

CIENCIAS NATURALES

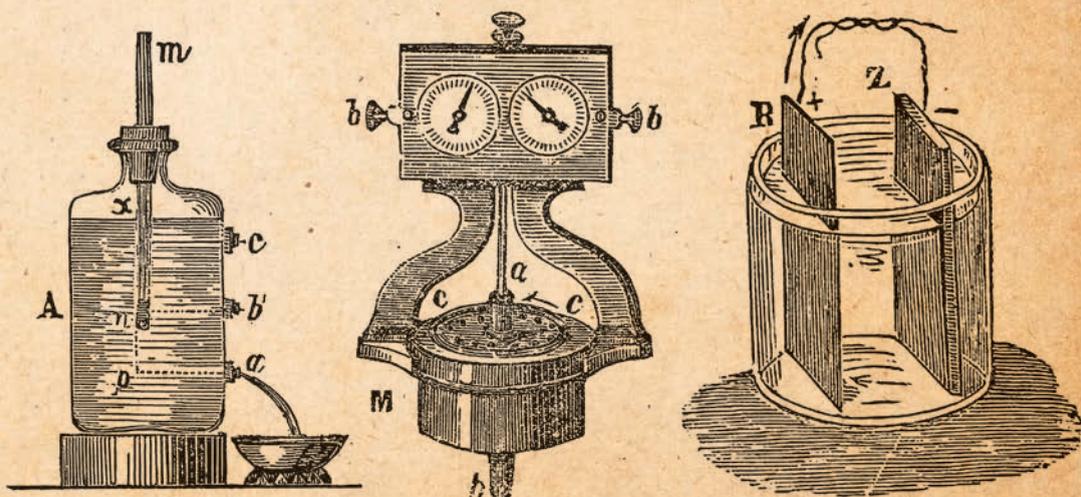
EN EL SIGLO XIX

PERSPECTIVAS A TRAVÉS DEL

Sunti

DE

FRANCESCO FAÀ DI BRUNO



EMMANUEL GINESTRA (ED.)
CECILIA PACHECO INSAUSTI
PAULA MARTÍN
FEDRA RIGLA
PATRICIO PANTALEO

CIENCIAS NATURALES

EN EL SIGLO XIX

PERSPECTIVAS A TRAVÉS DEL

Sunti

DE

FRANCESCO FAÀ DI BRUNO

EMMANUEL GINESTRA (ED.)
CECILIA PACHECO INSAUSTI
PAULA MARTÍN
FEDRA RIGLA
PATRICIO PANTALEO

Incluye traducción de:

Sunti di fisica, meteorologia e chimica con tavole ad uso della scuole maschili e femminili pel cavaliere Francesco Faà di Bruno, dottore in scienze presso le Università di Parigi e Torino, direttore del Pio Istituto della SS. Annunziata per Istitutrici ed aspiranti maestre, sito in Torino, Borgo S. Donato. Comprendono quanto richieggono i programmi governativi (1870) G. B. Paravia e comp.: Torino.

Prolusione all'apertura del corso D'Alta Analisi e d'Astronomia. Letta nella R. Università il giorno 27 Febbraio, 1857 dal cavaliere Francesco Faà di Bruno, Capitano onorario dello Stato Maggiore, dottore in Scienze della Sorbona (1872) Tip. e Lib. S. Giuseppe-Emporio Cattolico: Torino.

Vantaggi delle scienze. Discorso del cavaliere Francesco Faà di Bruno, Cap.º onorario di Stato Maggiore, Dottore in Scienze dell'Università di Parigi in occasione di sua solenne aggregazione alla Facoltà di Scienze Fisiche e Matematiche nella R. Università di Torino,(1861), (1872) Tip. e Lib. S. Giuseppe-Emporio Cattolico: Torino.

Ciencias Naturales en el siglo XIX : perspectivas a través del
Sunti de Francesco Faà di Bruno / Emmanuel Ginestra... [et al.]
; editado por Emmanuel Ginestra. - 1a ed. - San Luis : IFDC San Luis, 2018.
Libro digital, eBook

Archivo Digital: descarga y online

Traducción de: Jorge Martín Motta; Emmanuel Ginestra; Prato Ana Lía.
ISBN 978-987-23080-6-3

1. Ciencias Naturales. I. Ginestra, Emmanuel II. Ginestra, Emmanuel, ed. III.
Motta, Jorge Martín, trad. IV. Ginestra, Emmanuel, trad. V. Ana Lía, Prato, trad.
CDD 578

Traducción

Ing. Martín Motta [Sunti. Parte: Meteorología y Química (1870)]
Dr. Emmanuel Ginestra [Sunti. Parte: Física, Tablas, Apéndices (1870); y
Ventajas (1872)]
Prof. Ana Lía Prato [Conferencia (1872)]

Diseño: Javier Saboredo

Derechos exclusivos de edición reservados para todo el mundo
© 2018, IFDC San Luis
Av. Lafinur 997 (5700),
San Luis, Argentina

1ª edición: Junio de 2018

ISBN 978-987-23080-6-3

Hecho el depósito que prevé la ley 11.723

Ninguna parte de esta publicación, incluido el diseño de cubierta, puede ser reproducida, almacenada o transmitida en manera alguna ni por ningún medio, ya sea eléctrico, químico, mecánico, óptico, de grabación o de fotocopia, sin el previo permiso escrito del editor.

Índice

SUNTI	7
PRIMERA PARTE	11
Francesco Faà di Bruno y el <i>Sunti</i>. Claves para una comprensión histórica a partir de las ideas y la política en Europa durante el siglo XIX	13
1. Nacionalismo, Imperialismo y Unificación. Aproximaciones continentales a la política italiana del s. XIX	13
2. Ciencia y religión. Características generales de su relación en el mundo de las ideas.....	22
Bibliografía.....	28
Las Ciencias Naturales en el s. XIX europeo y su configuración francesa	29
Introducción	29
¿Qué se entiende por “Ciencias Naturales”?.....	30
¿Cuál es el contexto epistemológico de su emergencia?	31
¿Cuáles son las discusiones fundamentales del momento?	34
<i>Física</i>	34
<i>Meteorología</i>	36
<i>Química</i>	38
¿Cuáles es su perspectiva sobre las Ciencias?	39
Sobre la necesidad de enseñar ciencias	41
Bibliografía.....	44
La Química en el siglo XIX	47
Introducción	47
La Química en la primera mitad del siglo XIX.....	47

Reorganización de la Química: El congreso Karlsruhe	51
Breve reseña sobre la Química Orgánica en el siglo XIX	53
La profesionalización de la Química	55
Aportes de Francesco	
a la Enseñanza de la Química en Italia.....	56
Bibliografía	59

La Didáctica de las Ciencias Naturales

como disciplina consolidada	61
Introducción	61
Evolución histórica de la Didáctica de las Ciencias	62
1. <i>Etapa Adisciplinar.</i>	63
2. <i>Etapa Tecnológica.</i>	64
3. <i>Etapa Protodisciplinar.</i>	64
4. <i>Disciplina Emergente.</i>	65
5. <i>Disciplina Consolidada.</i>	66
Consideraciones epistemológicas sobre la Didáctica	
de las Ciencias como disciplina autónoma.....	69
La Didáctica de las Ciencias Naturales en la actualidad.....	70
<i>El Enfoque Sistémico en la didáctica moderna</i>	
<i>de las Ciencias Naturales.</i>	71
<i>El Enfoque Histórico en la didáctica</i>	
<i>moderna de las Ciencias Naturales.</i>	73
<i>El Enfoque de Ciencia, Tecnología y Sociedad</i>	
<i>en la didáctica moderna de las Ciencias Naturales.</i>	74
Bibliografía.....	75

SEGUNDA PARTE

Temas de Física, Meteorología y Química	81
Prefacio	83
Aviso	85

Temas de Física.....	87
1. <i>Materia, Fuerzas y movimientos</i>	87
2. <i>De los líquidos y los gases</i>	94
3. <i>Acústica</i>	110
4. <i>Calórico</i>	125
5. <i>Luz</i>	139
6. <i>Electricidad</i>	149
Temas de Meteorología	159
Temas de Química	163
1. Nociones preliminares- equivalentes- nomenclatura	163
2. <i>Metaloides</i>	171
3. <i>Metales</i>	177
APÉNDICES	181
TABLAS	189
ANEXO	217
Dos conferencias a los Cursos de Análisis Superior de Astronomía	219
Conferencia para la apertura del curso de Análisis Superior de Astronomía en la Universidad de Turín del 27 de febrero de 1857	221
Ventajas de las ciencias. Discurso del Caballero Francesco Faà di Bruno, Capitán honorario del Estado Mayor, Doctor en Ciencias por la Universidad de París, en ocasión de su Solemne Agregación a la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas en la R. Universidad de Torino, 1861	228

Sunti

La emergencia e irrupción de los Estados Nacionales en el s. XIX trajo aparejado la descentralización gradual, aunque no definitiva, de la Iglesia Católica como institución social legítima en la incipiente escolarización. Los procesos de alfabetización estaban bajo el cuidado y pastoreo de algunos miembros clericales hasta la aparición del “Estado nacional”. El nuevo sujeto político, el ciudadano, debía estar configurado bajo una nueva ingeniería social simbólica y los Estados eran los responsables directos de tutela escolar masiva. Por ello, comienzan a surgir los primeros intentos de escolarización bajo la presencia del poder estatal. Se conformarán instituciones que ofrezcan cobijo a una nueva perspectiva de enseñanza y aprendizaje: las ciencias naturales comenzarán a tener un lugar de privilegio en la estructuración del curriculum escolar.

El matemático, astrónomo y pedagogo Francesco Faà di Bruno (Alessandria, 1825 – Torino, 1888) acepta el desafío de enseñar ciencia para el nuevo orden social que se va consolidando y, entre muchas iniciativas educativas, decide publicar un texto que sirva de guía tanto para el docente como para el alumnado. En 1870 sale la edición del *Sunti di fisica, meteorologia e chimica con tavole ad uso della scuole maschili e femminili* (en adelante, *Sunti*), que intentará que los y las estudiantes de magisterio (luego agentes multiplicadores) se adentren en el mundo de las ciencias naturales. Bajo la mentalidad positivista emergente en la Europa decimonónica, Francesco considera que el aprendizaje de las ciencias favorecerá el orden y el progreso tanto material como moral de la sociedad. Enseñar ciencia producirá beneficios directos entre los ciudadanos italianos y será ejemplo a seguir para las demás naciones. Por ello, el manual sobre física, química y meteorología debía ser una realidad material en el ámbito educativo.

En función de la problemática mencionada, se presenta la traducción del *Sunti* al castellano para continuar con la divulgación de la obra francesa¹. Para reconocer la ampliación y profundización en el abordaje de

1 Este es el cuarto libro sobre Francesco y la tercera traducción de una obra suya (*cf.*, en orden de aparición, Ginestra, Emmanuel, *Francesco Faà di Bruno. Científico y creyente*, Colección Ciencia y Religión en diálogo, Bs. As., Editorial Epifanía, 2011; Ginestra, Emmanuel, *Atomismo y eucaristía. Un problema, una solución*, Colección Ciencia y Religión en diálogo, Bs. As., Editorial Epifanía, 2013 [incluye traducción de *Uno scienziato dinanzi all'Eucaristia. Piccolo omaggio della scienza alla divina eucaristia del cav. Francesco Faà di Bruno prof. D'Analisi superiore all'Università di Torino, Dott. in Scienze all'Università di Torino e di Parigi* (1872) IV edizione a cura di Mons. Pietro Caramello, Torino, Editorial Marietti, 1960]; y Amaya, F. y Ginestra, E., *Epistemología de la creencia: pensar la fe en el s. XXI*, Colección Ciencia y Religión en diálogo, Bs. As., Editorial Epifanía, 2015 [incluye traducción de *Saggio di catechismo ragionato ad uso degli studiosi della cattolica religione per il cav. F. Faà di Bruno, prof. alla R. Università dottore in scienze a Parigi e Torino*, Torino, Tipografia: S. Giuseppe – Emporio Cattolico, 1875])

la vida y obra del beato piamontés que se viene realizando, es menester presentar los diversos matices, interpretaciones, miradas, que un grupo variado de investigadores e investigadoras (incluso de diferentes disciplinas) del Instituto de Formación Docente Continua - San Luis y del Instituto Superior de Formación Docente N° 29 (Merlo, Bs. As.), confluyen para ofrecer una hermenéutica enriquecida del texto que presentamos al mundo de habla hispana. Como podrá colegirse, los caminos que se intentan presentar bajo un cúmulo de líneas teóricas disímiles se bifurcan hacia territorios conceptuales que exceden lo estrictamente francescano, generando así la asimilación de otras variables. Prueba de ello, vaya una muestra de las ideas fundamentales de los capítulos que se presentan a continuación.

El libro se ha dividido en dos partes para darle una estructuración organizada a las presentaciones. De esta forma, se alcanza cierta facilidad para el tratamiento de cada uno de los temas, logrando una interrelación entre los escritos. Invitamos al/la lector(a) a realizar el camino que considere más pertinente ya que cada una de las partes, si bien tienen una lógica que propone la autonomía y la independencia, poseen un objetivo en común, e. e., fomentar el juicio crítico sobre los procesos de investigación, consolidación y legitimación social de las ciencias naturales, como así de la íntima conexión entre su enseñanza y el aprendizaje.

La *primera parte* es de corte sociohistórico, puesto que se ha constituido en una cláusula de trabajo la historización del conocimiento por parte de los miembros del equipo. Nos pareció de suma importancia contribuir a las líneas epistémicas que insisten en presentar las cuestiones bajo el parámetro del contexto temporal y geopolítico. Es menester considerar el proceso en el ámbito de investigación y plasmarlo en las líneas que siguen a continuación.

