

UNIVERSIDAD DE BARCELONA - FACULTAD DE CIENCIAS

EL AIRE LÍQUIDO

ÚLTIMA LECCIÓN DADA A SUS ALUMNOS
EN EL DÍA DE SU HOMENAJE, 11 MAYO DE 1924

— POR EL —

DR. D. EUGENIO MASCAREÑAS

DECANO HONORARIO



*Acto celebrado en el aula de Química general, bajo la presidencia
del Excmo. Sr. Rector de la Universidad, Dr. D. Andrés Martínez Vargas,
y de los decanos de las facultades de Filosofía y Letras y de Ciencias, Dres. Navrella y Mar,
con asistencia de muchas representaciones y numeroso público*

BARCELONA

IMPRENTA DE JUAN RUIZ ROMERO
Calle de Pulayo, 52

621.6.036 MAS

621.6.036 MAS

P. 26414

UNIVERSIDAD DE BARCELONA - FACULTAD DE CIENCIAS

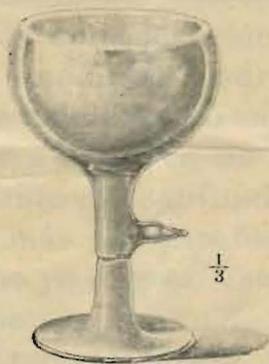
EL AIRE LÍQUIDO

ÚLTIMA LECCIÓN DADA A SUS ALUMNOS
EN EL DÍA DE SU HOMENAJE, 11 MAYO DE 1924

— POR EL —

DR. D. EUGENIO MASCAREÑAS

DECANO HONORARIO



*Acto celebrado en el aula de Química general, bajo la presidencia
del Hmo. Sr. Rector de la Universidad, Dr. D. Andrés Martínez Vargas,
y de los decanos de las facultades de Filosofía y Letras y de Ciencias, Dres. Daurella y Mur,
con asistencia de muchas representaciones y numeroso público*

BARCELONA

IMPRESA DE JUAN RUIZ ROMERO

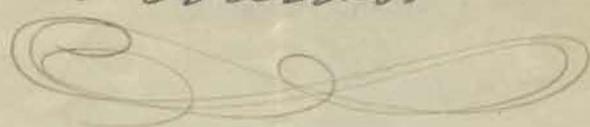
Calle de Pelayo, 52

BIBLIOTECA DE LA UNIVERSITAT DE BARCELONA



0700855952

M. D. D. Emilio Trueno
fui su afino am^o y
colega

El autor




ILMO. SR.

Señoras y Señores:

Muchas, muchísimas gracias por vuestro amable recibimiento: esos aplausos que acabáis de otorgarme me halagan, pero no me desvanecen; hay en ellos mucho bien que procede de vosotros, vuestro afecto, vuestra simpatía, la consideración hacia mi modesta persona, cosas son que nunca podré agradecer bastante, pero, al lado de todo esto, no encuentro en mí nada que pueda hallarse a la altura de vuestros obsequios, y este convencimiento me confunde, me abruma y me anonada. Cuanto más os empeñáis en enaltecerme, tanto mejor percibo yo el gran vacío de mi insuficiencia e insignificancia.

El tiempo, que todo lo devora con velocidad cinematográfica, me trae hoy a este sitio, para cumplir con mis alumnos del último curso de mi larga carrera profesional, la palabra empeñada de despedirles con una lección experimental acerca del aire líquido. Acto que debiera haberse verificado el día 12 de diciembre último, término legal de mi enseñanza pública. Causas ajenas a mi voluntad me impidieron entonces realizarlo, y hoy llego aquí, ya que no con derecho propio, con la venia cariñosa de nuestro querido Rector, que, al hallarse hoy entre nosotros, viene a añadir la eleva-

da significación de su cargo y de su persona a la honra que, con vuestra presencia, todos me otorgáis. Confío ahora para salir airoso de mi empeño en la ayuda de Dios y de vuestra generosa y proverbial benevolencia.

Dos palabras a propósito de la elección del tema. Por lo interesante que es en sí, por lo sugestivo, por lo mucho que solicita la atención del alumno y por la riqueza de sus brillantes y espléndidas demostraciones experimentales, lo venía reservando yo, de muchos años atrás, para el término de mis cursos, y, no hallando en el presente motivo alguno para cambiar de parecer, comprometí con él mi palabra y vengo a saldar la deuda de aquel compromiso. Además yo no puedo olvidar tampoco, que en 13 de diciembre de 1899 tuve la suerte y el placer de mostrar el aire líquido, por vez primera en España, en la Real Academia de Ciencias naturales y Artes de esta culta y hermosa ciudad de Barcelona, y esta circunstancia pesó también en mi ánimo para ofrecéroslo como última lección dada a mis últimos alumnos.

Aunque el tema no es nuevo me parece lo habréis de encontrar interesante, y oiréis con gusto lo que voy a deciros y veréis con satisfacción cuanto he de mostraros, porque la verdad, señores, nunca envejece, es siempre joven, fija, estable, permanente, invariable, y eterna como el foco de luz de que procede, que es Dios.

