductores por influencia. La inventada por Ramsden consta de un *disco de vidrio*, fijo por su centro á un manubrio que le permite girar por medio de un eje; el disco en su rotación frota contra cuatro almohadillas de cuero, enchidas de crin, que comunican con el suelo; delante del disco hay dos *conductores aislados*, terminados en varias puntas metálicas en la proximidad al disco.

Haciendo girar este, frotando el vidrio con las almohadillas se desarrolla electricidad, *negativa* para estas, que va al suelo, y la *positiva* queda en el vidrio, desde donde descompone por influencia el fluido natural de los conductores, atrayendo la negativa y, pasando por las puntas, se combina con la positiva del disco para formar *fluido natural*; el conductor queda electrizado de positiva, y si se le aproxima otro cuerpo *conductor*, saltará una chispa.

La cantidad de electricidad producida aumenta frotando las almohadillas con oro masivo, ó con una amalgama de zinc y estaño.

Para medir la tension de la máquina, se fija á uno de los conductores un *electrómetro de cuadrante*; habrá llegado á su maximum cuando el péndulo sigue inmóvil á pesar de la rotación del disco. Este limite depende 1.º de la pérdida por el aire y vapor de agua que contiene, creciendo con la *tension*; 2.º por los aisladores; 3.º por la recomposicion de las dos electricidades de las almohadillas y del vidrio.

La máquina descrita se carga de electricidad positiva; en otras *acumulan* á la vez las dos electricidades, como las de *Vau Marun* y de *Nairn*. Ultimamente se ha ideado otra máquina por *Armstrong*, llamada *hidro-eléctrica*, porque el vapor del agua muy comprimido, al salir por orificios pequeños, frota contra ellos y desarrolla la electricidad.

259. El *electróforo* la produce tambien; se compone de un platillo resinoso y de un disco metálico provisto de su correspondiente aislador. La resina se electriza negativamente percutiéndola con una piel de gato: co-

locado encima de la resina el disco de metal, su fluido natural se encuentra descompuesto por influencia; siendo atraído á la superficie inferior el fluido positivo, y repelido á la superior el negativo. Si se toca con el dedo al platillo metálico cuando está sobre la resina, su fluido negativo pasa al suelo, y si despues se levanta, queda cargado de electricidad positiva y se puede sacar una chispa. Quedaria en su estado natural, si antes de levantarlo no se toca con el dedo.

260. La electricidad acumulada en los conductores de una máquina puede dar origen á diferentes efectos, que dividimos en *fisiológicos, luminosos, caloríficos, químicos y mecánicos*.

Quando aproximamos el dedo á un conductor de la máquina eléctrica, al efectuarse la combinacion de los dos fluidos, uno el del conductor y otro de la mano, se produce una chispa, acompañada de una sensacion mas ó menos intensa: si la persona se fija en el banquillo aislador y toca con la mano al conductor, al aproximarle otro cuerpo conductor, se reproducen dichos fenómenos.

Entre los efectos *luminosos* se comprende el resplandor que se observa al combinarse los dos fluidos eléctricos al través del aire, en el vacío, ó en los tubos centellantes, que multiplican las chispas y la luz eléctrica. Las *caloríficos* se hacen sensibles haciendo saltar una chispa entre un conductor de la máquina eléctrica y la superficie de un líquido, tal como el éter sulfúrico, que se inflama de repente, como si se le aproximase una bujía encendida. Los *químicos* consisten en favorecer la combinacion de ciertos cuerpos, como el oxígeno y el hidrógeno, en el pistolete de *Volta*; ó en la descomposicion de otros varios. Entre los *mecánicos* se comprenden los del *campanario eléctrico*, la *danza* y el *granizo eléctrico*, cuyos movimientos se deben á que los cuerpos ligeros están colocados entre dos conductores, uno de los cuales está constantemente electrizado.

LECCION LXXIV.

Electricidad disimulada. Condensador: su descarga lenta é instantánea. Electrómetro condensador de Volta. Botella de Leyden. Baterías eléctricas. Efectos de la electricidad de estos aparatos.

261. Electricidad *disimulada ó latente* se dice al estado de *neutralizacion* que ofrecen los dos fluidos eléctricos, cuando colocados el uno frente del otro en dos cuerpos conductores, están separados por una lámina delgada no conductora.

Los *condensadores* son aparatos destinados á acumular las electricidades disimuladas. Están fundados en la electrizacion por influencia. El mas usado se compone de dos discos metálicos aislados y separados por una lámina de vidrio; á cada uno de los discos se fija un péndulo; se hace comunicar uno de los platillos con la máquina eléctrica, y al otro con el suelo; el 1.º se electriza como dicha máquina, y el 2.º por influencia de fluido diferente. Este medio permite *condensar* grandes cantidades de electricidad, siendo siempre mayor la acumulada en el platillo que comunica con la máquina, ó sea *colector*.

La carga de los condensadores depende del espesor del vidrio interpuesto entre los conductores, y de la tension del origen eléctrico. Sus efectos están disimulados, pero no por completo: el péndulo del platillo colector diverge, y al aproximarle el dedo dá una pequeña chispa; entonces el platillo *condensador*, que *comunicó con el suelo*, dará otra chispa al acercarle el dedo; y así continuando hasta descargarlos *lentamente*.

Se llama *escitador* á un aparato formado de dos varillas articuladas y metálicas que hacen comunicar á los platillos del condensador: se observa en el acto la recomposicion de la mayor parte de las electricidades acumuladas, ó sea la descarga *instantánea*.

262. El *electrómetro condensador de Volta* es un aparato de frecuente aplicacion; formado de un electrómetro

de panes de; oro se ha hecho mas sensible por la adición de dos platillos condensadores, pudiendo apreciar la mas pequeña dosis de electricidad.

263. La botella de Leyden solo difiere del condensador ya conocido por la forma de la lámina aisladora. La hoja de estaño que cubre su exterior, y los panes de oro que ocupan el interior del frasco, y que llamamos armaduras, representan los dos platillos, y la botella la lámina de separación: su carga se efectúa como la de un condensador.

Puede descargarse lenta ó instantáneamente, y con la botella de armaduras movibles, se prueba que los dos fluidos se fijan sobre la superficie aisladora.

Los vocales eléctricos son grandes botellas de Leyden, de cuello ancho, cuyo interior está cubierto tambien de papel de estaño: sus armaduras interiores y exteriores comunican entre si por medio de un cuerpo conductor, y cuando se reúnen vários forman una batería eléctrica, cuyos efectos son muy enérgicos.

264. Los efectos de la electricidad de las botellas de Leyden, como los de las máquinas eléctricas, pertenecen á los de electricidad estática: pueden ser fisiológicos, luminosos, caloríficos, etc.

Fisiológicos se llaman á los que produce la electricidad sobre los seres vivos, ó bien recientemente privados de vida. Aumentan con la estension de la superficie y con la carga del aparato. Si con ambas manos se hacen tocar á la vez el interior y el exterior de una botella de Leyden, se siente una fuerte conmocion.

Luminosos se dicen á los que se manifiestan, con una luz mas ó menos intensa, en las armaduras de la botella ó baterías, por medio de la botella centellante.

Caloríficos se llaman á la elevacion de temperatura que se produce en la recombinacion de los dos fluidos eléctricos: son tales, que los metales se calientan, funden y aun volatilizan.

Los efectos químicos consisten en combinaciones y descomposiciones que determina la recomposicion de los dos fluidos eléctricos: el hidrógeno y el cloro se combinan por medio de las chispas eléctricas. Los me-

cánicos consisten en la rutura de ciertos cuerpos y en la fuerza expansiva que adquieren los gases por las descargas eléctricas.

LECCION LXXV.

Electricidad desarrollada por presión y por el calor.

265. Los cuerpos se electrizan tambien por la compresion, como por el frote. Si un disco de metal se oprime con un tafetan engomado, ambos se cargan de electricidad, que será *positiva* para el tafetan y *negativa* para el metal. No puede atribuirse la electricidad al frote, porque en este caso el tafetan toma la *negativa* y el disco metálico la *positiva*. El espato de islandia oprimido entre los dedos queda sensiblemente electrizado en el acto.

266. Los metales y los cuerpos elásticos, tales como el corcho y asfalto, cuando estan aislados se constituyen en estado eléctrico por la presión, variando el signo eléctrico según la sustancia contra quien se oprime: así el corcho oprimido con el espato de islandia, se electriza *negativamente*, y se cargará de electricidad *positiva* sobre el zinc ó cobre. El estado de la superficie y la temperatura de los cuerpos, influye en el desarrollo de electricidad. El espato de islandia cuando no está pulimentado pierde la electricidad por la humedad que retiene; si está pulimentado la conserva. Si este mismo cuerpo se oprime contra un disco de corcho, toma la electricidad *positiva* á la temperatura ordinaria y la *negativa* á otra mas elevada: dos cuerpos idénticos no dan indicio alguno eléctrico mientras no tengan temperaturas distintas.

Para que los cuerpos conserven la electricidad desarrollada por presión, es conveniente separarlos con velocidad; Hai probó que algunos, como el espato de islandia, la conservan por bastantes dias; de esta propiedad hizo uso para construir su *electroscopo*.

267. La accion del calor, es suficiente en muchos cuerpos, como la turmalina y el topacio, para desarro-

Har la virtud eléctrica, dirigiendo los fluidos á los extremos, y presentando las mismas tensiones aunque debidas á electricidades diferentes.

La fusion del vidrio y del azufre, vá acompañada de produccion de electricidad, modificándose sus propiedades conductrices al propio tiempo: asi se observa que se hacen conductores cuando se funden y calientan fuertemente; fenómeno que tambien presenta el carbon, si bien este conserva despues de frio la conductibilidad adquirida. La electricidad que se desarrolla por el calor es fácil de observar, suspendiendo una turmalina por medio de un hilo de seda dentro de un cilindro de vidrio cuyo fondo es una lámina metálica, que se calienta por medio de una lámpara de alcohol; los extremos de la turmalina se electrizan y atraen al péndulo eléctrico aun al través del vidrio.

Del estudio de estos fenómenos se ha deducido:

- 1.º Los fluidos eléctricos no aparecen sino en temperaturas cuyos límites son 10 y 150 grados.
- 2.º La tension eléctrica aumenta entre los límites dichos, con la temperatura, cuando esta obra uniformemente en el cristal; desaparece en el momento que aquella se estaciona, para volver á presentarse, pero colocada en orden inverso, cuando la temperatura disminuye.
- 3.º Si una turmalina se electrizó por el calor, al dividirla, cada porcion presenta dos polos, como antes de esta separacion.
- 4.º Una turmalina así electrizada por el calor, no pierde su electricidad por el contacto con un cuerpo conductor.
- 5.º Si la turmalina solo se calienta ó enfría por un extremo, se electriza, como lo haría si la temperatura sufriese igual variacion en toda la masa: el otro extremo no presenta signo alguno eléctrico. Las mas diáfanas son las que mejor se electrizan.

Electricidad debida al contacto. Esperiencias de Galvani. Teoría y esperimentos de Volta. Fuerza electromotriz. Pilas de Volta. Tension, polos y corriente. Modificaciones de la pila de Volta.

268. El contacto de dos cuerpos conductores basta para descomponer el fluido natural, dando origen al desarrollo de electricidad.

Galvani observó, que al poner en contacto, por medio de un arco metálico, los músculos y los nervios del *anca* de una *rana*, recién disecada, esperimentaban violentas convulsiones. Atribuyó el fenómeno á un fluido particular que supuso en el *animal*, asemejando el *anca* de la rana á una botella de Leyden, y el arco á un conductor que circulaba la electricidad *positiva del nervio* al *músculo*, y la *negativa*, por medio del resto orgánico, del *músculo al nervio*.

Volta supuso que la *electricidad* no existia en la rana, sino que se desarrollaba por el contacto de los metales heterogéneos, y que la rana hacia el papel de electros-copo.

Para probarlo usó su *electrómetro condensador*, tocó el platillo inferior, que era de cobre, con una lámina de zinc, comunicando el otro con el suelo; levantó el platillo superior, y observó que las láminas de oro estaban electrizadas de fluido negativo. Un solo contacto desarrolla la electricidad; la de este esperimento no puede atribuirse ni al frote ni á la presión, porque sustituyendo el zinc con el cobre, no hay desarrollo de electricidad, debe provenir del contacto de los dos metales, de los que el zinc adquiere la electricidad positiva y el cobre la negativa.

En esta teoría admite Volta que el contacto dá origen á una fuerza llamada *electro-motriz*, que no solo descompone la electricidad natural, sino que se opone á la recombinación de las dos electricidades acumuladas en los cuerpos en contacto, teniendo el carácter de *instantánea* y *permanente*.

Volta divide los cuerpos en *buenos* y *débiles-electro-motores*, segun que desarrollan grandes ó pequeñas dosis de electricidad en el contacto. Los metales en general, y el carbón calcinado, son *buenos electro-motores*; los cuerpos *no metálicos* son *débiles electro-motores*. Además la especie de electricidad que adquiere un cuerpo depende de la naturaleza de las sustancias en contacto: así zinc y estaño, son *positivos* en contacto con el cobre que toma la *negativa*, y cobre es *positivo* con plata y oro que son *negativos*.

269. Llamamos *pilas de Volta* los diversos aparatos que usamos para acumular la electricidad desarrollada por el contacto. Se construyen con dos buenos electro-motores, *cobre* y el *zinc*, y un buen conductor pero *débil electro-motor*, como el paño humedecido en agua acidulada con el sulfúrico y nítrico. Cada uno de los metales que entran en la pila se llama *elemento*, y la reunión de uno de cada especie se dice *par de pila*.

Si la pila no está aislada y se apoya por su elemento *cobre*, solo se cargará de electricidad *positiva*, marchando al suelo la *negativa*, y se cargará de esta si se apoya por el *zinc*.

Si la pila está aislada, es decir, apoyada sobre vidrio ó resina, la parte media está en estado natural, y cada extremo tiene diferente signo eléctrico: su *tension* aumenta desde el centro, con el número de los pares, y será mitad de la de una pila no aislada del mismo número de elementos.

270. La *tension en una pila* es la tendencia de la electricidad acumulada en las extremidades á desprenderse, venciendo los obstáculos que se le oponen. Se mide con el plano de prueba y la balanza de Coulomb. La *tension* aumenta con el número de los pares. No así la cantidad de electricidad producida, que en igualdad de circunstancias, crece con la extensión de las superficies.

Se llama *polo positivo de una pila* el extremo donde se acumula este fluido, será en el último *zinc*; y el *polo negativo* aquel en donde se acumula el de este nombre, que será en el último *cobre*.

Electrodos se llaman los alambres que se fijan en los polos de las pilas para hacerlas comunican entre sí.

Corriente se dice á la recomposicion de electricidad contraria, que se opera de uno á otro polo de una pila, por medio de un conductor.

Las corrientes son continuas, porque la fuerza electromotriz lo es tambien. El estudio de todos los fenómenos de que es susceptible la electricidad que se mueve en forma de corriente, constituye la *electricidad dinámica*.

Las pilas de *artesa* tienen sus elementos soldados ó, como la de Wollaston, tan solo en sus bordes, y se introduce verticalmente cada par en un frasco que contiene agua acidulada.

Las *pilas secas* mas comunes se forman con un disco de papel, que lleva pegado en una superficie una hoja muy delgada de zinc, y en el otro lado se aplica peróxido de manganeso.

LECCION LXXVII.

Electricidad debida á las acciones químicas. Pilas de corriente constante. Descripción de las de Daniel, Grove y Bunsen.

271. La teoría de Volta sobre la electricidad debida al contacto, ha sido vencida en el terreno espermental, habiéndose probado que la causa principal de la electricidad de las pilas, es una accion química.

Cuando una sustancia cualquiera, y sobre todo un metal, se sumerge en un fluido capaz de atacarle químicamente, se produce electricidad, siendo *positiva* para el liquido activo y *negativa* para el cuerpo atacado.

El *galvanómetro*, que despues conoceremos, sirve para probar que la mas pequeña accion química basta para *desarrollar la electricidad*.

La esperiencia acredita: 1.º El oxígeno en sus combinaciones toma la electricidad positiva, y el cuerpo á quien se une la negativa. 2.º Al combinarse un ácido con una base, ó cuando ataca á un metal, toma la electricidad *positiva*; y la base ó el metal la *negativa*. 3.º En las

descomposiciones de los anteriores compuestos se presentan fenómenos *eléctricos inversos*.

272. Las pilas que hemos descrito no son constantes; la corriente *disminuye rápidamente*, 1.º por la *debilitacion* de la accion química, por la neutralizacion del ácido sulfúrico á medida que va combinándose con el zinc. 2.º Por las *corrientes inversas* de la corriente principal, que dependen de la descomposicion que esta produce en el agua y el sulfato de zinc, que tiene en disolucion, que dará por resultado precipitarse el zinc sobre el cobre: este depósito es causa de una corriente de direccion contraria á la primera, neutralizándola en parte.

273. Las pilas de corriente constante están formadas por dos líquidos que reaccionan el uno sobre el otro, al través de un cuerpo poroso que permite el paso de la corriente, impidiendo que se mezclen aquellos, ó lo hagan lentamente: cada elemento de un par está sumergido en su líquido diferente. En estos aparatos uno de los dos metales tan solo es el activo, el otro no sufre ninguna accion química, es un mero conductor. Los líquidos *deben ser tales*, que la corriente que resulta de su mútua accion, al través del diafragma ó cuerpo poroso, tenga igual direccion y se una con la que origina la accion del ácido sobre el metal atacado.

De las primeras pilas constantes que se construyeron, lo fue la de Daniel: está constituida por un vaso de loza ordinaria, dentro del cual vá otro de porcelana fina sin vidriar. El metal atacado es el zinc *amalgamado*, que está sumergido en agua acidulada con 1/8 de su volúmen del sulfúrico; é inactivo es el cobre, que lo está en una disolucion saturada de sulfato de protóxido de cobre; cada uno lleva un electrodo, y hasta que no se comunican entre sí la pila está inactiva.

En este aparato la corriente resulta, 1.º de la *accion* del agua acidulada sobre el zinc: 2.º de la reduccion, del óxido de cobre por el hidrógeno. Estas dos corrientes marchan en un mismo sentido, y la segunda impide todo depósito perjudicial en el cobre de los pares.

La preferencia que se dá al zinc amalgamado se

funda, en la corriente mas enérgica que produce para una cantidad que se consume.

En las pilas de Grove el metal inactivo es el *platino*, sumergido en ácido nítrico, siendo el atacado el mismo *zinc amalgamado* introducido en agua acidulada con el sulfúrico. La llamada *pila de carbon ó de Bunsen* difiere de la anterior en que la lámina de *platino* está sustituida por un prisma ó cilindro de carbon, compuesto de *ulla* y *coke*.

De las pilas de corriente constante se hace uso en la *galvanoplastia*, en la *telegrafia eléctrica* y siempre que se desea regularidad y energía en los efectos de este poderoso agente.

LECCION LXXVIII.

Efectos de la electricidad dinámica. Galvanoplastia, dorado y plateado galbánicos.

273. Cuando los polos de una pila voltaica no se comunican entre sí, los fluidos de diferente nombre se acumulan á sus extremos, se puede probar la identidad entre esta electricidad y la de las máquinas.

Los efectos de estas pilas son mas enérgicos, por la continuidad de su accion, que los de la electricidad estática; y se dividen en *fisiológicos*, *físicos* y *químicos*. Los *efectos fisiológicos* consisten en la accion de la electricidad sobre los animales vivos ó recién muertos. Tocando con las manos humedecidas los dos polos de una pila, se siente una conmocion, tanto mayor quanto lo sea el número de los pares, es decir, que el efecto depende de la tension de la pila.

Por medio de la corriente recobran la vida los conejos asfiados, hacia media hora: en los cadáveres recientes, es tal la accion de la corriente, que les obliga á producir movimientos que causan espanto.

Los *efectos físicos* se subdividen en *caloríficos*, *luminosos*, y *mecánicos*. Los *caloríficos* se manifiestan por el enrojecimiento, fusion ó volatilizacion de los metales que constituyen el círculo eléctrico. Dependen de la

cantidad de electricidad desarrollada en la pila. A ellos se debe la fusión de muchos cuerpos que habían resistido temperaturas muy altas sin cambiar de estado.

Los *luminosos* de una pila de gran potencia son tales, que después del sol, es el manantial de luz mas intenso que se conoce; bien se presente en forma de chispas, ó por la incandescencia de las sustancias que reúnen los dos polos.

Los *mecánicos* consisten en la separación de moléculas de la materia de donde se desprenden los fluidos; y en su transporte, impulsadas por la fuerza electromotriz, hasta el punto donde se verifica la neutralización de las electricidades. Esto explica el diferente colorido de la luz eléctrica que se origina en la superficie de diferentes cuerpos.

Los *efectos químicos* de la pila consisten en los fenómenos de descomposiciones y composiciones que se verifican en los cuerpos atravesados por corrientes vol-táicas; la acción de descomposición es directa, siendo secundaria la de composición. Una de sus aplicaciones ha sido á la descomposición del agua, por medio del *voltámetro*, el cual permite *determinar la intensidad* de la corriente, según el principio siguiente debido á Faraday: « en las descomposiciones electroquímicas la cantidad en peso de los elementos separados, es proporcional á la cantidad de electricidad que pasa por la corriente. » De forma, que el oxígeno ó hidrógeno recogidos podrán servir para medir la intensidad de la corriente.

Las corrientes obran sobre los óxidos metálicos como sobre el agua; los reducen á todos, y como el oxígeno es el elemento mas negativo, marcha al polo positivo, y el metal al negativo. Una descomposición semejante presentan los ácidos y las sales, cuyos componentes se separan por la acción de la corriente, dirigiéndose el ácido al polo positivo y la base al negativo.

La descomposición de las sales por medio de la pila ha recibido una importante aplicación en la *galvanoplastia* y en el *dorado y plateado galbánicos*: es decir, en el arte de modelar los metales precipitando los de sus disoluciones salinas por la acción lenta de una corriente

eléctrica. La capa de metal precipitada adquiere con toda exactitud la forma del dibujo, en hueco ó en relieve, que se le presenta, unido al polo negativo de un par de pila de Daniel ó de Bunsen. Si la capa metálica que se ha precipitado sobre el molde puede separarse despues de tener cierto espesor, se dice *galvanoplastia*, si por el contrario, los metales al precipitarse forman capas muy finas y adherentes al objeto, de modo que pueden sufrir la accion del frote sin desprenderse, se dice *dorado y plateado galvánico*.

El dorado se consigue por medio de una disolucion de cloruro de oro y cianuro de potasio en agua destilada, y el plateado con cianuro de plata y de potasio.

LECCION LXXIX.

Electro-magnetismo. Accion de las corrientes eléctricas sobre los imanes. Construccion y ventajas del galvanómetro.

275. Se llama *electro-magnetismo* la parte de la fisica que tiene por objeto estudiar la accion de las corrientes eléctricas sobre los imanes, y la de estos sobre aquellas.

Si una aguja imantada se aproxima á un conductor metálico que une los dos polos de una pila voltaica en actividad, se desvia frecuentemente de su direccion, adquiriendo tendencia á colocarse en el plano perpendicular al de la corriente eléctrica: si esta cesa, la aguja vuelve á su posicion primitiva.

276. Admitiendo que la corriente marcha del polo positivo al negativo en el alambre conductor observaremos: 1.º Si la corriente pasa por encima de la aguja marchando del Sur al Norte, el polo *austral* se desvia hácia el Oeste. Si pasa por debajo, el polo austral va al Este. 2.º Si la corriente pasa sobre la aguja marchando del N. á S. el polo austral se desvia hácia el E. en igual direccion de la corriente, si pasa debajo de la aguja su polo austral marcha al O.

Esta *accion directriz* suele espresarse en el siguiente principio general. «En la accion directriz de las corrientes sobre los imanes se desvia constantemente su polo austral á la izquierda de la corriente.»

Si las corrientes están colocadas en direccion paralela á la aguja imantada, hallándose esta mas distante de la direccion en que tiende á colocarse por efecto de la corriente: será mas enérgico el impulso que la comunique, y la desviacion en proporcion de la intensidad de la corriente: una de estas dada, puede valuar la de un imán. Para estos esperimentos se usan agujas semi-astáticas, para que la accion de la tierra esté sensiblemente neutralizada, en cuyo caso el desvío de la aguja permite juzgar con acierto de la intensidad de la corriente.

277. La accion directriz de los imanes sobre las corrientes, es reciproca; si el imán es fijo y la corriente *movible*, esta vá á ponerse en cruz con el imán, ocupando la izquierda el polo austral. El círculo de la corriente debe moverse fácilmente para ser dirigido por la accion del globo, la de un imán, ó la de otra corriente.

278. Llámase *galbanómetro* ó *multiplicador* un aparato muy sensible, que sirve para comprobar la existencia, direccion é intensidad de una corriente. Está formado de dos agujas semi-astáticas: la inferior vá dentro de un vastidor de madera sobre el cual se arrolla un hilo de cobre cubierto de seda, que comunica con la pila que produce la corriente: la aguja superior corresponde sobre el círculo en que termina el vastidor, que debe colocarse en el plano del meridiano magnético. Fijando á los extremos del alambre dos discos, zinc y cobre, separados por otro de papel impregnado en agua acidulada, la aguja desvia rápidamente hasta fijarse en los 90.º, por efecto de la corriente eléctrica desarrollada.