Para comenzar, Patricio Iván Pantaleo ofrece desde una óptica de la *Historia de las Ideas* los principales elementos que contribuyen a una comprensión histórica del *Sunti* y de su autor. Comienza con la reconstrucción de los principales procesos político-sociales del siglo XIX europeo y cómo influyeron en la historia de Italia, principalmente con el desarrollo del nacionalismo y la unificación. Seguidamente, profundiza en las corrientes de pensamiento presentes en la vida decimonónica que condicionan e interpelean a Francesco en su formación, su obra social y en la elaboración del *Sunti* en 1870. De esta manera, el capítulo brinda las principales claves de lectura del contexto que en conjunto con los demás trabajos del presente libro contribuyen al esclarecimiento y difusión de uno de las figuras paradigmáticas de la Historia de las Ideas del siglo XIX.

A continuación, presento someramente el desarrollo de las ciencias naturales del s. XIX europeo, la interpretación francescana de cada una de

las ciencias presentes en la obra traducida, y las corrientes epistemológicas que la enmarca. La idea consiste en mostrar las perspectivas teóricas, tanto epistemológicas como históricas de la ciencia, con el propósito de ofrecer un marco contextual a la lectura del libro de Francesco. De esta forma, se podrá conocer el universo teórico que sustenta la presencia del espacio científico y tecnológico del *Sunti*, como así de las problemáticas que emergen del propio texto.

Por su parte, Fedra Rigla desarrolla una mirada histórica del proceso de profesionalización de la Química en el s. XIX, y la importancia de la publicación del *Sunti* como instrumento de educación científica y soberana. La presentación de discursos, teorías, discusiones, instituciones, etc., del convulsionado ámbito de la Química que aboga por la consolidación y reconocimiento de sus investigaciones, nos aporta una serie de elementos críticos para pensar la ciencia decimonónica, como así de las acciones tendientes a posicionarla como elemento necesario para la implementación del progreso material deseado. El *Sunti*, manual ejemplar de la didáctica de las ciencias naturales del momento, será uno de los instrumentos que sintetiza los anhelos republicanos de un/a soberano/a cualificado/a. El aporte de Francesco será, pues, doble: la formación actualizada de las ciencias, y la contribución de una ciudadanía acorde a los nuevos tiempos.

El último artículo corresponde a Paula Martín y Cecilia Pacheco Insausti, quienes nos adentran en una reconstrucción de la didáctica de las ciencias naturales decimonónicas para consolidar la perspectiva de complejidad y proceso que buscamos en el presente libro. Según las autoras, la didáctica de las ciencias naturales como disciplina autónoma cuenta con unos cincuenta años de existencia formal. En general, los estudios históricos coinciden en distinguir varias etapas de desarrollo de la didáctica a nivel mundial, aunque es posible reconocer algunas diferencias importantes entre los distintos países. La existencia de tales estudios ha posibilitado trazar una *genealogía* del campo de la didáctica de las ciencias en los distintos países, que se apoya necesariamente en cierto grado de consolidación de la disciplina, permitiendo a los didactas separarse de la práctica y tomarla como objeto de reflexión.

En la *segunda parte*, aparece la traducción del *Sunti* al castellano, para que los interesados puedan conocer el abordaje de lo que hoy denominamos “Ciencias Naturales” desde la óptica de Francesco. El trabajo dedicado de Ing. Martín Motta para lograr una traducción fidedigna a la propuesta del *Centro de investigación* es meritoria. Su aporte profesional enriqueció las discusiones como así el abanico de temas a tratar. El *Sunti*, texto característico de los manuales de ciencias decimonónicas, cargado de definiciones y de imágenes suponía un esfuerzo intelectual que el traductor logra hacerlo fácil

y legible. Las palabras no alcanzan para agradecer el cuidado y la deferencia que tuvo para la publicación al castellano de otra obra de Francesco.

A continuación, y para concluir con el área epistémica de las publicaciones francescanas se presenta en el *Anexo* la traducción de las dos conferencias dictadas en la Universidad de Turín, con motivo de su agregación en el claustro docente². Desde los comienzos de la empresa editora sobre la obra de Francesco, se viene fortaleciendo el área científica y/o epistemológica, como así de sus preocupaciones religiosas. En esta oportunidad, se consideró imperante reproducir las orientaciones epistemológicas que surcaron su matriz principal sobre lo que puede ser considerado racional y, por ello, científico. En las dos *Prelusiones*, imbuido de las nuevas corrientes positivistas que estaban conformando la reorganización de los Estudios Superiores, intenta dejar plasmado para el auditorio docente su concepción sobre la ciencia, el científico y sus vinculaciones con la sociedad. Ambas consideraciones ayuda, y en varios casos fortalece, la posición crítica de Francesco del desarrollo científico. Se espera que el/la lector(a) pueda rastrear la fuerza dominante del discurso positivista decimonónico, e incluso, genere una conciencia distante, e. e., más allá de la aceptación dogmática de la actividad científica.

Por último, pero no por ello menos importante, agradezco el apoyo desinteresado y atento de las autoridades del IFDC-SL, y de la Congregación Hermanas Mínimas de Nuestra Señora del Sufragio. Sin la ayuda brindada a este trabajo, que insiste con la edición crítica de las *Obras Completas de Francesco Faà di Bruno* al mundo hispanoparlante, sería imposible. Las satisfacciones de ver la plasmación de los esfuerzos mancomunados nos hacen recordar el impulso inicial, reconociendo allí la presencia de las Hermanas y de los miembros de la comunidad educativa puntana.

Emmanuel Ginestra

2 Quisiera mencionar especialmente, y con ello el más sincero agradecimiento, a las profesoras Ana Lía Prato (E.S.S. N° 2, Capitán Sarmiento, Pcia. de Bs. As.) y María Emilia Jofré Gutiérrez (IFDC-SL) quienes aportaron su saber para la traducción del italiano y del latín respectivamente, favoreciendo el acceso a la lectura segura del original. Sin ellas, verdaderamente el trabajo quedaría inconcluso.

Primera Parte

Francesco Faà di Bruno y el *Sunti*. Claves para una comprensión histórica a partir de las ideas y la política en Europa durante el siglo XIX

Patricio Iván Pantaleo³

1. Nacionalismo, Imperialismo y Unificación. Aproximaciones continentales a la política italiana del s. XIX

Un personaje cosmopolita como Francesco Faà di Bruno no permite un abordaje biográfico ni bibliográfico nacional y restringido a las fronteras de un espacio geográfico determinado. Una figura tal, en contacto con la diversidad cultural, social y política europea del siglo XIX, obliga, a quien pretenda brindar una lectura históricamente situada de su obra o su vida, definir una partida metodológica específica: caracterizar los condicionamientos históricos del contexto particular que circunscribe el desarrollo principal de su producción, en este caso Italia, pero nunca de manera aislada y presentándolo como un mero artífice de las condiciones locales; sino, en diálogo continuo con los diferentes ámbitos y espacios donde se desarrolla y los cuales, su producción, pone en boga.

El siglo XIX suele ser definido, según la hipótesis de Eric Hobsbawm⁴, como el *largo siglo*, en contraposición con el acelerado y vertiginoso siglo XX. Los acontecimientos y procesos que signan las dinámicas globales están caracterizados por el desarrollo de los nacionalismos en Europa y la concreción del capitalismo en sus fases desarrolladas del imperialismo y el colonialismo. Desde la caída del dominio napoleónico sobre gran parte de Europa, pasando por los intentos de restitución monárquica, las oleadas revolucionarias liberales, el triunfo de la burguesía en el escenario político occidental y la consolidación de un sistema mundo bajo su dominio, el siglo XIX se presenta como la puerta de entrada al mundo contemporáneo. Desde sus albores, las estructuras del *largo siglo* pueden encontrar sus referencias iniciales en tres acontecimientos revolucionarios: la Revolución Industrial, la Revolución Norteamericana y la Revolución Francesa.

3 Profesor y Licenciado en Historia (UNRC). Docente en la Facultad de Ciencias Económicas, Jurídicas y Sociales (UNSL). Maestrando en Filosofía, Religión y Culturas Contemporáneas (Universidad Católica de Córdoba)

4 Hobsbawm (2009)

La connotación económica del mundo contemporáneo encuentra sus raíces en el desarrollo industrial que acontece en Inglaterra durante el siglo XVIII. Entre los diversos factores que fueron el origen del proceso de industrialización, tres merecen mención especial: la revolución comercial europea, la acumulación primitiva de capital y la aparición de avances tecnológicos. La causa más importante para el desarrollo de la Revolución Industrial fue la aparición de máquinas de vapor y su aplicación a las máquinas de hilar que modifican las técnicas de producción. A partir de ahí ocurrió el auge de la industria fabril y el excedente será una de las características fundamentales del proceso revolucionario, generado por la sustitución de la fuerza productiva acotada hasta entonces a la animal o humana por la de vapor. ¿Qué significa esto para la sociedad humana?, Eric Hobsbawm responde:

Significa que un día entre 1780 y 1790, y por primera vez en la historia humana, se liberó de sus cadenas al poder productivo de las sociedades humanas, que desde entonces se hicieron capaces de una constante, rápida y hasta el presente ilimitada multiplicación de hombres, bienes y servicios. Esto es lo que ahora se denomina técnicamente por los economistas «el despegue (*take-off*) hacia el crecimiento autosostenido». Ninguna sociedad anterior había sido capaz de romper los muros que una estructura social preindustrial, una ciencia y unas técnicas defectuosas, el paro, el hambre y la muerte imponían periódicamente a la producción (2009: 35)

La Revolución Norteamericana por su parte, brinda una experiencia diplomática y constitucional fundamental para el desarrollo del mundo contemporáneo venidero. Tras la Guerra de los Siete Años, que enfrentó a Gran Bretaña contra Francia y que fue ganada por los británicos gracias al aporte de las colonias americanas, la metrópoli impuso sobre las colonias una serie de impuestos y leyes que fueron muy impopulares. Aunque sus consecuencias no fueron inmediatas, extendieron el malestar entre las trece colonias, y los colonos comenzaron a reunirse en comités para discutir su futuro lejos de la metrópoli. El 4 de julio 1776 se aprueba la Declaración de Independencia de los Estados Unidos, redactada por Thomas Jefferson, donde se tocan temas tan decisivos para el desarrollo posterior de la humanidad como la igualdad de los hombres o sus derechos inalienables, el derecho a la vida o a la libertad y afirma el principio filosófico de la soberanía popular en el gobierno de los pueblos. A fin de cuenta, sostienen algunos

autores, la revolución norteamericana es la primera expresión concreta de los principios ideológicos reinantes del siglo XVII:

Ellos hablaron de derechos naturales, de libertad de pensamiento, de la primacía política del pueblo, de Constitución equilibrada, y censuraron con dureza la política de su tiempo, precisamente por desequilibrar la Constitución a favor del rey. Los Padres Fundadores participaban de ese espíritu que parece conquistar el siglo XVIII. Promulgaban con esa fe en el progreso y en las capacidades del hombre propias de la Ilustración. Su crítica a la autoridad opresiva viene acompañada de un desafío abierto y una toma de posición comprometida y radical, de un intento kantiano de alcanzar la mayoría de edad política, la autonomía (García Portela, 2014: 63)

Así, los movimientos emancipatorios norteamericanos merecen más el nombre de *revuelta* que el de *revolución*, según García Portela, ya que *“lo que allí sucede no es una ruptura radical basada en principios políticos nuevos, sino más bien la culminación de un espíritu que venía gestándose durante largo tiempo. La Revolución Americana es, pues, una revuelta desde y contra Inglaterra”* (García Portela, 2014: 64). Sin embargo, como revuelta o revolución, el movimiento norteamericano expresa el punto culmine del contexto ideológico ilustrado y marca referencia ineludible en los acontecimientos por venir.