Os decía, queridos escolares, allá en las primeras lecciones del curso, al hablaros del fundamental concepto físico de la materia, que esta aislada, caótica, informe, podemos decir, nunca se halla en la naturaleza, es más bien una abstracción de nuestro espíritu, ya que el mundo visible sólo nos ofrece cuerpos, substancias, u objetos, y estos se muestran a nuestra

observación y estudio con forma y apariencia distintas que llamamos estados físicos, y son los tres principales, el gaseoso, el líquido y el sólido. ¿Queréis un ejemplo de cada uno de ellos? Fijaos respectivamente en el aire, el agua y un pedazo de hierro, de mármol o de cristal de roca; cosas todas muy diferentes entre sí, que no manifiestan, al primer golpe de vista, ninguna dependencia, relación o enlace. Mas no juzguemos por las apariencias, y veamos, después de un estudio serio y detenido, si son a manera de los principales eslabones de una larga cadena, que comienza en el estado gaseoso y termina en el sólido o viceversa. En efecto así es. Se puede pasar de gas a líquido y de líquido a sólido o viceversa, y una misma substancia puede en condiciones adecuadas aparecer en las tres formas, sin cambiar de naturaleza, porque el fenómeno es puramente físico. Ahora conviene a mi propósito mostraros que estas transiciones no son siempre bruscas o discontinuas, sino por el contrario graduales, continuas, que por pasos lentos, casi imperceptibles, nos llevan de un aspecto al otro. Lo cual equivale a decir que no hay sólo los tres estados físicos mencionados, sino muchos más, pudiendo representarse todos ellos por la cadena de muchos eslabones a que hace poco me refería.

Trasladémonos, ahora, con nuestro pensamiento al año 1822, y veamos las enseñanzas que se desprenden de un clásico y célebre experimento, realizado por Cagniard de la Tour en aquella época. En tres tubos de vidrio de paredes resistentes, abiertos por un extremo y cerrados por el otro, puso agua, alcohol y éter respectivamente, de manera que estos líquidos ocupaban sólo una cuarta parte del volumen total. Después ce-

rró el extremo abierto de los tubos a la lámpara, y en seguida procedió a calentarlos poco a poco hasta la temperatura de 360°, número fácil de recordar por ser el de la graduación del círculo. A esa temperatura los líquidos habían desaparecido, un gas incoloro y transparente los llenaba, sometido indudablemente a gran presión, y a no haberlos visto preparar, en la forma indicada, cualquiera diría que estaban vacíos. Hecha esta observación Cagniard de la Tour los dejó enfriar lentamente, sin abandonar un momento su inspección minuciosa para recoger con precisión los cambios que pudieran operarse. Entonces vió que a una temperatura dada, distinta para cada tubo, una niebla aparecía de improviso, que poco después gotitas casi microscópicas se fijaban en la cara interior de las paredes, más tarde podía verse una superficie pequeña de nivel, la cual iba poco a poco aumentando hasta llegar a la temperatura ambiente de que se había partido, a la cual quedaban todas las cosas en el mismo ser y estado que tenían al principio. ¿Qué dice este célebre experimento? Que existe un estado intermedio, el *nebuloso*, entre el gas y el líquido, y que sólo bajo de cierta temperatura el vapor comprimido está en condiciones de tomar la forma líquida. Pero esta segunda consecuencia pasó inadvertida al autor del experimento y a sus contemporáneos, los sabios de aquella época. Este fué el motivo de que el descubrimiento del *punto crítico*, de que luego os hablaré, se retrasó cerca de medio siglo. Análogamente cabe observar que entre los estados sólido y líquido hay otro intermedio, que llamamos *pastoso*. En efecto, todos los sólidos que, una vez fundidos, no tienen tendencia a cristalizar, van cambiando poco a poco de propiedades con el enfria-

miento, se hacen más espesos, ceden más difícilmente a la presión, se acomodan también con mayor dificultad a la forma de la vasija, hasta el punto de que llega un momento en que no es fácil afirmar cuando deja el cuerpo de ser líquido y se reduce a sólido o viceversa. El vidrio, las ceras, resinas etc., se prestan bien a estos experimentos. Hay pues otro estado intermedio entre el líquido y el sólido y es el estado *pastoso*.

Así penetró en los físicos la idea de la continuidad de los tres estados de los cuerpos, que a manera de intuición clarísima se impuso a su espíritu, aún antes de constituir una teoría verdaderamente científica, y como es natural se esforzaron en verla confirmada por la vía experimental, ya que tan clara se ofrecía a su entendimiento. Fué su primer empeño el convertir los gases en líquidos, y procediendo por analogía, al amparo de la teoría de los vapores saturados y no saturados, considerando a los gases en el caso de estos últimos, les aplicaron aumento de presión y descenso de temperatura, con lo cual lograron grandes éxitos experimentales, que les animaron a continuar por el mismo camino. Faraday, coloso de la ciencia, que tiene grabado en la historia de ésta su nombre con caracteres indelebles, ideó

por aquella época su célebre tubo, fig. 1^a tan ingenioso como sencillo, que muchos de vosotros habréis usado en las prácticas de laboratorio. Cedieron fácilmente a estos esfuerzos los gases carbónico, sulfuroso, clorhídrico, amoníaco, óxido nitroso, etc., pero todas las tentativas fracasaron con el oxígeno, nitrógeno, hidrógeno, óxido nítrico, óxido de carbono y formeno, por cuya razón dieron los físicos a estos seis gases el nombre



Fig. 1 Tubo de Faraday

de *permanentes*. Sin embargo, nuevos ensayos continuaron realizándose. Natterer comprimió a más de 3000 atmósferas alguno de ellos, sin notar el menor indicio de liquidación. ¿Por qué esta decepción en una empresa bajo tan buenos auspicios comenzada? Los trabajos de Andrews en 1869, sobre el gas carbónico, dieron la respuesta clara y categórica, a aquella pregunta que corría de boca en boca entre los físicos.