Si la corriente es enérgica, basta que la atraviese en una sola direccion, para el desvío de la aguja; si fuese débil, sería preciso que obrase mayor número de veces sobre y debajo de la aguja, para que multiplicándose la accion con el número de vueltas, se consiga mayor efecto.

El *galbanómetro diferencial* sirve para valuar la intensidad de dos corrientes. Se construye con dos hilos de igual longitud y diámetro, y que se arrollan igual número de veces. Se hace pasar la corriente en sentido

contrario por cada hilo, y la direccion del desvío de la aguja marcará la que tiene la corriente de mayor intensidad.

LECCION XXC.

Electro-dinámica. Accion de las corrientes unas sobre otras. Accion de la tierra sobre las corrientes. Solenoides. Teoria de Ampere sobre el magnetismo.

279. El estudio de los fenómenos que se originan por la accion de las corrientes, unas sobre otras, por la de la tierra, ó la de los imanes, constituye la *electrodinámica*.

La accion de las corrientes entre sí, ejercida por medio de aparatos convenientes, ofrece las leyes siguientes, para las *corrientes fijas*, ó cuyos conductores no tienen movimiento, y las *movibles*, porque los conductores por donde pasan están libremente suspendidos y pueden tomar diferentes posiciones.

1.^a Dos corrientes paralelas se atraen si van en un mismo sentido, y se repelen si van en sentido contrario.

2.^a Dos corrientes rectilíneas y angulares, se atraen si ambas se aproximan ó desvían del vértice del ángulo, y se repelen, si una vá aproximándose y la otra desviándose del vértice.

3.^a Dos porciones contiguas de una misma corriente se repelen mutuamente.

4.^a Cuando dos corrientes eléctricas pasan por conductores paralelos, poseyendo la misma intensidad y direcciones contrarias, se neutraliza su influencia y no ejercen accion alguna sobre un conductor movable.

5.^a La accion de una corriente sinuosa es la misma que la de una corriente rectilínea de longitud igual en proyeccion.

280. La tierra ejerce una accion directriz sobre las corrientes movibles, como si toda ella estuviese rodeada de corrientes eléctricas que, pasando del Este al Oeste, fuesen paralelas al Ecuador. Si la corriente sobre la cual actúa la tierra está cerrada, no se produce un

movimiento de rotacion, sino una accion directriz, fijándose en un plano perpendicular al *meridiano magnético*; y se dirige al *Este* la porcion en que la corriente *desciende*, y al *Oeste* la parte por donde *asciende*. El aparato mas sencillo para apreciar la accion del globo, es el *flotador de M. de Laribe*, formado por una lámina de cobre y otra de zinc fijas á un disco de corcho, y unidas en su parte superior por un hilo metálico, que flota en agua acidulada con el sulfúrico.

281. Se dá el nombre de *solenoides*, á un sistema de corrientes circulares, iguales y paralelas, formadas sobre un mismo hilo de cobre cubierto de seda, y arrollado en espiral; siendo circunstancia precisa, que el alambre, despues de formar la hélice, pase por el eje de dicha curva. Si los extremos del alambre se apoyan en una pequeña columna, á donde llegan los reóforos de la pila, se observa, en cuanto el solenoide está atravesado por la corriente: 1.º se dirige al plano del meridiano magnético, señalando una extremidad al N. y otra al S. Si de esta posicion se le desvia, vuelve á ella haciendo una série de oscilaciones. 2.º Los solenoides obedecen, como los imanes, la accion de las corrientes, cruzándose con ella y dirigiendo su polo austral á la izquierda. 3.º Los solenoides, se atraen por sus polos de diferente nombre, y se repelen por los de uno mismo. 4.º Los solenoides actúan sobre los imanes, y recíprocamente, como actúan los solenoides los unos sobre los otros.

282. De los fenómenos que preceden, dedujo *Ampere* la *identidad* entre la causa que produce los fenómenos magnéticos y los de la *electricidad*. Atribuyó los fenómenos de los imanes á corrientes paralelas entre sí, como en los solenoides, y perpendiculares al eje de los imanes: estas corrientes circulan en la misma direccion al rededor de las moléculas de cada iman, marchando del *Este* al *Oeste* en la parte inferior, y del *Oeste* al *Est.* en la superior. En las sustancias magnéticas circulan con todas direcciones y es nula la accion electro-dinámica, hasta que por la imantacion vienen las corrientes al paralelismo. Admitiendo las corrientes en el globo dirigidas del *Este* al *Oeste* en la parte superior y perpendiculares al

meridiano magnético, se explica la posición de N. á S. de las agujas, recordando las leyes de la electro-dinámica, la imantación de las barras de hierro ó acero, así como la acción del globo sobre las corrientes.

LECCION XXCI.

Imantación por las corrientes. Electro-imanes. Telégrafos eléctricos.

283. La corriente de una pila puede comunicar á las sustancias magnéticas las propiedades de los imanes, volviendo el metal á sus propiedades primitivas en el momento de cesar aquella. En el acero tarda á desarrollarse la acción, pero las agujas llegan á imantarse y conservan esta cualidad por algun tiempo.

Como la imantación es mas sensible cuando la corriente actúa transversalmente sobre la barra, y perpendicular á ella, se usan las corrientes en *hélíce*, por un hilo de cobre recubierto de seda arrollado sobre un tubo de vidrio, en cuyo interior se coloca la barra de acero que se quiere *imantar*. Si se arrolla de izquierda á derecha por encima, se dice *hélíce-destorsum*, y si de derecha á izquierda por debajo, se tiene una *hélíce-sinistrorsum*. En aquella el polo boreal de la barra está por donde entra la corriente, y el austral por donde sale, sucediendo lo contrario en la segunda.

284. Llámase *electro-imanes*, unas barras de hierro dulce en forma de herradura que se *imantan* por la influencia de una corriente voltaica que pasa por un hilo de cobre cubierto de seda, arrollado sobre las dos ramas muchas veces, y siempre en la misma direccion, á fin de que las dos extremidades de la barra sean dos polos de nombre contrario. Su fuerza depende, 1.º de la intensidad de la corriente, así los pesos que suspenden son proporcionales con aquella. 2.º En una corriente de igual intensidad, crece la fuerza suspensiva con las vueltas de la corriente. 3.º Aumenta la fuerza del electro-imán en proporcion al diámetro de los cilindros y de la pureza del hierro dulce de que están formados,

volviendo á su estado natural en el instante que cesa la corriente.

285. Los *telégrafos eléctricos* son aparatos destinados para transmitir señales á grandes distancias, por medio de corrientes voltáicas que se propagan por largos alambres metálicos. Varios son los sistemas propuestos por los físicos, y que fundan en la facilidad con que adquieren y pierden los electro-imanes la virtud magnética cuando están bajo la influencia de una corriente ó cuando cesa. Los dos mas generalizados son el llamado de cuadrante y el de Morse.

El de *cuadrante* generalizado en los ferro-carriles, se compone de una pila de Daniel ó de Bunsen, y de dos *aparatos*, uno el *manipulador* que trasmite las señales representadas en las letras del alfabeto que van fijadas en un cuadrante; y otro el *receptor* que recibe las mismas señales, á cuyo efecto lleva otro cuadrante. Los dos aparatos se enlazan por medio de dos alambres de cobre ó hierro que forman circuito entre la estacion de origen á la de término. La mano del operador hace girar una pequeña aguja que lleva el manipulador, y la accion de la corriente que se trasmite por los conductores, moverá la de la otra estacion.

Este telégrafo no deja el menor indicio de los partes transmitidos, y si se cometen equivocaciones, al copiar los signos, no es fácil rectificarlas. Estos inconvenientes no existen en el de Morse ó *telégrafo escribiente*, que traza las señales en una tira de papel á medida que se transmiten: los signos son puntos ó líneas cuyas combinaciones representan las letras del alfabeto.

En los telégrafos los hilos para la conduccion de la corriente son de hierro galvanizado, para evitar su oxidacion: pueden pasar por el fondo de los mares, y si se suprime uno de los dos, puede la tierra obrar como un conductor imperfecto pero de grande accion,

LECCION XXII.

Corrientes termo-eléctricas: su diferencia de las hidro-eléctricas.
Pilas termo-eléctricas. Termo-multiplicador de Melloni.

286. El calor puede dar origen á corrientes eléctricas, que aunque débiles, son notables por el enlace que establecen entre el calor y la electricidad y por la aplicación que han recibido: se las llama *termo-eléctricas*; para distinguirlas de las que proceden de *acciones químicas*, que se designan bajo el nombre de *hidro-eléctricas*.

Se desarrolla una *corriente termo-eléctrica* por medio de una lámina de antimonio curva en los extremos y soldada á otra de bismuto: dentro de este circuito va colocada una *aguja imantada* móvil sobre un eje. Si colocado el aparato en la dirección del meridiano magnético, se calienta ligeramente una de las soldaduras, la aguja se desvía indicando la dirección de la corriente en el sentido en que se propaga el calor. Si una soldadura se la enfría con hielo mientras la otra tiene la temperatura ordinaria, se produce también una corriente, pero inversa de la anterior; en ambos casos la energía de la corriente será tanto mayor cuanto sea la diferencia de temperatura de las dos soldaduras.

Estas corrientes no pueden atribuirse al contacto, puesto que se desarrollan en circuitos de un solo metal, ni á una acción química, porque ha demostrado Becquerel que se originan igualmente en el vacío: dependen de la *desigual propagación* del calórico al través de las diferentes partes del circuito. Para demostrarlo, se toma un arco formado por dos metales, y se unen sus extremos con los hilos del galvanómetro: si la temperatura del circuito es igual, no hay corriente alguna; pero al calentar una soldadura, la aguja de aquel aparato acusa el paso de una corriente. Si el circuito es homogéneo, no se produce corriente calentando cualquiera de sus puntos, porque el calórico se propaga con igualdad en todas direcciones.

287. Las pilas termo-eléctricas son aparatos que acumulan las tensiones termo-eléctricas producidas en un circuito compuesto de varios metales, cuando se hacen calentar las soldaduras pares, por ejemplo, permaneciendo las demás á la temperatura ordinaria. Estos aparatos están formados por barras de *antimonio* y de *bismuto* soldadas al tope, por la curva que ofrecen sus extremos, colocadas en igual número y alternando.

El primer elemento, *antimonio*, constituye el polo positivo de la pila, y el último, *bismuto*, formará el negativo. En este aparato las soldaduras *pares* están á un lado y las *impares* al opuesto, y encerrado en una caja de latón, aislando con bandas de papel barnizado los pares, dos láminas metálicas se unen á sus polos, á los que se fijan los extremos del hilo de un *galvanómetro* que servirá para medir la corriente.

288. La pila termo-eléctrica unida á un galvanómetro ha venido á convertirse, por los esperimentos de Melloni, en el aparato *termo-métrico* más sensible que se conoce. Aquel fisico le denominó *termo-multiplicador*, y sirve para demostrar el grado de diatermancia de los cuerpos, (lección 52): el calórico transmitido, obrando sobre las soldaduras pares ó impares de la pila, originará una corriente cuya intensidad será proporcional con la variación de temperatura de aquellas, y la desviación de la aguja del galvanómetro valuará la energía de la corriente.

LECCION XXIII.

Corrientes por inducción: efectos que producen. Aparatos para desarrollar corrientes eléctricas por medio de imanes.

289. Se llaman corrientes por *inducción* á las que se desarrollan en los conductores metálicos, bajo la influencia de otras corrientes, ó la de poderosos imanes.

Se prueba la inducción de una corriente, arrollando sobre un cilindro hueco de carton dos alambres de cobre cubiertos de seda, uno grueso y otro fino: las

extremidades de este comunican con el galbanómetro, y las del hilo grueso con los polos de una pila: la corriente de este hilo, que diremos *inductor*, desarrolla instantáneamente en el otro la corriente *inducida*, que desviará la aguja del *galbanómetro* en sentido *contrario* á la inductora; la corriente desarrollada dura muy poco tiempo, pues que la aguja vuelve al cero muy pronto, en el cual permanece mientras continúa la corriente inductora. Si esta se interrumpe, se produce de nuevo en el hilo fino una corriente inducida, instantánea como la primera, pero *directa*; es decir, en el sentido que la *inductora*.

290. Si sobre el cilindro de carton se arrolla un hilo fino de cobre, poniéndole en comunicacion con el *galbanómetro*, al introducir en él una barra de acero fuertemente imantada, la corriente por *inducción del imán* se desarrolla, y el *galbanómetro* indica el paso instantáneo de una corriente inducida: la aguja permanece en su posicion primitiva, mientras la barra está colocada dentro del cilindro, y aparece la corriente en sentido contrario en el momento que se retira el imán.

Si en el experimento anterior, se sustituye el imán por una barra de hierro dulce, al aproximarle el polo de un imán vigoroso, la aguja del *galbanómetro* se desvia, volviendo al cero así que el imán se fija, y se desvia en sentido contrario cuando se le retira. Estos hechos prueban claramente, que el agente, causa de los fenómenos eléctricos, lo es también de los magnéticos.

291. Las corrientes por *inducción* dan origen á los mismos efectos que las voltáicas directas, bastando uno ó dos pares de Bunsen para que las corrientes *inducidas* produzcan los efectos de las pilas mas enérgicas. La *bobina de Ruhmkorff*, es el aparato de *inducción* mas comúnmente empleado para obtener efectos *fisiológicos, físicos y químicos* superiores á los de las máquinas eléctricas mas poderosas.

La accion escitada por la influencia de los imanes, en la materia, ha sido llamada *inducción magneto-eléctrica*, para distinguirla de la producida por las corrientes, que lleva el nombre de *inducción electro-eléctrica*.

292. Descubiertas las corrientes por induccion de los imanes, se han buscado medios para que los efectos de la corriente inducida fuesen continuos, y la direccion de la corriente constante. Estos aparatos llevan tres partes principales: 1.º un fuerte imán en forma de herradura; 2.º dos cilindros de hierro dulce, ó uno en forma de herradura; 3.º dos hélices de induccion formados de un hilo de cobre cubierto de seda, sobre cada uno de los cilindros. La accion inductriz emana del imán que, por su rotacion, produce una corriente que cambia segun los estados magnéticos que adquiere el hierro dulce.

Este aparato, inventado por Pixii, fue modificado por M. Clark, que dispuso fijo el imán y movable el cilindro de hierro dulce con el hilo de cobre. Para que la corriente sea continua, se hace mover con grande rapidez el electro-imán; y para evitar el cambio en su direccion, con un mecanismo especial, se procura que el mismo electro-imán se aproxime al imán en una semi-revolucion y se desvie en la siguiente; por cuyo medio se ha suprimido la corriente cuando debia cambiar de direccion. Los extremos del hilo de cobre pueden dar origen á todos los fenómenos eléctricos, desde la carga del condensador hasta la descomposicion del agua, y todos los demás ya conocidos.

LECCION XXIV.

Meteorología. Objeto de la Meteorología. Division de los metéoros. Climatología.

293. La parte de la física que estudia todos los fenómenos que se producen en la atmósfera, se llama *meteorología*; y por *metéoro* entendemos cada uno de estos fenómenos, como la lluvia, el viento etc.

Los metéoros se dividen en *aéreos*, como los vientos y el huracan; *acuosas*, como la lluvia y el rocío, y *luminosas*, como el arco iris, el rayo etc.

Dependen los metéoros de la accion de los agentes *calórico*, *luminico* y *eléctrico*, sobre la materia.

CLIMATOLOGIA.

294. Se llaman *climas físicos ó meteorológicos*, la extensión de la superficie de la tierra en donde la temperatura media del año se presenta próximamente igual. Las líneas que resultan de reunir los puntos del globo, de igual temperatura media anual, se han denominado *isotermas*.

Temperatura media de un día se dice, la que se obtiene sumando la de las 24 horas del día y dividiendo la suma por el número 24. Difiere muy poco de la media entre la *máxima y mínima* del día. Por igual procedimiento se hallaría la media de un mes y la del año; esta se observa que es próximamente la *media del mes de octubre*. Finalmente, la de un punto cualquiera es la *media de su temperatura*, en muchos años de observación.

Ecuador térmico se llama á la isoterma de mayor temperatura del globo: al Norte y Sur de este *ecuador* las temperaturas decrecen con las latitudes.

Zona isoterma se dice al espacio comprendido entre dos *líneas isotermas*. Se distinguen generalmente seis *climas ó zonas*: *zona ecuatorial* entre las curvas isotermas de 25.° á 20.° centígrados. *Zona cálida*, entre las curvas isotermas de 20.° á 15.° *Zona templada*, entre las curvas de 15.° á 5.° *Zona fría*, entre las curvas isotermas de 5.° á 0.° *Zonas heladas*, entre las curvas isotermas de 5.° á - 10.° *Zona frígida ó polar*, bajo las curvas isotermas de - 15.°

295. La capa de aire que está en contacto con la tierra, presenta la temperatura *mínima* del día en el momento de salir el sol, y la *máxima* de dos á tres de la tarde.

La temperatura del aire *disminuye á medida que aumenta la elevación* sobre la superficie terrestre; desciende 1° el centígrado por cada 181.^m que ascendamos en la vertical. Se comprueba este enfriamiento, en las ascensiones aerostáticas, y lo revelan también las

nieves perpetuas que cubren las cúspides de las altas montañas.

296. La superficie del globo y las capas inferiores, sufren tambien variacion en la temperatura, hasta una capa de temperatura *invariable*, que posee próximamente la media del sitio al cual corresponde verticalmente. La distancia de esta capa á la superficie, varia, siendo notable en los climas frios, menor en los templados y de $\frac{1}{2}$ á 2 pies en los ecuatorales. Mas abajo de la *capa invariable*, aumenta la temperatura en $1.^{\circ}$ por cada 33.^m que se profundice, debido al calor central del globo.

297. El calor del globo debe radiarse hácia las regiones superiores de la atmósfera; la radiacion aumenta $1.^{\circ}$ del Ecuador á los polos: $2.^{\circ}$ con la altura sobre el nivel del mar: $3.^{\circ}$ en el invierno, en las noches despejadas, moderándose considerablemente en un cielo cubierto.

Los efectos de la irradiacion solar se aprecian por medio del *actinómetro*, termómetro de liquido de color adecuado para facilitar la absorcion calorifica, por cuyo medio se ha probado, $1.^{\circ}$ que la irradiacion solar en la superficie de la tierra, aumenta del Ecuador á los polos. $2.^{\circ}$ Que aumenta con la altura sobre el nivel del mar. $3.^{\circ}$ Que varia con la cantidad de vapores y nieves de la atmósfera. $4.^{\circ}$ Que aumenta rápidamente desde la salida del sol, y disminuye al acercarse al occidente.

LECCION XXXV.

Meléoros aéreos. Vientos: sus causas y division. Trombas. Higrómetros hidrómetros de Saussure y de Daniel.

298. Los vientos consisten en corrientes que se manifiestan en la atmósfera con direcciones y velocidades muy variables. Son producidos por un desequilibrio de temperatura, sea por aumento ó disminucion, en dos puntos mas ó menos próximos.

En los vientos se estudia la *direccion* en que soplan y su *velocidad*. La direccion se reconoce por medio de veletas, y usando la *rosa* de los vientos ó *náutica*.

299. Vientos *regulares* ó *constantes* se dicen á los que

soplan todo el año en una misma direccion; se observan en los mares ecuatoriales. Vientos *periódicos* ó *monzones*, los que reinan con regularidad en cierta direccion, en la misma estacion, ó en las mismas horas del día, y van seguidos por otro viento de igual duracion y en sentido contrario. Se observan en los desiertos del Asia y del Africa. La *brisa* corresponde á esta especie de viento; sopla en las costas del mar hácia la tierra durante el día, y de la tierra hácia el mar de noche; es decir, de la region mas fria á la cálida. Vientos *variables* son los que soplan en todas direcciones, sin sujecion á ley alguna. Son muy frecuentes en los países templados.

300. La *velocidad de los vientos* se mide por el *anemómetro*; varia notablemente; si es de 2.^m por segundo, se dice viento *suave* ó *moderado*: con 10.^m se dice *fresco*; con 20.^m *fuerte*; con 25.^m *tempestuoso*; y si llega á 40.^m viento *huracanado*, que arranca los árboles y derriba los edificios: se sienten especialmente en los climas cálidos.

Las *trombas* son masas de aire, y á veces de vapor de agua, que presentan un movimiento giratorio bastante rápido para elevar todo cuanto se opone á su marcha.

301. La *higrometria* es la parte de la fisica que tiene por objeto, determinar la cantidad de vapor acuoso que contiene el aire. La formacion de este vapor se debe á la evaporacion espontánea del agua que cubre gran parte de la superficie de la tierra.

El enfriamiento y la condensacion de este vapor, produce los fenómenos que llamamos *metéoros acuosos*. Los aparatos que usamos para hacer sensible este vapor, son los *higróscopos* ó *higrómetros*.

Los *higróscopos* indican la presencia de la humedad, pero no la cantidad de los vapores que existen: se construyen con materias orgánicas que absorven la humedad.

Los *higrómetros* sirven para determinar el estado higrométrico del aire: ó sea la relacion entre la tension del vapor que contiene el aire, y el que tendria si estu-

viene saturado á la temperatura considerada: los hay de absorcion y de condensacion. A los primeros corresponde el de Saussure, cuya parte principal es un cabello humano desengrasado, que absorviendo el vapor acuoso, aumenta la longitud; y al contrario, cuando está en una atmósfera seca, se contrae y disminuye de longitud: estas variaciones se hacen sensibles por una aguja indicadora, que recorre un arco dividido.

302. Los *higrómetros de condensacion* están fundados en la conversion del calórico libre en latente en el acto de la evaporacion de los líquidos: y por tanto en el enfriamiento y condensacion del vapor del aire sobre la superficie de los cuerpos. En este principio fundó Daniel su *higrómetro*.

El *psicrómetro* de *Agusto* es una modificacion de dicho higrómetro: está compuesto de dos termómetros, el uno cubierto por una tela de algodón que se sostiene siempre húmedecida. Cuando el agua se levapora, enfria al termómetro proporcionalmente al vapor formado, que será nula en el aire saturado de humedad, y considerable en el aire seco.

Las indicaciones de este aparato, unidas á las del termómetro y barómetro, son las que pueden conducirnos á predecir los cambios atmosféricos.

LECCION XXCVI.

Meteoros acuosos. Rocío. Escarcha. Lluvia. Pluviómetro. Nieve. Granizo. Nieblas. Nubes: division de las nubes.

303. Los *meteoros acuosos* tienen origen de la condensacion del vapor de agua que existe en la atmósfera y que, por el enfriamiento, abandona aquel estado.

El *rocío* se deposita en forma de pequeñas gotas de agua durante la noche, sobre los cuerpos, desapareciendo con frecuencia cuando el sol aparece en el horizonte. El rocío proviene de la radiacion nocturna de los cuerpos, que causa un enfriamiento suficiente para que el vapor acuoso del aire que rodea al cuerpo se condense lo suficiente hasta liquidarse.

En la precipitación del rocío influyen, 1.º la *naturaleza de los cuerpos*. En los vegetales y la madera, se deposita en gran cantidad, por ser notable su facultad radiante y por su enfriamiento en la noche. 2.º El *estado del cielo*. Si está cubierto de nubes, la pérdida de calor que sufren los cuerpos, por causa de la radiación, es muy débil, y también el rocío. 3.º La *posición del cuerpo*. Cuanto mas descubierta esté el sitio donde esté colocado aquel, mayor es su enfriamiento. Este metéoro es propio de las noches claras y serenas de la primavera y otoño.

La *escarcha* proviene, como el rocío, del enfriamiento de los cuerpos por la radiación nocturna. Si la temperatura del aire es de 2.º á 4.º, los cuerpos toman una temperatura inferior á 0.º y el agua que se deposita sobre ellos se congela. Se observa á principios de primavera y mediados de otoño.

304. La *lluvia* tiene origen en la condensación del vapor acuoso que, hallándose en cantidad suficiente para saturar el aire, sufre un enfriamiento por una causa cualquiera. Puede precipitarse en forma de pequeñas gotas ó *lloviznas*, en *lluvias fuertes* y en *torrenciales*. Las primeras se observan en España en la costa Cantábrica y en las faldas de las sierras; las segundas son comunes en toda la Península, y las torrenciales se han observado en la costa Cantábrica, en las del Mediterráneo é Islas Baleares.

La cantidad de lluvia que cae anualmente en un punto dado de la tierra, se determina por medio del *pluviómetro*: varía en un mismo punto según las estaciones, lloviendo mucho mas en la de mayor calor y en la proximidad á las regiones ecuatoriales.

Si las gotas de agua al descender sobre la tierra se enfrían hasta la solidificación, se presenta la formación de la *nieve*, constituida de prismas de seis caras que se entrelazan, dando origen á copos blancos y opacos. La nieve es frecuente en los puntos próximos á los polos y en los muy elevados sobre el nivel del mar.

El *granizo* es una masa de glóbulos de hielo, compactos, mas ó menos voluminosos, que caen de la

atmósfera frecuentemente en la primavera y verano, en las horas mas calurosas del día. Precede casi siempre á las tempestades. Ninguna teoría explica satisfactoriamente la formación de este metéoro: Volta lo atribuyó á las sucesivas atracciones de la primera gota de agua congelada, por dos nubes cargadas de electricidades contrarias.