Por último, la Revolución Francesa consolida el inicio del dominio político burgués en el mundo occidental. Desde sus inicios a causa del malestar económico, social y político generado por la ostentación de la nobleza francesa, la intervención innecesaria en conflictos internacionales y la falta de atención a los requerimientos de representación de gran parte del pueblo francés, la Revolución Francesa concreta desde la Asamblea en la Sala de Juego de Pelota hasta el ascenso de Napoleón, el inicio del fin del Antiguo Régimen, la abolición del sistema feudal y el dominio de una clase social que cada vez más tiende a mundializarse junto al sistema de relaciones capitalistas. El mundo contemporáneo, debe así según Hobsbawm, gran parte de sus configuraciones políticas, sociales e ideológicas a la Revolución Francesa:

Francia proporcionó el vocabulario y los programas de los partidos liberales, radicales y democráticos de la mayor parte del mundo. Francia ofreció el primer gran ejemplo, el concepto y el vocabulario del nacionalismo. Francia proporcionó los códigos legales, el modelo de organización científica y

técnica y el sistema métrico decimal a muchísimos países. La ideología del mundo moderno penetró por primera vez en las antiguas civilizaciones, que hasta entonces habían resistido a las ideas europeas, a través de la influencia francesa. Esta fue la obra de la Revolución Francesa (Hobsbawm, 2009: 61-62)

Esta obra perdura hasta nuestros tiempos. Finalizada la revolución, ni bien comienza el siglo XIX, Francia se ve seducida cada vez por una figura política prominente: Napoleón Bonaparte. Junto con él, las ideas liberales y republicanas encontrarán eco en gran parte de Europa y el mundo pero también gran resistencia. El absolutismo y sus principales representantes observan la amenaza napoleónica expandirse por el continente y a sus privilegios desfallecer. Algo que no iban a permitir que se acrecentara, por lo que llevan diversos intentos políticos y alianzas temporales para contrarrestar el avance de las nuevas ideas. Con triunfo parcial, logran derrotar definitivamente al principal exponente del nuevo mundo en 1815, cuando en la batalla de Waterloo la Séptima Coalición logra terminar con Napoleón. Sin embargo, las ideas sobrepasaban a Napoleón y sobrepasaron 1815. Hobsbawm dice al respecto:

Rara vez la incapacidad de los gobiernos para detener el curso de la historia se ha demostrado de modo más terminante que en los de la generación posterior a 1815. Evitar una segunda Revolución Francesa, o la catástrofe todavía peor de una revolución europea general según el modelo de la francesa, era el objetivo supremo de todas las potencias que habían tardado más de veinte años en derrotar a la primera [...]. A pesar de lo cual, jamás en la historia europea y rarísima vez en alguna otra, el morbo revolucionario ha sido tan endémico, tan general, tan dispuesto a extenderse tanto por contagio espontáneo como por deliberada propaganda (2009: 116)

Las revoluciones se suceden, la burguesía se consolida en el escenario político europeo y mundial, y pronto surgirán actores e ideas opositoras el nuevo orden. Un grupo de oleadas revolucionarias suceden en el continente durante la década de 1820, que dan por resultado la independencia de Grecia en 1822, durante la década de 1830, que genera la independencia de Bélgica respecto de Holanda, y durante 1848 los últimos movimientos consolidan la hegemonía de la clase burguesa, el fin del absolutismo y el surgimiento de las ideas comunistas que se conformarán, acorde transcu-

rran las décadas, en la principal antítesis del mundo capitalista. Esta última oleada comienza en Francia pero se dispersa rápidamente por el resto de países de Europa consolidando el fuerte carácter nacionalista que será una de las principales características del mundo contemporáneo de la segunda mitad del siglo XIX.

Este es el espíritu del siglo donde nace Francesco Faà di Bruno el 29 de marzo de 1825 en Alessandria, Italia. Región del Piamonte, ubicada al norte del país, la ciudad donde nace Francesco se ve desde temprano marcada por los movimientos nacionalistas que comienzan a desarrollarse por toda Europa. La península itálica de la primera mitad del siglo XIX dista de ser geopolíticamente idéntica a la de hoy. La región se encuentra previa a la unificación, por lo que solo hay diversos estados independientes vinculados, desde el Medioevo y la modernidad, a dinastías ajenas al territorio e históricamente en conflicto con, principalmente, España y Francia, quienes luchaban por su control.

El movimiento nacionalista en Italia va a ser el movimiento de la unificación y de las ideologías que pregonen por la unión del territorio de la península itálica, y la vinculación política la antigua unidad romana. Dicho movimiento, durante la oleada de la década de 1820 tiene sus inicios en la ciudad natal de Francesco: Alessandria. El movimiento a favor de la unión italiana bajo la casa de Saboya surge en el reino de Cerdeña⁵ liderado por el rey Carlos Félix, quien va a aprobar una constitución de carácter liberal que derogará al poco tiempo. Sin embargo, la casa de Saboya reinante en Cerdeña-Piamonte va a oscilar entre sus amistades absolutistas y sus intereses nacionalistas hasta inclinarse por estos últimos y convertirse en el reino líder del proceso de unificación posterior. Para el rebrote nacionalista de la década de 1830 ya reinaba Carlos Alberto de Saboya, hijo de Carlos Félix, quien será el encargado de reprimir en diferentes ocasiones a movimientos liderados por el renombrado nacionalista Giuseppe Mazzini, aunque terminará cediendo ante la seducción liberal, aunque no reformista, en la década posterior. Claro ejemplo de ello es la promulgación del Estatuto Albertino en 1848, antecedente directo de la Constitución de la República Italiana, donde se daba lugar a la división del poder monárquico ante un parlamento bicameral y el combate contra la ocupación austríaca en el norte de Italia hasta que las derrotas de Custoza y Novara llevan a la abdicación de Carlos Alberto en su hijo Vittorio Emanuele II. En este ámbito de nacionalismo y combate, participa Francesco quien juega roles en las batallas de independencia y son acontecimientos que lo llevarán a reflexionar arduamente. Al respecto sostiene Ginestra:

5 Reino que también incluía el territorio de Piamonte. De aquí en más, reino de Cerdeña-Piamonte.

En esos momentos se desata la Guerra de la Independencia contra la ocupación Austríaca (mayoría en el norte italiano): Francesco entra en combate, ve morir a muchos de sus compañeros de armas y comienza a reflexionar sobre los caídos. Aunque surgieron efervescencias nacionalistas en los primeros momentos, luego de la derrota de Custoza y de Novara, el rey Carlo Alberto renuncia y abdica a favor de su hijo, Vittorio Emmanuele II, que asume el 24 de marzo de 1849 (2011: 11)

Es durante el reinado de Vittorio Emmanuele II cuando Francesco es enviado a Francia para profundizar su formación en matemáticas; hecho que cumplirá con creces al obtener la Licenciatura en Ciencia Matemática por la Universidad de la Sorbona. Sin embargo, para fines de 1851 cuando decide regresar a Turín, el puesto para el que fue formado con beneplácito del rey había sido ocupado por un oficial de marina. Las relaciones con Francia serán oscilantes tanto para la vida de Francesco como para las relaciones con Piamonte. El primero, luego de quedar al margen del puesto oficial de enseñanza, decide regresar a Francia para poder concretar su doctorado hacia fines de 1856. Ginestra aclara al respecto:

Mientras evalúan las tesis, Francesco aprovechó el tiempo para la preparación de la defensa, que se concretizó el 20 de octubre de 1856, alcanzando el título de Doctor en Ciencias Matemáticas. Con su meta cumplida volvió, en diciembre, a Turín, llevando el título, ganando el orgullo, aprendiendo a diseñar y gestionar obras de orden social caritativo, y fortaleciéndose en el aspecto religioso militante (2011: 23)

Con respecto a Piamonte, la región a la que pertenecía Francesco y la que va a liderar el proceso de unificación italiana, las relaciones con Francia del momento serán preponderantes para comprender el contexto socio-político de la vida del autor. Para fines de la década de 1850, estando ya como jefe de ministros el famoso nacionalista Conde de Cavour, impulsa un acercamiento a las principales potencias occidentales con vista a conseguir apoyo para repeler la invasión austríaca. Esta política lo lleva a intervenir abiertamente a favor de los occidentales en la Guerra de Crimea para lograr, *a posteriori*, el beneficio del apoyo francés. Entre 1859 y 1861 durará la guerra de la alianza Cerdeña-Piamonte-Francia contra los Habsburgo austríacos. Napoleón III dirigió la ofensiva y Vittorio Emmanuele

II dependía en gran medida del apoyo francés. Tal así que la paz, luego de las sucesivas derrotas infligidas por parte de los aliados a las milicias austríacas, se firma unilateralmente por decisión de Napoleón III ante los temores de la intervención prusiana en el conflicto. Vittorio Emanuele II solo se ve con la opción de aceptar las condiciones del tratado firmado en Zúrich que, entre las principales concesiones, seguía manteniendo, entre otras, la región nororiental del Véneto bajo ocupación austríaca, lo que provoca gran descontento en el Piamonte y Francia obtiene Saboya y Niza, además de conformarse con todos los estados italianos una confederación presidida por el Papa, lo que no garantizaba demasiadas condiciones para la unificación. A este punto, dos son las fases identificadas del proceso de unificación. Uno antiguo y revolucionario, liderado por Mazzini, y el otro reformista liberal partidarios de la confederación papista, liderado por Cavour. Sobre la primera sostiene Roel:

La primera tendencia recoge y moviliza la conciencia de la personalidad italiana, nacida en la época napoleónica y exaltada por el romanticismo nacionalista de los Leopardi y Manzoni. El movimiento revolucionario que origina el dogma mazziniano de la República nacional unitaria, heredero del liberalismo exaltado de los años 20, modela su acción en los procedimientos subversivos de las sociedades secretas, subvierte la legitimidad de la soberanía encarnada en los príncipes italianos y tiene su minuto de protagonismo histórico en las convulsiones revolucionarias del 48 (1964: 133)

Sobre la segunda fase, en cambio, continúa el autor:

La segunda tendencia subsume y canaliza en una acción ordenada las tesis moderadas de los Balbo y d'Azzeglio, que vinculan a la dinastía de Saboya la empresa unitaria. Pasará a adueñarse de la escena política a partir del fracaso de los métodos revolucionarios, que experimentan los patriotas italianos en el 48-49. Pasarán entonces a engrosar sus filas el neogüelfismo desengañado de Gioberti, e incluso, muchos republicanos desengañados de las posibilidades prácticas del programa mazziniano (Manin, Garibaldi). Es a esta segunda fuerza o tendencia a la que corresponderán el honor y el mérito de la realización efectiva de la unidad de Italia (1964: 133)

Como se pudo ver, sí había relación documentada de Francesco con los representantes liberales de los movimientos de unificación, más no se puede afirmar una tendencia mazziniana del futuro sacerdote teniendo en cuenta su inclinación eclesiástica y la postura conocida de la Iglesia Católica sobre la conformación de sociedades secretas de las cuales muchos de los seguidores de Mazzini eran frecuentes. Hasta recibir el orden sacerdotal, y durante la década de 1860 y el principio de la de 1870, será para el Doctor Faà di Bruno tiempo de retorno a Turín y de una búsqueda continua de aceptación por parte del círculo científico italiano, de la presentación de sus principales obras, entre ellas el que aquí nos compete *Sunti di fisica, meteorologia e chimica con tavole ad uso della scuole maschili e femminili* (1870) y *Théorie des formes binaires* (1876), y de la aplicación al concurso para la cátedra de Análisis Superior de la Universidad de Turín de la cual desistirá para dedicarse, finalmente, a su vocación sacerdotal. Esta etapa de la vida de Francesco no es un nuevo inicio, sino una decisión de formalizar un anhelo que lo había acompañado toda su vida. El científico y el religioso existieron siempre en la persona de Faà di Bruno y no fueron suyos los conflictos de intereses como se intenta aclarar en el próximo apartado dedicado a las ideas de su tiempo; caso contrario, lo fueron de gran sector de la sociedad y el imaginario colectivo en el que se insertaba, es decir, la europea decimonónica.

Por su parte, el contexto de la década 60 y 70 del siglo XIX es vertiginoso para los italianos y los europeos, en general. Con Austria cada vez más enfrentada en la contienda europea, al interior de la península el problema de las anexiones de estados y de la capital se tornan primordiales. Con la incorporación de las Marcas, Umbría, Nápoles y el reino de las Dos Sicilias al ya proclamado reino de Italia, la dinastía de Saboya bajo el mando de Vittorio Emmanuele II consolida cada vez más su posición en la península. El Véneto no tarda en incorporarse y los ojos se posan sobre Roma, donde además de los intereses pontificios estaban los de Napoleón III. Roel sostiene sobre la situación entre Francia, el Papa y el reino de Italia:

Cavour ha frenado su impulso ante Roma, pero sin renunciar a ella. A pesar del proyecto napoleónico de reservar Roma al Papa, el recién constituido reino de Italia reivindica sus derechos a la capital que le señala de consuno la naturaleza y la historia. Pero Pío IX opone un invariable «non possumus» a las gestiones de Cavour; y muerto éste (junio 1861), a las de su sucesor Ricasoli. Y el Emperador francés, obligado a asumir ahora el papel de Defensor Ecclesiae, para reconocer el reino de Italia y prestarse a retirar sus tropas de Roma,

opone la condición de garantizar la integridad de la soberanía pontificia (1964: 147)

Brevemente, a mediados de la década, un acontecimiento presenta más importancia que la cuestión romana aún no solucionada: la guerra austro-prusiana. Entre junio y agosto de 1866 Italia se alía con Prusia para combatir a Austria, la cual era vista por ambos como un obstáculo en la concreción de sus intereses nacionalistas. Finalizada la guerra, Prusia consolida la unificación alemana, Piamonte la italiana. La cuestión romana se soluciona en 1870, cuando en vísperas de una de las guerras más significativas de la Europa decimonónica, es decir la franco-prusiana, el reino de Italia cerca Roma, en posición de los Estados Pontificios, y toma de hecho el dominio de la ciudad en unos pocos días y el Papa se proclama prisionero en el Vaticano. Si bien para 1870 el proceso de unificación italiana estaba casi consolidado, aún serán temas de discordias las provincias irredentas y la cuestión romana, que se solucionará con los Tratados de Letrán en 1929 consolidando el Estado Vaticano como un estado independiente, autónomo y soberano gobernado por el Papa. Al respecto del asentamiento de Vittorio Emmanuele II en Roma, sostiene Roel:

En julio de 1871, Víctor Manuel II establece su residencia en Roma, cerrando el proceso de la unidad italiana, sin que este hecho encuentre ninguna oposición fuerte. Sólo Napoleón, el soberano que más ha hecho por el movimiento nacional italiano, ha constituido un obstáculo considerable. Porque Napoleón ha perseguido un generoso, pero irrealizable milagro: la conciliación de dos elementos inconciliables, el derecho nacional de Italia y el derecho legitimista del Pontífice. Ha dejado que Italia avanzase hasta Roma, pero luego ha exigido que se detenga a sus puertas, lo que le ha colocado en un desairado papel de «gendarme». A los ojos de Europa, el hundimiento del dominio temporal será por ello una consecuencia del hundimiento del Imperio napoleónico (1964: 149-150)