Las presiones se habían aplicado hasta entonces empíricamente, se ignoraba la condición necesaria para su empleo racional y eficaz, y el éxito no podía acompañar a la labor experimental por insuficiencia de la teoría. Pero Andrews vió que el gas carbónico bajo la temperatura de $30^{\circ},92$, se puede liquidar perfectamente con sólo el aumento de presión, que por encima de ella, aún las presiones más colosales resultan ineficaces, y que a semejanza de este gas hay para todos temperaturas fijas, variables de uno a otro, que gozan del mismo carácter; llamó a esas temperaturas *punto crítico* y estableció en la ciencia el siguiente principio: *ningún gas puede liquidarse por mucho que se aumente la presión por encima de su punto crítico*. Así quedan explicados todos los fracasos y se abren nuevas vías a la investigación, que harán borrar bien pronto el calificativo de permanentes a ciertos gases. El punto o temperatura críticos de éstos es muy bajo, inferior a las menores temperaturas a que se les había sometido, y el fracaso era por lo mismo fatal y necesario. Imponíase, pues, la necesidad de progresar en el camino del descenso de la temperatura, sacando partido del enfriamiento que se produce en los gases comprimidos al expansionarse, y pasar bruscamente de una elevada presión a otra menor o a la ordinaria. Por

cada cuatro atmósferas que disminuye la presión descendiendo un grado la temperatura. Así pueden alcanzar, aquellos gases excepcionales, temperaturas inferiores a su punto crítico y en seguida liquidarse. De este modo lograron Pictet y Cailletet en 1877, trabajando con entera independencia y en aparatos muy distintos, pero fundados en los principios de la nueva teoría, el éxito apetecido, que comunicaron en telegramas dirigidos a la Academia de Ciencias de París. casi al mismo tiempo.

Pero adviértase que con este triunfo, por importante que sea, sólo se conseguía llevar al ánimo el convencimiento del tránsito de una a otra forma, ya fuera por el chorro líquido que manaba del tubo del aparato usado por Pictet, o por la neblina y condensación momentánea en gotitas, fácil de apreciar en la disposición ideada por Cailletet para sus experimentos. Mas entrambos fenómenos desaparecían rápidamente, eran *dinámicos*, fugaces, y no cabía la satisfacción, mucho mayor, de manejar el gas liquidado y estudiarlo en las condiciones que pueden llamarse *estáticas* o permanentes. Y como el entendimiento humano aspira siempre, lo mismo en las cuestiones especulativas, que en las de carácter experimental o práctico, a conseguir mayores triunfos, y parece insaciable en la adquisición de nuevas verdades, bien pronto se encaminaron las investigaciones de los físicos a resolver el problema en su aspecto *estático*, dando condiciones de duración y fijeza a la masa de los gases liquidados. Esta nueva senda fué abierta por Cailletet y seguida después por Wroblewski, Olzewski y Dewar. Y aunque los resultados obtenidos por este último fueron bastante satisfactorios, las disposiciones empleadas

eran puramente de laboratorio, y el problema no había pasado a su fase industrial, así en lo que se refiere a la sencillez de los aparatos, como a la economía del producto. Este nuevo y último avance lo dió el sabio profesor de la Escuela tecnológica de Munich, Dr. C. Linde, al idear en 1895 su aparato sencillo de contra corriente, del que da una idea el esquema adjunto fig. 2.

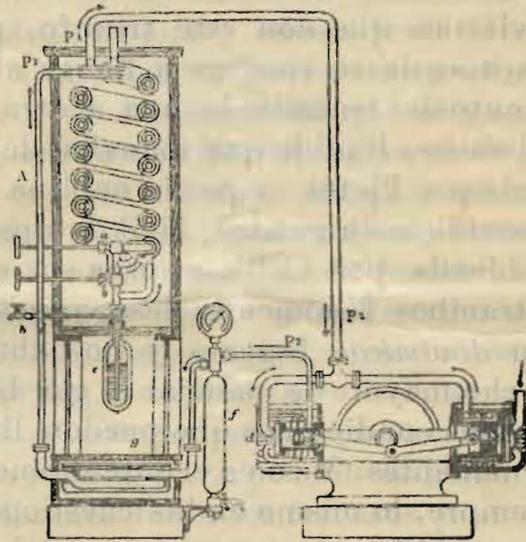


Fig. 2

Esquema del aparato industrial de C. Linde para obtener el aire líquido

Se utilizan en él tres principios fundamentales. 1.º El del enfriamiento, por el trabajo interno de la masa de aire que se expansiona. 2.º El de la contra corriente, que permite acumular el frío producido en las expansiones sucesivas y 3.º El de la economía en el trabajo de compresión, por impedir al aire expansionarse desde la presión máxima a la atmosférica