305. Las *nieblas* son masas de vapor acuoso que, condensadas en la atmósfera, ocupan sus regiones bajas y enturbian su diafanidad. Se forman cuando el suelo húmedo está mas caliente que el aire. En las desembocaduras de los ríos son muy frecuentes.

306. Las *nubes* son tambien masas de vapor condensado en gotas de extremada pequenez; se diferencian de las nieblas porque ocupan la parte superior de la atmósfera. Proviene del encuentro de dos corrientes de aire de diferente temperatura y mas ó menos saturadas de vapor acuoso; ó de *nieblas* elevadas á las regiones superiores de la atmósfera por las corrientes del viento.

Las nubes tienen una altura de 1200 á 1400.^m en invierno, y de 3000 á 4000.^m en verano. Se dividen por su aspecto en cuatro especies principales. 1.^a *cirrus*; nubecillas filamentosas y divergentes, de aspecto blanquecino. 2.^a *Cúmulus*: nubes redondeadas, parecen montañas cubiertas de nieve. 3.^a *Stratus*: son bandas horizontales, anchas y continuas; se forman á la postura del sol, y desaparecen á su salida. 4.^a *Nimbus*, ó nubes de lluvia: no afectan forma alguna determinada; tienen un color gris mas ó menos oscuro, y sus bordes franjeados.

LECCION XXCVII.

Metéoros luminosos. Electricidad atmosférica: causas de su desarrollo. Rayo. Relámpago. Trueno. Choque de retroceso: pararrayos.

307. Los metéoros luminosos mas notables son los producidos por la electricidad libre que se encuentra

en la atmósfera. Franklin y Dalibar, demostraron la *identidad* entre el fluido eléctrico de nuestras máquinas y la causa que en las nubes produce el rayo, aplicando el poder de las puntas. (Lec. 71.ª).

La atmósfera contiene siempre una cantidad de electricidad libre, que en tiempo despejado es *positiva*, y cuando el cielo está cubierto de nubes, aquella varía de intensidad y hasta de signo; actuando sensiblemente sobre el *electroscopo* de panes de oro que termina en una varilla metálica, que teniendo de altura sobre un metro, acaba en punta.

308. Proviene la electricidad libre de la atmósfera principalmente, de la *evaporacion del agua*, cuando contiene ácidos y sales, ó álcalis en disolución: en el primer caso, el vapor va cargado de fluido *positivo*, y el líquido lo estará de *negativo*: en el segundo, cambian los signos eléctricos del líquido y vapor.

La *vegetacion*. Bajo la influencia de la luz, las plantas descomponen el ácido carbónico, absorven el carbono, y desprenden el oxígeno cargado de electricidad *positiva*.

El *electrómetro* condensador de Volta es á propósito para demostrar el desarrollo eléctrico citado.

Al condensarse el vapor de agua de la atmósfera, aumenta la conductibilidad, se acumulará una gran parte de la electricidad diseminada en el espacio, dando origen á nubes electrizadas *positivamente*. Actuando estas por influencia sobre el suelo, los vapores producidos estarán cargados de fluido *negativo* y en su condensacion formarán nubes de este mismo signo eléctrico.

La accion de una nube tempestuosa ó de grande *tension eléctrica*, actúa por influencia sobre los cuerpos terrestres, y cargándolos de fluido contrario al suyo, serán un centro permanente de atraccion sobre el cual tiende á dirigirse la de la nube. Si esta se descarga, dará origen al *rayo, relámpago y trueno*.

309. El *rayo* es la descarga eléctrica entre una nube tempestuosa y el suelo. Sus efectos tienen lugar por una serie de descomposiciones y recomposiciones entre las moléculas eléctricas de la nube del cuerpo cargado, por influencia de electricidad contraria, y del fluido que

los separa. Los efectos del rayo son *idénticos*, aunque mas energicos que los de una bateria eléctrica: mata al hombre y á los demás animales; inflama las materias combustibles; deja un olor particular en el aire, y convierte en imán al hierro dulce.

El *relámpago* es una luz *vivísima* que acompaña al rayo y que puede presentarse tambien entre dos nubes cargadas de electricidades diferentes: sigue generalmente una direccion en zig-zag. El *trueno* es la detonacion violenta que sucede al relámpago en las nubes tempestuosas: son siempre simultáneos, aunque percibimos antes la luz; consiste en su mayor velocidad comparada con la del ruido.

El *trueno* se atribuye á la conmocion ó vibracion que se escita en el aire: la continuidad del trueno se explica por la teoria de los *ecos* y *resonancias*, en las nubes ó sobre las sinuosidades de los terrenos.

El *choque de retroceso* es una violenta conmocion que sufren los animales á bastante distancia del punto donde estalla el rayo; efecto de que se descarga súbitamente su electricidad con la del suelo, y recobrando bruscamente su estado natural, se origina una sacudida que puede matarle.

310. Los *para-rayos* están formados por barras de hierro, que sirven para dar mas fácil paso á la electricidad del suelo atraida por la contraria de las nubes tempestuosas. Terminan en una punta de platino, metal inalterable por los agentes atmosféricos. Consta el para-rayos de la *barra metálica* y el *conductor*. La barra tiene sobre nueve metros de altura, y su seccion en la base, es un cuadrado de 5 á 6 centímetros de lado. El conductor es tambien metálico, y desciende desde la base de la barra hasta dos metros de profundidad en el suelo: debe marchar por el camino mas corto, evitar las soluciones de continuidad, y si el tejado lleva sustancias metálicas, deben estar unidas á él; su diámetro debe ser de 16 á 18 milímetros.

El para-rayos protege eficazmente á un espacio circular, cuyo radio es el duplo de su altura. Su teoria se funda en la de la influencia. La nube tempestuosa des-

compone la electricidad natural de la barra, repele la de su propio signo y atrae la contraria, que acumulada en la punta, vence la resistencia del aire, y dirigiéndose sobre la nube, la neutraliza y vuelve á su estado natural.

LECCION XXCVIII.

Auroras boreales. Color de la atmósfera. Crepúsculo. Halos. Arco iris: condiciones para observarlo. Aercolitos.

311. Llamase *aurora boreal* á un fenómeno luminoso, muy notable por su claridad, que aparece con frecuencia en la atmósfera, cerca de los polos terrestres, tomando el nombre del punto donde se observa: así diremos *aurora boreal* ó *austral* segun aparezca al N. ó S. de la tierra. Actúa de una manera muy enérgica sobre la aguja imantada, (Icc. 68.) y se sospecha que son producidas por corrientes eléctricas que, desprendidas de los polos, se dirigen á las regiones elevadas de la atmósfera.

312. La luz que precede á la salida del sol y la que continúa después de puesto, ó sea la que llamamos *crepúscular*, no solo sufre mayor refraccion, sino que absorvidos una parte de los rayos azules, el espacio atmosférico aparecerá teñido de color rojizo. La duracion del *crepúsculo* suele ser de una hora, cada uno, varian segun la latitud de los lugares.

313. Los *halos* ó *coronas* son *circulos* luminosos, que tienen por centro el sol ó la luna, y que unas veces se presentan iluminados por la luz blanca, y otras por los colores del *espectro*. A veces los circulos se multiplican y se presentan arcos que no tienen por centro al sol, y corren en diferentes puntos á las coronas concéntricas, originando el *halo propiamente dicho*, y apareciendo entonces la atmósfera iluminada. Si los arcos están teñidos con los colores del iris, en los puntos de interseccion aparecen manchas mas vivas, que se han asemejado á la imagen del sol ó *parelia*, ó á la imagen de la luna ó *paraselene*. Para darse cuenta de estos fenómenos debemos suponer prismitas de hielo en la parte superior de la atmósfera.

314. El arco iris es un fenómeno luminoso que proviene de la descomposicion que experimenta la luz cuando atraviesa una nube proxima á resolverse en lluvia; aparece teñido por los colores del prisma, y para que el observador pueda percibirlo distintamente, debe estar de espaldas al sol, y que este no tenga grande altura sobre el horizonte. Generalmente suelen verse dos arcos, uno interior de color muy vivo, el rojo es el mas elevado; y otro exterior de tintas mas pálidas é invertidas respecto á las del anterior. Las refracciones y reflexiones que sufre la luz en espesores diferentes de las gotitas de agua, dan lugar á su descomposicion y á los siete colores del espectro. La inversion de los que corresponden al arco exterior y su menor intensidad, se atribuye al cruzamiento de los rayos incidentes y emergentes, y al mayor número de refracciones y reflexiones que debilitaran la luz.

315. Los *aerolitos* ó *pedras meteoricas*, son fenómenos de origen desconocido: consisten en masas que caen en la superficie de la tierra á una temperatura bastante elevada para presentarse luminosos. El análisis de estas piedras ha demostrado que están formadas de óxidos de hierro y manganeso, metales cobalto, cromo y manganeso, con algo de azufre.

FIN DE LA FISICA.

ELEMENTOS DE QUIMICA.

Nociones preliminares.

LECCION I.

Definicion de la Química, Fenómeno químico. Cuerpos simples y compuestos. Moléculas integrantes y constituyentes. Cristalización, Sistemas cristalinos, Isomorfismos. Dimorfismo. Isomería.

1. La *Química* es la ciencia que tiene por objeto estudiar las propiedades íntimas de la materia, las acciones que se verifican en su mútuo contacto, y leyes bajo las cuales se unen los cuerpos. La *Química* se relaciona muy íntimamente con la *Física*, y los adelantos de esta han contribuido mucho á los progresos de aquella.

Llamamos *fenómeno químico* á las alteraciones que se producen en el contacto de los cuerpos que van acompañados de un cambio completo en la composición de estos, ó sea en su modo de ser; á diferencia del *fenómeno físico* que se limita á cambios en el estado de un cuerpo, sin alterar su composición.

2. El químico divide los cuerpos en *simples* y *compuestos*: simples son aquellos de que hasta el dia no ha podido obtenerse mas que una determinada clase de materia, y compuestos á los que, bajo ciertas influencias, pueden dividirse en varios cuerpos simples.

El número de los cuerpos *simples* es, en el dia, el de 67; los cuales combinados dos á dos, tres á tres, etc. forman los *compuestos*.

Los cuerpos simples se admite que están formados por *partecitas invisibles é indivisibles* que llamamos *átomos*, de cuya reunion resultan las moléculas. Lo mismo sucede á los compuestos, pero con la diferencia de que cada uno de sus átomos contiene dos ó mas de naturaleza distinta, los cuales llamamos *átomos constituyentes*.

Estos son diferentes entre si y no pueden separarse sino por *medios químicos*, al paso que los *integrantes* lo electúan por *procedimientos mecánicos*, y todos son de una misma especie.

3. Las moléculas de los cuerpos se combinan ó aglomeran en virtud de la *atraccion molecular*, que toma el nombre de *cohesion*, cuando se refiere á los átomos de los cuerpos simples ó las moléculas integrantes de los compuestos; y fuerza de *afinidad*, cuando tiende á unir los átomos de naturaleza diferente.

4. Si un sólido se ha liquidado ó reducido á gas, y desapareciendo la causa del cambio de estado, vuelve al primitivo, sus moléculas se agrupan afectando formas regulares.

Cristalizacion es el acto en que las moléculas de un liquido ó gas se aproximan para dar origen á un sólido regular. Para cristalizar los cuerpos, usamos *los líquidos y el calor*, ó sea la via *húmeda* y la *seca*. En el primer caso se consigue la cristalización disolviendo el sólido en el liquido y evaporando despues la disolucion, ó bien efectuando la disolucion en el liquido hirviendo, que al enfriarse deposita parte del sólido en forma regular.

Si cuando *usamos el calor* reducimos el sólido á vapor, se recoge este en un cuerpo frio, y al condensarse forma cristales. Si el cuerpo no es volátil, se le funde y deja enfriar lentamente, se decanta la parte todavía líquida, y en el interior de la basija donde se opera, aparecen porción de cristales. Los cuerpos que no cristalizan se dicen *amorfos*.

Las formas cristalinas que presenta la naturaleza y las que conseguimos artificialmente, se dividen en seis grupos ó *sistemas de cristalización*. 1.º El sistema cúbico. 2.º El sistema prismático recto de base cuadrada. 3.º El sistema prismático rectangular ó romboidal recto. 4.º El sistema prismático rectangular ó romboidal oblicuo. 5.º El sistema prismático oblicuo de base paralelogramica oblicuángula. 6.º El sistema romboédrico.

5. Los cuerpos que tienen una composición química semejante, cuando presentan en su cristalización formas que pertenecen á un mismo sistema cristalino, y

y que difieren poco los valores de sus ángulos, pudiendo reemplazarse en un mismo cristal cuando cristalizan en igual disolvente, se dicen *isomorfos*; é *isomorfismo* el fenómeno. Los sulfatos de cobre y de hierro son *isomorfos*.

6. *Dimorfos* se llaman los cuerpos que, siendo de composición química *idéntica*, se presentan cristalizados en dos sistemas distintos, teniendo además propiedades físicas diferentes: por ejemplo, el carbonato de cal, en el *espato de islandia*, cristaliza en el sistema romboédrico, y el *aragonito*, en el prismático rectangular recto: al fenómeno se dice *dimorfismo*.

7. Cuerpos *isoméricos* se llaman á los que, teniendo una composición química *idéntica*, poseen sin embargo propiedades físicas diferentes: por ejemplo el sulfuro de mercurio natural, cinabrio, y el preparado artificialmente.

LECCION II.

Afinidad química: causas modificantes. Teoría electro-química.
Análisis y síntesis. Cuadro de los cuerpos simples.

8. *Afinidad* se llama la fuerza especial bajo cuya influencia se verifican las combinaciones: ó lo que es igual, la que tiende á unir los átomos de naturaleza diferente, para formar compuestos cuyas propiedades son distintas de las que tengan los componentes. Para que esta fuerza se ejerza de un modo sensible, se necesita que obre entre moléculas libres; así la combinacion es muy rara entre sólidos, siendo frecuente en los estados líquido y gaseoso.

Las combinaciones químicas en lo general van acompañadas de despreñamiento de calor, de luz y de electricidad.

La *afinidad* no se ejerce con la misma energia en los diferentes cuerpos, y puede ser modificada por diferentes causas, siendo las principales: 1.^a Por el grado de division que pueda darse á los cuerpos. 2.^a Por las cantidades relativas de los cuerpos entre quienes ha de

electrificarse la combinacion. 3.^a Por el estado de combinacion en que puedan estar ya empenados los cuerpos. 4.^a Por el calor que con frecuencia cambia el estado de los cuerpos: la luz obra en muchos casos como el calor. 5.^a Por la cohesion. 6.^a Por el estado eléctrico.

9. La teoría *electro-química* se propone explicar los fenómenos que se presentan en las combinaciones y en las descomposiciones por la pila galbánica. Para ello se admite que la combinacion es una consecuencia del estado eléctrico, peculiar á las moléculas de los cuerpos que actúan como si estuviesen unas electrizadas de fluido *negativo* y otras del *positivo*; y en virtud de las atracciones reciprocas de estas dos electricidades, se combinarán las referidas moléculas. Asi se explica la analogía de los fenómenos de la combinacion, con los que se observan al verificarlo dos electricidades diferentes; y la descomposicion que operan dos corrientes eléctricas de nombre contrario sobre todos los cuerpos.

Las combinaciones formadas por consecuencia de las acciones eléctricas, peculiares á cada cuerpo, serán subsistentes, porque las moléculas se atraerán reciprocamente; pero si actúa una nueva fuerza eléctrica superior, las hace cambiar de estado.

10. Se entiende por *análisis químico* una operacion que tiene por objeto aislar los componentes de un cuerpo, de modo que éstos aparezcan con las propiedades que los caracterizan en su estado primitivo. *Síntesis* se dice á la operacion inversa, cuyo objeto es reunir los cuerpos simples para formar un compuesto. El *análisis* se dice *cualitativo* cuando se limita á dar á conocer la distinta naturaleza de cada uno de los componentes; y *cuantitativo*, cuando además del resultado anterior, determina el peso y volumen de los factores.

El químico usa en los análisis de *agentes* y *reactivos*. Todo cuerpo, por medio del cual se puede verificar la separacion de las partes *constituyentes* de un compuesto, se llama *agente*. Pero si en lugar de aislar los componentes, queremos tan solo hallar su presencia, usaremos de otros cuerpos que por sus reacciones sobre cada principio hagan aparecer alguna de las propiedades distinti-

vas, que nos den á conocer su naturaleza: á estos les llamamos reactivos.

11. Los cuerpos se distinguen unos de otros por sus nombres, que en los simples suelen ser arbitrarios ó bien ideados, para recordar alguna de sus propiedades.

CUADRO DE LOS 67 CUERPOS SIMPLES POR ORDEN ALFABETICO

La 1.^a casilla expresa los signos que representan á cada cuerpo; la 2.^a sus nombres y division en metaloides, (que llevan esta señal: *), y metales; la 3.^a los equivalentes referidos á 100 de oxígeno; y la 4.^a los equivalentes relacionados á 1 de hidrógeno.

Signos.	Nombres de los cuerpos simples.	Equivalentes.		Signos.	Nombres de los cuerpos simples.	Equivalentes.	
		o°100 H.	1			o°100 H.	1
Al.	Aluminio.	171	13,6	Er.	Erbio.	»	»
Sb	Antimonio.	806	64 »	Sn	Estaño.	735	58,8
A.	Aridio.	»	»	St.	Estroncio	548	43,8
As	Arsénico.*	937	75 »	Fl.	Fluor.*	239	19,1
S.	Azufre.*	200	16 »	Ph	Fósforo.*	400	32 »
Ba	Bario.	858	68,6	Gl.	Glucinio.	87	6,9
Bi.	Bismuto.	1330	106,4	H.	Hidrógeno*	12,5	1 »
Bo	Boro.*	136	10,8	Fe.	Hierro.	350	28 »
Br.	Bromo.*	1000	80 »	Il.	Ilmenio.	753	60,2
Cd	Cadmio.	696	55,7	I.	Iodo.*	1575	12,6
Ca.	Calcio.	250	20 »	Ir.	Iridio.	1232	98,5
C.	Carbono.*	75	6 »	La	Lantano.	600	48 »
Ce	Cerio.	590	47,2	Li.	Litio.	81	6,5
Cs.	Cesio.	123	9,9	Mg	Magnesio.	150	12 »
Cl.	Cloro.*	443	35,4	Mn	Manganeso	344	27,5
Co	Cobalto.	368	29,4	Hg	Mercurio.	1250	100
Cu	Cobre.	396	31,6	Mo	Molibdeno.	589	47,1
Cr.	Cromo.	328	26,2	Nb	Niobio.	»	»
Di.	Didimio.	620	49,6	Ni.	Niquel.	369	29,5
Do	Donario.	»	»	N.	Nitrógeno*	175	14 »

Signos.	Nombres de los cuerpos simples.	Equivalentes.		Signos.	Nombres de los cuerpos simples.	Equivalentes.	
		o. 100	H. 1			o. 100	H. 1
Au	Oro.	1227	98,2	Na	Sodio.	287	23 »
Os	Osmio.	1242	99,4	Tl	Talio.	»	»
O	Oxígeno.*	100	8 »	Ta	Tántalo.	1148	91,8
Pd	Paladio.	665	53,2	Te	Teluro.*	800	64 »
Pp	Pelopio.	»	»	Tr	Terbio.	»	»
Ag	Plata.	1351	108 »	Ti	Titano.	314	95,1
Pt	Platino.	1232	98,5	Th	Tórinio.	743	59,5
Pb	Plomo.	1294	103,5	W	Tungsteno.	1150	92 »
K	Potasio.	490	39,1	U	Urano.	750	60 »
Rh	Rodio.	652	52,1	Va	Vanadio.	855	68,4
Rb	Rubinio.	85	6,8	Yt	Ytrio.	402	32,2
Ru	Rutenio.	646	51,6	Zn	Zinc.	412	33 »
Se	Selenio.*	493	59,6	Zr	Zirconio.	420	33,6
Si	Silicio.*	266	21,3				

LECCION III.

NOMENCLATURA QUIMICA.

Nomenclatura de los cuerpos compuestos: combinaciones del oxígeno. Oxácidos. Óxidos. Sales.

12. En la nomenclatura francesa que seguiremos, a pesar de no estar en armonía con los adelantos de la ciencia, se dividen los cuerpos simples en *metaloides* y *metales*: los *metaloides* unidos al oxígeno, forman compuestos neutros, ácidos y nunca *básicos*, y los *metales* forman con el oxígeno por lo menos un compuesto *básico*. Hasta 15 cuerpos simples, se comprenden entre los *metaloides*, y 52 se dicen *metales*. De ellos el *oxígeno*, *hidrógeno*, *nitrógeno*, *cloro* y *fluor*, se presentan en estado gaseoso a la temperatura ordinaria, el *bramo* y

mercurio en el de *liquido*, y los restantes son *sólidos*.

13. En la nomenclatura de los compuestos su nombre debe recordar la naturaleza de los simples, y dentro de ciertos límites, las cantidades que los constituyen. Se les dá un nombre *genérico* y otro *específico*, habiendo convenido en determinar el 1.º del elemento *electro-negativo*, y el 2.º del *electro-positivo*.

14. Las combinaciones del *oxígeno* con otro simple, se dividen en *ácidos* y *óxidos*; comprendiendo en la última los *básicos* y los *neutros*. Los *ácidos* tienen la propiedad de enrojecer la tintura azul de tornasol; un sabor más ó menos ágrío; se combinan con las bases formando sales, se dirigen al polo positivo de la pila voltáica cuando se hace pasar la corriente eléctrica por una disolución salina. Los *óxidos básicos* no alteran la tintura azul de tornasol, devolviéndola este color cuando fue enrojecida por un ácido; tienen sabor urente ó alcalino; se unen á los ácidos para formar sales; y marchan al polo negativo de la pila cuando se descompone el compuesto salino de que formaban parte.

Los compuestos *neutros* no tienen ninguno de los caracteres anteriores.

15. Cuando un cuerpo puede constituir con el *oxígeno* un solo *ácido*, despues del nombre *genérico*, se pone el del simple que se unió al *oxígeno* y que formará el *específico*: si forma varios grados de acidificación el mas oxigenado terminará en *ico* y el menos en *oso*; ó anteponiendo las preposiciones *hipo* ó *per*, que significan *debajo*, y *sobre*. Así el cloro y el *oxígeno* forman cinco combinaciones ácidas y de las que la menos oxigenada será el ácido *hipo-cloroso*, y la mas el ácido *per-clórico*.

16. En los *óxidos*, para indicar los diferentes grados de oxidación, al nombre *genérico* se le hace preceder las preposiciones *proto*, *sesqui*, *bi*, *tri* etc., segun que las cantidades de *oxígeno* unidas al cuerpo simple, son entre sí, relativamente á la del *protóxido*, como los números 1: 1 1/2: 2: 3 etc. Al *óxido* mas oxigenado generalmente se le dice *peróxido*. Si el cuerpo forma un solo *óxido*, se le designa poniendo despues de esta palabra el nombre del simple que se unió al *oxígeno*.

En la nomenclatura de Berzelius los óxidos, como los ácidos, se distinguen por sus terminaciones en *ico* y *oso*; pero tiene la desventaja de que algunas veces se encuentra dificultad para denominar ciertos compuestos.

17. Las sales son compuestos que resultan de la combinacion de un ácido con una base. El nombre *genérico* se toma del ácido y el *específico* de la base. Las terminaciones en *ico* y en *oso* de los ácidos se cambian por las en *ato* y en *ito*; anteponiendo la preposicion *hipo* ó *per* si las llevan los ácidos: así diremos *sulfatos*, á las sales en que entra el ácido *sulfúrico*, *hipo-sulfatos* y *sulfuros* las formadas por los ácidos *hipo-sulfúrico* y *sulfuroso*. El nombre específico se tiene poniendo el de la base, así al compuesto de ácido *hipo-sulfuroso* y *protóxido* de *sódio*, le llamamos *hipo-sulfito* de *protóxido* de *sódio*.

Los ácidos y los óxidos se unen en una ó mas proporciones: si el ácido domina la sal se dirá *ácida*, y *básica* cuando predomine esta. Pero en ambas los componentes se unen en proporciones múltiples con relacion á las sales neutras, ó cuyos componentes están neutralizados; y se indicará anteponiendo para las ácidas, al nombre genérico las preposiciones *sesqui*, *bi*, *tri* etc. y para las básicas al específico segun la proporcion de ellos.

LECCION IV.

Continuacion de la nomenclatura: compuestos binarios no oxigenados. Nomenclatura simbólica; signos y fórmulas químicas.

18. Cuando se combinan los cuerpos no metálicos entre sí ó con los metales, los compuestos se designan nombrando primero al elemento *electro-negativo*, que constituye el *género*, terminado en *uro*; y á su continuacion el elemento *electro-positivo*, que determina la especie: así un compuesto de *cloro* y *azufre* diremos *cloruro* de *azufre*; si se unen en diferentes proporciones, como lo verifican en relaciones sencillas, diremos *sesquisulfuro* ó *bisulfuro* segun que las cantidades de *azufre* sean de 1 1/2 ó 2 con relacion á la del *proto-sulfuro*.

El cloro, bromo, iodo etc. forman con el hidrógeno combinaciones ácidas que decimos *hidrácidos*, llamando *clorídrica* al compuesto de cloro é hidrógeno no clorado de hidrógeno, y lo mismo á los demás.