La década de 1880 verá el auge imperialista del reino de Italia bajo el mando del sucesor de Vittorio Emmanuele II, Humberto I. De la misma forma que el resto de las potencias europeas, el capitalismo consolida su fase desarrollada y el imperialismo es la manifestación más pura de la concentración de riquezas y poder que había estado llevando a cabo la burguesía. En este contexto, Italia pasa a conformar la Triple Alianza, la cual propulsará sus

intereses colonialistas en el continente africano. Sobre lo que representa la década del '80, década donde Faà di Bruno muere y representa el contexto final de su obra, concluye Roel:

Los acontecimientos de 1859, 1866 y 1870 dan nacimiento a una nueva Europa con nuevos principios y bases de política internacional: el triunfo del principio nacional (Italia, Alemania) sobre el derecho dinástico (Congreso de Viena). Bien entendido que el principio nacional triunfante no es el revolucionario, sino el encarnado en príncipes identificados con las aspiraciones nacionales. La nueva política internacional, en cuyos primeros momentos corresponderá a Bismarck llevar la voz cantante, estará montada sobre un piso de recelo mutuo entre las potencias. En el nuevo sistema inestable tendrá también su papel la Italia que nace, vacilante entre las reivindicaciones del irredentismo y la concentración de energías para afirmar su estructuración interior. Pero en todo caso, en los italianos nace el sentimiento de una creciente rivalidad con Francia como potencias mediterráneas. Italia no podrá menos de sentirse involucrada en el movimiento continuo de la política europea del decenio 1870 a 1880, que va del choque decisivo de Sedán a los congresos de Berlín, en el que se señalan las tomas de posición que van a condicionar los acontecimientos del futuro (1964: 150)

2. Ciencia y religión. Características generales de su relación en el mundo de las ideas

Hay una concepción bastante aceptada a nivel general respecto de que el siglo XIX fue el siglo de la ciencia, del espíritu positivista, empírico y racional hostile a la religión y la metafísica. De la misma forma que los positivistas proponían un Renacimiento racional, plagado de genios y descubrimientos revolucionarios opuesto a un Medioevo oscurantista y poco intelectual, se presentaron a sí mismos como hombres de un siglo donde florecía la ciencia, y de su mano, la industria y el bienestar humano producto del conocimiento y la técnica mientras que palidecían los estudios sobre la religión y lo sobrenatural. Caso contrario, y como sostiene Peter Burke⁶, el renacimiento no fue uno solo y lejos estuvo de ser aparentemen-

6 Cf. Burke (1999)

te cristiano y profundamente pagano, sino, lo aparente fue su paganismo. De igual manera, podría decirse que en la inmensidad y profundidad del siglo XIX lejos se está de establecer como norma el empirismo positivista hostile a la religión y la desaparición total de las menciones religiosas. Si bien, al igual que en el renacimiento, es innegable el desarrollo de un sistema de pensamiento con características bien definidas, en este caso el positivismo, vale renunciar a las pretensiones de presentarlo como único. Francesco Faà di Bruno es un claro ejemplo de las contrariedades de estas estancas taxonomías y de las complejidades del mundo de las ideas.

En primer lugar, el positivismo se visualiza como el movimiento ideológico del siglo XIX europeo exportado a diferentes partes del mundo en el proceso de colonización política y cultural mencionado en el apartado anterior. Desde el punto de vista estrictamente de la Historia de las Ideas, el positivismo es una corriente iniciada por la sociología francesa, principalmente por Auguste Comte (1798-1857), quien en su *Curso de filosofía positivista* realiza una defensa de los conocimientos obtenidos principalmente por lo que el siglo XIX concebía como ciencia; esto es, la conjunción del razonamiento lógico corroborado por la contrastación físico-empírica y manifestado en el mejoramiento técnico. Comte, además de la valoración técnico-científica del conocimiento, concibe la sociología con los mismos parámetros de las ciencias naturales y ve la posibilidad del estudio de los fenómenos sociales con los mismos métodos de estudio aplicados a los fenómenos naturales. En tal idea, el padre de la sociología plantea que la sociedad humana pasa por tres sucesivos estados: *teológico o ficticio (niñez)*, *metafísico o abstracto (juventud)* y *científico o positivo (madurez)*; *al igual que la sociedad, la mente del individuo es sometida a idéntico proceso de evolución*⁷. Cimentado en el espíritu de la Ilustración, el positivismo se convertirá en la ideología primordial de la clase burguesa europea que domina el mundo y, junto con ella, también lo será de los grupos oligárquicos a nivel mundial que participan de dicha relación de dominio. Así, sus principios de *orden y progreso* que ven en la sociedad europea decimonónica el cenit de la civilización humana, serán el modelo eidético adoptado por las oligarquías latinoamericanas, por solo citar un ejemplo, para conducir los proyectos de construcción de los estados-nacionales y desterrar imaginarios considerados bárbaros como opciones al proyecto de las élites agro-minero exportadoras que corresponden al desarrollo industrial europeo.

Sin embargo, el siglo XIX no fue anticlerical o antirreligioso en su totalidad. En este siglo se da un incipiente desarrollo para el estudio de la religión en el ámbito académico, condicionado pero no unilateralmente por el clima

7 López de Ferrari (1973: 89)

positivista, y cada vez más, como sostiene Eliade⁸, se van a profundizar los estudios sobre las religiones y va a ser el comienzo de los estudios comparados que revaloricen a la religión en este ámbito cooptado por los positivistas. En este siglo, auge también del materialismo, el fenómeno religioso es concebido por estas corrientes como una mera manifestación de la irracionalidad humana, un intento de explicación de fenómenos naturales o sociales sin la debida profundización en la dilucidación de las razones suficientes que le dan origen y dado solo en etapas primitivas de la historia de las culturas. Para esta concepción, a modo general, el hombre carente de desarrollo racional desliga en una fuerza metafísica trascendental las razones ocultas que no es capaz de develar por medio del propio intelecto, permaneciendo sin salir de la minoría de edad y recurriendo a modelos autoritarios que sustituyan las representaciones de su infantil intelecto. Pikaza sostiene al respecto:

Antiguamente, los trascendentales (*verum, bonum, pulchrum*; verdad, bondad, belleza) se entendían como función del ser, notas primigenias de toda realidad, y debían apoyarse en lo divino. Desde la Ilustración y Kant, ellas se muestran como un simple momento de la relación del humano con el mundo. No valen por sí mismas, son función de la cultura. Por eso, la religión deja de entenderse como resultado de una revelación trascendente y aparece como simple creación racional y/o irracional del ser humano (1999: 80)

Paradójicamente, el surgimiento del estudio comparado de las religiones se da durante este auge de la filosofía positivista y materialista hostil a la religión y presenta dos correlatos que contribuyen a la difusión de la misma. Por un lado, y como sostiene Cappelletti⁹, el surgimiento del espiritismo cientificista y la necesidad e intención de demostrar empíricamente las realidades espirituales anunciadas por las diferentes religiones del mundo. Éstas realizarán las primeras comparaciones de las tradiciones religiosas con la intención de sintetizar, de manera superflua y a veces errada según Eliade¹⁰, las tradiciones espirituales para deducir que referían a una única y demostrable realidad empírica; ejemplo de ellas serán la teosofía de Annie Besant y el espiritismo de Allan Kardec. Por otro lado, surge cada vez más la intención de diálogo y comparación en los ámbitos académi-

8 Eliade (2008: 61)

9 Cf. Cappelletti (1991)

10 Eliade (2008: 64)

cos. Empezando por la mitología comparada, con los trabajos de Edward Tylor (1832-1917) y más aún el de Max Müller (1823-1900) que en su *Lectures on the Science of Language* (1864) introduce, según Eliade, *la teoría basada en su creencia de que los mitos nacían a partir de una «enfermedad del lenguaje»*¹¹, hasta los primeros congresos para el diálogo religioso que se dan en EE. UU., como el World's Parliament of Religions realizado en 1893, el cual va a marcar según Díez de Velasco:

(...) una puesta en común desde unas bases de apertura al diferente replanteando la exclusividad de cualquiera de ellos por medio de compartir la palabra, renunciando a las fuertes discursos de la certeza y negando el espejismo del absoluto universalismo vehiculado desde la mirada excluyente de una única opción estimada con visos de total hegemonía de futuro. También mostró algo que difícilmente se podía soslayar: la fuerza de la variedad de las religiones y la innecesaria e imposible ordenación jerarquizada de las mismas (ni siquiera a la hora de intentar estudiarlas) (2005: 186)

Ahora bien, volviendo a Faà di Bruno, cabe preguntar ¿Cómo se inserta Francesco en este ambiente? ¿Cómo concilia este conflicto entre ciencia y religión? Se responderá a estos interrogantes a partir de dos situaciones de su vida que se consideran aquí nodales. En primer lugar, cuando Francesco vuelve a Turín luego de obtener la Licenciatura en Ciencia Matemática en París, tiene un altercado con un oficial que evidenciará una concepción dominante en la época. Ginestra lo describe de la siguiente manera:

Cuando regresa a Turín, la promesa del rey para que sea preceptor de sus hijos no siguió su curso, ya que le fue otorgado a un oficial de la Marina venido de Venecia llamado Giorgio Foscolo. En 1852 se le encargó un relevamiento del terreno sobre los Alpes Lugurios, más una recolección de datos para colocar allí un hidrómetro en los puestos de Nizza, Génova y La Spezia. Estas dos frustraciones que no le dejaban entrever un trabajo dedicado a las matemáticas, más el altercado con otro compañero de armas, quien lo increpó que era imposible que un católico alcance el doctorado, llevó a Francesco a materializar su dimisión del Cuerpo del Estado (2011: 18)

11 Eliade (2008: 62)

Es imposible que un católico alcance un doctorado representa una concepción sobre la religiosidad y los religiosos impregnada de un espíritu positivista. En primer lugar, con la teoría de las fases de la evolución histórica de Comte de fondo, se concibe, a priori, que los religiosos pertenecen a un estadio inferior de la evolución humana y que, por ende, el doctorado y las universidades que lo otorgan son representativos del más civilizado proceso de acumulación de conocimiento y conciencia al cual un religioso, en un estadio anterior, no puede acceder. Que no alcance implica que no sea capaz, por lo que la cuestión cognitiva y evolutiva a la hora de caracterizar una *opción* como una *condición* es otra de las características de cierto espíritu ideológico europeo decimonónico que se pueden notar en esta situación. En segundo lugar, representa también un desconocimiento, forzado o no, de que los religiosos, y en este caso la Iglesia católica, guardan una gran tradición en cuanto los planes organizados de estudios, la organización universitaria y la obtención y promoción de doctorados. Por último, muestra también una dicotomía básica fomentada por los positivistas, que la religión y la ciencia no son conocimientos de la misma calidad. La religión figura un mundo imaginativo, mientras que la ciencia conoce y comunica el mundo *tal cual es*. La religión, y no solo los religiosos, no comunican al mundo. Tal cual éste se le presenta al hombre del siglo XIX, sólo puede ser comunicado por las herramientas que se condicen con las características de la realidad que abordan, es decir, primeramente material, fáctica, demostrable y repetible. En tanto cumpla con esas condiciones, lo real puede ser corroborado. En cuanto no los cumpla, o el medio es el incorrecto o el objeto de estudio carece de realidad. En cuanto a la concepción de la religión que guarda gran parte de los positivistas, ésta cumple con ambas condiciones que invalidan su discurso. Por otra parte, la ciencia es el único discurso capaz de dar cuenta de la realidad y los científicos los únicos aptos para su estudio. Desde una perspectiva del materialismo positivista, el científico ha cultivado en si mismo cierta *epojé* escéptica que garantiza que el objeto analizado tenga la menor, sino nula, interferencia subjetiva posible; algo que no acontece con el religioso cargado de prejuicios subjetivos de cómo deben comportarse los fenómenos. Cabe destacar que de este radicalismo discursivo no solo son víctimas los científicos o sus adeptos, sino también los religiosos. El clima positivista y anticlerical genera, *a contrariis*, una radicalización discursiva dentro del ambiente religioso, particularmente católico, donde las presunciones de verdad universal viene dado desde el ambiente eclesiástico y la ciencia o cualquier otro discurso sobre la realidad y su estudio está menospreciado como falaz e inventivo¹².

12 Al respecto, Cf. Pantaleo (2015)

Esta disyuntiva, lleva a la segunda situación de la vida de Francesco que expresa específicamente la visión de ciencia que posee el sacerdote y su lugar en el mundo del siglo XIX. En su segunda vuelta a Turín, luego de obtener el Doctorado, Francesco inicia el Curso de Análisis superior y Astronomía y el programa científico que propone es inductivo, porque el norte de toda investigación es la inspección de los hechos hasta el establecimiento de las leyes.