Las partes principales de la máquina de Linde son los compresores *d* y *e* y el aparato de contracorriente *A*. Los primeros, representados a la derecha de la figura, son dos bombas de Whitehead de las que se usan para cargar los torpedos. La *e* es el pequeño compresor, que aspira el aire y lo comprime a 20 atmósferas. El gas, así comprimido, pasa por el tubo, según la dirección de la flecha, a la otra bomba *d*, el gran compresor para adquirir la tensión máxima de 200 atmósferas. Del gran compresor va el aire al aparato de desecación *f* y después al de enfriamiento, para que pierda el calor desarrollado por la compresión. En seguida penetra en el aparato de contracorriente *P*, situado a la izquierda de la figura, y recorre de arriba abajo la parte central de un serpentín de cobre, bastante largo, formado por tres tubos concéntricos, que dejan entre sí dos espacios anulares. Al llegar al extremo inferior se expansiona el aire, mediante el manejo de la llave *a*, desde 200 a 20 atmósferas, desciende su temperatura 45°, recorre de arriba abajo el espacio comprendido entre el tubo interior y el medio y enfría al gas encerrado en éste. Así es que las sucesivas expansiones determinarán un enfriamiento superior al de la primera, hasta el punto de que, sumadas todas estas caídas de temperatura, una nueva expansión de 20 a 1 atmósfera, hecha mediante la llave *b* determinará el descenso del aire a 189° bajo 0, es decir bajo de su punto crítico, y entonces parte de él se liquidará, cayendo en el recipiente destinado a recogerlo, y otra parte en estado gaseoso, subirá por el espacio comprendido entre el tubo medio y el externo, contribuyendo al enfriamiento total, hasta perderse en la atmósfera.

Adviértase que una circulación continua de aire se mantiene en el aparato, pues todo el que recorre de abajo arriba el primer espacio anular del serpentín a la presión de 20 atmósferas, pasa por el tubo P, en la dirección de la flecha hacia el gran compresor, en donde adquiere de nuevo la tensión de 200 para dirigirse en seguida el tubo interno. A fin de evitar que el aparato de contracorriente pueda calentarse por la temperatura exterior, está rodeado de lana en bruto que llena la caja A. El líquido aéreo, así obtenido, se recoge, según se ve en la fig. 3, en una vasija de dobles paredes, entre las cuales se ha hecho un vacío idéntico al que se utiliza para los tubos Crookes. Esta capa al vacío, es el termo-aislador más perfecto que se conoce. Es

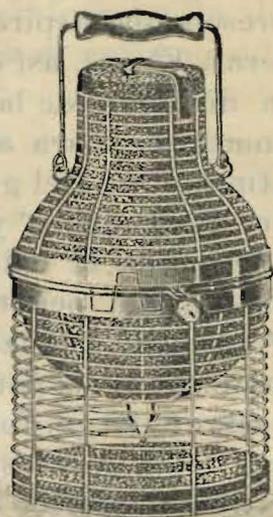


Fig. 3
Matraz de dobles paredes al vacío para trasladar el aire líquido.

la que se aplica en los termos para usos domésticos, y la que poseen todas las vasijas destinadas a conservar y operar con gases liquidados de muy baja temperatura. ⁽¹⁾

Las figuras 4 y 5 muestran las disposiciones más perfectas. Con la indicada en la figura 3 se traslada de la fábrica el aire líquido a los laboratorios.

Hampson en Inglaterra, Tripler en los Estados

(1) Para trasvasar el aire líquido del matraz, fig. 3, se ajusta a su boca un tapón con dos agujeros, por los que pasan dos tubos de vidrio doblados en doble ángulo recto, uno con una rama larga y otra corta, y otro con las dos cortas. Aquel tiene su rama mayor dentro del matraz, con el extremo casi hasta el fondo de éste, la rama menor está al aire; el tubo pequeño está enlazado por su extremo exterior con una pera de goma que sirve para inyectar en el matraz aire gaseoso, y hacer salir por el aumento de la presión, el aire líquido.

Unidos y Claude en Francia, utilizan otras disposiciones industriales más o menos semejantes a las de Linde para fabricar el aire líquido.

Permitidme, ahora, que eche una mirada retros-

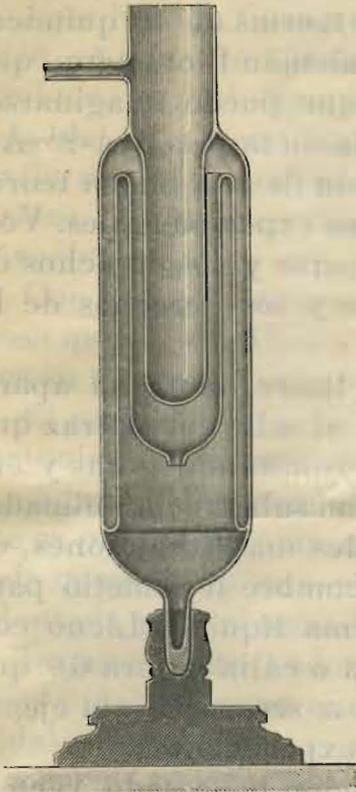


Fig. 4
Vasija de Weinhold de triples
paredes al vacío



Fig. 5
Vasija de triples paredes al vacío,
para el aire o el hidrógeno líquidos

pectiva a la exposición doctrinal del problema de la liquidación de los gases, que a grandes rasgos acabo de hacerlos. En él vemos siempre la idea preceder al hecho, la teoría a la práctica, los esfuerzos del pensamiento humano a los grandes triunfos de carácter in-

dustrial. Tal es la marcha del progreso en las ciencias de la naturaleza. ¿Qué tiene de extraño, pues, que uno de los químicos contemporáneos más eminentes, Svante Arrhenius, dijera, hace años, en la primera de una serie de conferencias, que dió en la Universidad de Berkeley, de California, sobre teorías de la química, tomando las palabras del sabio alemán Blotzmann, que «la teoría es lo más práctico que puede imaginarse, que la teoría es la quinta esencia de la práctica»⁽¹⁾ Así es, en efecto, por que en el fondo de una buena teoría está el secreto de todos los éxitos experimentales. Volvamos, pues, señores, por los fueros y los derechos de las teorías, que son los fueros y los derechos de la razón humana.