19. El cloro, el azufre y otros metaloides, unidos entre sí ó con los metales, forman combinaciones *ácidas* ó *básicas*, susceptibles de unirse y formar sales, que decimos *clorosaes* etc. Además de estas escepciones, lo son tambien los compuestos de hidrógeno con el carbono, el fósforo y arsénico, que se llaman *hidrógeno carbonado*; *hidrógeno fosforado* etc.: el de *nitrógeno* y *carbono*, se llama *cianógeno*; el de *nitrogeno* é *hidrogeno*, *amoniaco*; y al *protóxido* de hidrógeno se le dá el nombre vulgar de *agua*.

20. *Aleaciones* se llaman los compuestos que resultan de la combinación de dos ó mas metales. Si uno de ellos es el mercurio entonces se llama *amalgama*: se designan siempre con los nombres de sus constituyentes.

21. La nomenclatura *simbólica*, ideada por el célebre Berzelius, tiene por objeto representar por signos los nombres de los cuerpos simples, las cantidades que entran en su compuesto, y el modo de considerar su reunion. Este método es ventajoso, especialmente para representar el resultado de ciertas reacciones.

Un cuerpo compuesto se formula uniendo los símbolos de los elementos que lo constituyen, y si poremos un *esponente* á cada uno, tendremos el número de *equivalentes* que entran en la combinación. Así para expresar las proporciones en que el *oxígeno* se une con el *nitrógeno*, por ejemplo, usaremos estas fórmulas: N. O. símbolos de nitrógeno y oxígeno, para el compuesto de *un* equivalente de cada uno. NO^2 NO^5 para indicar *uno* de nitrógeno unido á *dos* y á *cinco* de oxígeno. La fórmula del protóxido de hidrógeno formado de *un* equivalente hidrógeno y *otro* oxígeno, será HO. Las fórmulas FeO , Fe^2O^3 lo son del protóxido y sesquióxido de hierro.

Para expresar la de una sal, se escriben los símbolos de sus componentes: así el sulfato de protóxido de hierro se formula FeO , 10^3 . y el carbonato FeO , CO^2 . Si

el ácido ó la base, están en mayor relacion que en una sal neutra, se pone en forma de coeficiente un guarismo que indique las veces que entra el componente: la fórmula del sulfato neutro de potasa es KO, SO^3 : la del bi-sulfato será $KO, 2 SO^3$: la del nitrato neutro de protóxido de plomo PbO, NO^5 : la del nitrato bi-básico, será $2 PbO, NO^5$. Para espresar un doble peso de una sal, se pone el coeficiente y despues, dentro de un paréntesis, la fórmula del compuesto $2, (Al.^2 O^3, SO^3)$. Si en una fórmula entran dos ó mas sales, se las separa con el signo +, ó bien con un punto y una coma.

Estas ecuaciones presentan la composicion de los cuerpos y el resultado de sus mútuas reacciones químicas; porque en ellas no se crea ni desaparece ningun elemento: así que en los dos cuerpos separados por el signo de igualdad = se encontrarán los mismos elementos, en la misma cantidad, aunque en diverso estado de combinacion.

LECCION V.

Ley de las proporciones múltiplas. Equivalentes químicos. Propiedades á que atendemos en la descripcion de un cuerpo.

22. Las propiedades de un compuesto dependen de la naturaleza de sus átomos constitutivos, y de las cantidades en que estos se han combinado. Mientras la composicion permanezca constante, las propiedades lo serán; pero si varía cualquiera de los elementos, se produce siempre una notable alteracion en los caracteres del compuesto.

Un cuerpo que ofrezca un conjunto de propiedades que lo *individualicen*, presentará una composicion definida, y será invariable la relacion que exista entre el peso de sus átomos constituyentes. Algunos llaman ley de las proporciones *definidas* á la que dejamos espuesta.

23. Los componentes de los cuerpos binarios se unen en proporciones tales que espresan relaciones sencillas, y constantemente el uno de ellos es en cada compuesto un múltiplo por 1, 2, 3, 4 etc. permaneciendo la mis-

Los equivalentes de los compuestos, se forman con los de los simples que los constituyen; así el equivalente del sulfato de protóxido de potasio, será:

$$\text{KO. SO}_3 \left\{ \begin{array}{l} \text{azufre 200, oxígeno 300} = 500 \\ \text{potasio 490, " 100} = 590 \end{array} \right\} = 1090.$$

25. En la descripción de los cuerpos, y para distinguirlos, hacemos uso de las propiedades físicas, como el estado del cuerpo, su color, densidad etc.; de las orgánológicas, que se refieren á las impresiones que causan en nuestros sentidos del gusto y olfato; y de las químicas, que son las reacciones que el cuerpo ejerce sobre otro, ó alteraciones que produce cuando actúa en condiciones favorables, sobre otros diferentes.

LECCION VI.

METALOIDES Y SUS PRINCIPALES COMBINACIONES.

Oxígeno. Combustion. Llama. Respiracion.

26. El oxígeno fue descubierto en 1774. Su nombre significa engendrador de ácidos, porque se creyó que entraba en todos estos compuestos.

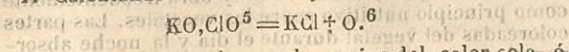
Es un gas permanente, incoloro, inodoro é insípido. Su densidad relativa es de 1, 1026 comparada con la del aire que se representa por la unidad. Comprimido bruscamente, produce una alta temperatura acompañada de luz; es poco soluble en el agua, y muy electro-negativo.

La propiedad mas notable del oxígeno es la de activar la combustion de los cuerpos; si se introduce en una campana llena de este gas una cerilla que solo presente un punto en ignicion, arderá inmediatamente con una luz muy viva.

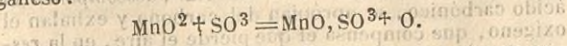
El oxígeno no se halla puro en la naturaleza, constituye próximamente del volúmen del aire y las

partes del peso del agua; es componente de muchos cuerpos orgánicos é inorgánicos. Se obtiene el oxígeno:

1.º Calentando el clorato de potasa:



2.º Descomponiendo por la acción del calor sola, ó con intermedio del ácido sulfúrico, el bióxido de manganeso:



El gas se recoge en frascos llenos de agua que se colocan sobre el puente de la cuba hidroneumática.

27. *Combustion* se llama un fenómeno de combinación de dos cuerpos con desprendimiento de calor y luz. Tales son los que ofrecen el hierro ó el fósforo, que presentando un punto en ignición, se les sumerge en gas oxígeno; y el que tiene lugar cuando en el *gas cloro* se hecha antimonio ó arsénico.

La mayor parte de los cuerpos combustibles á temperaturas muy elevadas, se queman produciendo *llama*: esta es una materia gaseosa, calentada hasta el punto de ser luminosa, y cuya temperatura es muy elevada. Los cuerpos que como el carbono son fijos, no dan llama. Si de la combustión resulta un cuerpo *gaseoso*, la llama es débil como en el azufre; pero será muy intensa si el resultado fuese un cuerpo sólido como en el fósforo.

28. La *respiración*, función indispensable para sostener la vida animal, consiste en la aspiración de cierta cantidad de aire que entra en los pulmones para ser espulsado después de haber convertido la sangre *venosa* en *arterial*: á este acto se llama *hematosis*.

El oxígeno es el elemento necesario para estas y su agente principal. Así se esplican las diferentes propiedades de la sangre *venosa* y la *arterial*, y la distinta composición del aire aspirado, que si bien el nitrógeno no varía, tiene menos oxígeno que el inspirado, mas vapor acuoso y mas ácido carbónico; lo cual se atribuye á que el oxígeno del aire se une al hidrógeno y carbono de la sangre, modificándose por estas pérdidas, y

dando lugar este acto á la mayor parte del *calor animal*. El célebre Liebig ha modificado esta teoría.

29. El *oxígeno*, es asimilado y obra frecuentemente como principio nutritivo sobre los vegetales. Las partes coloreadas del vegetal durante el día y la noche absorven el oxígeno del aire y exhalan ácido carbónico: lo mismo obran en la noche las hojas y los tallos verdes; pero bajo la influencia de la *luz solar*, *descomponen* el ácido carbónico, se apropian del carbono y exhalan el oxígeno, que compensa el que pierde el aire, en la *respiración* de los animales y acciones químicas que se efectúan en la atmósfera.

LECCION VII.

Hidrógeno. Protóxido de hidrógeno, ó agua; análisis y síntesis. Caracteres de las aguas potables.

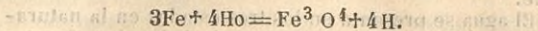
30. El *hidrógeno* fue conocido en el siglo XVI, y estudiado en 1776. Su nombre indica que es uno de los constituyentes del agua.

Es un gas permanente, incoloro; cuando puro, es inodoro é insípido; su densidad es de 0,0692; próximamente 14 y media veces mas ligero que el aire. Es poco soluble en el agua. Es el mas electro-positivo de los metaloides: su facultad refringente, es muy notable.

No sirve para la *respiración* ni para la *combustion*, pero poniéndole en contacto con el oxígeno y una cerilla encendida, arde y se combinan ambos gases formando agua. Si se mezcla 1 volumen *oxígeno* y 2 de *hidrógeno*, y á la mezcla se la aproxima una cerilla encendida, ó se la dirige una chispa eléctrica, se unen los dos gases con fuerte esplosion, formándose vapor de agua. Se combina con cloro, azufre y otros metaloides, formando los *hidrauros*: con el nitrógeno dá origen al *amoníaco*.

No se halla puro, pero es abundante como componente del agua y en todas las sustancias orgánicas. Se le

obtiene descomponiendo el agua por el zinc y el ácido sulfúrico: $\text{HO} + \text{Zn} + \text{SO}^3 = \text{ZnO} + \text{SO}^3 + \text{H}$. Descomponiendo el vapor de agua, al calor rojo, por el hierro, este se apodera del oxígeno, emitiendo el hidrógeno libre:



Se usa con frecuencia, sobre todo para llenar los globos aerostáticos, y para reducir los óxidos.

PROTOXIDO DE HIDROGENO O AGUA. (HO).

31. Fue considerada por los antiguos como uno de los cuatro elementos; en fines del siglo pasado Lavoisier probó su composición. A la temperatura ordinaria, es líquida, insípida, inodora é incolora en pequeñas porciones, y de color verdoso en masas considerables. Se solidifica á 0.°, produciendo prismas exagonales que forman los copos de nieve y la escarcha. Su densidad en el estado sólido es 0,940.°; á la presión de 0,760.^m hierva á los 100.°; siendo la densidad del vapor 0,622: el volúmen de este es 1700 veces mayor que el del agua.

El agua disuelve una cantidad de oxígeno tanto mayor cuanto menor es su temperatura y mayor la presión: el aire también se disuelve en este líquido, y se observa que contiene mas oxígeno que el de la atmósfera. Puede combinarse con los óxidos y con ácidos, desempeñando con los primeros el papel de ácido, y con los segundos el de base.

33. El carbono, cloro, bromo y el iodo, la descomponen á la temperatura elevada, formándose diferentes compuestos.

El agua está compuesta en peso de 88,87 de oxígeno, y 11,13 de hidrógeno: en volúmen 1 de oxígeno y 2 de hidrógeno.

El análisis del agua se ha practicado por la pila Voltaica, usando del *botámetro*; y también dirigiendo una corriente de vapor de agua por alambres de hierro candentes, que se apropian del oxígeno y dejan libre el hidrógeno. La síntesis se opera, 1.° mezclando en el

endiómetro de Volta 2 volúmenes de hidrógeno y 1 de oxígeno, que se combinan por medio de la chispa eléctrica. 2.º Haciendo pasar una corriente de hidrógeno puro y seco por un óxido metálico, fácilmente reducible.

El agua se presenta en los tres estados en la naturaleza: la de lluvia es bastante pura; la de los ríos, fuentes y pozos, lleva en disolución diferentes sales.

33. El agua se dice *potable* cuando es insípida, inodora; cuece bien las legumbres, disuelve el jabón; no se enturbia por la ebullición, y deja muy poco residuo cuando se evapora. Las que carecen de estas propiedades, se dicen *no potables*, y no pueden utilizarse.

El agua puede separarse, por la *destilación*, de las materias que tiene en disolución, por medio del aparato llamado *alambique*. Solo deben recogerse — del

volúmen de agua que se colocó en él: el — primero y el último se desprecian, porque llevarán los materiales volátiles que lleva el agua en disolución; ó bien los que se originen de la descomposición de las sustancias fijas que alterarían las últimas porciones.

Se prueba la pureza del *agua destilada* con el agua de cal ó de *barita*, que indica la presencia del *ácido carbónico* libre; el *cloruro de bario* que precipita los *sulfatos*: el *nitrate de plata* que con los *cloruros* forma un *cloruro insoluble*: el *oxalato de amoníaco*, que precipita las sales de *cal ó magnesia*: los *sulfidatos alcalinos*, que precipitan á los *demás metales*.

LECCION VIII.

Nitrógeno; aire atmosférico: su composición. Análisis.

34. El *nitrógeno* ó *ázoe* fue descubierto en 1772: Es un gas permanente, incoloro, inodoro é insípido: su densidad es de 0,972: apaga instantáneamente los cuer-

pos en combustion; es impropio para la respiracion, lo cual esplica su segundo nombre: es poco soluble en agua.

Con el oxigeno forma cinco compuestos bien definidos. Unido al hidrógeno constituye el amoniaco, y con el carbono el cianógeno.

El nitrógeno se halla puro muy raras veces; siendo abundante en el aire, forma los—de su volumen, en va-

rias sustancias minerales, en algunas vegetales y en casi todas las animales.

Se prepara el intrógeno, 1.º quemando el fósforo en una cantidad determinada de aire: el fósforo se apodera del oxigeno para formar ácido fosfórico; quedando un residuo gaseoso que purificado será el nitrógeno. También le obtenemos descomponiendo el aire privado del vapor de agua y ácido carbónico, por el cobre al calor rojo; cuyo metal absorbe el oxígeno.

Se usa para formar atmósferas artificiales.

AIRE ATMOSFERICO.

35. Los antiguos consideraban al aire atmosférico como uno de los cuatro elementos. Lavoisier y Scheele fijaron su composicion en fines del siglo último.

El aire atmosférico es un gas permanente, incoloro, inodoro é insípido; su densidad sirve de término de comparacion para la de todos los gases: un litro de aire á 0.º y presion de 10.^m 760, pesa 1 gr. 293; su densidad

es — comparada con la del agua. Es mal conductor de

770

la electricidad cuando está seco, buen conductor cuando húmedo; en este caso el fluido eléctrico reacciona sobre los componentes del aire, y se forma ácido nítrico.

El aire es una mezcla de nitrógeno, oxigeno, vapor acuoso, pequeña cantidad de ácido carbónico y tambien casi inapreciables de hidrógeno sulfurado y proto-car-

bónado, de amoniaco, y hasta iodo se ha comprobado recientemente que existe en el aire.

A la presencia del oxígeno en el aire se debe la propiedad que tiene de sostener la vida de los animales y vegetales, y la combustión ordinaria.

Para demostrar la presencia del ácido carbónico en el aire, se hace uso del agua de cal ó de barita, con cuyos óxidos forma carbonatos insolubles. La del vapor acuoso se prueba por medio del cloruro de calcio, que absorbiéndole como cuerpo higrométrico que es, aumenta sensiblemente de peso.

Para determinar los componentes del aire, se le despoja del vapor de agua y del ácido carbónico por medio de tubos recurvos, por donde atraviesa, que contengan piedra pómez impregnada en ácido sulfúrico unos, que absorberá el vapor de agua, y con una disolución de potasa cáustica que se combina con el ácido carbónico, otros: el aumento de peso que cada uno de estos tubos haya adquirido, probará la cantidad de vapor de agua y de ácido carbónico contenido en el volúmen de aire.

Privado de aquellos dos cuerpos, se determina la cantidad de oxígeno y de nitrógeno por dos procedimientos. 1.º Por el *eudiómetro* de Volta: en este se introducen 100 volúmenes de aire y 100 de hidrógeno, y haciendo pasar la chispa eléctrica, nos dará por resultado que 100 volúmenes de aire tienen oxígeno 21, nitrógeno 79.

El 2.º método analítico, debido á Dumas y Boussingault, consiste en hacer que el oxígeno se una con el cobre calentado al rojo. El aumento de peso de este será debido al oxígeno que con él se haya combinado: el del nitrógeno se fija por el que adquiere el globo de vidrio vacío á que se dirige el aire desoxigenado. Los análisis del aire han dado el siguiente resultado:

En peso 100	}	23,10 oxig.		En volúmen	{	20,90 oxígeno
		76,90 nitróg.				100. . . . 79,10 nitróg.

El aire no es una combinación definida; es una mezcla. Si así no fuese, la relación entre sus componentes sería muy sencilla; al mezclar el nitrógeno y el oxígeno

no para formarle, no hay fenómenos de combinacion; y finalmente, si fuera combinacion el aire disuelto en el agua, no se diferenciaría del atmosférico.

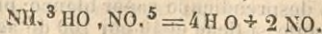
LECCION IX.

Combinaciones del nitrógeno con el oxígeno y con el hidrógeno.

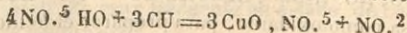
36. El oxígeno forma con el nitrógeno cinco compuestos definidos.

El *protóxido* de nitrógeno (NO), es un gas incoloro é inodoro, de sabor algo azucarado; se liquida á 0° bajo una presion de 30 atmósferas: su densidad es de 1,52; el agua disuelve—de su volúmen de este gas. Aviva la combustion de los cuerpos: no sirve para la respiracion, y las personas que lo respiran experimentan una risa sardónica, y de aquí el nombre de gas *hilarante*.

Es siempre un producto químico: se le prepara descomponiendo el nitrato de amoniaco por el calor.



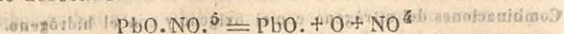
37. El *bióxido* de nitrógeno (NO_2) es un gas permanente, incoloro, sin accion sobre la tintura de tornasol; su densidad es de 1,039: al aire se transforma en ácido hiponítrico: no es útil para la respiracion ni combustion. Las sales protoxidades de hierro le absorven, y toman un color moreno. Se le prepara haciendo obrar el ácido nítrico diluido sobre el cobre. La reaccion será:



38. El ácido *nitroso* (NO_3) es un liquido azul intenso, muy movible y que hierve á 0° próximamente. Las bases enérgicas lo absorven formando nitritos; el agua lo descompone en ácido nítrico y en bióxido de nitrógeno. Se prepara mezclando 4 volúmenes de este bióxido con 1 de oxígeno y someténdolos á -20° .

39. Acido *hiponítrico* (NO_4) se presenta liquido de color amarillo anaranjado á la temperatura ordinaria.

incoloro á 20.º y amarillo leonado á 0.º; se solidifica á -9.º, presentándose blanco. Su densidad es de 1.44. Enrojece la tintura de tornasol, dá vapores rojos al aire, tiñe la piel de amarillo desorganizándola despues. Se le prepara descomponiendo por el calor el nitrato de plomo desecado:

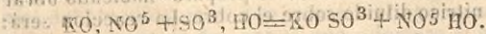


40. El ácido *nitríco* (NO.⁵) fué conocido de los alquimistas, y estudiado en fines del siglo último. Se puede estudiar *anhidro* ó *hidratado*.

El *anhidro* es sólido, cristaliza en prismas romboidales; fusible á 27.º, se volatiliza á 46.º, y á poco que se aumente la temperatura se descompone en ácido hipo-nitríco y oxígeno. Se le obtiene por la acción de cloro sobre el nitrato de plata, á temperatura de unos 55.º.

El ácido *nitríco hidratado* (NO.⁵HO), llamado *agua fuerte*, es un líquido incoloro, odorífero, muy ácido y corrosivo; tiñe la piel de amarillo; su densidad es de 1.51, hierve á 86.º y se congela á -50.º tomando la consistencia de la manteca. En contacto con el aire, absorve la humedad, desprendiendo vapor blanco; pierde la cualidad de fúante si tiene el 40 por 100 de agua. El calor y la luz solar descomponen al ácido nitríco concentrado, así como el hidrógeno, y otros varios metalóides y muchos metales.

Abunda en la naturaleza formando los *nitratos*; se le obtiene descomponiendo estas sales por el ácido sulfúrico monohidratado:

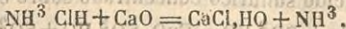


Se usa como oxidante, para preparar el ácido sulfúrico, y en otras operaciones científicas é industriales.

41. *Amoniaco*, *nitruro de hidrógeno* (NH.³), *alcali volátil*. Es un gas incoloro, de olor penetrante; escita las lágrimas; su sabor es muy acre y cáustico, enverdece el prube de violetas; su densidad es 0.592. Se liquida á -40.º y á la de 10.º bajo una presión de 6 atmósferas. Apaga los cuerpos en combustión. El agua disuelve 500 veces su volúmen de amoniaco; la disolución tiene

las propiedades del gas. Al calor rojo blanco, y por las chispas eléctricas, se descompone. El oxígeno, carbono, cloro y otros metaloides, y algunos metales, le descomponen.

El *amoniaco* es un producto de la putrefacción de las sustancias animales; existe en el excremento del camello. Se le prepara, descomponiendo el cloridrato de amoniaco por la cal viva:



La disolución acuosa del amoniaco tiene numerosas aplicaciones; para quitar las manchas de grasa, cauterizar las picaduras de animales venenosos, y otras.

LECCION X.

Azúfre. Acidos sulfuroso, sulfúrico y sulfídrico.

42. El *azufre* es sólido, de color amarillo de limón, deleznable, insípido é inodoro; adquiere olor por el frote, electrizándose negativamente; cristaliza en agujas brillantes y en octaedros. Su densidad es 2,08. Se funde á 110.º y á los 160.º se espesa, volatilizándose á 400. Es insoluble en el agua, bastante soluble en los aceites volátiles. En contacto con el oxígeno ó el aire á 150.º arde con llama azulada, formándose ácido sulfuroso. Se une con varios metaloides y con casi todos los metales.

Se encuentra cerca de los volcanes mezclado con varias sustancias terreas. En España lo tenemos en Hellin y Conil. Es muy frecuente en estado de combinación en los sulfuros etc.

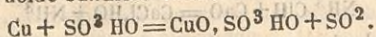
Se obtiene, por destilacion, de las sustancias con quienes está mezclado, purificándole por evaporacion.

Se usa para preparar la pólvora, los sulfuros etc.

Los compuestos mas importantes de azufre y oxígeno, son los ácidos sulfuroso y sulfúrico.

43. *Acido sulfuroso* (SO.²). Es un gas incoloro; de olor picante, que sofoca; escita la tos; su densidad es de 2,25; se liquida á -10º, ó á 15.º bajo una presion de

2 atmósferas: el líquido al evaporarse produce un frío intenso que solidifica al mercurio. No sirve para la combustión. El agua disuelve 80 veces su volumen de este ácido. Enrojece la tintura de tornasol, y después la decolora. El calor no le ataca: el hidrógeno, y el carbono le descomponen á la temperatura elevada: se puede combinar con el cloro por la radiación solar, y se forma el ácido *cloro-sulfúrico* (Cl. SO²). Se obtiene de la reacción del ácido sulfúrico concentrado sobre el cobre:



Se usa para preparar el ácido sulfúrico, y blanquear la seda y lana.

44. El ácido sulfúrico (SO³) se conoció en el siglo XV. Puede obtenerse *anhidro* ó *hidratado*. En el primer estado, es sólido, blanco, cristaliza en agujas sedosas que parecen al *asbesto*. Se funde á los 25.°, y á los 35.° hierva. Su densidad es de 1,97. Esparce humos blancos al aire, debido á que, unido al vapor acuoso, forma un compuesto de menos tensión que la del agua pura, con la cual tiene grande afinidad. Se prepara descomponiendo por el calor el bi-sulfato de sosa.

El ácido sulfúrico *monohidratado* (SO³ Ho), es un líquido incoloro, de consistencia oleaginoso, inodoro; su densidad es de 1,84: se solidifica en prismas de seis caras á - 34.°; á los 325.° hierva. Es un ácido muy energético, destruye las sustancias orgánicas, y es un veneno de los mas activos. Tiene mucha afinidad con el agua; al combinarse desprende calor: á esta afinidad se debe la propiedad que tiene de carbonizar la madera, y la de ennegrecerse al aire. Al calor rojo, se descompone en oxígeno y ácido sulfuroso: el carbono y varios metales le descomponen por igual agente.

Se encuentra en abundancia formando los sulfatos.

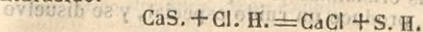
Se prepara haciendo reaccionar el ácido sulfuroso, el bióxido de nitrógeno, el aire atmosférico y el vapor de agua; evaporando y destilando después el producto.

Sus aplicaciones son numerosas; puede considerarse como uno de los cuerpos mas importantes.

45. El ácido *sulfídrico* (S.H.), es un gas incoloro, de

olor fuerte de huevos podridos; su densidad es 1,19: se líquida á una presión de 16 atmósferas. Es impropio para la combustión, arde al aire con llama azulada, formándose agua y ácido sulfuroso. Es uno de los gases más deletéreos; su acción sobre la economía animal, es muy violenta. El agua disuelve 3 veces su volumen de este gas; la disolución tiene las propiedades que el ácido puro. El cloro, bromo y iodo lo descomponen uniéndose al hidrógeno: la mayor parte de los metales obran del mismo modo.

Se halla en las aguas sulfurosas. En lo general se le prepara, descomponiendo los sulfuros metálicos por un hidrácido:



LECCION XI.