Para Francesco, cuando el hombre encuentra una regularidad, y reconoce la majestuosidad de la creación, no puede sino creer en Dios [...]. Estas preluiones, obviamente, no cayeron muy bien a la totalidad del auditorio por dos motivos: el primero, radicaba en que los destinatarios eran los profesores de la Universidad de Turín que adscribían ampliamente al materialismo positivista, por lo que la sola mención a algo religioso o sobrenatural crispó los nervios de varios de los presentes; y segundo, recién habían comenzado a introducir el Análisis Superior en Italia (antes sólo era Análisis), por lo que un hombre apegado a lo religioso que viniera a enseñar algo apenas conocido, y recién abordado por algunos, iba contra la creencia popular, en la cual un católico no puede ser un intelectual destacable. (Ginestra: 2011: 26)

A primera vista, Francesco parece no formar parte ni de los grupos radicales eclesiásticos y mucho menos de los científicos. Desde su formación religiosa y científica, aún con esfuerzo y dedicación por conjugar las dos vocaciones junto con una tercera, la caridad. Podría presentarse, en el marco del siglo XIX, a Francesco como una personalidad compleja que ha adelantado las categorías de su tiempo y superado las dicotomías existentes para avizorar las tendencias del siglo venidero y que se encuentra, junto a otros pioneros, en la tendencia de revalorizar el rol de la religión en las sociedades y el valor de la ciencia para el discurso religioso. Para sí, ambas visiones y concepciones de mundo no se contradicen sino que conforman parte de una idea funcional del mundo y el conflicto propiciado por los antagonistas, sean eclesiásticos o científicos, es una de las etapas a superar pronto por su tiempo.

Bibliografía

- Burke, P. (1999) *El Renacimiento*. Crítica: Barcelona
- Cappelletti, A. (1991) “Espiritismo y positivismo” en *Revista Filosofía Univ. Costa Rica*, Vol. XXIX (70), pp. 143-146
- Diez de Velasco, F. (2005) *La Historia de las Religiones. Métodos y perspectivas*. Akal: Madrid
- Eliade, M. (2008) *La búsqueda. Historia y sentido de las religiones*. Kairós: Barcelona
- García Portela, L. (2014) “La revolución americana: una revuelta desde y contra Inglaterra. Un ensayo sobre sus orígenes ideológicos” en *Revista Historia Autónoma*, (5), pp. 51-64
- Ginestra, E. (2011) *Francesco Faà di Bruno. Científico y creyente*. Epifanía: Buenos Aires
- Hobsbawm, E. (2009) *La era de la revolución: 1789-1848*. Crítica: Buenos Aires
- López de Ferrari, N. (1973) “Positivismo e historia” en *CUYO. Anuario de filosofía argentina y americana*, (9), Primera época, pp. 79-114
- Pantaleo, P. (2015) “Considerar lo religioso: contribuciones para su estudio en las culturas contemporáneas” en *Revista de Ciencias Sociales UCR*, 150, (IV), pp. 11-21
- Pikaza, X. (1999) *El fenómeno religioso. Curso fundamental de religión*. Trotta: Madrid
- Roel, A. E. (1964) “La unificación italiana y la diplomacia europea” en *Revista de estudios políticos*, (133), pp. 129-156.

Las Ciencias Naturales en el s. XIX europeo y su configuración francescana

Emmanuel Ginestra¹³

Introducción

La búsqueda de una narrativa histórica de lo que comúnmente afirmamos como “Ciencias Naturales” es una forma de complejizar y problematizar un concepto que, en líneas generales, se ha conformado en un espacio naturalizado. Aunque es irremediable el posicionamiento en la selección y organización de los conceptos a tratar, no por ello es menos valioso continuar con una célebre estructuración analítica de los textos que revista la lógica de la pregunta.

Para alcanzar una presentación que logre coherencia y profundidad en la cuestión a tratar, consideré provechoso organizar un esquema que abarque variadas temáticas.

Primero, incursionaré en una vieja y reñida discusión sobre qué son las denominadas “ciencias naturales” según la organización canónica actualmente reinante, para luego pasar al recorte realizado por Francesco sobre cuáles serían las disciplinas que cumplen los requisitos que la constituyen como ciencia natural.

A continuación, me adentraré en las distintas escuelas epistemológicas del *Ottocento* que buscaban una lógica de positividad para las disciplinas, con el fin de comprender cuáles fueron las variables contextuales que daban forma a la aparición u ocaso de ciertos conocimientos que otrora tenían (o no) su justificación como saber establecido.

Luego, ofreceré un panorama general sobre las preocupaciones teóricas decimonónicas de las ciencias que aparecen en el *Sunti*, y las incorporé a la presentación. Con ello, las discrepancias analíticas que atraviesan a las ciencias sobre qué elementos teóricos utilizar para ofrecer una explicación de los fenómenos naturales, mostrarán que en el seno de las comunidades científicas no existe necesariamente un modelo estable, único y ordenado. Conocer la historicidad de las problemáticas teóricas, los mecanismos du-

13 Dr. en Filosofía (UCA). Mag. en Filosofía práctica contemporánea (UNdMP). Esp. en Epistemología e Historia de la Ciencia (UNTREF). Diplomado en Filosofía de la Liberación (UNJU). Prof. Adjunto de Arte Literatura y Estética (FCH -UNSL) y Prof. Responsable de Formación Ética y Ciudadana (IFDC-SL). Editor de las *Obras completas* de Francesco Faà di Bruno.

bitativos, las tecnologías aplicables, las rencillas internas, etc., nos posibilitará construir una imagen enriquecida de la ciencia.

Por último, destacaré algunas reflexiones francescanas sobre la necesidad de enseñar ciencia para la conformación de un ciudadano respetable. De esta forma creo que ofrezco, junto al aporte de mis colegas en el presente libro, un estudio que engloba, complejiza y discute la cuestión de la didáctica de las ciencias naturales en el s. XIX europeo. El lector del presente libro podrá aprovechar las distintas variables interdisciplinarias para continuar con el cuestionamiento al saber establecido sobre la didáctica en general, y de las ciencias naturales en especial.

¿Qué se entiende por “Ciencias Naturales”?

En la actualidad impera la clasificación canónica que diferencia a las disciplinas científicas en función de su objeto de estudio, el tipo de proposiciones y las formas de razonamientos que las caracterizan. En relación a estas variables habría dos grandes grupos: por un lado, las denominadas ciencias formales que analizan objetos ideales (abstractos o según definición), utilizan proposiciones analíticas (el predicado está implícito en el sujeto) y se organizan según razonamientos deductivos (su conclusión es necesaria); y por otro, las ciencias fácticas o empíricas, cuyos objetos de estudio son “reales” (empíricamente contrastables), a partir de proposiciones sintéticas (brindan nueva información), conformando inductivas (conclusión generalizada a partir de casos particulares). Ahora bien, la matemática y la lógica serían los ejemplares del primer grupo, y las denominadas “ciencias sociales” y “ciencias naturales” en el segundo grupo. Características de las disciplinas sociales estarían Historia y Derecho, y entre las naturales, Química, Física y Biología.

Como toda clasificación es arbitraria y está regida por sus criterios de clasificación, basta estar en desacuerdo con alguno de ellos y la conformación de los grupos variaría. Ejemplo de ello, es la fundamentación contemporánea de la matemática en el Logicismo (la matemática se reduce a estructuras lógicas), considerar que todo conocimiento, incluso el matemático, parte de la experiencia (Empirismo), etc. Lo mismo sucede en el ámbito de las “ciencias empíricas” puesto que las corrientes ultrapositivistas del s. XIX exigían leyes universales para el conocimiento de la sociedad al modo fisicista; o incluso visualizar a la Biología como una ciencia social puesto que su justificación última es la Teoría de la Evolución por Selección Natural (tesis Dobzhansky), y, por ello, una narrativa histórica (tesis Mayr).

Como puede verse, el acto de clasificar excede la mirada estrictamente intelectual sino que presenta, entre otras problemáticas, una cuestión

de posición, consenso y poder. Quien tiene la posibilidad de organizar el mundo en función de ciertos elementos previos, poseerá un lugar privilegiado en la conformación de la *episteme* del momento.

Este presente apartado, breve y conciso, no intenta discutir en profundidad las cuestiones filosóficas, económicas, políticas, etc., inherentes al proceso de clasificación, sino que pretende ubicar al lector en una perspectiva histórica, y con ello comprender el *Sunti*. Desde este panorama se logra una primera aproximación hermenéutica de la propuesta francescana, ya que al no coincidir “término a término” con la variable clasificatoria estandarizada, pero que en la actualidad se presenta en varias ocasiones como fosilizada y dogmática, no por ello deja de ser estímulo de análisis. Aún más, ello nos lleva a repensar las presentaciones acríicas que comúnmente encontramos en nuestro medio. La idea de “ciencia natural” en Francesco no coincide con la perspectiva actual en su totalidad; más bien, refuerza el carácter histórico de toda clasificación de los saberes¹⁴. En última instancia, lo importante es que el alumnado se adentre al universo amplio y vasto de las ciencias, cautivado por sus adelantos y mejoras.

Entre los varios libros divulgativos en publicación para uso de la juventud estudiosa masculina y femenina, ninguno ha logrado satisfacer esta doble finalidad: 1º, resumir lo que debe aprender el estudiante, sea para responder categóricamente y sin divagaciones en los exámenes, sea para tener una guía de la mente en los últimos emprendimientos del saber, porque se sabe que no se puede avanzar en una ciencia sin haber arraigado los principios inamovibles, las verdades necesarias; 2º, introducir al joven estudioso lo último de la ciencia, de cuales se observan verdaderamente un progreso en la misma. (*SF*, Prefacio)

Física, Meteorología y Química serán para Francesco las ciencias que necesariamente sus alumnas del Magisterio (luego sus alumnos), deberán conocer, puesto que en ellas el progreso de la sociedad es un hecho.

¿Cuál es el contexto epistemológico de su emergencia?

El *Sunti* apareció cuando se consolidaba las corrientes positivistas, materialistas, empiristas, etc., en expreso detrimento de los estudios humanísticos, metafísicos y religiosos. Para entender el momento, voy a explicar en líneas

14 Cfr., para ilustrar, su mirada particular Comte (1980)

generales cuáles son las propuestas filosóficas que fueron calando hondo en la configuración de la *episteme*, y cuyos saberes comenzaban a jerarquizarse.

Para comenzar esta breve explicación, no se puede obviar la influencia del Positivismo en la constitución y consolidación de las disciplinas científicas. Auguste Comte es considerado uno de sus máximos exponentes, puesto que en sus *Curso de filosofía positiva* (1842) y *Discurso del espíritu positivo* (1844), afirma la superioridad de los hechos frente a las vacilaciones de la religión y, luego, de la metafísica, constituyéndose en una tendencia naturalista y científicista del saber¹⁵. Sólo el desarrollo de la ciencia posibilita el progreso material de la sociedad. El científico debe cuantificar la recolección de los datos observacionales y experimentales, para alcanzar enunciados legales (universales, unívocos, etc.): el proceso de racionalización inductiva de la ciencia comenzaba a profundizarse en los ambientes académicos. Por último, también hay que notar que la clasificación jerárquica de las ciencias comteanas, se relaciona ampliamente con la consideración de las ciencias francescanas: según Comte, son la matemática, la física y la química (con sus variantes internas) las disciplinas que lograrán el ordenamiento progresivo social.

Asimismo, la presencia de las ideas centrales del pensamiento de Ernst Mach continuó la profundización de las investigaciones empiristas. Este pensador afirmó que sólo la comprobación empírica es la fuente del saber genuino, rechazando enfáticamente toda pretensión de legitimidad de la religión y la metafísica. Su *Empiriocriticismo*, término acuñado junto con Avenarius para afianzar las propuestas que absolutizaban la experiencia (aunque ahora de forma crítica), era una herramienta de análisis de “limpieza” de todo vestigio conceptual metafísico absoluto como causalidad o sustancias inmutables. El mundo está conformado por elementos, éstos con las sensaciones, y de allí surgen los conceptos; de esta forma los sujetos conocen al mundo.

Como puede verse, ambas posturas hacían hincapié en alcanzar enunciados legaliformes a partir de los hechos particulares. El reino de los hechos y de su generalización se había asentado; el inductivismo comenzaba a consolidarse y los trabajos de Stuart Mill sobre la temática se tornaron esenciales para definir el terreno metodológico. Como la deducción no ofrece nueva información, y la inferencia es sólo aparente, Mill consideró que todo razonamiento que ofrezca una explicación del mundo debía tener una estructura particular-particular: la generalización es un resumen

15 “Una vez que tales ejercicios preparatorios han comprobado la inanidad radical de las explicaciones vagas y arbitrarias propias de la filosofía inicial, sea teológica, sea metafísica, el espíritu humano renuncia en lo sucesivo a las indagaciones absolutas que no convenían más que a su infancia, y circunscribe sus esfuerzos al dominio (...) de la verdadera observación, única base posible de los conocimientos verdaderamente accesibles, razonablemente adaptados a nuestras necesidades reales” (Comte, 1980: 112)

de todas las experiencias concretas que poseemos¹⁶. Como puede verse, para este filósofo la realidad es invariante, uniforme, y nuestra actividad es inducir una regularidad sobre la base de percepción de fenómenos locales. Buscamos patrones generales para organizar la naturaleza. Para conocer profundamente la realidad, Mill propondrá en su *Sistema de lógica*, los famosos cuatro principios que organizan la actividad cognoscitiva: Coincidencia, Diferencia, Combinación de coincidencia y diferencia, Residuos, y de Variaciones concomitantes.

Por último, la primacía de los hechos comenzaba a ser valorada en una profundización praxística de la ontología, y fue el materialismo, especialmente en la obra de Marx y Engels, los que seguían apoyando la supremacía de lo factual. La realidad fundamental, el primer ente de lo real es la materia y sólo es perceptible por los sentidos; los conceptos religiosos y metafísicos no existen o son derivaciones fenoménicas materiales. El movimiento de lo real está en la misma materia, en su interior, y es tanto ordinario como progresivo (incluso el propio Universo no es más que una acción-reacción constante)¹⁷.