Señores, el aire líquido va hacer ahora su aparición ante vosotros; observadle, al salir del matraz que lo encierra, agitado, convulso, vomitando gotas y envuelto en nubes, cual si fuera una substancia animada, que quisiera protestar, con tales manifestaciones, de las grandes torturas a que el hombre le sometió para darle la forma líquida. Lleno con él esta copa o cáliz (figura 6), que tan útil va a serme para la ejecución de los experimentos.

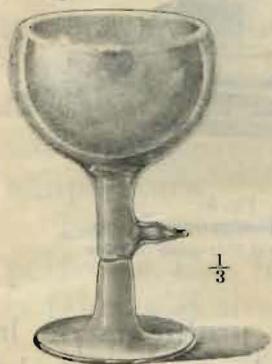


Fig. 6. Copa de dobles paredes al vacío para el aire líquido.

La agitación ha cesado, renace la calma y sosegado y tranquilo se manifiesta ya en esta copa con aspecto casi incoloro, provisto de un débil matiz azulado, que procede del oxígeno.

Al pasar ahora al estudio y demostración experi-

(1) Svante Arrhenius, Theorien der Chemie. Leipzig. Academische Verlagsgesellschaft m. b. H. 1906. pág. 1.

mental de sus principales propiedades, debo decir que éstas dependen en parte de su baja temperatura 186° bajo 0° , y en parte de su composición (oxígeno condensado). 750 litros de aire gaseoso ocupan el volumen de un solo litro en la forma líquida.

Este líquido tiene una densidad parecida a la del agua, es incoloro al salir del aparato industrial que lo produce, pero al enriquecerse en oxígeno, por la pérdida del nitrógeno, que es más volátil, adquiere el matiz azulado, que podéis observar en ese pequeño termos, que hago circular por vuestras manos para que lo veáis de cerca.

Con este termómetro de pentano, hidrocarburo gaseoso que se solidifica a unos 200° bajo cero, apreciamos su temperatura, que es la de 186° bajo cero.

El primer efecto que se advierte al verterlo sobre cualquier vasija, este vidrio de reloj, por ejemplo, es que adquiere en seguida el estado esferoidal, porque es para él la temperatura ordinaria, casi tan elevada como la de una plancha de hierro fuertemente calentada para el agua líquida.

Impunemente podemos introducir en él la mano, breves instantes, porque la formación del estado esferoidal nos protege y una capa de gas impide el contacto, pero de continuar la inmersión sufriríamos efectos análogos a los de una gran quemadura, pues los extremos se tocan. El calor y el frío excesivos obran sobre el organismo de igual manera.

Las sustancias líquidas, aún las más refractarias a la solidificación, se congelan en el aire líquido. En estos tres tubos de ensayo tengo agua, alcohol y éter respectivamente, los sumerjo en el aire líquido, ved que pronto se han solidificado; el agua y el éter tienen

aspecto cristalino, el alcohol lo presenta amorfo, como el de una materia coagulada.

Otro efecto de la baja temperatura es el cambio de color de algunas sustancias. Aquí tengo dos tubos de ensayo con un poco de flor de azufre, polvo finísimo de color amarillo. Bañemos uno de los tubos en aire líquido. Comparemos su color con el del otro. Ved que se ha vuelto blanco casi instantaneamente. Mirad estos dos tubos que tienen disolución diluída de yodo en cloroformo, de color violado. Metamos uno de ellos en aire líquido, el cloroformo se ha solidificado, mas el color violado ha desaparecido por completo. La masa aparece blanca.

Cuando sustancias orgánicas sólidas, blandas y flexibles, se ponen al contacto del aire líquido se endurecen de un modo extraordinario, haciéndose frágiles y quebradizas. Veis esta pelota de goma, que bota y rebota tan fácilmente sobre la mesa, en razón a su gran elasticidad. Miradla ahora, después de la inmersión en la copa llena de aire líquido. Está dura y colocada sobre este yunque salta a los golpes del martillo cual si fuera de vidrio. Lo mismo exactamente, podéis notar con estos tubos de caucho. Este clavel, que sumerjo en la copa, sale de ella con todos sus pétalos endurecidos. Ya véis con qué facilidad la pulverizo a golpes de martillo. Esta manzana que ahora saco de la copa y que no es para nosotros la manzana de la discordia, sino la de la armonía, no sufrió un baño de impresión como todos los objetos anteriores; ha permanecido largo tiempo en el seno del líquido. La arrojo al aire para que caiga de mayor altura. Ya habéis oído el ruido de su choque contra el suelo, seguido de su fraccionamiento en astillas.