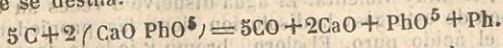
Fósforo. Acido fosfórico. Fosfuros de hidrógeno.

46. El fósforo fue descubierto en 1669 y estudiado en el siglo último. Es sólido, insípido, de olor oleáceo; le raya la uña; es flexible como la cera á la temperatura del verano, y quebradizo á 0.° Unas veces es incoloro, otras amarillo ó negro; cambios debidos á modificaciones moleculares. Se funde á 44.° y volatiliza á 290°. Su densidad es 1,82 á 1,84. Es insoluble en el agua, algo en los aceites; pero su mejor disolvente es el sulfuro de carbono: evaporando la disolución en una atmósfera de ácido carbónico, se precipita en *dodecaedros romboidales*.

El fósforo, en contacto con el aire, aparece luminoso y desprende vapores blancos de ácido fosforoso: á los 60.° arde en el aire con una luz viva, formándose ácido fosfórico. Forma con el oxígeno cuatro compuestos: ácido de fósforo ($\text{Ph.}^2\text{O}$), el ácido hipo-fosforoso (Ph.O), el ácido fosforoso (PhO^2) y el ácido fosfórico (Ph.O^3). No se halla puro, pero es frecuente en estado de combinación; en los huesos, y formando diferentes fosfatos, en ciertos terrenos.

Se extrae de los huesos de los animales, tratándolos

por el el ácido sulfúrico, que trasforma el fosfato básico en fosfato ácido de cal soluble en el agua: la disolución se evapora casi hasta la sequedad, y mezclada con carbon muy dividido, se calienta en una retorta de barro; el ácido fosfórico pierde el oxígeno, y queda el fósforo que se destila:



El fósforo se usa en el análisis del aire; en la medicina y para preparar las cerillas.

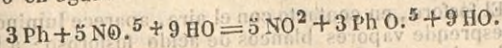
47. El ácido fosfórico puede estudiarse anhidro é hidratado. El anhidro es sólido, blanco, inodoro; se presenta en agujas cristalinas de aspecto de nieve: echado sobre el agua, produce un ruido especial, y se disuelve rápidamente.

Se le obtiene quemando el fósforo en una campana grande de vidrio, bien seca: los vapores que se condensan sobre las paredes son de ácido fosfórico anhidro.

El ácido fosfórico hidratado varia en sus propiedades según el agua que contenga. El fosfórico-monohidratado es sólido, incristalizable, aspecto vitreo; precipita en blanco el nitrato de plata, y coagula la albumina. El ácido fosfórico bihidratado, es sólido, cristalizable, y se distingue del anterior en que no coagula la albumina.

El ácido fosfórico-trihidratado, es el ordinario; cristaliza en prismas romboidales; precipita en amarillo el nitrato de plata, y no precipita la alumina.

Se prepara el ácido fosfórico ordinario, calentando y destilando una mezcla de fósforo y ácido nítrico diluido en agua:



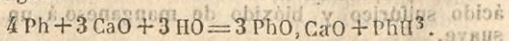
48. El fósforo se une al hidrógeno en tres proporciones; forma *fosfuro sólido* ($Ph H$), *fosfuro líquido* ($Ph H^2$) y *gaseoso* ($Ph H^3$). Estos tres compuestos se pueden obtener, tratando por el agua el *fosfuro de calcio*, que se prepara dirigiendo una corriente de vapor de fósforo sobre la cal viva, y expuesta al calor rojo.

El *fosfuro gaseoso*, hidrógeno fosforado, es un gas

incoloro, de olor aláceo; su densidad es de 1,21; arde espontáneamente en contacto con el aire, debido á una corta porcion de fósforo líquido que le acompaña. En la combustion se forma ácido fosfórico y agua.

Se desprende en los sitios donde se hallan enterradas materias fosforadas, produciendo los fuegos fatuos.

Se le prepara haciendo reaccionar el fósforo sobre la cal apagada:



LECCION XII.

Cloro: Acido clorídrico. *Aqua regia.*

El cloro fue descubierto en fines del siglo último: su nombre significa el color que le distingue. Se presenta en estado gaseoso á la temperatura ordinaria, de color amarillo verdoso; de olor fuerte y desagradable; de sabor astringente y picante; su densidad es de 2,44. Se líquida bajo una presión de 5 atmósferas; conservando su color: no se solidifica. Una cerilla encendida sumergida en el cloro se enrojece, y apaga después: sostiene no obstante la combustion del arsénico, fósforo y antimonió, que se inflaman al introducirlos en este gás.

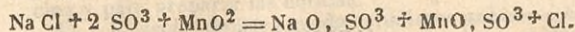
El oxígeno solo se combina con el cloro cuando uno de los dos están en estado naciente; puede formar cinco compuestos definidos, todos ácidos. Su propiedad mas notable es la manera de obrar sobre el hidrógeno. Si se mezclan volúmenes iguales de cloro é hidrógeno, los gases permanecen mezclados sin combinarse en la oscuridad; á la luz difusa, se verifica lentamente la combinacion, y sería instantánea cuando atraviesa por ella un rayo solar, una chispa eléctrica ó una cerilla encendida: en todas estas reacciones se forma ácido clorídrico.

El agua disuelve á la temperatura ordinaria, ve y media, en volúmen, de gás cloro; la disolucion adquiere las propiedades del gás, y por el enfriamiento, forma

unos cristales que tienen 72 agua y 28 cloro. El cloro se combina con la mayor parte de los metales, y en algunos, como el potasio, con desprendimiento de calórico y luz.

No se halla puro, pero es abundante en estado de combinacion en los cloruros: el de *sódio* es frecuente en ciertos terrenos y disuelto en el agua.

Se le prepara en la reaccion del cloruro de *sódio*, ácido sulfúrico y bióxido de manganeso á un calor suave.



El cloro se recoge en frascos llenos de agua saturada de cloruro sódico que apenas le disuelve.

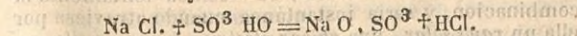
Lo empleamos en el blanqueo del algodón y lino, para quitar las manchas de tinta, y para desinfectar el aire.

50. El *ácido clorídrico* (HCl.) es un gas incoloro de olor fuerte y picante; se liquida bajo una presión de 40 atmósferas á la temperatura de 10.º: espärce vapores blancos en presencia del aire; enrojece la tintura de tornasol y destruye las materias orgánicas; es impropio para la combustion, y sofoca á los animales que lo respiran; su densidad es de 1,24. Es descompuesto por la mayor parte de los metales, convirtiéndoles en cloruros.

El agua disuelve 500 veces en volumen de este ácido, y el liquido preparado por el aparato de Woolf, tiene las propiedades del ácido gaseoso.

Se desprende de los volcanes, y existe tambien en algunas aguas de la América meridional.

Se prepara calentando suavemente una mezcla de cloruro de *sódio* y ácido sulfúrico hidratado:



Se emplea el ácido clorídrico para preparar el cloro y los cloruros; y entra como componente del *agua regia*: así llamamos á una mezcla de 2 ó 4 partes de ácido clorídrico con 1 de ácido nítrico.

LECCION XIII.

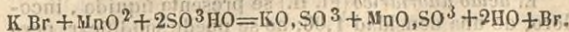
Bromo ; iodo y fluor: ácido fluorídrico.

51. El bromo fue descubierto en 1826: su nombre significa *olor fétido*. Se presenta líquido de un color rojo oscuro mirado por reflexión, y rojo de jacinto cuando está en capas delgadas: de olor penetrante; sabor urente: tiñe la piel de amarillo y la cauteriza; es un veneno muy irritante. Su densidad es de 2,97. Se solidifica á $-20.^{\circ}$, la masa cristalina es de color pardo: hierve á $47.^{\circ}$ y el vapor que se forma se parece al ácido hiponítrico.

Tiene poca afinidad con el oxígeno, se une al hidrógeno con suma facilidad, presentando en todas sus combinaciones mucha analogía con el cloro.

El agua á penas le disuelve, el alcohol y el éter son sus mejores disolventes.

El bromo se encuentra en estado de bromuro de magnesio, de potasio y de sodio. Se le prepara, haciendo obrar el bromuro de potasio, bióxido de manganeso y ácido sulfúrico hidratado por el intermedio del calor:



El bromo se usa en el daguerreotipo.

52. *Iodo*: descubierto en 1811, lo estudió después Gay-Lussac. Es sólido, de un color gris azulado, se presenta en pequeñas escamas ó en octaédros prolongados: su olor se asemeja algo al del cloro: se funde á $107.^{\circ}$ á los 175 entra en ebullición, produciendo un vapor de color violado intenso, que le da el nombre que lleva: á todas temperaturas da vapores, pero á los $55.^{\circ}$ ya son muy sensibles. Su densidad es de 4,95 y la del vapor de 8,72. Tiñe la piel de amarillo, cuyo color desaparece al volatilizarse el iodo: comunica colores particulares á las sustancias orgánicas, á veces destruyéndolas y formándose ácido *iodídrico*: con el almidón produce una coloración notable; una gota de disolución de iodo en al-

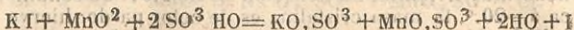
cohol, tiñe de azul intenso á una disolucion de almidon.

Las combinaciones del iodo con el oxígeno é hidrógeno son análogas á las del cloro.

En el agua es poco soluble el iodo; en el alcohol y éter es muy soluble, y aun mas en el sulfúro de carbono.

Se encuentra en estado de ioduro de potasio de sodio y de magnesio en las aguas del mar y en ciertos vegetales.

Se prepara el iodo calentando el ioduro de potasio con bióxido de manganeso y ácido sulfúrico concentrado:

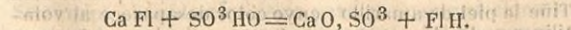


Se usa el iodo para las placas daguerianas y en la medicina.

53. El *fluor* es un cuerpo hipotético, segun algunos quimicos, al paso que otros dicen es un gas incoloro é inodoro; las demás propiedades son desconocidas, porque al hallarse libre ataca las vasijas que usamos de ordinario. Se une al hidrógeno, pero no al oxígeno.

Abunda en el fluoruro de calcio formando el *espato fluor*. Se le prepara descomponiendo el fluoruro de plata por medio del cloro y en vasijas de espato fluor ó de plomo.

El *ácido fluorídrico* (Fl. H.) se presenta líquido, incoloro, de una densidad 1,06; no se puede solidificar; pero hierve á 30.º: al aire da humos muy densos, por su afinidad con el vapor acuoso: echada una gota sobre el agua, produce un ruido parecido al que se observa al sumergir un hierro candente: ataca al vidrio, cristal y porcelana, formando con la sílice agua y *fluoruro de sílice*, corroyendo al vidrio etc. Con los metales forma fluoruros. El plomo, platino, oro y plata son los menos atacados. Se le prepara haciendo obrar el ácido sulfúrico concentrado sobre el fluoruro de calcio:



Se usa para grabar sobre el vidrio y el cristal, á quienes ataca y corroe.

LECCION XIV.

Carbono. Variedades del carbono. Oxido de carbono. Acido carbónico.

54. El carbono se encuentra puro en el *diamante*, y abunda en el carbon que usamos comunmente.

Como variedades del carbono, se estudian cuerpos dotados de propiedades muy diferentes, como la *antracita*, carbon de piedra, negro de humo, carbon vegetal y animal.

El *diamante* es sólido, sin color, ó teñido de amarillo, azul, rosa y negro; cristaliza en octaédros y dodecaédros romboidales, teniendo las caras convexas y sus aristas curvilíneas. Su densidad es de 3,50: es el mas trasparente de todos los cuerpos y el que refracta la luz con mas fuerza; lo que contribuye á darle un brillo superior al de los demás cuerpos empleados en la joyería. Es el cuerpo mas duro que se conoce, ninguno le raya, y solo su propio polvo puede tallarle. No se funde ni volatiliza á ninguna temperatura.

Arde en el oxígeno á una temperatura elevada sin dejar residuo, formándose ácido carbónico.

El *diamante* se encuentra en el Brasil, en la India y en los montes Urales. Se usa en la joyería y para cortar el vidrio.

El *carbon de piedra*, ó *hulla*, es sólido, deleznable, negro, brillante; contiene una materia vituminosa que le comunica la propiedad de arder con llama, en lo que se distingue de la *antracita*. Destilado, deja un residuo llamado *coke*, que se quema sin llama y produce temperaturas muy elevadas; de aquí su uso en las locomotoras.

El *carbon vegetal* es sólido, negro, frágil, poroso, mas denso que el agua, absorbe la humedad y los gases. Se obtiene destilando la leña en vasijas cerradas.

El *carbon animal* ó negro de huesos, se asemeja al carbon vegetal, pero varia en su composicion y propiedades, siendo la principal en este la *decolorante*. Se

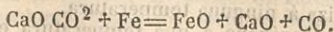
le prepara destilando , en vasijas cerradas , los huesos , pibados de la materia grasa.

El carbono se une al oxígeno , hidrógeno , azufre y nitrógeno , formando combinaciones importantes . Es desoxidante enérgico . Descompone el agua al calor rojo y á los ácidos nítrico , sulfúrico y fosfórico .

55. El *óxido de carbono* (CO) . Es un gas permanente , incoloro , inodoro é insípido ; su densidad es de 0.97 ; impropio para la respiración y combustion , pero arde en contacto del aire con llama azulada , trasformándose en ácido carbónico ; obra como un veneno sobre los animales que lo respiran . Con el cloro , por la acción de los rayos solares , forma el *cloruro de carbono* ó *ácido cloroxicarbónico* .

Se forma cuando el oxígeno ó el ácido carbónico , están en contacto de un exceso de carbono . A él se deben los dolores de cabeza que se sienten al quemar el carbon en habitaciones poco ventiladas .

Se le prepara calcinando una mezcla de carbonato de cal y hierro :

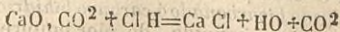


56. El *ácido carbónico* (CO²) , es un gas incoloro , de olor picante , de sabor ligeramente ácido : enrojece la tintura azul de tornasol ; su densidad es de 1,52 : el agua disuelve un volumen igual al suyo á la presión y temperatura ordinaria , pero si aumenta , llega á disolver seis veces su volumen ; á la temperatura de 0.° y presión de 36 atmósferas se transforma en un líquido muy volátil , que al evaporarse rápidamente , produce un frío de—100 , que solidifica una parte del ácido .

Es impropio para la combustion y asfixia á los animales que lo respiran . El hidrógeno y el carbono lo descomponen á la temperatura elevada . Se une con las bases salificables ; con la cal forma un carbonato insoluble .

Se encuentra libre en el aire ; en ciertas grutas ; en los carbonatos ; disuelto en las aguas ; es un producto abundante de la combustion , y de la respiración .

Se le prepara descomponiendo el carbonato de cal por el ácido clorídrico :



Se usa en la preparación de aguas minerales artificiales; en la de los vinos espumosos, y para obtener los carbonatos.

LECCION XV.

Combinaciones del carbono é hidrógeno. Hidrógenos protocarbonado y bicarbonado: gás del alumbrado: Cianógeno.

57. El carbóno y el hidrógeno son susceptibles de formar numerosos compuestos por medios indirectos: dos son gaseosos á la presión y temperatura ordinaria. El *hidrógeno protocarbonado*, *carburo tetrahídrico* ($\text{C}^2 \text{H}^4$). Es un gás permanente, incoloro, inodoro é insípido, poco soluble en el agua, su densidad es de 0,559. Es impropio para la respiracion y combustion, en contacto del aire arde con llama azulada, formándose agua y ácido carbónico: su mezcla con el cloro, espuesta á los rayos solares, detona formándose ácido clorídrico, y el carbono se precipita.

Se encuentra en las aguas pantanosas, y en las galerías de las minas de carbon de piedra, en las que por la presencia del aire, ha dado lugar á explosiones espantosas que Davy supo evitar con su *lámpara*.

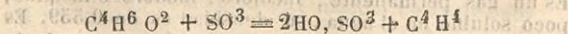
Se le prepara agitando aquellas aguas, y recogiendo los gases que se desprenden por medio de botellas llenas de agua: no es el carburo puro el que se obtiene, lleva mezclado oxígeno, ácido carbónico y nitrógeno, se le purifica por el fósforo que absorbe el oxígeno, y por la potasa cáustica para fijar el ácido carbónico. El nitrógeno no se le puede separar, pero solo debilita sus propiedades.

Su formación en las aguas estancadas se atribuye á la descomposición de las sustancias orgánicas dentro del agua.

En las localidades en donde se desprende casi continuamente, lo usan para cocer los ladrillos y la cal.

58. El *hidrógeno bicarbonado* ó *carburo bihidrico*; ($C^4 H^4$) es un gas incoloro, insípido, de olor empireumático y etéreo; por grandes presiones y excesivo frio se llega á liquidar enteramente; su densidad es de 0,98: muy poco soluble en el agua. Arde en contacto con el aire, produciendo una llama muy clara y brillante; formando agua y ácido carbónico. Arde tambien en una atmósfera de cloro, y forma ácido clorídrico y carbono queda libre. El calor y las chispas eléctricas lo descomponen. Si se mezclan volúmenes iguales de cloro y de este gas, expuestos á la luz difusa, se combinan y forman un líquido *oleaginoso* llamado *hidro-bicarburo de cloro*: esta mezcla, á la luz solar, detona repentinamente.

No existe puro: combinado con dos equivalentes de agua forma el alcohol; se le prepara tratando este por el ácido sulfúrico:



El gas del *alumbrado*, su principal componente es hidrógeno bicarbonado, pero contiene además hidrógeno protocarbonado, óxido de carbono, y algun otro cuerpo. Proviene de la destilacion de la hulla; de la descomposicion del aceite comun, ó de la resina. El producto de estas operaciones se purifica por el *condensador* y *depurador*.

59. El *cianógeno* ($C^2 N$.) es un gas incoloro de olor parecido al de las almendras amargas; su densidad es 1,80; se liquida y solidifica por fuertes compresiones y excesivos frios: arde con llama azul, produciéndose ácido carbónico y nitrógeno libre. Es soluble en el agua y en el alcohol. Unido al hidrógeno forma el ácido *cianídrico*, muy venenoso: Con el oxigeno *naciente* se combina, y resulta el ácido *ciánico*.

Se prepara descomponiendo por el calor el cianuro de mercurio seco, y recogiendo el gas sobre la cuba de mercurio.

LECCION XVI.

METALES Y SUS PRINCIPALES COMPUESTOS.

Generalidades de los metales: clasificación. Aleaciones.

60. Todos los metales son sólidos á la temperatura ordinaria, excepto el mercurio que se solidifica á -40° : su color mas comun es blanco-grís, si bien el cobre es rojo y el oro amarillo de yema: son inspidos é inodoros, pero algunos, como el cobre y el plomo, frotados, adquieren olor y un sabor desagradable: casi todos poseen brillo, que les distingue y se dice *metálico*, que pierden reducidos á polvo. Son opacos cuando estan en masa. Los hay duros y elásticos como el hierro y cobre; y blandos como el potasio y el plomo; ductiles como el cobre y plata; maleables, como el oro y el estaño: muy tenaces como el hierro, y otros lo son poco como el zinc: su forma cristalina, cuando existe, es el octaedro; cubo y sus derivados. Su densidad es mayor que la del agua destilada, excepto el potasio y sódio. Son buenos conductores del calor y electricidad; unos se funden fácilmente, como el potasio y plomo; y otros á temperaturas muy elevadas, tales son el oro y platino: por último, algunos son volátiles, como el mercurio y zinc.

Los metales tienen diferente afinidad con el oxígeno: el potasio y sódio se combinan con él á la temperatura ordinaria; el hierro y zinc, al rojo oscuro, al paso que el oro, platino y otros no se unen á ninguna temperatura. El aire seco obra como el oxígeno, pero el húmedo les oxida mas fácilmente, y el compuesto formado se combina con el vapor acoso presentándose hidratado y hasta carbonatado. Muchos metales descomponen el agua apropiándose el oxígeno y desprendiendo el hidrógeno, lo cual verifican á diferentes temperaturas: los ácidos favorecen esta descomposición en muchos casos.

El azufre, cloro, bromo, iodo y fósforo, se combinan

con todos los metales; el hidrógeno, carbono, boro y silicio, solo lo verifican con un corto número.

Los metales se presentan generalmente en estado de combinacion con el oxígeno, azufre, cloro, iodo etc. y algunos tambien en estado de pureza ó *nativo*.

Atendiendo á los grados de afinidad con el oxígeno y su accion sobre el agua, sola, ó con la intervencion de un ácido, los dividió *Thenard* en secciones; cuya clasificacion, con las reformas en ella introducidas con posterioridad, es la siguiente:

1.^a Seccion. Metales que descomponen el agua en frio y cuyos óxidos son bases enérgicas: *potasio, sodio, litio, bario, estrancio y calcio*. A los tres primeros se llama *metales alcalinos*, y á los tres siguientes *alcalino-térreos*. En el dia se agregan el *cesio, rubinio y talio*, metales que ofrecen compuestos muy semejantes á los de los alcalinos.

2.^a seccion. Metales que descomponen el agua á $+$ de 100. *Magnesio, cerio, lantano, didimio, glucinio, itrio, erbio, terbio, zirconio, torinio, ilmenio, aluminio*.

3.^a seccion. Metales que descomponen el agua al calor rojo, ó en frio por la influencia de un ácido: *manganeso, hierro, zinc, niquel, cobalto, cadmio, cromo, vanadio*.

4.^a seccion. Metales que descomponen el agua al calor rojo y no á la ordinaria por la influencia de los ácidos: *tungsteno, molibdeno, osmio, tántalo, titanio, estaño, antimonio, niobio, pelopio, aridio, donario y urano*.

5.^a seccion. Metales que descomponen el agua al calor rojo blanco, únicamente, y no en presencia de los ácidos: *cobre, bismuto y plomo*.

6.^a seccion. Metales que no descomponen el agua á ninguna temperatura; absorven el oxígeno á una Jada, y sus óxidos se reducen á otra mayor; circunstancia esta que no presentan los de las secciones anteriores: *mercurio y rodio*.

7.^a seccion. Metales que ni absorven el oxígeno directamente ni descomponen el agua á ninguna temperatura, y cuyos óxidos se reducen fácilmente por el calor: *plata, oro, platino, paladio, iridio y rutenio*.

61. Las *aleaciones* son compuestos dotados de las propiedades de los metales que las forman: observándose que generalmente son mas duras, mas elásticas y mas fusibles que los metales separados, en cambio son menos dúctiles que los componentes: su densidad varia notablemente, unas veces es mayor y otras menor que la de los metales. Muchas se encuentran ya formadas en la naturaleza, pero las mas se preparan artificialmente.

LECCION XVII.

Generalidades de los óxidos metálicos; su clasificacion.

62. Los *óxidos metálicos* son compuestos binarios que resultan de la combinacion del oxígeno y un metal. Todos son sólidos, quebradizos, sin brillo: su color varia: son insípidos, excepto los que forman los metales de la primera *seccion* y los solubles; inodoros, menos el de osmio. Su densidad es siempre mayor que la del agua y menor que la del metal que los forma, excepto los de potasio y sódio. Los óxidos de los metales de las cinco *primeras* secciones, no se reducen por el calor; pero algunos, como el bióxido de manganeso, pasan á un grado menor de oxidacion. La corriente eléctrica de una pila, descompone á los óxidos; el metal se dirige al polo *negativo*, y el oxígeno al *positivo*. Algunos protóxidos anhidros en presencia del aire ó del oxígeno, absorben mayor cantidad de este á temperaturas elevadas, como el protóxido de plomo. Si están hidratados la sobreoxidacion es mas fácil, aun á la temperatura ordinaria. El hidrógeno y carbono, reducen á la mayor parte de los óxidos: tambien el azufre, fósforo y cloro los descomponen.

La accion de los metales sobre los óxidos depende de la afinidad que tengan con el oxígeno, reduciéndose unas veces el óxido y oxidándose el metal; oxidándose parte del metal empleado, y formándose una aleacion; por último, puede reducirse una parte del óxido y unirse la otra con el nuevo óxido formado.

El agua disuelve los óxidos de los metales de la primera seccion: los protóxidos de manganeso, hierro y estaño la descomponen por el calor, sobre-oxidándose, y ciertos peróxidos, como el de potasio y sodio, son descompuestos por este líquido, trasformándose en protóxidos que se disuelven. Se une el agua á muchos óxidos, formando compuestos que llamamos *hidratos*.

El número de óxidos que en la naturaleza encontramos en estado de libertad, es muy corto; los tenemos muy abundantes en combinacion, con los ácidos especialmente. Se preparan generalmente: 1.º calentando los metales en contacto con el aire. 2.º Calcinando los carbonatos y nitratos. 3.º Descomponiendo las sales disueltas en el agua por la potasa, sosa ó amoniaco. 4.º Tratando los metales por un ácido que les suministra oxígeno. 5.º Haciendo hervir una disolucion de un carbonato soluble, con un óxido que forme un carbonato insoluble. 6.º Descomponiendo una sal soluble por el agua oxigenada, que sobreoxida al óxido.

63. Los óxidos metálicos se dividen en cinco clases:

1.º *Oxidos básicos*. Neutralizan los ácidos; enverdecen el jarabe de violetas, y restablecen el color azul de la tintura enrojecida por un ácido: protóxidos de potasio y de sodio.