(...) según la concepción materialista de la historia, el factor que en última instancia determina la historia es la producción y la reproducción de la vida real. (Engels, 1966a: 494)

La totalidad de lo real material se desenvuelve, entonces, en la historia y está en constante lucha, cuyos emergentes son siempre cambiantes (más nunca espirituales o ideales)¹⁸.

Estas perspectivas epistemológicas tuvieron el auge y la presión suficiente en la constitución de los saberes, incluso en la incipiente universidad estatal italiana, generando el espacio necesario para que determinadas disciplinas y específicas metodologías fueran reproducidas en las instituciones educativas de todos los niveles. Obviamente no fueron todas homogéneas,

16 Ni siquiera las estructuras matemáticas son ideales, sino estrictamente empíricas.

17 *"De lo que adolecen todos estos señores es de falta de dialéctica. No ven más que causas aquí y efectos allí. Que esto es una abstracción vacía, que en el mundo real estas antítesis polares metafísicas no existen más que en momentos de crisis y que la gran trayectoria de las cosas discurre toda ella bajo formas de acciones y reacciones –aunque de fuerzas muy desiguales, la más fuerte, más primaria y más decisiva de las cuales es el movimiento económico–, (...)"* (Engels, 1966b: 501)

18 Un ejemplo concreto del desenvolvimiento de la materia en las relaciones sociales constituye la célebre frase de Marx en la *Contribución a la crítica de la Economía política*: *"Tanto las relaciones jurídicas como las formas de Estado no pueden comprenderse por sí mismas ni por la llamada evolución general del espíritu humano, sino que radican, por el contrario, en las condiciones materiales de vida cuyo conjunto resume Hegel, siguiendo el precedente de los ingleses y franceses del siglo XVIII, bajo el nombre de 'sociedad civil'; y que la anatomía de la sociedad civil hay que buscarla en la economía política"* (Marx, 1974b: 76)

ni mucho menos tuvieron la misma radicalidad entre los pensadores, pero sí construyeron una forma de visualizar y evaluar el conocimiento socialmente aceptado. El *Sunti*, repito, fue escrito bajo la vigilancia epistémica institucionalizada de estas perspectivas, y tenerlas en cuenta son necesarias para comprender su estructuración, la visión de la ciencia, la consideración del currículum, etc., que llevó a Francesco a publicarlo.

¿Cuáles son las discusiones fundamentales del momento?

Lo que comúnmente denominamos “Física”, “Meteorología”, y “Química” bajo una serie de conceptos y prácticas que incluso se han escolarizado masivamente, tienen un punto de anclaje en el s. XIX europeo. Las instituciones académicas, las publicaciones ilustradas *in crescendo*, la consolidación de nuevas disciplinas, las reorganizaciones de las universidades bajo una nueva epistemología (y por qué no, una nueva perspectiva política), fueron las prácticas que instalaron la conformación de las disciplinas mencionadas, como dominios científicos. A continuación, realizo un recorrido histórico general para dar cauce a una presentación de las cuestiones fundamentales que se analizaron en el s. XIX.

Física

Aunque actualmente se ha constituido a nivel mundial como disciplina científica, e incluso es utilizada para mostrar un claro ejemplo normativo sobre *la* ciencia, en el siglo decimonónico tres grandes áreas del saber llevaron a consolidar a la Física como una herramienta teórica y tecnológica de indiscutible valoración: la Termodinámica, el Electromagnetismo, y la discusión sobre los elementos últimos de la constitución de la materia. Los trabajos de Carnot, Joule, Kelvin y Clausius configuraron el horizonte de la Termodinámica; por su parte Oersted y Faraday analizaron los fenómenos eléctricos que serán unificados por las fórmulas de Maxwell bajo el paradigma del Electromagnetismo; y por último, los representantes del Atomismo y el Energetismo que llevaron a una acalorada polémica sobre la constitución de la materia¹⁹

19 Obviamente no fueron las únicas perspectivas analíticas de la física del *Ottocento*; más bien constituyen un panorama general de la compleja constitución de la física como ciencia unificada. Afirma Cohen: “*El siglo XIX fue testigo de muchos avances revolucionarios en la física (...). Las conquistas de la física del siglo pasado (sic) incluyen la nueva doctrina de la energía y su conservación, la teoría ondulatoria de la luz, la teoría cinética de los gases y la mecánica estadística, las leyes de las corrientes eléctricas, las teorías del magnetismo y el electromagnetismo, los principios del motor eléctrico y el generador, la nueva ciencia de la espectroscopía, los descubrimientos sobre la irradiación y la absorción del calor, la extensión de la radiación a los espectros infrarrojo y ultravioleta y muchas más*” (2002: 268)

Para ello es importante considerar cuáles fueron las líneas de investigación en el s. XVIII que llevaron a hilvanar el horizonte analítico decimonónico.

Por un lado, las estadísticas de Bernoulli y las teorías de Young y Boyle fueron el tamiz teórico principal para la aparición de la Termodinámica; y por otro, la importancia que traía para la burguesía europea la posibilidad de desarrollar un aumento del nivel productivo hizo que a comienzos del s. XIX ya se la reconociera como ciencia. Asimismo, la consideración del calor como una forma de movimiento (cinética) de una temperatura más alta a una más baja (Sadi Carnot) proveyó de la noción de intercambiabilidad entre calor y trabajo²⁰. A ello, hay que sumarle la formulación estadística de la conservación de la energía por Von Meyer, y la diferenciación de la conceptualización del calor como una forma de energía, del de temperatura, producido por la agitación de las moléculas.

Estos aportes coadyuvaron a la formulación que William Thomson (Lord Kelvin) propondrá en las famosas leyes de la termodinámica en el s. XIX: “Ley de conservación de la energía” (considerar al calor como trabajo), “Ley de transformación” (o “Segunda ley de Carnot-Clasius”, que afirma el pasaje del calor de un objeto más caliente a uno más frío en un sistema cerrado)²¹, y por último, “Tercera Ley” (el cero absoluto es posible de cuantificación)

En cuanto al Electromagnetismo, Oersted pudo crear en 1820 un campo magnético a partir de una corriente eléctrica en movimiento; y Ampère observó que la corriente eléctrica y el imán tienen el mismo comportamiento. Estas consideraciones fueron marcando el rumbo a la unificación de dos conceptos que, hasta el momento, parecían irreconciliables: la electricidad y el magnetismo. A partir de aquí, Faraday logra producir lo inverso, e. e., una corriente eléctrica a partir de una fuerza magnética: al conectar una batería a una bobina se puede observar la generación de una corriente de corta duración en la bobina opuesta. En 1831 logró formular *El principio de inducción electromagnética*.

A pesar del trabajo realizado por estos científicos, la comunidad no lograba instalar la idea de una relación electricidad-magnetismo de forma concluyente²². Esto se logrará con las investigaciones de Clark Maxwell bajo la lógica de la formulación matemática que unifica las propuestas dispersas. Con las famosas “4 ecuaciones” se puede explicar cualquier fenómeno magnético y eléctrico, conectar radiación con los fenómenos

20 “El calor [es] un movimiento que ha cambiado de forma (...) un movimiento entre las partículas de los cuerpos. (...) De igual modo, cuando existe destrucción de calor, se produce fuerza motriz” (Lord Kelvin, 2008: 35)

21 Aquí aparece el término *entropía*, como elemento que caracteriza el “desgaste” o “desorden” del Universo.

22 Sobre las problemáticas, *cfr.*, Silva Cibelle (2008)

eléctricos, y concebir a la luz como una perturbación en forma de onda electromagnética en un campo electromagnético²³.

Por último, aparece en escena la controversia entre el Energetismo y el Atomismo sobre la constitución de la materia²⁴. La comunidad científica, aquellas instituciones que poco a poco iban consolidando una nueva forma de “hacer ciencia” se focalizaba en la problemática de la continuidad o discontinuidad de la estructura de la materia.

En líneas generales, cercano a la divulgación, se pueden encontrar dos perspectivas antagónicas: por un lado, la tesis de Ostwald que reducía la existencia de todo el Universo conocido a energía; y, por otro, la postura de Boltzmann que defendía la existencia de átomos bajo la Teoría cinético-molecular. El físico Helm afirmó que la elucidación de un principio energético puede recudir la totalidad de las áreas de la física conocida. El propio Ostwald dio un paso más al considerarla una “nueva ciencia”, tal vez la “verdadera ciencia”, puesto que su epistemología era afín a la perspectiva de Ernst Mach, quien consideraba al átomo como un elemento ficticio, e incluso metafísico²⁵, a diferencia de las expresiones energéticas que pueden cuantificarse.

La energía es el sustrato de la realidad para los energetistas, pero para los adherentes al atomismo la energía sólo es una propiedad de la vibración de los átomos en el vacío. Estas disquisiciones podían llevar a una reestructuración de la disciplina científica puesto que el elemento central puede ser la mecánica o la termodinámica (como calórico). La controversia no pudo ser saldada en el s. XIX, y recién con los trabajos de de Max Planck (en función de la radiación del cuerpo negro, 1900) y de Albert Einstein para la explicación del movimiento browniano (1905), la comunidad científica abogó por la existencia real de los átomos²⁶. La materia pasaría a ser considerada como discontinua.

Meteorología

Siguiendo con la cosmovisión epistemológica del Positivismo, Francesco ejemplifica el progreso social y material de la sociedad con los desarrollos

23 “(...) hoy podemos contemplar con cierto asombro que las ecuaciones decimonónicas de Maxwell, fundamento tanto de la electrodinámica cuántica como de la relatividad especial de Einstein, sobrevivieron a la revolución de la física del s. XX, durante el que la teoría cuántica y la teoría de la relatividad cambiaron por completo nuestra concepción del mundo físico” (“Introducción”, en Maxwell, 2008).

24 Sobre el desarrollo de la discusión de forma precisa y específica, *cf.* Moreno González, Antonio (2006).

25 La teoría física atómica era para Mach lo mismo que para Francesco la teoría cartesiana de los corpúsculos: un elemento propedéutico, de iniciación didáctica, pero nunca el elemento real.

26 De hecho, el propio Ostwald aceptó la teoría atómica en 1909.

científicos de la meteorología, puesto que su importancia es radical para el sostenimiento de la vida. Tener en cuenta las observaciones meteorológicas para la siembra y cosecha en el ámbito de la agricultura es una de las cuestiones con mayor impronta en la sociedad. Por ello, adoptar un sistema uniforme de observaciones meteorológicas, como así la homogeneización de protocolos y conceptos, requieren de una sumatoria de fuerzas que supere cualquier variable de análisis de costos. En función de ello, Francesco escribe en 1853 al Síndico de Turín sobre la importancia de materializar un Observatorio Meteorológico²⁷. Obsérvese algunas líneas de Francesco:

Entre todas las ciencias ninguna es de una utilidad inmediata y general como la Meteorología. Ella nos permite conocer la historia de la atmósfera, las causas de los múltiples fenómenos que presenta, revela las perturbaciones magnéticas y eléctricas, estudia la influencia de los cuatro agentes imponderables sobre los seres organizados. (SO)

En la región de Piamonte la meteorología, bajo el concepto de previsión del tiempo, cargaba con una tradición importante, ya que grandes figuras intelectuales de renombre internacional provenían de esta área de la ciencia, como el jesuita Angelo Secchi (fundador de la Astrofísica mundial) y Pietro Parnisetti (en su momento, rector y tesorero del Seminario). De hecho, Francesco se asoció con ellos para profundizar la enseñanza y la investigación de la meteorología, y construir instrumentos para la previsión de catástrofes. De esta forma, estos científicos lograban “des-academizar” a la ciencia, y concretar objetivos materiales específicos (que hasta el momento no había una transposición a la vida ciudadana): es una posición crítica frente a la institucionalización aceptada formalmente de la *Specola* de la Real Academia de Ciencias de Turín y a la Universidad de Génova, por tener sólo datos fragmentarios, sin precisión ni continuidad, y no considerar el aspecto práctico de la investigación.

Concretizar este sueño, supone para Francesco mejorar el análisis meteorológico del cambio atmosférico, magnético y eléctrico en las regiones circundantes, e incluir a los habitantes de zonas más desfavorables (especialmente rurales). Por ello, en su gabinete se encuentran diferentes

27 No es la única institución en la que Francesco está interesado en realizar. Su perspectiva del desarrollo científico no recaía solamente en el trabajo individual del científico, sino la necesidad de Grandes Centros de enseñanza de la ciencia, con profesores estables y bien remunerados. En su mente estaba el recuerdo de los centros universitarios franceses. La mayor parte de sus fondos heredados darán existencia a varios centros de enseñanza de nivel medio y de formación para futuros docentes. Para un análisis pormenorizado, cfr. Giacardi, Livia y Tanzella Nitti, Giuseppe (2004a)

instrumentos de medición como ozómetro, evaporímetro, pluviómetro, higrómetro, termómetro, psicrómetro, barómetro, anemómetro, logrando así un verdadero programa de instrumentalización meteorológica. Incluso logra registrar el barómetro diferencial en 1870.

Por último, también hay que destacar un aporte visionario. Francesco estaba interesado en una nueva tecnología de imágenes, la daguerrotipia, y luego de incursionar en su aprendizaje consideró que brindaría un aporte considerable a los científicos si utilizaban globos aeroestáticos para elevarse y no sólo tomar otras mediciones, sino también sacar daguerrotipos que permitan conocer mejor el flujo de las mareas, mapear el terreno, etc.

Química

Posiblemente, junto a la Biología y alguna otra disciplina científica, es el s. XIX el momento de consolidación de la Química bajo el status de ciencia. Su herencia anclada en la Alquimia, en reuniones de sectas esotéricas, el misticismo frente a determinados gases o materiales, su reducción pragmática a la actividad bélica, etc., permitieron que la Química encuentre su camino de reconocimiento como disciplina científica recién a partir de ciertos elementos de aglutinación, homogeneización de conceptos, e institucionalización (profesionalización) de su rol en la sociedad.