Todos conocéis el mercurio, metal líquido, tan usado en la construcción de barómetros y termómetros. En este tubo de ensayo le tengo, como véis. En él sumerjo la cabeza de este pequeño martillo de madera y, así dispuesto, lo pongo todo dentro del aire líquido. El mercurio se ha solidificado, y queda adherido a la cabeza del martillo; golpeo ahora ésta sobre el yunque, salta en seguida el vidrio, y el mercurio sólido, que resulta es más duro aún que el plomo; con este martillo, que tiene su cabeza de mercurio sólido, clavo como véis esta punta de París en la madera. Ahora para aprovechar el mercurio, pues no es cosa de perderlo, le introduzco en una copa con agua. Al contacto del mercurio frío, ésta se solidifica; una especie de estuche de hielo le recubre, y por las grietas que en él se abren van saliendo las gotitas del azogue, que vuelve de nuevo a su forma líquida.

Todos sabéis que las sustancias combustibles, la mayor parte de ellas hidro u oxhidrocarbonadas, producen al arder en el aire, por una parte gas carbónico y por otra vapor de agua. Si estos gases, que de su llama se exhalan, tropiezan con la pared de una cápsula metálica, llena de aire líquido, se condensarán solidificados en ella, en forma de nieve carbónica y ordinaria, y recubrirán de una masa blanca las paredes de la cápsula. Este curioso hecho, que permite sacar nieve del fuego, es el que ahora véis a ver. Debajo de este trípode de hierro tengo una lámpara de alcohol encendida; lleno esta cápsula de níquel, con sus paredes limpias y relucientes, de aire líquido, la pongo en seguida encima de la llama, y al poco tiempo véis que la superficie externa de la cápsula aparece cubierta de una costra blanca y espesa, que hago caer

con este cuchillo de platino; costra formada por la nieve carbónica y la ordinaria, condensadas al mismo tiempo.

Hay ciertas propiedades de los cuerpos que guardan relación con su dureza: una de ellas es la sonoridad de los metales. Por esto el plomo, metal bastante blando, que se puede rayar con la uña, ofrece muy poca sonoridad. Véis esta campana de plomo; la golpeo con este mazo de madera y es muy débil su sonido. Ahora la introduzco en aire líquido, la dejo bastante tiempo, hasta que no se perciban los abundantes humos blancos que al principio se producen, en cuyo momento alcanza el metal la temperatura del líquido. Sacando en seguida la campana y repitiendo los golpes con el mismo mazo, observaréis que ha aumentado mucho la sonoridad, porque ha aumentado también mucho la dureza.

Todos los metales son, como sabéis, más o menos conductores de la electricidad, según su naturaleza, y cuanto menor es la sección del alambre, tanta mayor

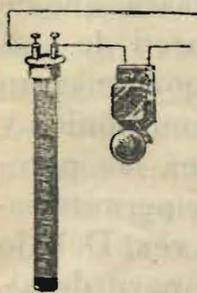


Fig. 7
Aumento de la conductibilidad eléctrica de los metales por el enfriamiento.

resistencia oponen al paso de la corriente. Pues bien, disponiendo, como representa la figura 7, un circuito formado por una pila, un timbre y una espiral metálica, convenientemente elegida, que llamaremos resistencia, se verá que cerrado el circuito el timbre sonará débilmente. Mas introduciendo la resistencia en el aire líquido la intensidad del sonido del timbre aumenta, porque el descenso de temperatura exalta de un

modo extraordinario la conductibilidad eléctrica del metal. Si ahora pasamos, como véis, la resistencia del

aire líquido al agua, al calentarse en el seno de ésta, ofrece de nuevo mayor dificultad para el paso de la corriente, y el sonido del timbre se va apagando de un modo muy perceptible.

La atracción magnética es la propiedad que tiene el imán de atraer el hierro dulce y otros pocos metales, en número muy reducido; esta propiedad no es exclusiva de esos metales; también se ejerce sobre otros

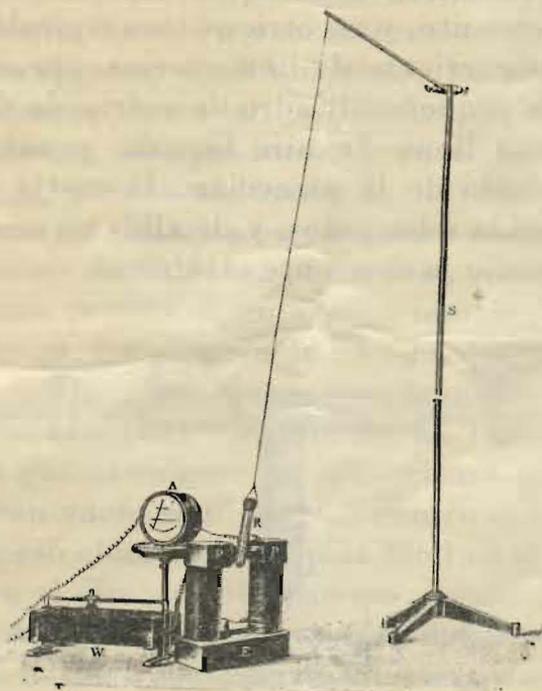


Fig. 8. Magnetismo del oxígeno

cuerpos de naturaleza muy distinta, uno de ellos es el oxígeno. Inútil sería querer demostrarla por la vía experimental con el oxígeno gaseoso, porque la débil densidad que posee en este estado lo impide en absoluto. Mas si aumentamos su densidad, pasándolo a la

forma líquida, en la que, según os dije anteriormente, 750 litros de gas ocupan un solo litro de líquido, entonces la atracción magnética puede demostrarse perfectamente, según veréis en seguida.