2.º *Oxidos ácidos*. Neutralizan las bases, formando sales. Si son solubles, enrojecen la tintura de tornasol y jarabe de violetas: ácidos crómico y férrico.

3.º *Oxidos indiferentes*. Con ácidos poderosos actúan como bases, y si estas son enérgicas, obran realmente como ácidos: sesquióxido de aluminio.

4.º *Oxidos salinos*. Están formados de dos óxidos de un mismo metal; el mas oxigenado obra como ácido, y el menos como base: óxido de hierro magnético.

5.º *Oxidos singulares*. No se unen á los ácidos ni á las bases; por los ácidos pueden perder oxígeno, y se reducen á básicos; ó adquieren otra mayor, y pasan á ácidos: bióxido de bario y manganeso.

LECCION XVIII.

Generalidades sobre las sales.

34. Se llaman *sales* los compuestos formados por la unión de dos sustancias, de las que una obra como elemento electro-negativo (*ácido*), y la otra como elemento electro-positivo (*base*). Unas son *binarias*, como los *cloruros*, *ioduros* etc., y otras *ternarias* como las *oxisales*, *sulfosales* etc.; aquellas se las dice *sales haloidas*, y cuerpos *halógenos* á los que unidos á los metales las constituyen, mientras las segundas se las llama *anfidas* y las forma un *oxácido metaloideo* ó *metálico*, con un *óxido metálico* ó un *sulfuro metaloideo* ó *metálico ácido* con un *sulfuro metálico*; *básico*.

La mayor parte de las sales son sólidas, susceptibles de cristalizar: incoloras cuando lo son el ácido y la base que las forman; coloreadas si el ácido lo es, como los *crómicos*; son *amarillos* los *neutros*, y *rojos* los *ácidos*; ó bien si lo fuese la base, como las de protoóxido de *hierro* que son *verdes* y las de sesquióxido, *amarillo rojizas*. Las que son solubles en el agua, tienen sabor que varía, y se debe generalmente á la base: las insolubles son insípidas.

Expuestas á la acción del calor unas se volatilizan sin descomponerse, otras se descomponen á diferentes temperaturas y algunas, como las de *potasa* y *sosa*, se funden al calor rojo sin descomponerse. Las que contienen agua de *cristalización*, sufren primero la fusión *acuosa*, y después la *ígnea*: si el agua está solo *interpuesta* al evaporarse, se disgregan las moléculas salinas con un ruido llamado *decrepitación*. La luz sólo obra sobre algunas sales formadas por los metales de las últimas secciones.

La pila voltaica descompone todas las sales, marchando el ácido al polo *positivo*, y la base al *negativo*. Si es la corriente muy enérgica, se reduce el óxido metálico, dirigiéndose el metal al polo *negativo*; el ácido y el oxígeno de la base van al polo *positivo*.

Todas las sales son mas densas que el agua, aumentando en proporcion de la densidad y cantidad del óxido metálico que contienen. Las sales formadas por la potasa, sosa y amoniaco son solubles en el agua, á no ser que contengan un exceso de ácido insoluble: si el ácido es *insoluble* y la base *soluble*, la sal será soluble si tiene exceso de esta última: si el ácido es *soluble* y la sal tiene exceso de este componente, el compuesto salino tambien lo será aunque sea *insoluble* la base. La solubilidad de las sales en el agua aumenta en general, con la temperatura: cuando se depositan de sus disoluciones, retienen cierta cantidad de agua con la cual se combinan, y que recibe el nombre de agua de *crystalización*. Algunas sales solubles expuestas al aire absorben la humedad de aquel fluido y se liquidan, entonces se dicen *deliquescentes*, y se dirán *eflorescentes* las que pierden el agua que contienen, reduciéndose á polvo por su exposicion al aire.

El oxígeno del aire obra sobre ciertas sales oxigenando el ácido, en los *fosfitos* é *hiposulfitos*; ó la base, como en el *protóxido de hierro* y *estaño*. El hidrógeno, carbono, fósforo y azufre á una temperatura elevada, tambien tienen accion sobre las sales.

Si en una disolucion salina de los metales de las últimas secciones, se introduce otro metal que tenga mas afinidad con el oxígeno, que el metal de la sal, esta se descompone; el metal sumergido, remplazará al de la sal, el cual se deposita con prontitud sobre el metal precipitante.

63. Muchas sales se encuentran en la naturaleza, pero las mas se preparan por los cuatro procedimientos siguientes: 1.º Combinando directamente los óxidos con los ácidos; 2.º sustituyendo á los óxidos por los carbonatos; 3.º Tratando á los metales por los ácidos á diferentes temperaturas; 4.º Por dobles descomposiciones.

LECCION XIX.

Clasificación de las sales. Leyes de Berthollet. Caracteres que distinguen los géneros salinos de mayor uso.

66. Las sales se dividen en *neutras*, *ácidas* y *básicas*. Refiriéndonos á las *oxisales*, que son las mejor estudiadas, se dice *neutra* una sal cuando, puestos en contacto con las precauciones debidas, el ácido y la base, sus propiedades se neutralizan recíproca y completamente. *Ácida* se llama la que, teniendo exceso de ácido, enrojece la tintura azul de tornasol: diremos *básica*, cuando predomina la base, y cambia en verde el color azul del jarabe de violetas. Sin embargo; no es suficiente este medio para juzgar de la *neutralidad* ó no de las sales, pues que un ácido *enérgico* no deja de enrojecer el tornasol si está unida á una *base* débil; y recíprocamente una *base* poderosa no deja de enverdecer el jarabe de violeta, aunque esté combinada con un ácido débil. Para determinar la *neutralidad* de las sales se atiende á su composición, habiendo convenido en llamar neutras á las que tengan una composición análoga á las de potasa, que no alteran los colores vegetales. El sulfato neutro de potasa tiene una composición que se expresa por la fórmula $KO.SO^3$; y el nitrato neutro por $KO.NO^5$: en este supuesto, si en un sulfato la relación del oxígeno, del óxido y la del ácido son entre sí :: 1:3, la sal será neutra; y sería *ácida* ó *básica* si el ácido ó el óxido entrasen en mayor cantidad. En los nitratos, la relación del oxígeno, del óxido y la del ácido es :: 1:5; si está en mayor cantidad el ácido ó el óxido, se dirá que es *ácida* ó *básica* la sal. La misma ley se aplica á los demás géneros salinos.

67. Las sales son de una misma especie, si están formadas de los mismos ácidos y de iguales bases, unidos en proporciones idénticas. Los géneros se forman de la reunión de especies que tengan diferente base: las familias están constituidas por la reunión de géneros que ofrecen mucha analogía; las variedades están caracteri-

zadas en las de una misma especie por la diferente forma *crystalina*.

68. Se llaman leyes de *Bertollet* al conjunto de reacciones que se producen, sea por el contacto de los ácidos y de las bases con las sales, sea por la acción recíproca de las sales entre sí. En la acción de los ácidos observaremos: 1.º habrá descomposición cuando el ácido echado sobre la sal, pueda formar con la base de esta una combinación insoluble: 2.º habrá descomposición, si el ácido que existe en la sal es insoluble: 3.º la habrá si el ácido que interviene es más fijo que el de la sal. La acción de las bases sobre las sales será análoga á la de los ácidos, y tendremos: 1.º una base descompone á una sal, cuando forme con el ácido un compuesto insoluble: 2.º cuando es soluble la base que se añade, é insoluble la de la sal: 3.º una base fija descompone por la acción del calor á una sal cuya base es volátil. En la reacción de las sales se observa: 1.º si dos sales solubles pueden, cambiando sus ácidos y bases, formar una insoluble, la descomposición tiene lugar: 2.º igual descomposición se opera si, calentadas dos sales, resulta una más volátil.

69. Los géneros salinos se distinguen entre sí por caracteres constantes en cada grupo, y diferentes hasta en los más análogos.

Cloruros. Solubles en el agua, excepto el de plata y proto-cloruro de mercurio: por el nitrato de plata precipitan en blanco de aspecto de leche cortada, insoluble en ácido nítrico; soluble en amoniaco, y que toma color azul por la acción de la luz. Tratados por el ácido sulfúrico y bi-óxido de manganeso, desprenden gas cloro.

Sulfuros. Los alcalinos son solubles en el agua; ofrecen olor á hidrógeno sulfurado: tratados por los ácidos, desprenden el mismo olor y precipitan de diferentes colores á los diversos metales.

Carbonatos. Todos los neutros son insolubles en el agua, excepto los alcalinos; el calor los descompone, menos al de potasa, sosa y litina: precipitan en blanco por el agua de cal ó de barita; hacen efervescencia con los ácidos clorídrico, sulfúrico etc.; recogido el gas desprendido tiene las propiedades del ácido carbónico.

Sulfatos. Solubles en el agua, , excepto el de barita y plomo. El calor los descompone, menos á los alcalinos de magnesia y plomo. El carbon los convierte en sulfuros generalmente; las sales de barita los precipitan en blanco insoluble en el agua y en los ácidos nítrico y clorídrico.

Nitratos. Solubles en el agua y descomponibles por el calor; deflagran echados sobre carbones encendidos: el ácido sulfúrico produce sobre ellos vapores blancos, (*ácido nítrico*) que pasan á rojos añadiendo á la mezcla limaduras de cobre ó hierro.

Cloratos. Solubles en agua; se descomponen por el calor, reduciéndose á cloruros, ó bien á óxidos; deflagran sobre las ascuas: sus disoluciones no se enturbian por el nitrato de plata: mezclados con azufre y carbon, forman pólvora que detona al choque ó al calor.

LECCION XX.

Potasio. Hidrato de protóxido de potasio. Carbonato y nitrato de potasa. Caracteres de las sales de potasa.

70. El *potasio* fue descubierto por Davy en 1807. Es sólido á la temperatura ordinaria; recién fundido en aceite de naftas, presenta el brillo de la plata, que pierde al aire, adquiriendo un color gris azulado parecido al plomo. A 15 grados es ductil como la cera, y quebradizo á 0.º: se funde á 58.º, pareciéndose entonces al mercurio. Hierve al rojo oscuro produciendo vapores de color verde: Su densidad es de 0,865.

Es uno de los metales que tienen mas afinidad con el oxígeno; se combina con él rápidamente en contacto con el aire, y pasa al estado de protóxido de potasio hidratado ó potasa. Descompone el agua á la temperatura ordinaria y es tal el calor que se produce, que el potasio le funde corriendo por la superficie del liquido con luz violada, debida á la combustion del hidrógeno que se desprende mezclado con vapores del potasio. Forma dos compuestos con el oxígeno, el principal es el protóxido.

Se prepara el potasio descomponiendo por la pila voltaica el hidrato de protóxido de este metal: el potasio puro se dirige al polo negativo, y si en él se une al mercurio, le separamos por destilación.

Tambien se obtiene descomponiendo la potasa fundida por la accion del hierro, ó el carbonato de potasa por el carbon.

El potasio debe conservarse en el aceite de nafta para que no se oxide.

71. El hidrato de protóxido de potasio ($KO, HO.$) es sólido blanco, suave al tacto, de mayor densidad que el agua, es 2,1: fusible al calor rojo oscuro y volátil al rojo blanco: soluble en agua, cuya disolucion enverdece el jarabe de violetas; tiene sabor picante, fuerte, y olor de legía: altera las sustancias animales y saponifica las grasas. Absorve la humedad del aire y se liquida combinándose despues con el ácido carbónico de la atmósfera.

La potasa es abundante en la naturaleza, combinada con los ácidos de los vegetales, formando sales orgánicas.

Se prepara el hidrato de protóxido de potasio descomponiendo el carbonato de potasa puro, por medio de la cal: se evapora el líquido, y el residuo se purifica por el alcohol, evaporandole despues.

72. Carbonato de potasa (KO, CO^2). El carbonato neutro de potasa es el mas importante de los tres que forma esta base; es la potasa del comercio. Es blanco, sabor acre cáustico, delicuescente, y enverdece el jarabe de violetas: al calor no se descompone si no interviene una corriente de vapor acuoso.

Se prepara haciendo deslagrar el bio-tartrato de potasa y nitrato de la misma base, tratando la materia que resulta por el agua que disuelve el carbonato en cuestion. Esta sal es de muchas aplicaciones.

73. Nitrato de potasa (KO, NO^2). Este compuesto llamado nitro, es blanco, de sabor salado fresco y picante, soluble en agua y cristaliza en prismas estriados de seis caras. Se funde á $350.^{\circ}$ y se descompone si continua elevándose la temperatura.

Se encuentra en la superficie de los muros viejos y

húmedos y tambien en varios terrenos, de donde se extrae por lexivacion.

El nitro es de mucho uso por si solo, ó bien para preparar los ácidos sulfúrico y nítrico; con el azufre y carbon constituye la pólvora.

Las sales de potasa, se reconocen porque precipitan en blanco cristalino por los ácidos tártrico y clórico, y en amarillo de canario por el bi-cloruro de platino: dan á la llama del soplete un color violado rojo.

LECCION XXI.

Sodio. Hidrato de protóxido de sodio. Cloruro de sódio. Carbonato y borato de sosa. Caracteres de las sales de sosa.

74. El sódio fue descubierto en 1807 por Davy: se parece mucho al potasio. Es blanco, de brillo parecido á la plata; expuesto al aire pierde el brillo y se oxida rápidamente: es blando á 15.º, quebradizo á 0.º; se funde á 90.º y se volatiza al calor rojo. Descompone el agua á la temperatura ordinaria, pero con menos energia que el potasio y sin producir llama; pero fijando el sódio en un punto del liquido disolviendo al agua, almidon ó goma, se logra que se inflame el hidrógeno. La densidad del sódio es de 0,972. Forma dos combinaciones con el oxígeno, el protóxido es la mas importante. El sódio es abundante en la naturaleza, pero siempre en estado salino.

Los procedimientos seguidos para preparar el sódio son en todo semejantes á los recomendados para el potasio; sin embargo es algo mas difícil la descomposicion del hidrato, por la accion del hierro, por ser menos volátil.

El sódio se conserva en el aceite de nafta como el potasio.

75. El hidrato de protóxido de sódio (NaO , HO) tiene propiedades semejantes á las del hidrato de potasa y se prepara como este, tratando el carbonato de sosa por la cal. Este hidrato se distingue del de potasa, porque, expuesto al aire se vuelve deliquescente, pero en se-

guida absorve el ácido carbónico y se convierte en carbonato de sosa que es efflorescente.

76. *Cloruro de sódio* (Na. Cl.) llamado sal gemma ó sal marina. Es sólido; cristaliza en pequeños cubos, inodoro, y de sabor salado agradable: su densidad es 2,13. Al calor rojo decrepita primero y despues se funde. No se altera al aire, pero si el higrómetro marca 86.º entonces es deliquescente: si como sucede con frecuencia, este cloruro está mezclado con los de magnesia y cal, en tal caso se humedece muy fácilmente.

El cloruro de sódio es soluble en el agua, y la solubilidad aumenta débilmente, con la temperatura.

Se encuentra en lo interior de la tierra, y se le llama sal gemma; y disuelto en el agua de donde se obtiene por evaporacion.

Se usa en la economía doméstica, en la agricultura y para preparar el cloro y ácido clorídrico.

77. El carbonato de sosa (Na, Co²) sosa del comercio: es blanco, inodoro, algo cáustico; es un compuesto neutro: enverdece el jarabe de violetas y es muy soluble en agua: cristaliza en prismas romboidales que contienen 10 equivalentes de agua, y es efflorescente. No se descompone por el calor, si no interviene el vapor acuoso.

Existe formado en algunos lagos de Egipto y Ungria; evaporada el agua suministra el carbonato de sosa. También se obtiene la sosa llamada *natural* incinerando ciertas plantas marinas en hoyos á propósito: la masa vitriforme que resulta contiene bastante carbonato de sosa. Se usa para preparar el jabon, las legias y en otras operaciones.

78. *Borato de sosa.* (NaO, BO³.) Es blanco, cristaliza en octaedros; inodoro, de sabor alcalino: contiene bastante agua de cristalización. Expuesto á la temperatura elevada, sufre las dos fusiones, y si se le enfria despues de experimentar la *ignea*, se presenta de un aspecto vitreo. Es mas soluble en el agua caliente que en la fria.

Existe formado en ciertos lagos en Persia, y se le prepara descomponiendo el carbonato de sosa por el ácido bórico.

Se usa como fundente en los ensayos metalúrgicos, y unido á los óxidos metálicos, los vitrifica y da colores vistosos.

Las sales de sosa se distinguen por no precipitar por los reactivos que las de potasa: el antimoniato de potasa las precipita en blanco característico, y dan á la llama del soplete color amarillo en vez del violado de las de potasa.

LECCION XXII.

Calcio: Protóxido de calcio. Cloruro de cal. Carbonato y sulfato de cal. Caracteres de las sales de cal.

79. Davy fue el primer químico que aisló el calcio. Es blanco, brillante como el plomo; se oxida rápidamente al aire libre, y se forma una capa de protóxido que impide la oxidación al resto del metal: á la temperatura elevada arde y pasa á todo el protóxido. Descompone con rapidez el agua, y se forma hidrato de protóxido de calcio. Se prepara por un procedimiento análogo al del potasio.

80. El protóxido de calcio, (CaO) ó cal, se presenta sólida, blanca, cáustica, enverdece el jarabe de violetas; su densidad es 2,3; es infusible á las mayores temperaturas; expuesta al aire absorve la humedad, aumenta de volúmen, se desmorona, y uniéndose al ácido carbónico del aire, pasa á carbonato. Si se le trata por el agua, absorve este líquido, produciéndose una alta temperatura, y si la cantidad de agua no es grande, se hidrata y reduce á polvo. Es poco soluble en agua, formando el agua de cal, que se enturbia por el ácido carbónico: con los ácidos, en general, forma la cal compuestos despididos.

Es abundante en la naturaleza en estado salino.

Se la prepara descomponiendo el carbonato de cal por la acción del calor; el producto de la operación se llama cal viva. De la bondad de los carbonatos depende la de la cal: los que contienen el 25 por 100 de arcilla y algo de sílice, producen la cal hidráulica.

La cal se usa, mezclada con arena, para preparar el mortero; para curtir las pieles, y en otras varias operaciones.

81. *Cloruro de cal* (CaO, ClO). Con este nombre se conoce una mezcla de cloruro de calcio, hipoclorito de cal y cal hidratada; y según otros, es una combinación del cloro y la cal.

Este compuesto es blanco, amorfo y de un olor parecido al del cloro.

Los ácidos débiles desprenden el ácido hipocloroso que cede su oxígeno al calcio, desprendiéndose el cloro puro. Si se admite que este se ha combinado directamente con la cal, la reacción está limitada á suponer: que el ácido desaloja al cloro de su combinación con aquella base.

Se obtiene, haciendo obrar el cloro gaseoso sobre la cal apagada.

Se usa el cloruro de cal en el blanqueo de la pasta del papel y tegidos de hilo y algodón.

82. El *carbonato de cal* (CaO, CO^2) es sólido, blanco cuando está puro; cristaliza en el sistema *romboédrico*, y en el *prismático recto*. Se descompone por la acción del calor, desprendiendo el ácido carbónico: es muy poco soluble en el agua, á menos que este líquido no lleve en disolución ácido carbónico; en cuyo caso pasa á bi-carbonato, que fácilmente se descompone, perdiendo el exceso de ácido y depositando el carbonato neutro.

Esta sal es muy abundante en la naturaleza; forma los mármoles diversos, y mezclada con diferentes sustancias, da origen á las piedras calizas y el cemento romano. A él se deben las *estalactitas* y *estalacmitas* que se observan en ciertas grutas.

83. El *sulfato de cal* (CaO, SO_3) ó *yesso*, es insípido, amorfo, ó bien cristalizado en tablas transparentes: á la temperatura de 200° se deshidrata, en cuyo caso pierde su dureza, y la adquiere cuando se le combina con el agua nuevamente.

Es muy abundante en la naturaleza formando estensos bancos en ciertos terrenos. Se usa para preparar el

yeso, tan necesario en el arte de construcción; para el vaciado de estatuas, y para obtener el estuco.

Las sales ó *bases de cal* se reconocen por precipitar en blanco por los carbonatos y los oxalatos; el precipitado se redisuelve en ácido clorídrico; el ácido sulfúrico las precipita también en blanco; comunican á la llama de alcohol un color amarillo rojizo.

LECCION XXIII.

Aluminio. Óxido de aluminio. Sulfato de alumina y potasa. Caracteres de las sales de alumina. Vidrio. Cristal.

81. El *aluminio* es un metal de color blanco parecido á la plata, aunque algo azulado; es dúctil y maleable, tenaz y sonoro; se funde al calor rojo: su densidad es de 2,56. No se oxida al aire á la temperatura ordinaria, á la elevada se convierte en óxido. Los ácidos nítrico y sulfúrico no le atacan á la temperatura ordinaria, y débilmente por el calor. El ácido clorídrico es su mejor disolvente. El agua hirviendo obra lentamente sobre él; pero la de los ácidos débiles le ataca con mas energía.

Se obtiene, descomponiendo el cloruro de aluminio por el potasio, cuya mezcla se hace calentar. También se extrae haciendo obrar la pila sobre el cloruro doble de sodio y aluminio. Este método suministra masas considerables del metal, permitiendo difundir su aplicación para construir objetos de lujo, en lo general.

82. *Oxido de aluminio* ($Al^2 O^3$) ó *alumina*, es la única combinación de este metal con el oxígeno. Es blanca, suave al tacto, inodora é insípida, se adhiere á la lengua; se funde por el soplete de gas sin descomponerse: su densidad es de 2,00. Es insoluble en el agua y soluble en los ácidos, si no se calcina; operación que disminuye su solubilidad. También se disuelve en una disolución de potasa ó sosa, y si el líquido se evapora, se obtiene un compuesto cristalino, cuya fórmula es $KO, Al^2 O^3$.

Este óxido es muy abundante en la naturaleza; se halla en las arcillas, margas y otros minerales. Cuando

puro, constituye el *corindón*, y teñido de diferentes colores el *rubi*, *zafiro*, *topacio*, y *amatislas orientales*.

Se le obtiene anhidro, calcinando el sulfato de alumina y amoniaco: en estado de hidrato se consigue descomponiendo el sulfato de alumina por el amoniaco ó su carbonato; se forma un precipitado gelatinoso que es la alumina hidratada.

86. *Sulfato de alumina y potasa* ($KO Al^2 O^3 SO^3$)

Esta sal, llamada generalmente *alumbre*, es blanca, cristaliza en octaedros eflorescentes: y si tiene exceso de alumina, en cubos. Su sabor es astringente. Enverdece las tinturas azules de los vegetales. Sujeta á la accion del calor, sufre la fusion *acuosa*; si se calienta mas, pierde su agua de cristalización, experimenta la fusion *igne*a y resulta una masa esponjosa, que se llama *alumbre calcinado*. Al calor rojo-blanco se descompone, y deja un residuo de aluminato de potasa.

Se halla el alumbre formando estas rocas, *alunita*, y mezclado con otras diferentes sustancias en varios puntos. Se le prepara uniendo directamente los dos sulfatos de alumina y potasa; ó bien tratando la arcilla purificada por el ácido sulfúrico, y precipitando por el sulfato de potasa el de alumina que se forma. Se usa el alumbre como mordente en varias operaciones industriales.

Las *sales de alumina*: precipitan en blanco por la potasa y sosa, cuyo precipitado redissuelve un exceso de reactivo: el sulfato de potasa las precipita en blanco cristalino: al soplete, añadiendo nitrato de cobalto, dá una masa de color azul hermoso.

VIDRIO Y CRISTAL.

Estos compuestos están formados de *silicatos* de *potasa*, *sosa* y *cal*, el *vidrio incoloro*; el de color contiene de base de *cal*, *alumina*, *óxido de hierro*, *potasa* y *sosa*: el *crystal* difiere del *vidrio incoloro* en que la *cal* está reemplazada por el *óxido* de plomo.

Todos se preparan fundiéndolos, en crisoles abiertos, las sustancias de que están constituidos.

En general estos cuerpos son duros, frágiles, transparentes, fusibles á temperaturas elevadas; insolubles en el agua, excepto el formado por los silicatos de potasa y sosa. Las demás propiedades varían con la naturaleza del compuesto.

LECCIÓN XXIV.

Hierro: fundicion de hierro. Acero. Oxidos de hierro. Sulfato de protóxido de hierro. Caracteres de las sales de hierro.

87. El *hierro* fué conocido en la antigüedad. Tiene un color gris azulado, de testura granugienta ó fibrosa; maleable, dúctil y el mas tenaz de todos los metales: un alambre de dos milímetros de espesor sostiene sin romperse un peso de 250 kilogramos. Su densidad es de 7,7 á 7,9. Se funde á 130.° de pirómetro de Wedgwood, y puede cristalizar en cubos y octaédros: al calor rojo se ablanda pudiendo soldarse consigo mismo sin intermedio alguno.

El aire le oxida á la temperatura ordinaria en presencia de la humedad; no le ataca si está seco: al calor rojo descompone el agua con desprendimiento de hidrógeno: por intermedio de los ácidos la descomposición se opera á la temperatura ordinaria.

Se halla nativo, en estado de óxido y en el de sulfuro, carbonato etc. Se consigue el hierro dulce, reduciendo los óxidos por el carbono en altas temperaturas, por forjas dispuestas oportunamente; ó descomponiendo los minerales ferruginosos, y un fundente adecuado, mezclados con carbon á temperaturas muy elevadas.