Los primeros aportes del siglo provienen de los trabajos para la estructuración de una teoría atómica por parte de Dalton (1803 y 1807)²⁸, de Gay-Lussac sobre la relación entre temperatura, presión y volumen de algunos gases (1802), y de Avogadro con la formulación de su ley o principio de gases ideales. También la discusión comenzó a tener una presencia activa en los círculos intelectuales gracias a los aportes de Berzelius, Ampère, Arago, Berthollet, Cannizzaro o Mendeleev, entre otros²⁹.

En el s. XIX, y luego de muchos esfuerzos, se realizó el Primer Congreso Internacional de Química (Karlsruhe, 1860) que buscaba el intercambio entre los pares de diferentes países pero, principalmente, para tratar la propuesta de Kekulé de homogeneizar la nomenclatura de los elementos que se conocían y que se iban encontrando. Aunque las discusiones fueron álgidas, recién con la propuesta de Stanislaw Cannizzaro para el establecimiento de las fórmulas químicas y la superación de la problemática entre pesos

28 Para Dalton, si no es posible dividir un elemento, entonces estará constituido por un átomo (obviamente un compuesto son muchos átomos o, mejor dicho, una molécula); por otro lado, cada átomo tiene un peso relativo que lo caracteriza, afirmando que se debe conocer cuántas veces más pesado es un átomo de oxígeno de uno de hidrógeno.

29 Obsérvese que Francesco lo introduce en el libro que estamos traduciendo, dando clara expresión de que, a pesar de las discrepancias internas, la materia comenzaba a ser mirada desde una concepción atómica.

atómicos y moleculares, se lograron algunos avances. Cuando retorna a su casa, Mendeleev construye una tabla, la tabla periódica, donde logra una cierta ordenación coherente de los elementos conocidos, teniendo como variables la afinidad de sus propiedades y el peso atómico³⁰.

¿Cuáles es su perspectiva sobre las Ciencias?

Como hijo de su tiempo, Francesco adhiere personalmente al Positivismo en relación a los procesos científicos sin que, por ello, se lo pueda adscribir como empirista radical (posiblemente por su vivencia religiosa). Estudió y trabajó en universidades que paulatinamente se iban consolidando bajo la órbita de los Estados Nacionales y con un tinte experimental, cuantificador, y predictivo. Ello puede ofrecer una variable explicativa para comprender la tendencia ilustrada francescana que valorizaba el conocimiento científico para aplicarlo a problemáticas concretas de la sociedad³¹.

Las ciencias serán consideradas de carácter estrictamente inductivas en el plano metodológico, ya que su fin consiste en formular leyes invariables y universales a partir de las observaciones cuantificadas. Cuando se arriba a un enunciado legaliforme, debe ser analizado matemáticamente en función de la consistencia, y si no se encuentran contradicciones, la ciencia avanzó, está más cerca de la verdad. Pasar del error a la verdad científica es progresar tanto en el plano teórico como en el práctico y social, dándole a la sociedad no sólo riquezas, sino también gloria y poder³². De esta forma, la naturaleza que antes se le temía, pierde su aura mágica y aterradora (puesto que ya no hay ignorancia) para pasar a ser considerada como una madre que siempre busca nuestro bien. Por ello, los ciudadanos deben estar atentos a los progresos de la ciencia y a sus cultores, los científicos, ya que sus intuiciones son los elementos emergentes de la prosperidad social en el plano espiritual y material.

30 *"A principios de 1860, pisando los talones a la obra de Cannizzaro, el químico industrial inglés John Newlands (1837-1898) y el mineralogista francés Alexandre Béguyer de Chancourtois (1820-1886) constataron cada uno por su lado que, si los elementos se ordenan según sus pesos atómicos, hay una pauta que se repite, en la cual los elementos situados a intervalos regulares, con unos pesos atómicos que difieren en cantidades que son múltiplos de ocho veces el peso atómico del hidrógeno, tienen propiedades similares los unos con respecto de los otros. (...) El informe (...) fue rechazado por la Chemical Society y no se publicó hasta 1884, mucho después de que Dimitri Mendeleev hubiera recibido todos los honores como inventor de la tabla periódica"* (Gribbin, John, 2005: 311)

31 *"En este momento no me mueve el interés, lo cual he mostrado, sino el amor a la ciencia y la convicción de hacerme fuerte más que otros, útil a la patria en este campo de la ciencia [matemáticas], (...)"* (Fragmento de una carta de Francesco al rector de la Universidad de Turín, E. Ricotti, fechada el 16.11.1864 en Giacardi, Livia, 2004b)

32 *"Todo lo que tiene movimiento y vida se pregunta si lo mismo [el progreso de la ciencia] no puede darse en el orden social"* (PA: 22-23)

Celoso de su tiempo y de su libertad, el científico no desprecia favores y caricias, pues le bastan las abundantes cosechas que la ciencia libremente le ofrece en cada uno de sus campos. El científico, consciente de su suerte, no aspira a honores, no anhela la popularidad pero seguro de su riqueza ignora las adulaciones y desprecia el servilismo. Poco necesita: todo lo suplente el sentimiento de la propia dignidad y todo lo anima la chispa del genio. Nacido para grandes cosas, no puede deleitarse con la frivolidad común y se repliega en su propio espíritu para gozar de aquella vida íntima de la cual nace su potencia. Nada lo conturba, ni el clamor de la plebe, ni el fragor de las armas, ni la envidia, ni la fortuna. Como un faro que resplandece entre las olas, inmóvil y lejano, los científicos superiores a los obstáculos expanden la luz tranquila de su genio. ¿Qué es, para él, el mundo si se siente su amo? Con la razón por cetro, con el universo por reino, su poder es soberano como la verdad. La naturaleza le regala sus arcanos mientras los hombres los humillan con sus obsequios. Su modestia parecerá pusilanimidad, su ardor ineptitud, no gozará de los favores del siglo. (VS: 15-16)

Como puede verse, el científico es la estrella del programa positivista franciscano puesto que no se queda con la sensibilidad de la realidad (siempre cambiante y plural), sino que logra formular principios simples y universales, agrupando elementos que no estaban considerados por la mayoría. El beneficio de su trabajo es inmediato para la sociedad ya que, por sobre todo, la ordena bajo la lógica de la racionalidad y de la belleza³³. Los pueblos pueden llegar a la paz y a la armonía entre sí por la fraternidad que engendran los principios racionales. Las aplicaciones tecnológicas de las teorías logran una verdadera bonanza: la física ha perfeccionado las comunicaciones con el telégrafo y ha conducido a los viajeros por la verdadera senda gracias a la utilización de la brújula, y la química ha redoblado los esfuerzos del mercado gracias al comercio de nuevos alcoholes y sales, como así ha logrado mejorar la fertilidad de los suelos o calmar los dolores bajo el adormecimiento que produce el cloroformo, etc.

El conocimiento científico será, bajo los ojos de Francesco, progresivo y su triunfo será el mayor logro de la sociedad.

33 *"No debe haber entre ustedes alguien que no crea que dedicarse a la ciencia no es la mejor elección; que a ella no consagre de buen agrado las vigiliias, la fortuna, la vida, muy persuadidos de sus ventajas para ustedes como individuos y para la sociedad. ¿Existe alguna duda de que vuestros actos dependen del conocimiento de las cosas? Cuanto más próxima a la verdad esté vuestro conocimiento, más concienzudos y edificantes serán nuestros actos"* (VS: 14)

La verdad que no tiene cadenas brillará un día con gloria y si ya Italia es la cuna, tendrá hoy y siempre entre nosotros su tribuna. Que si oso prestarle mi oscurísima y débil voz, entre tantas voces eximias y robustas, estoy condenado a arder, pero perdónenme en nombre del cielo de quien se inflama de amor patrio. (VS: 9) ³⁴

Y no será sólo un científico teórico aquel necesita la sociedad para mejorar; la aplicación tecnológica de los principios encontrados se convierte en un imperativo moral, consolidando aún más la mirada pragmática de la ciencia. Entre 1857 y 1878, Francesco realiza una fecunda actividad tecnológica construyendo varios objetos útiles tanto para el mejoramiento de la vida de sectores desfavorecidos, como para facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la ciencia.

En la primera sección de invenciones se puede reconocer tanto el *Escritorio para ciegos* (1858), como el *Despertador eléctrico* (1878); y en la segunda, el *Elipsógrafo* y el *Barómetro diferencial* (1870). El escritorio, que lograba un adelanto considerable en la inclusión de los afectados visuales al proceso estatal de lectoescritura masiva, es, tal vez, el invento más renombrado y el que le trajo mayor reconocimiento por la Cámara de Comercio turinés y la Exposición Nacional de Productos industriales. El *svegliarino* era un aparato tecnológico de avanzada que, aunque se lo denomine “eléctrico” en realidad se utilizó una pila por la dificultad en el acceso a la energía eléctrica. En cuanto al elipsógrafo y al barómetro, como tantos otros instrumentos inventados por Francesco, su finalidad consistía en ser soporte didáctico para la enseñanza de la ciencia en sus instituciones educativas (e incluso en el Congreso Interdisciplinario de Ciencias que quería realizar y que quedó inconcluso por la muerte inesperada de algunos científicos que iban a asistir en calidad de enseñantes), y también para que la sociedad aprecie la calidad de la investigación científica, con el fin de lograr una transferencia de valor en la vida ciudadana.

Sobre la necesidad de enseñar ciencias

El *Sunti* se conformó como soporte para sus clases en el Instituto de Magisterio que Francesco había creado, siguiendo con el diseño curricular

³⁴ Cfr., asimismo: “En varios y múltiples progresos para Vuestra Excelencia en estos últimos meses, introducidos en cada área de la instrucción pública dejando una esperanza a los cultores de las ciencias y a los amantes del honor patrio” (Fragmento de la carta de Francesco a T. Mamiani, Ministro de Instrucción pública, Torino, 7.11.1860, en Giacardi, 2004b: 500)

estándar de las novedosas ciencias experimentales del incipiente y convulsionado Estado italiano. Su construcción interna, característico de una escasa reflexión didáctica, se articuló en bases de definiciones y ejemplos, intentando que luego sea utilizado por las egresadas en sus clases de enseñanza elemental.

Recordemos que Francesco estuvo interesado en la enseñanza, divulgación y socialización del desarrollo científico, más allá de una actitud de *hobby* o *snob*. Ello se dio por su mentalidad positivista como expuse anteriormente, pero también por sus creencias religiosas del sufragio anticipado de las almas del purgatorio: quería dedicar todo lo que poseía a Dios, los pobres y la ciencia para salvar al mayor número de almas que murieran en estado de pecado leve.

Quiero vulgarizar la ciencia como aconsejaba *Bertrand* y no dejarla confinada a colecciones inaccesibles (en todos los sentidos) de la Academia. (Giacardi, 2004b: 93)³⁵

La conformación de cada uno de los temas se armó en función de una vaga prerrogativa curricular nacional, para paliar la situación de analfabetismo científico. En el prefacio, Francesco insiste en considerar al libro como un documento que resume lo que debe aprender un estudiante, e introducir al alumnado en los progresos de la ciencia. En síntesis, quería que las futuras maestras conozcan el saber necesario para la vida social y su utilidad tanto en el plano personal como ciudadano.

Así como en el libro que publicamos con anterioridad la enseñanza de la religión debía estar desde los primeros pasos de socialización y de escolarización³⁶, Francesco considera, asimismo, de suma importancia el aprendizaje de la investigación científica. Educación en ciencias e instrucción religiosa van de la mano y son ampliamente necesarias, porque la sociedad necesita fervorosos creyentes y buenos ciudadanos. Hasta el momento, la posibilidad de acercamiento de la formación científica en los últimos avances, sólo estaba reservada a miembros de la aristocracia y de la burguesía, reproduciendo así, el orden clasista y elitista. Como afirmará en 1875 en el *Catechismo ragionato*, la indiferencia religiosa es producto de la formación deficiente en los ambientes marginados; en el *Sunti* plantea las dificultades de la vida social, por la escasa educación científica y tecnológica. Para superar el problema, publicará ambos textos: la mayoría de las personas podrán,

35 Carta de Francesco a Q. Sella, Torino, 6.3.1882.

36 Cfr. Ginestra y Amaya (2015)

ahora, acceder a una formación integral que logre consolidar el ideal de ciudadano y creyente. Al igual que Don Bosco, Francesco ofrece sus energías para resolver uno de los males de la sociedad: la falta de educación, y con ello, de oportunidades.