Este aparato que tenéis a la vista, figura 8, va a mostrároslo.

Véis en él una resistencia, un amperímetro y un electroimán, todo bien enlazado para que por el circuito que todos ellos forman pase la corriente pública. Cerrado el circuito, y recorriendo las espirales del electroimán una corriente de 19 amperios, aproximamos a los polos un pequeño cilindro de vidrio de dobles paredes al vacío lleno de aire líquido; pronto notaréis que, por efecto de la atracción, la vasija de vidrio queda adherida a los polos, y de ellos no se desprende en tanto circule la corriente eléctrica.

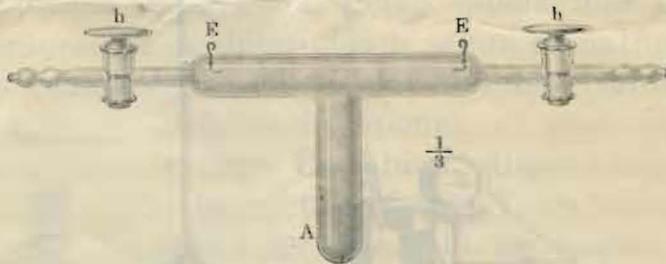


Fig. 9. Tubo de Lange lleno de CO_2 o SO_2 , para hacer el vacío por solidificación de dichos gases al inmergir la rama vertical en aire líquido. Entonces queda convertido en tubo de Geissler o de Crookes, si se enlazan los alambres E E con el carrete de Ruhmkorff.

Interrumpamos ahora por el movimiento de la manivela de la resistencia la corriente, dejando inactivo el electroimán, y en seguida veremos el cilindro del aire líquido separarse de los polos y marcar de nuevo la línea vertical que señalaba al principio. Repitamos otra vez el experimento. Los mismos fenómenos se repro-

ducen. El magnetismo del oxígeno queda demostrado sin la menor duda.

En uno de los experimentos anteriores quedó probado con gran facilidad que el gas carbónico se solidifica al contacto de una cápsula metálica, llena de aire líquido. Así sacamos nieve carbónica y nieve ordinaria de los gases de una llama. Si ahora pongo este tubo en T, figura 9, lleno de gas carbónico, a la presión ordinaria, y después de cerrado herméticamente con las llaves, que lleva en sus extremos enlace, con los polos de un carrete de Rhumkorff, los alambres metálicos EE que tiene en su rama horizontal, ninguna descarga se produce, porque la resistencia del gas a la presión ordinaria lo impide en absoluto. La descarga eléctrica se verificará entonces por el aire, en forma de chispas, como véis, entre dos alambres de cobre próximos, enlazados también con los polos del carrete. La electricidad busca siempre paso por el camino que le ofrece menor resistencia. Mas introduzcamos ahora la rama vertical del tubo en el aire líquido; el gas carbónico se solidificará por este hecho; un gran vacío se producirá dentro del tubo, y entonces el paso eléctrico será más fácil en el interior de éste que en el aire; las chispas que antes veíais cesarán y el interior del tubo quedará bellamente iluminado, cual si fuera un tubo de Geissler o de Crookes. ¿No es cierto que es este un medio muy hermoso para probar la existencia del vacío? Erdmann sacó partido de él para realizar destilaciones a baja presión, llenando previamente los aparatos de gas carbónico y produciendo después la solidificación del gas con el aire líquido.

Y ahora para poner fin a esta parte experimental,

ya bastante larga, con la que no se si os habré causado, digamos unas pocas palabras de las propiedades químicas del aire líquido. Ya os he dicho que éstas dependen de su composición, que viene a ser oxígeno condensado.

Si aproximo esta varilla de madera, que tiene en su extremo un punto de ignición a la copa del aire líquido, ya véis que en seguida se enciende, hecho que manifiesta la existencia del oxígeno. Si un trozo de algodón en rama, espolvoreado con carbón finamente dividido, lo empapo en aire líquido y lo pongo encima de un platillo de amianto, arde instantáneamente con una pequeña explosión al aproximarle una cerilla encendida.

Por esto se ha usado el aire líquido como explosivo. Gran parte del tunel del Simplón fué abierto con cartuchos preparados con arena fina, empapada en petróleo y aire líquido.

Aquí señores, he llegado al término de mi última lección consagrada a mis últimos alumnos.

He de pasar ahora de este mundo que acabamos de recorrer, en que se agitan las fuerzas vivas de la materia, al otro mundo en que se agitan las fuerzas vivas del espíritu, al mundo humano, por excelencia, iluminado por los esplendorosos destellos de la razón y por el sol augusto de la libertad, que al hacernos conscientes y responsables de nuestros actos, separa de ellos la nota fatal y necesaria que acompaña a todos los fenómenos del mundo físico, y orla nuestras frentes con la corona del mérito y de la virtud, o imprime en ellas el estigma abrumador de la falta o de la culpa. En este mundo psíquico, establecido por Dios y en el cual un sello divino acompaña al hombre desde la cuna al se-

pulcro, mundo del afecto y del sentimiento, del placer y del dolor, de las penas y de las alegrías, es en el que habrá ahora de moverse forzosamente mi espíritu.