El producto de esta operacion se llama *fundicion de hierro*, se conocen dos tipos, la fundicion *gris* y la *blanca*: la primera tiene un color gris mas ó menos claro; es dulce, cede á la lima y resiste el choque del martillo; tratada por los óxidos deja un residuo sensible de grafito: es la de mayor uso. La *blanca* tiene brillo y un color parecido á veces al de la plata; dura, no le ataca la lima y es quebradiza. La fundicion contiene carbono silicio y algunas otras sustancias en combinacion.

El hierro se obtiene químicamente puro reduciendo el óxido por una corriente de hidrógeno á una temperatura elevada.

Si el hierro contiene á lo mas $\frac{1}{100}$ de carbono, con

indicios de silicio, aluminio y manganeso, constituye el acero, mas duro que el hierro, sobre todo despues de templado:

El acero y el hierro tienen mucha aplicacion, la tiene tambien la *hoja de lata* formada por una lámina delgada de hierro cubierta de estaño.

88. El hierro forma con el óxigeno tres óxidos diferentes y uno salino: 1.º *protóxido de hierro* (FeO): blanco verdoso, se sobreoxida rapidamente y pasa al amarillo. Se halla en la naturaleza formando sales que descompuestas por la potasa le precipitan. 2.º *sesquióxido de hierro* (Fe^2O^3) amarillo rojizo, á veces, y violado en otras. Se halla anhidro en las *hematites sanguineas* é hidratado en las *pardus*. Se le prepara descomponiendo por el calor el sulfato de protóxido de hierro. 3.º *Oxido de hierro magnético* (Fe^3O^4) se le considera como una combinacion de los dos anteriores. Es negro, insoluble en el agua, y notable por sus propiedades magnéticas. Se encuentra en la naturaleza: se obtiene cuando arde el hierro en el óxigeno ó en el aire, ó descomponiendo el vapor del agua por el hierro caudante. 4.º *Acido ferrico* (FeO^3) es muy poco estable; se obtiene en estado de *ferrato*, poniendo en un crisol de hierro enrojecido una mezcla de nitrato de potasa y limaduras de hierro; se trata el producto por el agua, y esta disuelve el *ferrato de potasa*.

89. *Sulfato de protóxido de hierro* (FeO, SO^3). Se presenta de color verde esmeralda, si está hidratado y cristalizado; y blanco cuando seco. Su sabor es estiptico como el de la tinta. Es soluble en el agua, mas en caliente que en frio; por su exposicion al aire, se sobreoxida y amarillea: sufre por la accion del calórico la fusion acuosa, despues pierde agua de cristalizacion, y finalmente desprende el ácido.

Se halla en la naturaleza formando la *caparrosa verde*; se le prepara tratando el hierro por el ácido sulfúrico diluido.

Tiene numerosas aplicaciones científicas e industriales.

Las sales de *protoxido de hierro* tienen color verde en lo general; sabor astringente. Con la potasa y sosa precipitan en blanco, que pasa al amarillo; por el ferrocianuro de potasio en blanco, que cambia en azul por la exposición al aire.

Las de *sesquioxido* tienen color amarillo; enrojecen la tintura de toraasol; con la potasa y sosa precipitan en pardo rojizo; por el ferrocianuro de potasio en azul instantáneo, y en negro por la infusión de nuez de gailas ó el tanino.

LECCION XXV

Zinc, Protoxido de zinc, caracteres de sus sales.

89. El zinc es de color blanco azulado; de testura laminar; su densidad varia de 6,8 a 7,7; quebradizo a la temperatura ordinaria, lo es mas a 200.°; de 100.° a 150.° es grande su maleabilidad. A los 410.° se funde, y puede cristalizar en prismas exagonales; al calor rojo blanco se volatiliza.

Expuesto al aire se empaña su superficie, pero la capa de óxido que se forma, preserva de la oxidacion al resto del metal; al calor rojo, arde con una luz muy viva, pasando al estado de óxido. Descompone el agua, desprendiendo hidrógeno a la temperatura de 100.° y se disuelve en los ácidos con igual emision.

Los hidratos de potasa, sosa y amoniaco disuelven el zinc, desprendiendo tambien hidrógeno, y se convierten en zincatos alcalinos.

Abunda en la naturaleza en estado de carbonato formando la *calamina*, y en el desulfuro en la *blenda*.

Se extrae el zinc descomponiendo, por el calor, el carbonato de zinc préviamente mezclado con carbon,

que obra como desoxidante. Se le purifica por destilación.

El zinc se usa como un elemento en las pilas voltáicas: es uno de los componentes del similor y latón.

90. *Protóxido de zinc* (ZnO). Se llama también flores de zinc, y lana filosófica: es blanco, insípido, insoluble en agua; muy ligero cuando se le ha obtenido por sublimación. Es indescomponible por el fuego, poco volátil; pero si se le pone en contacto con el hidrógeno ó carbono, se reduce fácilmente. Es base salificable muy enérgica, y puede combinarse con la potasa y alumina.

Se prepara el anhidro calentando el zinc en un crisol abierto y recogiendo los vapores producidos. Tratando una sal de zinc por la potasa, se precipita el óxido de zinc hidratado en el fondo del vaso.

Se usa en la pintura al óleo con ventaja sobre el albayalde en casos dados.

91. *Sulfato de zinc* (ZnO, SO_3). Es sólido, blanco, de sabor estíptico; soluble en agua, más en caliente que en frío: cristaliza en prismas rectangulares; conserva bastante agua de cristalización, que pierde por el calor. En contacto del aire es efflorescente.

El sulfato de zinc se prepara en grandes masas tostando el sulfuro al aire libre y tratando la masa por agua, que después se evapora, hasta que cristalice. En los laboratorios se obtiene tratando el zinc por el ácido sulfúrico diluido.

Tiene usos en la medicina.

Las sales de zinc tienen sabor estíptico y nauseabundo; con la potasa y sosa precipitan en blanco, que redissuelve el reactivo: los sulfidatos alcalinos precipitan en blanco, y el ferrocianido de potasio las precipita en amarillo, que disuelve el ácido clorídrico.

LECCION XXVI. Oxidos de estaño. Bisulfuro de estaño; caracteres de las sales de estaño.

92. El *estaño* es uno de los metales conocidos de mas antiguo. Es sólido, color blanco argentino; muy maleable: adquiere olor cuando, estando caliente, se le frota con los dedos. Al doblarse produce un ruido particular, que se dice *crugido del estaño*: su densidad es de 7,29. Se funde á 228.º y puede cristalizar en prismas de ocho caras; al calor rojo blanco esparge muy pocos vapores. A la temperatura ordinaria no le altera el aire, pero al rojo se oxida rápidamente, forma un protóxido y un bióxido de estaño: descompone tambien al agua al calor rojo.

El ácido clorídrico y el sulfúrico diluido le disuelven desprendiendo hidrógeno. El sulfúrico concentrado é hirviendo, le ataca desprendiéndose ácido sulfuroso, y formándose un sulfato á base protóxido de estaño. El ácido nítrico concentrado dá origen al ácido estánnico, con desprendimiento de vapores rutilantes.

Se encuentra en la naturaleza en estado de ácido y de sulfuro, aunque este escaso. Se le obtiene descomponiendo el ácido estánnico natural mezclado con el carbon, por la accion del fuego.

Se usa con frecuencia solo y unido á otros metales; con el mercurio forma la amalgama para azogar los espejos.

93. El *protóxido de estaño* (SnO) anhidro, es gris negruzco, y blanco si está hidratado; inodoro é insipido; no le altera el aire á la temperatura ordinaria; por el calor se inflama y pasa á bióxido. No le disuelve el agua; forma sales con los ácidos, y tambien se une á las bases.

Se le obtiene descomponiendo el protocloruro de estaño por el amoniaco.

94. El *bióxido de estaño ó ácido estánnico* (SnS_2) es blanco, inodoro; sufre dos modificaciones isoméricas

distintas: es insoluble en agua, enrojece las tinturas azules: se disuelve fácilmente en la potasa y sosa. Existe formado en la naturaleza, y se le obtiene tratando el estaño por el ácido nítrico; el compuesto que resulta es el ácido *metastannico* de diferentes propiedades: ó bien descomponiendo el percloruro de estaño por el agua, siendo este último el ácido estannico, *propriamente* dicho.

95. *Bisulfuro de estaño* (SnS_2), *oro musivo*; es de un color amarillo de oro: cristaliza en pajas exagonales; suave al tacto; el agua regia le disuelve. Se le prepara sometiendo a la acción del calor una amalgama de estaño, que se une con azufre y clorhidrato de amoníaco.

Se emplea para broncear la madera y frotar las almohadillas de la máquina eléctrica.

Se reconocen las sales de estaño protoxidadas, por que precipitan en blanco por la potasa y sosa; cuyo precipitado se redisuelve en un exceso del reactivo; con el cloruro de oro dan un precipitado purpúreo; y de color de chocolate con los sulfidatos. Las de peróxido no precipitan por el cloruro de oro, y los sulfidatos las precipitan en amarillo.

LECCION XXVII.

Plomo; óxidos de plomo. Carbonato de plomo. Caracteres de las sales de plomo.

96. El plomo fue conocido en tiempos muy antiguos. Es sólido, de color blanco azulado; brillante en la superficie reciente: insípido é inodoro, adquiere olor por el frote: es blando hasta rayarse con la uña, mateable, y poco tenaz; su densidad es de 11,45. Se funde á 335. y al calor rojo desprende vapores abundantes: puede cristalizar por fusión en octaedros.

Expuesto al aire á la temperatura ordinaria, se empaña la superficie, cubriéndose de una capa de subóxido; calentandole despues de la fusión se cubre de una costra amarillenta, que es protóxido de plomo. La ac-

cion simultánea del agua y del aire le cubren de una película blanca compuesta de óxido y carbonato de plomo. Los ácidos le atacan con mas ó menos fuerza, siendo el nítrico su mejor disolvente.

Abunda en la naturaleza en estado de combinacion con el azufre forma la *galena*, siendo frecuente el *carbonato*; el *cromato* etc. se obtiene el plomo sometiendo la *galena* á la accion del calor ó bien por el método de reaccion ó bien descomponiendo la misma *galena* por el hierro.

Se usa el plomo solo ó unido á otros metales; con el estaño formando la liga de plomeros; con el antimonio la pasta para la letra de imprenta etc.

97. *Protóxido de plomo* (PbO). Es de un color amarillo rojizo, inodoro, de sabor un poco pronunciado y soluble en los álcalis y en los aceites, muy poco en el agua, á la cual comunica una reaccion alcalina. Se funde con facilidad y la superficie se cubre de unas láminas micáceas, rojizas, llamándose entonces *litargirio*, y *masicot* antes de experimentar la fusion. Si continúa obrando el calórico, y el aire á la vez, sobre el protóxido fundido, adquiere un color rojo brillante, el del *minio*, óxido salino que se forma en la sobre-oxidacion de parte del protóxido que pasa á bióxido.

El protóxido se prepara descomponiendo el nitrato de plomo por el calor; ó bien su disolucion por la potasa ó sosa.

98. *Bióxido de plomo* (PbO_2), llamado tambien *ácido plumbico*. Se presenta de color oscuro, parecido al de la pulga. Es inodoro, insípido ó insoluble en el agua; no se une á los ácidos, pero puede ceder parte de su oxígeno, y convertirse en protóxido, básico; con las bases forma sales definidas. Se le prepara tratando el *minio* por el ácido nítrico que disuelve el protóxido y precipita al bióxido.

99. *Carbonato de plomo* (PbO, CO_2). Este compuesto, llamado *albayalde*, es blanco, inodoro é insípido, insoluble en el agua y descomponible por el calor con desprendimiento de ácido carbónico, y queda el pro-

tóxico de plomo; que pasa fácilmente al color *anaranjado*. El ácido sulfídrico lo ennegrece.

Se encuentra este carbonato en la naturaleza unido al sulfuro de plomo. Se le prepara dirigiendo una corriente de ácido carbónico por una disolución de acetato tribásico de protóxido de plomo: ó por la reacción del aire y del ácido carbónico; y en parte también por la del acético, sobre láminas delgadas de plomo.

Se emplea esta sal como *base* de la pintura al óleo. Las *sales de plomo* tienen un sabor astringente azucarado, y son venenosas. Precipitan en blanco por el ácido sulfúrico y los sulfatos; el yoduro de potasio y el bromato neutro de potasa, precipitado amarillo. El zinc y el hierro precipitan al plomo en estado metálico.

LECCION XXVIII.

Cobre. Aleaciones principales que forma. Óxidos de cobre. Sulfato de bióxido de cobre. Caracteres de las sales de cobre.

100. El *cobre* fue conocido de los antiguos. Es sólido, de color rojo, muy brillante; por el frote adquiere olor; es muy dúctil, maleable y sonoro; es más tenaz que la plata, oro y platino; su densidad es de 8,8. Se funde á 27 grados del pirómetro, y enfriado cristaliza en octaedros, al paso que por la vía húmeda lo hace en cubos. Es bastante volátil y sus vapores comunican á la llama un hermoso color verde.

El oxígeno y aire, cuando secos, no le atacan á la temperatura ordinaria; pero en presencia de la humedad le cubren de una costra verde, llamada impropriamente *cardenillo*, formada por el carbonato de cobre hidratado. Calentado hasta el rojo en el aire se oxida y convierte en protóxido que fácilmente pasa á bióxido.

El *cobre* puede formar tres óxidos diferentes. Los ácidos nítrico y sulfúrico le disuelven haciéndole pasar al estado salino. Los ácidos vegetales y las grasas le atacan y oxidan bajo la influencia del aire.

Se encuentran en la naturaleza en estado de óxido en el de sulfuro y en combinacion con los ácidos sulfúrico, carbónico y algunos mas.

Se le obtiene descomponiendo el óxido ó el carbonato de cobre por el carbon en altas temperaturas y afinando despues el producto.

Los usos del cobre son muchos: forma uno de los elementos de nuestras pilas voltáicas, con él se preparan muchos útiles para la economia doméstica y forma aleaciones importantes como el *similar*, formado de cobre y zinc; el *laton* de los dichos, *estaño* y *plomo*; el *bronce*, del cobre y *estaño* etc.

101. *Protóxido de cobre* (Cu^2O). Es de color rosado; muy fusible, y con facilidad se sobreoxida. Los ácidos le reducen con frecuencia á bióxido y cobre metálico. El amoniaco le disuelve y la disolucion toma color azul expuesta al aire.

Se halla en la naturaleza; se le prepara descomponiendo por el calor una mezcla de protocloruro de cobre y carbonato de sosa.

102. *Bióxido de cobre* (CuO). Tiene un color moreno muy oscuro; se funde antes del calor rojo, y si se mezcla con materias orgánicas las descompone formándose ácido carbónico y agua. Es soluble en el amoniaco, al que comunica un color azul. Se le obtiene calcinando el nitrato de cobre hasta que no se desprendan gases.

103. *Sulfato de bióxido de cobre* (CuO, So^3). Es de color azul, sabor estíptico, cristaliza en paralelepípedos oblicuos eflorescentes y solubles en el agua. Por el calor se funde en su agua de cristalización y se vuelve blanco; llega á descomponerse, quedando un residuo de bióxido. Se encuentra disuelto en ciertas aguas; se le prepara haciendo actuar el ácido sulfúrico sobre el cobre, ó tostando al aire el sulfuro de cobre. Se usa en la *medicina* y *tintoreria*.

Las sales de *protóxido de cobre* son incoloras ó débilmente amarillentas, pasan á sales de dentóxido con facilidad si están húmedas. La potasa, sosa y amoniaco las precipita en amarillo, que pasa al color azul por el último reactivo expuesto al aire: con el ferrocianuro de

potasio precipitado blanco que cambia en rojo oscuro por la acción del aire.

Las de *bioxido* son azules ó verdes: con la potasa y sosa precipitan en azul insoluble en el reactivo: el amoníaco da un precipitado verdoso, soluble en el reactivo, tomando color azul: el ferrocianuro de potasio las precipita en rojo castaño. Unas y otras precipitan el cobre introduciendo en sus disoluciones una lamina de hierro, ó zinc.

LECCION XXIX.

Mercurio. Oxidos de mercurio. Bi-sulfuro de mercurio. Cloruro de mercurio. Sulfuros de las sales de mercurio.

104. El *mercurio* ó *azogue* es de los primeros metales que se conocieron. Se presenta liquido, de color blanco, brillante, parecido á la plata, inodoro e insipido. Su densidad es de 13.59. Se solidifica a -40° , y en este estado se parece al plomo, en ductilidad y maleabilidad: aplicado sobre la piel causa sensacion como la de una quemadura. Hierve a 360° , y se volatiliza a 350° , absorbe el oxígeno y se convierte en bioxido que facilmente se descompone. Los ácidos sulfúrico y nítrico le atacan formando sales de diferente base segun las cantidades de ácido y metal empleadas.

Se halla nativo y unido al azufre, en el *cinabrio*. Se le extrae descomponiendo el sulfuro por la cal, á la acción del calor. En Almaden se obtiene calentando el mineral (sulfuro de mercurio) en aparatos á propósito. La descomposición se efectua á favor de la ganga caliza que le acompaña.

Se usa para construir los termómetros y barómetros: unido al estaño se aplica para la preparacion de espejos.

105. *Protóxido de mercurio* Hg^2O . Es muy difícil de obtener puro y aislado, porque pasa facilmente á mercurio y bioxido. Se presenta pulverulento, negruzco, insoluble en el agua; con los ácidos forma sales

crystalizables y definidas. Se le obtiene descomponiendo el protocloruro de mercurio por la potasa.

106. *Bióxido de mercurio* (HgO). Se presenta de color anaranjado o rojo: de sabor desagradable; algo soluble en el agua, su disolución enverdece el jarabe de violetas. Calentado se ennegrece al pronto y descompone despues. Se une á los ácidos y forma sales. Se le prepara descomponiendo por la acción del fuego el nitrato de mercurio.

107. *Bisulfuro de mercurio* (HgS). Este cuerpo, llamado tambien cinabrio y bermellon, se presenta de color negro ó rojo, sin que por ello varíe su composición. Insoluble en agua, soluble en el agua régia, se volatiliza sin fundirse, y puede cristalizar en prismas exaédros. El calor lo descompone en mercurio y ácido sulfuroso.

Abunda en la naturaleza y se le prepara calentando con moderación una mezcla de 1 azufre y 6 mercurio; se obtiene el sulfuro negro. El bermellon se consigue triturando el mercurio con azufre, y añadiendo una disolución de potasa; la mezcla debe elevarse á 10, y triturarse por algunas horas.

108. El mercurio y el cloro se unen y forman un proto y un bicloruro (Hg^2Cl). El protocloruro es blanco, insípido é insoluble en el agua; se volatiliza por la acción del calor; por la de la luz toma color gris. Se le prepara descomponiendo al calor una mezcla de sulfato de protoxido de mercurio y cloruro sódico, ó bien haciendo una mezcla de una disolución de cloruro sódico y nítrato de protoxido de mercurio.

El bicloruro de mercurio ($HgCl$) es blanco, de sabor desagradable, es un veneno muy activo; soluble en agua, alcohol y éter volátil, mas que el protocloruro. Se le obtiene calentando en vasija de vidrio una mezcla de cloruro sódico y sulfato de bióxido de mercurio.

Las sales de protoxido de mercurio son blancas, ó amarillas si pasan á básicas. La potasa y sosa las precipitan en negro, insoluble en un exceso del reactivo; los cloruros, en blanco insoluble; el yoduro de potasio, precipitado amarillo verde. Las de bióxido son incoloras; ó amarillas si son básicas. Con la potasa y sosa pre-

precipitan en amarillo rojizo: no las enturbian los cloruros, el yoduro de potasio las precipita en rojo vivo soluble en un exceso de reactivo. El cobre precipita al mercurio de sus disoluciones, y el color blanco que adquiere desaparece por el calor.

LECCION XXX.

Plata. Sus aleaciones con el cobre. Óxido de plata. Nitrato y cloruro de plata. Carácterés de las sales de plata.

109. La plata fue conocida en la antigüedad: tiene un color blanco brillante: inodora é insípida, ductil, tenaz y maleable; mas dura que el oro y menos que el cobre: su densidad es de 10,47. Es fusible à 27 del pirómetro; cristaliza en cubos y octaedros: puede volatilizarse al rojo. Cuando está fundida puede absorver 22 veces su volúmen de oxígeno, que abandona al enfriarse.

El ácido nítrico la disuelve fácilmente, y lo mismo el sulfúrico concentrado; el agua régia tambien actúa sobre la plata.

Se halla nativa y mas frecuente en combinacion con ciertos metaloides. Se extrae, si está unida al azufre, desmineralizándola y sujetándola despues á la copelacion.

La plata tiene mucho uso aunque no en estado de pureza. Unida al cobre adquiere mayor dureza: las proporciones en que se unen forman la *ley de la plata*,

que es actualmente de $\frac{90}{100}$ de plata y $\frac{10}{100}$ de cobre pa-

ra la pasta de la moneda: en la joyería la mezcla es $\frac{18}{6}$

—plata y $\frac{24}{24}$ cobre. Tambien se usa en el *plaqué de plata*, que es una lámina de cobre cubierta con otra muy fina de plata.

110. De los tres óxidos que forma este metal, el principal es el *protóxido* (AgO); es de color de aceituna

oscuro; poco soluble en agua, y la disolucion enverdece el jarabe de violetas. Es base muy enérgica, pero aislado se descompone con facilidad por la accion del calor ó de la luz. El amoniaco le disuelve, y evaporado el líquido, da un polvo negro, *plata fulminante*, que detona violentamente por el choque ó una ligera elevacion de temperatura. Se le obtiene descomponiendo una disolucion de nitrato de plata por la potasa en esceso.

111. *Nitrato de plata* (AgO, NO^5) Esta sal no tiene color, es amarga y cáustica: muy soluble en agua; cristaliza en láminas anacaradas: mancha la piel de color violado: la ennegrecen la luz y las materias orgánicas. Se funde antes del calor rojo, dando origen á la *pedra infernal*, pasando despues á *nitrito*, y en seguida se descompone quedando la plata reducida.

Se la prepara tratando la plata copelada por el ácido nítrico puro.

Se usa en estado cristalino y en el de *pedra infernal* en la medicina: tambien se aplica para marcar tegidos de hilo, y como reactivo.

112. *Cloruro de plata* (Ag Cl) es blanco que pasa al violado y negro por la accion de la luz. Es insoluble en el agua y en los ácidos, y soluble en el amoniaco. Se funde á $200.^{\circ}$ y se convierte en una masa trasparente que por enfriamiento tiene aspecto córneo, *plata córnea*; blanda para ser rayada por el acero, y algo volátil. Los cloruros alcalinos le disuelven en parte y por enfriamiento dan compuestos cristalinos.

Se encuentra en la naturaleza y se le obtiene por doble descomposicion del nitrato de plata y cloruro de sódio.

Las sales de *protóxido de plata* tienen sabor astringente, son venenosas; el calor y la luz las descomponen. Con la potasa dan precipitado moreno oscuro, soluble en amoniaco: con los cloruros y ácido clorídrico blanco gramoso que parece leche cortada, insoluble en el agua y ácido nítrico pero soluble en el amoniaco.

LECCION XXXI.

Oro: sus aleaciones con el cobre. Oxidos de oro. Sesquicloruro de oro. Caracteres de las sales de oro.

113. El oro fue conocido en la mas remota antigüedad. Es sólido, amarillo rojizo, muy brillante, inodoro é insípido; su densidad es 19,30; casi tan blando como el plomo, el mas ductil y maleable de todos los metales: se funde á 32.º del pirómetro, y puede cristalizar por enfriamiento en octaedros. Por grandes descargas eléctricas se volatiliza. No se une al oxígeno sino por medios indirectos, y lo hace en dos proporciones. Ningun ácido le disuelve, excepto el *agua regia* compuesta de una parte de ácido nítrico y 4 del clorídrico.

El oro se encuentra nativo en las arenas de ciertos ríos: tambien aleado con otros diversos metales. Se le extrae tratando las arenas por el mercurio y descomponiendo después por el calor la amalgama formada.

Se usa en la pasta de la moneda y joyería etc. pero siempre unido al cobre que aumenta su dureza y lo hace mas fusible: las proporciones de uno y otro que constituyen su ley, son en la pasta de la moneda de

10	18	6
oro y	de cobre:	en joyería y
100	24	24

114. *Protóxido de oro* (Au^2O .) Es un polvo de color violado oscuro; insoluble en el agua, é inalterable al aire. Calentado á 250.º se descompone. Los oxácidos no le atacan: con el ácido clorídrico, forma sesquicloruro de oro y se deposita oro metálico. Se le prepara tratando á una temperatura baja el protocloruro de oro por una disolucion débil de potasa.

115. *Sesquióxido de oro.* (Au^2O^3). Se presenta de

color pardo si es anhidro, rojo, ó amarillento si está hidratado: lo descompone la luz y el calor reduciéndolo á oxígeno y oro metálico. Los oxácidos no le atacan; con el ácido clorídrico forma sesquicloruro; se une á la potasa y sosa formando auratos: de aqui el llamarle *ácido aurico*. Se le obtiene descomponiendo el sesquicloruro de oro por la magnesia.

115. *Sesquicloruro de oro* ($Au^2 Cl^3$). Es rojo moreno de sabor estíptico amargo; delicatéscente; soluble en agua y en el alcohol; cristaliza difícilmente. La luz y el calor suave lo descomponen en *protocloruro de oro* y cloro libre, y elevando mas la temperatura se reduce á sus componentes.