Al lado de la fecha de hoy, para mi tan memorable, término obligado de una carrera abrazada y seguida siempre con fervorosa vocación y entusiasmo, permitidme coloque otra, ya muy lejana, la del 13 de mayo de 1879, día para mí muy feliz, porque en él nació mi espíritu a la vida universitaria, con la primera lección que entonces di, en esta misma Universidad, a mis primeros alumnos. Entre estas dos fechas memorables, transcurre un gran lapso de tiempo, el de cuarenta y cuatro años y pico, y de él archivados están en mi memoria muchos y gratísimos recuerdos. El afecto de mis alumnos, su amor al estudio, la obediencia que prestaron siempre a mis indicaciones y consejos, el éxito con que mi palabra iba despertando poco a poco en ellos el amor a la química y con él los progresos que observaba yo, entusiasmado y gozoso, realizaban en los dominios de aquella ciencia. He aquí porque las horas de cátedra y de laboratorio, pasadas en coloquio amistoso con mis discípulos, fueron siempre para mí las mejores de mi vida, y el reparador solaz de cuantas contrariedades pudieran haber amargado mi existencia.

Al lado de todas estas satisfacciones, algunas notas tristes tengo registradas con ellas en mis recuerdos, y son las bajas producidas por la parca, inexorable y cruel, al segar en flor la preciosa vida de algunos de mis buenos alumnos. Permitid que evoque en estos momentos su recuerdo, y sea esta evocación, a manera de plegaria piadosa, que elevo desde el fondo de mi corazón a Dios por la felicidad de sus espíritus.

Para los demás que aun conviven hoy conmigo, entre los cuales figuran títulos del reino, ciudadanos ilustres, eximios profesores y jóvenes llenos de fervor y de entusiasmo en quienes puede la patria fundar sólidas esperanzas para la realización de sus futuros destinos, mis palabras han de ser sólo de gratitud, de admiración y de cariño. Ellos, con piedad filial han querido endulzar estas horas para mí tan solemnes de la vida, agrupando en artístico recuerdo sus nombres, para mí tan queridos, como demostración perpetua de los lazos espirituales que a todos nos unen. Este valioso obsequio, que he recibido, pocos momentos antes, de dar la lección, será el legado mas precioso que yo pueda dejar a mi familia.

Debo mostrar ahora mi profundo reconocimiento al Exmo. Sr. Rector y a los dos Decanos que le acompañan en la presidencia, pues, aparte de la honra que dan con sus personas al acto, le dan otra mucho mayor con sus cargos, imprimiéndole el sello de una fiesta claustral, extraordinaria, que de otro modo sólo sería una sencilla lección de despedida a mis alumnos.

Para vosotros, mis compañeros de facultad y de claustro, ilustres profesores de Institutos, escuelas y otros centros de enseñanza, así como también eximios socios de la Real Academia de Ciencias naturales y Artes, que me escucháis, para todos vosotros repito sea mi más profundo afecto y gratitud. De vosotros no me despido, a vuestro lado seguiré, en tanto Dios me conceda la vida.

Altísimo reconocimiento abrigo también en mi pecho al resto del público, escogido y selecto, que aquí se congrega, y lo debo también muy especial a las señoras y señoritas, algunas de ellas alumnas, que con su

presencia han venido a esmaltar, digamoslo así, cual lo hacen las flores en la pradera o el verjel, la monotonía de este cuadro. Aunque me ocupo de vosotras en último término no os ofendáis, que en la alta etiqueta, lo mismo que en el reino de Dios, los últimos son los primeros. ⁽¹⁾

Y ahora permitidme termine, cual síntesis de todos mis afectos y sentimientos, exclamando:

¡Viva el *Alma mater* que durante tantos años me ha cobijado!

¡Viva siempre próspera y feliz la Universidad de Barcelona!

(1) Poco antes de comenzarse esta lección, la comisión gestora del homenaje presidida por el catedrático Dr. Alcobé, con asistencia del decano de la facultad Dr. Mur y del Secretario general Dr. Marín, reunidos en el Decanato de la facultad de Ciencias, hizo entrega al Dr. Mascareñas de una artística placa de plata repujada, sobre mármol, con los nombres de gran número de sus ex-alumnos. Se cambiaron entre los señores Alcobé, Mur y el homenajeado frases de afecto y gratitud y en seguida pasaron todos a la Secretaría de la facultad, en donde les fué servido un lunch con que el Dr. Mascareñas les obsequiaba.

Terminada la lección, el Dr. Martínez Vargas, en un elocuente y conciso discurso que fué muy aplandido, glosó algunas de las ideas expuestas por el Dr. Mascareñas, y terminó deplorando que por imperio de la ley tenga que abandonar su cátedra un profesor, lleno de vocación y energías, que aún podía prestar grandes servicios a la enseñanza.

Después de este acto universitario, Catedráticos de la facultad de Ciencias, de otras facultades, institutos, escuelas, socios de la Academia de Ciencias y alumnos del homenajeado, obsequiaron a éste y al Sr. Rector Dr. Martínez Vargas con un espléndido banquete, servido en el restaurant Pince, en el cual se leyeron, muchos telegramas y cartas de adhesión y reinó la mayor cordialidad y entusiasmo.