Se prepara el sesquicloruro de oro disolviéndolo en agua régia y evaporando á un calor muy suave la disolución.

Las sales de oro, sobre todo el sesquicloruro, ejercen una reaccion ácida. Con el sulfato de protoxido de hierro precipitan en amarillo, sucio, oro metálico muy dividido. Por el amoniaco precipitado amarillo de oro fulminante. Por el protocloruro de estaño precipitado rojo llamado púrpura de Casius.

LECCION XXXII.

Platino. Oxidos de platino. Cloruros de platino. Caracteres de las sales de platino.

116. Este metal fue descubierto á mediados del siglo último. Es sólido, blanco, casi tan brillante como la plata; muy ductil y maleable; algo menos tenaz que el hierro; su densidad es de 21,55 cuando está fundido y de 22,00 si ha sido batido y forjado. Unicamente se funde por el soplete de gas hidrógeno y oxígeno y por grandes descargas eléctricas: al calor rojo blanco se ablanda lo suficiente para soldarse sin intermedio de cuerpo alguno, como el hierro. El oxígeno y el aire no

ejercen ninguna accion sobre el platino, pero al calor rojo y bajo la influencia de la potasa, puede formar dos óxidos. Tampoco los ácidos le atacan; su único disolvente es el agua régia.

El platino se encuentra nativo en ciertos terrenos arenáceos, acompañado siempre del ródio, iridio, paladio y otros metales. Se extrae tratando las arenas que lo contienen por el agua régia y vertiendo sobre el liquido claro, una disolucion de cloridrato de amoniaco; el precipitado que se forme se descompone por el calor y deja un residuo de platino esponjoso, que calentado despues al rojo blanco, se forja fácilmente. El platino esponjoso, si se le echa en un frasco que contenga oxígeno é hidrógeno, inmediatamente se unen y forman agua. El platino se usa en la construccion de los pararrayos en la de aparatos quirúrgicos y quimicos; por su infusibilidad é inalterabilidad.

117. El *protóxido de platino* (PtO) se presenta de aspecto negruzco, pulverulento; se reduce fácilmente por el calor; es soluble en los ácidos. Se le prepara tratando el protocloruro de platino por la potasa cáustica.

118. El *bióxido de platino* (PtO^2) tiene un color pardo oscuro, muy reductible por el calor; soluble en los ácidos y tambien en la potasa cáustica; de aquí el nombre de *ácido platinico*; el liquido evaporado da el *platínato de potasa*. Se obtiene echando en una disolucion de bicloruro de platino potasa cáustica en exceso.

119. *Protocloruro de platino* ($Pt. Cl.$) tiene color verde oscuro; insoluble en el agua y soluble en ácido clorídrico; si en esta disolucion se vierte cloruro de potasio ó cloridrato de amoniaco, por evaporacion del liquido, se obtienen cloruros dobles de forma cristalina. Se obtiene el protocloruro de platino calentando en baño de maría á 200 grados el bicloruro, hasta que no se desprenda cloro.

120. El *bicloruro de platino* ($Pt. Cl^2$) tiene color rojo moreno, amorfo, el calor lo descompone reduciendo al platino; es soluble en el agua y alcohol: tratadas estas disoluciones por los cloruros metálicos forma sales dobles bien definidas. Se le obtiene disolviendo el platino

en el agua regia y evaporando la disolucion hasta sequedad.

Las sales de *platino* se descomponen por el calor: el bicloruro de este metal precipita por la potasa en amarillo de canario, soluble al calor en el mismo reactivo; con el zinc y el hierro precipitan el platino metálico.

FIN DE LA QUIMICA.

INDICE

DE LAS MATERIAS DEL PROGRAMA.

NUM. DE ORDEN	FISICA. PROPIEDADES DE LOS CUERPOS.	Págs.
1	LECCION I. Consideraciones sobre la Fisica en general. Fisica propiamente dicha: su analogia con la Química. Qué llamamos materia; cuerpo; átomo; molécula, y masa. Fuerzas moleculares. Diverso estado de los cuerpos. Fenómeno fisico. Ley: teoria. Agentes fisicos.	2
2	— II. Métodos para estudiar la Fisica; observacion, es- periencia. Propiedades de los cuerpos. Estudio de la estension, uso del vernier. Impenetrabilidad, y me- dios de probarla.	5
3	— III. Porosidad; medios de probarla en los cuerpos: volumen aparente y real. Divisibilidad, considerada fisica y matemáticamente. Límite de la division fisica.	8
4	— IV. Compresibilidad; medios de probarla. Elasticidad, experimentos que la confirman y division de los cuer- pos atendiendo á este carácter.	9
5	— V. Inercia, sus leyes y consecuencias que se deducen de esta propiedad. Movilidad: gravedad y direccion en que obra. Leyes de la atraccion terrestre. Peso de los cuerpos. Masa. Densidad.	11
6	— VI. Propiedades particulares. Cohesion, dureza, ma- leabilidad, ductilidad, tenacidad. Procedimientos em- pleados para evidenciarlas.	14
	<u>MECANICA DE SOLIDOS.</u>	
	<u>ESTATICA.</u>	
7	— VII. Qué entendemos por fuerza, y qué debemos distinguir en ella. Mecánica. Su division. Equilibrio: fuerzas instantáneas y continuas. Unidades de las fuerzas. Modo de actuar las fuerzas.	16

NUM.		Pags.
8	— VIII. Fuerzas concurrentes: determinacion de la resultante: influencia que tiene en su magnitud el valor del ángulo que forman.	48
9	— IX. Fuerzas paralelas en un mismo sentido: determinar su resultante. Momentos de las fuerzas. Fuerzas paralelas en direccion opuesta: par de fuerzas.	20
10	— X. Determinacion del centro de gravedad de los cuerpos. Diversos casos de equilibrio que pueden presentarse relativamente á esta cuestion.	21
11	— XI. Idea general de las máquinas. Su clasificacion segun el apoyo. Palancas. Equilibrio en los tres géneros.	23
12	— XII. Balanza. Estudio de este aparato. Método de dobles pesadas. Explicacion de la romana.	25
13	— XIII. Poleas: leyes del equilibrio. Relacion entre la potencia y la resistencia. Polipastos: ventajas de su aplicacion. Torno; condiciones del equilibrio; cabrestante.	26
14	— Ruedas dentadas; condiciones del equilibrio y aplicaciones á que dan lugar. Cric ó gato. Plano inclinado. Condiciones para el equilibrio de los cuerpos colocados sobre ellos. Cuña.	27
15	— XV. Tornillo: leyes del equilibrio en el mismo. Tornillo sin fin. Cuerdas ó máquinas funiculares.	30
16	— XVI. Movimiento: diversos géneros de movimiento. Movimiento uniforme; sus leyes. Principios generales sobre la cantidad de movimiento.	32
17	— XVII. Movimiento variado; acelerado y retardado. Leyes del movimiento uniformemente acelerado y retardado deducidas del triángulo de Galileo.	34
18	— XVIII. Leyes de la caída de los cuerpos por la accion de la gravedad. Máquina de Alwood. Movimiento uniformemente retardado de un cuerpo que asciende.	36
19	— XIX. Movimiento curvilíneo; modo de originarse. Movimiento parabólico. Movimiento circular. Fuerzas centrales.	38
20	— XX. Movimiento oscilatorio. Péndulo, simple y compuesto: influencia de la longitud del péndulo en la duracion de las oscilaciones. Aplicaciones de este aparato.	40
21	— XXI. Rozamiento: causas que le determinan: dife-	

- rentes especies de rozamiento. Choque de los cuerpos.
Leyes de la comunicación del movimiento entre los
cuerpos duros y los elásticos. 42

MECANICA DE FLUIDOS.

- 22 — XXII. *Hidrostática*. Principio de igualdad de presión. Condiciones del equilibrio en los líquidos. Presiones en todas direcciones sobre los vasos que los contienen. Vasos comunicantes. 45
- 23 — XXIII. Principio de Arquímedes; su demostración experimental: cuerpos flotantes; condiciones del equilibrio. 47
- 24 — XXIV. Aplicación del principio de Arquímedes para determinar la densidad de los sólidos y líquidos. 49
- 25 — XXV. Estudio de los areómetros de volumen constante y de volumen variable; aplicación de estos aparatos. 51
- 26 — XXVI. *Hidrodinámica*. Ley de Torricelli. Salida por orificios practicados en pared delgada. Contracción de la vena fluida. Gasto efectivo y gasto teórico. 44
- 27 — XXVII. Salida de los líquidos por tubos adicionales. Surtidores. Salida de los líquidos por tubos largos. 56
- 28 — XXVIII. *Aerostática*. Caracteres de los gases. Peso y elasticidad del aire. Presión de la atmósfera en todos sentidos. 58
- 29 — XXIX. Medida de la presión atmosférica. Barómetros de diferentes especies. 60
- 30 — XXX. Variaciones barométricas. Ley física sobre la constitución de la atmósfera: aplicación del barómetro para medir la altura de un punto sobre el nivel del mar. 62
- 31 — XXXI. Medida de la fuerza elástica de los gases. Ley de Mariotte. Manómetros de diversas especies. Válvulas de seguridad. 64

APARATOS FUNDADOS EN LA ELASTICIDAD DEL AIRE.

- 32 — XXXII. Máquina neumática. Uso del barómetro de probeta para conocer el vacío hecho. Utilidad de su aplicación. 66
- 33 — XXXIII. Máquina de compresión. Bomba de inyección. Fuente de compresión. Idem de Heron. Escopeta

- de viento. Principio en que se funda el ariete hidráulico. 67
- 34 — XXXIV. Aparatos fundados en los efectos de la presión atmosférica. Bombas de diversas especies: pipeta; fuente intermitente. Sifon. 69
- 35 — XXXV. Equilibrio de los cuerpos sumergidos en el aire. Barómetro. Globos aerostáticos. Movimiento de los gases. Gasómetros: frasco de Mariotte. Anemómetros. 71
- ACCIONES MOLECULARES.**
- 36 — XXXVI. Atracción molecular. Equilibrio entre las moléculas de los sólidos y líquidos. Capilaridad; efectos que produce. Endosmosis y exosmosis. 73
- 37 — XXXVII. Movimiento ondulatorio en los cuerpos sólidos, líquidos y gases. Acústica: producción del sonido. Sonido musical; ruido. 75
- 38 — XXXVIII. Cualidades del sonido; intensidad, tono y timbre. Su propagación. Velocidad del sonido por el intermedio del aire, del agua y de diferentes cuerpos sólidos. 77
- 39 — XXXIX. Reflexión del sonido: ecos y resonancias; bocina y trompeta acústica. Cuerdas vibrantes: sus leyes. Placas vibrantes. Líneas nodales. 79
- 40 — XL. Teoría física de la música. Armonía y melodía. Escala musical. Intervalos: sostenidos y bemoles. Descripción del órgano del oído. Idem de la voz. 81

FLUIDOS INCOERCIBLES.

- CALORICO.**
- 41 — XLI. Fluidos incoercibles. Calórico: efectos que produce. Hipótesis sobre la naturaleza de este fluido. Medida de las temperaturas. 83
- 42 — XLII. Medida de las temperaturas: termómetros de Mercurio. Termómetro de máxima y mínima. Termoscopos. Pirómetros. 85
- 43 — XLIII. Dilatación de los cuerpos sólidos. Coeficiente de dilatación. Aplicaciones de la dilatación de los metales: péndulo de compensación. Termómetro de Breguet. 88
- 44 — XLIV. Dilatación aparente y dilatación real de los

	líquidos. Máxima densidad del agua. Dilatacion de los gases	90
45	— XLV. Cambio de estado de los cuerpos. Fusión: sus leyes. Calórico latente. Solidificación. Mezclas frigoríficas.	92
46	XLVI. Tránsito de un líquido á vapor. Vaporización. Fuerza elástica de los vapores. Diferencia entre gases y vapores.	94
47	— XLVII. Evaporación. Causas que influyen en la evaporación. Ebullición. Circunstancias que hacen variar en temperatura. Calórico latente del vapor del agua.	96
48	— XLVIII. Estado esferoidal. Densidad de los vapores. Licuefacción de los vapores y gases. Gases permanentes. Tubos de seguridad.	98
49	— II. Calorimetría. Unidad de calor. Capacidad calorífica. Calórico específico de los cuerpos, y medios empleados para medirlo.	100
50	— L. Dinámica del calórico. Conductibilidad calorífica de los cuerpos sólidos, líquidos y fluidos aeriformes.	102
51	— LI. Calórico radiante. Leyes de la radiación. Intensidad del calórico radiante. Ley de Newton sobre el enfriamiento.	103
52	— LII. Reflexión del calórico: facultad reflectante. Facultad absorbente. Trasmisión del calórico radiante. Diatermancia y atermancia. Aparato de <i>Melloni</i> .	105
53	— LIII. Aplicación de la fuerza elástica del vapor del agua. Máquinas de vapor. Descripción de una máquina de vapor de <i>Walt</i> . Locomotoras. Barcos de vapor.	107
54	— LIV. Principales orígenes del calor: acciones físicas, químicas y mecánicas.	109
	OPTICA.	
55	— LV. Óptica. Hipótesis sobre la naturaleza de la luz. Cuerpos luminosos, diáfanos, traslucientes y opacos. Trasmisión y velocidad de la luz.	110
56	— LVI. Intensidad de la luz. Fotómetros. Sombra y penumbra: su determinación gráfica y experimental.	112
57	— LVII. <i>Catóptrica</i> . Leyes de la reflexión de la luz. Espejos planos: imágenes en los mismos. Espejos angulares y paralelos.	114
58	— LVIII. Reflexión de la luz sobre las superficies curvas. Espejos cóncavos y convexos. Determinación de	114

<u>NUM.</u>		<u>Pág.</u>
	sus focos. Formación de las imágenes en los mismos.	
59	— LXI. <i>Dióptrica</i> . Leyes de la refracción simple. Índice de refracción. Reflexión total. Refracción al través de los cuerpos terminados por superficies inclinadas.	115
60	— LX. Refracción de la luz al través de los cuerpos terminados por superficies curvas. Lentes: determinación de sus focos. Formación de las imágenes.	117
61	— LXI. Descomposición de la luz. Espectro solar. Recomposición de la luz blanca. Teoría sobre el color de los cuerpos. Propiedades del espectro.	119
62	— LXII. Acromatismo. Prismas acromáticos. Aberración cromática. Lentes acromáticos. Absorción de la luz.	120
63	— LXIII. De la visión. Descripción del ojo humano. Formación de las imágenes. Eje óptico, ángulo óptico y ángulo visual. Defectos del eje que se pueden corregir con el uso de lentes.	122
64	— LXIV. Instrumentos de óptica: cámara oscura. Daguerreotipo. Fotografía. Cámara lucida. Linterna mágica. Microscopio solar.	124
65	— LXV. Microscopio simple. Microscopio compuesto. Anteosios astronómico, terrestre y de Galileo. Telescopios.	126
66	— LXVI. Doble refracción de la luz. Polarización de la luz. Interferencias. Difracción. Principales orígenes de la luz.	128
	MAGNETISMO.	
67	— LXVII. <i>Magnetismo</i> . Propiedades de los imanes. Polos y línea neutra. Hipótesis sobre el magnetismo. Fuerza coercitiva. Atracciones y repulsiones magnéticas.	129
68	— LXVIII. Magnetismo terrestre. Acción directriz de la tierra. Declinación e inclinación magnética. Brújulas. Agujas astáticas.	131
69	— LXIX. Procedimientos usados para la imantación. Saturación en los imanes. Manojos magnéticos. Armaduras.	133
	ELECTRICIDAD ESTÁTICA.	
70	— LXX. <i>Electricidad estática</i> . Idea general de la electricidad. Medios de desarrollarla. Electricidades con-	135

	trarias. Hipótesis sobre la naturaleza de la electricidad.	
71	— LXXI. Desarrollo simultáneo de las dos electricidades. Fuerzas eléctricas. Ley de las acciones eléctricas. Distribuciones de la electricidad en los cuerpos. Poder de las puntas.	137
72	— LXXII. Electricidad por influencia; fenómenos á que dá origen. Electroscopos y electrómetros.	139
73	— LXXIII. Máquina eléctrica: descripción de la de Disco. Electróforo. Efectos de la electricidad estática.	141
74	— LXXIV. Electricidad disimulada. Condensador: su descarga lenta é instantánea. Electrómetro condensador de Volta. Botella de Leyden. Baterías eléctricas. Efectos de la electricidad de estos aparatos.	142
75	— LXXV. Electricidad desarrollada por presión y por el calor.	145
	ELECTRICIDAD DINAMICA.	147
76	LXXVI. Electricidad debida al contacto. Esperiencias de Galvani. Teoria y esperimentos de Volta. Fuerza electromotriz. Pilas de Volta. Tension, polos y corriente. Modificaciones de la pila de Volta.	149
77	— LXXVII. Electricidad debida á las acciones químicas. Pilas de corriente constante. Descripción de las de Daniel, Grove y Bunsen.	151
78	— LXXVIII. Efectos de la electricidad dinámica. Galvanoplastia, dorado y plateado galbánicos.	153
79	— LXXIX. <i>Electro-magnetismo</i> . Accion de las corrientes electricas sobre los imanes. Construcción y ventajas del galbanómetro.	155
80	— XXC. <i>Electro-dinámica</i> . Accion de las corrientes unas sobre otras. Accion de la tierra sobre las corrientes. Solenoides. Teoria de Ampere sobre el magnetismo.	157
81	— XXCI. Imantacion por las corrientes. Electro-imanes. Telégrafos eléctricos.	159
82	— XXCII. Corrientes termo-eléctricas: su diferencia de las hidro-eléctricas. Pilas termo-eléctricas. Termomultiplicador de Melloni.	161
83	— XXCIII. Corrientes por induccion: efectos que pro-	

ducen. Aparatos para desarrollar corrientes eléctricas por medio de imanes. 462

METEOROLOGIA.

- 84 — **XXCIV. Meteorología.** Objeto de la Meteorología. Division de los metéoros. Climatología. 464
- 85 — **XXCV. Metéoros aéreos.** Vientos: sus causas y division. Trombas. Higrometría: higrómetros de Saussure y de Daniel. 466
- 86 — **XXCVI. Metéoros acuosos.** Rocío. Escarcha. Lluvia. Pluviómetro. Nieve. Granizo. Nieblas. Nubes: division de las nubes. 468
- 87 — **XXCVII. Metéoros luminosos.** Electricidad atmosférica: causas de su desarrollo. Rayo. Relámpago. Trueno. Choque de retroceso: para-rayos. 470
- 88 — **XXCVIII. Auroras boreales.** Color de la atmósfera. Crepúsculo. Halos. Arco iris: condiciones para observarlo. Aereolitos. 473

QUIMICA.

Nociones preliminares.

- 89 — **LECCION I.** Definicion de la Quimica. Fenómeno químico. Cuerpos simples y compuestos. Moléculas integrantes y constituyentes. Cristalización. Sistemas cristalinos. Isomorfismos. Dimorfismo. Isomeria. 475
- 90 — **II.** Afinidad química: causas modificantes. Teoria electro-química. Análisis y síntesis. Cuadro de los cerpos simples. 477

NOMENCLATURA QUIMICA.

- 94 — **III.** Nomenclatura de los cuerpos compuestos: combinaciones del oxigeno. Oxácidos. Oxidos. Sales. 480
- 92 — **IV.** Continuacion de la nomenclatura: compuestos binarios no oxigenados. Nomenclatura simbólica: signos y fórmulas químicas. 482

NUM.	Págs.
93	V. Ley de las proporciones múltiples. Equivalentes químicos. Propiedades á que atendemos en la descripción de un cuerpo. 111
METALOIDES Y SUS PRINCIPALES COMBINACIONES.	
94	VI. Oxígeno. Combustion. Llama. Respiracion. 186
95	VII. Hidrógeno. Protóxido de hidrógeno, ó agua; análisis y síntesis. Caracteres de las aguas potables. 188
96	VIII. Nitrógeno; aire atmosférico; su composicion. Análisis. 190
97	IX. Combinaciones del nitrógeno con el oxígeno y con el hidrógeno. 193
98	X. Azufre. Acidos sulfuroso, sulfúrico y sulfídrico. 195
99	XI. Fósforo. Acido fosfórico. Fosfuros de hidrógeno. 197
100	XII. Cloro. Acido clorídrico. Agua regia. 199
101	XIII. Brómo; iodo y fluor: ácido fluorídrico. 201
102	XIV. Carbono. Variedades del carbono. Oxido de carbono. Acido carbónico. 203
103	XV. Combinaciones del carbono é hidrógeno. Hidrógenos protocarbonado y bicarbonado; gás del alumbre. Cianógeno. 205
METALES Y SUS PRINCIPALES COMPUESTOS.	
104	XVI. Generalidades de los metales: clasificacion. Aleaciones. 207
105	XVII. Generalidades de los óxidos metálicos; su clasificacion. 209
106	XVIII. Generalidades sobre las sales. 211
107	XIX. Clasificacion de las sales. Leyes de Berthollet. Caracteres que distinguen los géneros salinos de mayor uso. 213
108	XX. Potasio. Hidrato de protóxido de potasio. Carbonato y nitrato de potasa. Caractères de las sales de potasa. 215
109	XXI. Sodio. Hidrato de protóxido de sodio. Cloruro de sodio. Carbonato y borato de sosa. Caractères de las sales de sosa. 217
110	XXII. Calcio. Protóxido de calcio. Cloruro de cal. 217

NUM.		Págs.
	Carbonato y sulfato de cal. Caracteres de las sales de cal.	219
111	— XXIII. Aluminio. Óxido de aluminio. Sulfato de aluminio y potasa. Caracteres de las sales de alumina. Vidrio. Cristal.	221
112	— XXIV. Hierro: fundicion de hierro. Acero. Óxidos de hierro. Sulfato de protóxido de hierro. Caracteres de las sales de hierro.	223
113	— XXV. Zinc. Protóxido de zinc. caracteres de sus sales.	225
114	— XXVI. Estano. Óxidos de estano. Bisulfuro de estano; caracteres de las sales de estano.	227
115	— XXVII. Plomo: óxidos de plomo. Carbonato de plomo. Caracteres de las sales de plomo.	228
116	— XXVIII. Cobre. Aleaciones principales que forman. Óxidos de cobre. Sulfato de bióxido de cobre. Caracteres de las sales de cobre.	230
117	— XXIX. Mercurio. Óxidos de mercurio. Bisulfuro de mercurio. Cloruros de mercurio. Caracteres de las sales de mercurio.	232
118	— XXX. Plata. Sus aleaciones con el cobre. Óxido de plata. Nitrato y cloruro de plata. Caracteres de las sales de plata.	234
119	— XXXI. Oro: sus aleaciones con el cobre. Óxidos de oro. Sesquicloruros de oro. Caracteres de las sales de oro.	236
120	— XXXII. Platino. Óxidos de platino. Cloruros de platino. Caracteres de las sales de platino.	237
	— ZVI. Generalidades de los metales: clasificación.	401
	— ZVII. Generalidades de los óxidos metálicos; su clasificación.	405
	— ZVIII. Generalidades de las sales metálicas.	406
	FIN DEL INDICE.	
	— ZIX. Clasificación de las sales. Leyes de Berzelius. Caracteres que distinguen los géneros salinos de uso.	407
	— XX. Potasio. Hidrato de protóxido de potasio. Carbonato y nitrato de potasio. Caracteres de las sales de potasio.	408
	— XXI. Sodio. Hidrato de protóxido de sodio. Cloruro de sodio. Carbonato y borato de sodio. Caracteres de las sales de sodio.	409
	— XXII. Calcio. Protóxido de calcio. Cloruro de cal.	410

ADVERTENCIA

Por la precipitacion con que se ha impreso este Programa, y no haber podido el autor, á causa de sus ocupaciones, revisar el original, se han deslizado algunos errores, que se corrigen en la siguiente tabla de

ERRATAS.

<u>Pág.</u>	<u>Línea.</u>	<u>Dice.</u>	<u>Léase.</u>
16	4	fraccion	traccion
37	19	de Atwood	de la máquina de Atwood
42	12	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
62	15	inferior	interior
65	16	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
83	12	seboso	seroso
84	5	fundir hielo	fundir el hielo
88	23	Md. Grave- sande	S' Gravesande
89	{ 6, 17 21 23, 24, 26 }	barrillas	varillas
92	6	dilacion	dilatacion
122	19	escura	oscura
142	19 y 22	barrilla	varilla
143	4	manubrio	eje
143	5	eje	manubrio
150	38	y el polo	y polo
153	2	cantidad que	cantidad de metal que
158	22	la accion	á la accion.
161	18	si una	si aquella
165	26	de 5° á --10.°	de --5.° á --10.°
166	24	nieves	nubes

183	40	10 ³	SO ³
187	30	estas	esta funcion
188	32	hidrandos	hidrácidos
189	33	botámetro	voltámetro
200	26	en	su
204	26	si aumenta	si aumenta la presion
214	34	colosores	colores
215	33	le funde	se funde
216	31	bio-tartrato	bi-tartrato
223	25	carbono	carbon
225	14	instantáneo	instantáneamente
227	19	ácido esta-	
		ñico	ácido estannico
233	23	bi-cloruro	bicloruro. El protocloru-
		(Hg ² Cl.)	ro (Hg ² Cl)