Bibliografia

De Francesco

Prolusione all'apertura del corso D'Alta Analisi e d'Astronomia. Letta nella R. Università il giorno 27 Febbraio, 1857 dal cavaliere Francesco Faà di Bruno, capitano onorario dello stato maggiore, dottore in scienze della Sorbona (1872a) Tip. e Lib. S. Giuseppe-Emporio Cattolico: Torino [PA] [editado como Anexo de esta edición como Conferencia para la apertura del curso de Análisis Superior de Astronomía en la Universidad de Turín del 27 de febrero de 1857]

Saggio di catechismo ragionato ad uso degli studiosi della cattolica religione per il cav. F. Faà di Gruno, prof. Alla R. Università dottore in scienze a Parigi e Torino, (1875), Tipografia: S. Giuseppe – Emporio Cattolico: Torino [CR]

“Sullo stabilimento d'un Osservatorio magnetico e meteorologico in Torino” en *Il Cimento. Revista di Scienza, Lettere ed Arti*, Torino, s/d.: Torino [SO]

Sunti di fisica, meteorologia e chimica con tavole ad uso della scuole maschili e femminili pel cavaliere Francesco Faà di Bruno, dottore in scienze presso le Università di Parigi e Torino, direttore del Pio Istituto della SS. Anunziata per Istitutrici ed aspiranti maestre, sito in Torino, Borgo S. Donato. Comprendono quanto richieggono i programmi governativi (1870a) G. B. Paravia e comp.: Torino [SF]

Uno scienziato dinanzi all'Eucaristia. Piccolo omaggio della scienza alla divina eucaristia del cav. Francesco Faà di Bruno prof. D'Analisi superiore all'Università di Torino, Dott. in Scienze all'Università di Torino e di Parigi, (1872) (1960), IV edizione a cura di Mons. Pietro Caramello. Editorial Marietti: Torino.

Vantaggi delle scienze. Discorso del cavaliere Francesco Faà di Bruno, Cap.º onorario di Stato Maggiore, Dottore in Scienze dell'Università di Parigi in occasione di sua solenne aggregazione alla Facoltà di Scienze Fisiche e Matematiche nella R. Università di Torino, (1861) (1872b), Tip. e Lib. S. Giuseppe-Emporio Cattolico: Torino [VS] [editado como Anexo de esta edición como Ventajas de las ciencias. Discurso del Caballero Francesco Faà di Bruno, Capitán honorario del Estado Mayor, Doctor en Ciencias por la Universidad de París, en ocasión de su Solemne Agregación a la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas en la R. Universidad de Torino, 1861]

Sobre Francesco

- Giacardi, L. y Tanzella Nitti, G. (2004a) “Scienza, fede e divulgazione” en Giacardi, L., *Francesco Faà di Bruno. Ricerca scientifica, insegnamento e divulgazione*. Università di Torino-Centro Studi Francesco Faà di Bruno: Torino
- Giacardi, L. (2004b) *Francesco Faà di Bruno. Ricerca scientifica, insegnamento e divulgazione*. Università di Torino-Centro Studi Francesco Faà di Bruno: Torino.
- Ginestra, E. y Amaya, F. (2015) *Epistemología de la creencia: pensar la fe en el s. XXI*. CABA, Editorial Epifanía: CABA
- Ginestra, E. (2013) *Atomismo y eucaristía: un problema, una solución*. Colección Ciencia y religión en diálogo, Editorial Epifanía: Bs. As.
- Ginestra, E. (2011) *Francesco Faà di Bruno. Científico y creyente*. Colección Ciencia y religión en diálogo. Bs. As., Editorial Epifanía: Bs. As.

General

- Cohen, B. (2002) *Revolución en la ciencia. De la naturaleza de las revoluciones científicas, de sus etapas y desarrollo temporal, de los factores creativos que generan las ideas revolucionarias y de los criterios específicos que permiten determinarlas*. Editorial Gedisa: Barcelona
- Comte, A. (1980) *Curso de filosofía positiva y Discurso sobre el espíritu positivo*. Editorial Aguilar: Bs. As.
- Engels, F. (1966a) “Carta a J. Bloch, 21-22 de septiembre de 1890” en Marx, K. y Engels, F., *Obras escogidas en dos tomos*. Tomo II, Editorial Progreso: Moscú
- Engels, F. (1966b) “Carta a K. Schmidt, 27 de octubre de 1890” en Marx, K. y Engels, F., *Obras escogidas en dos tomos*. Tomo II, Editorial Progreso: Moscú
- Gribbin, J. (2005) *Historia de la ciencia. 1543-2001*. Editorial Crítica: Barcelona
- Lord Kelvin. Vida, pensamiento y obra, Colección Grandes Pensadores. Física (2008) Planeta De Agostini: Madrid
- Marx, K. y Engels, F. (1999) *El manifiesto comunista. Antología de textos “El Capital”*. Edicomunicación S. A.: Barcelona

- Marx, K. (1974) “Del epílogo a la segunda edición de El Capital” en *Introducción general a la crítica de la economía política/1857 y otros escritos sobre problemas metodológicos*. Pasado y Presente: Córdoba
- MAXWELL. VIDA, PENSAMIENTO Y OBRA, Colección Grandes Pensadores Física, (2008) Planeta DeAgostini: Madrid
- Moreno González, A. (2006) “Atomismo y Energetismo: controversia científica a finales del siglo XIX” en *Revista Enseñanza de la Ciencias*, 24 (3), 2006, pp. 411-428
- Silva Cibelle, C. (2008) “As analogias mecânicas no estudo do eletromagnetismo no século XIX: as contribuições de Oliver Heaviside” en Lorenzano, P. - Miguel, H. (eds.), *Filosofía e Historia de la ciencia en el Cono Sur*. Vol. 2, CCC Educando: Bs. As.

Introducción

El siglo XIX presenta para la Química un escenario ideal para el reconocimiento y evolución de esta ciencia. Es un período de caos en la Química y falta de consenso que dificulta la comunicación, pero también el surgimiento de químicos brillantes que trabajarán en pos de la organización y reconocimiento de esta ciencia como una disciplina de gran importancia a nivel social, económico e industrial. La evocación de la disciplina lleva a la profesionalización. Durante este siglo además se desarrolla la Química Orgánica y se sientan las bases para su comprensión como rama.

En este capítulo ofreceré en primer lugar una descripción de la Química en la primera mitad del siglo XIX con la finalidad de introducir al lector en los conceptos y teorías aceptadas y los conflictos reinantes. A continuación, presentaré la situación de los químicos y la necesidad de reorganizar la disciplina mediante la comunicación y el consenso que se pretenden establecer durante el Congreso de Karlsruhe. Seguidamente, realizaré un breve relato acerca de la constitución de la Química como disciplina y la evolución de su enseñanza en el siglo XIX.

Por último, destacaré mediante el análisis de la obra de Francesco su preocupación por la educación de sus compatriotas, desde diferentes perspectivas: desde la rigurosidad y actualización conceptual, como desde la enseñanza de la química y desde la lingüística.

La Química en la primera mitad del siglo XIX

Las ideas que fundamentarán la Química y que impulsarán su evolución surgirán de experiencias realizadas y desarrolladas entre 1772 y 1787 por Lavoisier. Este investigador es el responsable de la primera ley que ha sido la base para establecer otras, ley de la conservación de la masa, la cual es el resultado de investigaciones cuantitativas. Este enunciado legaliforme primigenio per-

37 Profesora de Química (ISFDN°45) y Profesora de Biología (ISFDN°29). ISFDN°29 Profesora responsable de las siguientes cátedras: Química y laboratorio I (Profesorados de Química, Biología y Física para el nivel Secundario). Química de los alimentos (Profesorado de Química) Laboratorio didáctico (Profesorado de Química) Espacio de la práctica docente IV (Profesorado de química) ISFDN°29 Profesora suplente en la siguiente cátedra: Química y su enseñanza (Profesorado de Química). Capacitadora del Componente II. INFD. Curso: "Situaciones de lectura y escritura en ciencias en la escuela primaria". Curso: "La importancia de las actividades de exploración en el primer ciclo de la EP". Especialización en enseñanza de las ciencias de la naturaleza (UNIPE).

mitió la explicación final de los procesos de combustión y la demostración de la importancia de la medida exacta de las masas en un proceso, es decir, la necesidad de la utilización de balanzas con la mayor precisión posible. Proporcionó una base teórica para el análisis cuantitativo. La nueva interpretación de las combustiones permitió desacreditar y eliminar por completo la teoría del flogisto de Stahl. Señaló a los nuevos investigadores el camino a seguir remarcando la importancia del estudio cuantitativo de los procesos químicos, llegando a establecer las nuevas leyes que en su conjunto han dado estructura a la Química Moderna. Siguiendo este camino, Richter en 1792 estableció y enunció la ley de los equivalentes, Proust en 1795 la ley de las proporciones constantes y Dalton entre 1803 y 1807, la ley de las proporciones múltiples. Todas íntimamente relacionadas y que contribuyeron en forma fundamental al desarrollo y progreso de la Química.

Durante el s. XIX se pueden advertir algunos problemas considerados en la antigüedad que resurgen y pasan a ser el centro de atención, por ejemplo: el átomo. Hasta este momento el átomo no era visto como un concepto indispensable, ya que los investigadores no debían recurrir a ese concepto para explicar los fenómenos químicos estudiados. Esta situación comenzó a cambiar con la enunciación de una de las leyes básicas de la química: la ley de las proporciones definidas o constantes de Proust (1799-1806), la que a fines del s. XVIII no fue debidamente apoyada por la experimentación. Proust escribió:

Debemos reconocer una mano invisible que maneja la balanza en la formación de los compuestos. Un compuesto es una substancia a la cual la Naturaleza asigna relaciones fijas, es un ser al cual la Naturaleza crea siempre con una balanza en la mano, *pondere et mesura* (Haber-Schaim, 1979)

Proust se enfrentó al químico francés más prestigioso de la época, Claude Louis Berthollet³⁸ (1748-1822) quien en forma inmediata puso en tela de juicio la ley establecida por aquel. Berthollet presenta algunos compuestos para su argumentación que parecían guardar proporciones indefinidas; sin embargo esto no alcanzó para que los químicos de la época lo apoyara. Hacia fines de la primera década del s. XIX los químicos estaban de parte de Proust.

Dalton propuso la ley de las proporciones múltiples: “Cuando dos substancias se combinan para formar varias substancias compuestas, el peso de una de ellas relacionada a un mismo peso de la otra, da por resultado la

38 El Conde de Berthollet se hizo acreedor a la máxima distinción que otorga Francia: La Legión de Honor.

obtención de número enteros y generalmente pequeños.” Esta ley se funda sobre la teoría atómica. Dalton sostuvo que todos los fenómenos químicos podían explicarse admitiendo que los cuerpos están formados por pequeñísimas partes, indivisibles e indestructibles, de distinto peso a los que llamamos átomos. Un elemento, según Dalton, se caracteriza por tener átomos iguales³⁹, mientras que un compuesto, por poseer átomos distintos; por lo cual las combinaciones químicas se dan a través de los elementos y por lo tanto se efectuarían por intermedio de los átomos que los forman.

Tanto la ley de Proust como la de Dalton eran totalmente compatibles con la teoría atómica.

Las ideas de Dalton tienen como objetivo convertir en indiscutible el concepto de proporción, de combinación mediante unidades discretas y adopta la siguiente regla: cuando dos elementos forman un solo compuesto, éste es binario y combina un átomo de uno con un átomo de otro. Cuando forman dos compuestos uno es binario, con un átomo de cada tipo y, el otro ternario con dos átomos de uno por un átomo del otro, y así sucesivamente.

A finales de 1809 Gay Lussac anunció que los volúmenes de gases que se combinan son proporcionalmente simples y que el volumen de la combinación formada es también proporcionalmente simple a la suma de los volúmenes de gases componentes”. Las relaciones de volumen parecían confirmar las leyes ponderales; sin embargo Gay-Lussac rechaza la hipótesis de Dalton, y éste duda de la veracidad de la ley de Gay-Lussac.

Otros científicos realizan trabajos a partir de los conocimientos sobre la electricidad. Entre los químicos que se ocuparon de esta cuestión se puede citar a Faraday con sus trabajos sobre la electrólisis; Humphrey Davy con las experiencias sobre electrización química y Juan Jacobo Berzelius quien revela que la unión de las bases y los ácidos (neutralización) obedece a su polaridad eléctrica⁴⁰.

Dalton propuso una simbología química, que incluía círculos y puntos, que le permitía representar el número de átomos que intervenía en la formación de un compuesto. Esto lo llevó a determinar el peso atómico de diferentes elementos. Dalton eligió al hidrógeno como unidad de su sistema de pesos atómicos.

Berzelius fue el creador de una simbología moderna aceptada en forma universal. Esta notación se basó en que los elementos se representarían mediante un símbolo formado por la primera letra del nombre latino o griego latinizado; si hubiera coincidencia en la letra inicial sería seguida por una

39 En 1911 J.J. Thomson descubre la existencia de isótopos por lo cual todos los átomos de un mismo elemento no son iguales, ya que pueden diferir en la masa atómica.

40 En el texto de Francesco se hace referencia a cuerpos electropositivos y cuerpos electronegativos.

letra diferencial. Además, incorpora exponentes para indicar el número de veces que la cantidad ponderal designada por el símbolo se encuentra en el compuesto.⁴¹ A partir de 1817 el peso atómico se impone como criterio de clasificación y ordenamiento de los elementos. Se dedica a corregir los pesos atómicos de Dalton y publica en 1818 su “tabla de pesos atómicos”, que revisa y corrige en forma constante y que sirve de patrón internacional casi hasta la década del 40.

Döbereiner, sobre la base de los pesos atómicos de Berzelius, establece una serie de “tríadas” de elementos en las que aplica la correlación entre la aritmética de los pesos atómicos y las analogías de las propiedades químicas.

Amadeo Avogadro, un químico italiano, en 1811 formuló la primera ley que permite relacionar datos experimentales pertenecientes a diferentes disciplinas⁴². Avogadro propuso la hipótesis denominada “Hipótesis molecular de Avogadro”: “en condiciones iguales de temperatura y presión, volúmenes iguales de gases diferentes contienen el mismo número de moléculas”. Una hipótesis simple para poder explicar la conjunción de proporciones ponderales y volumétricas. Demostró que las discrepancias pueden armonizarse si se distinguen *moléculas integrantes*⁴³ de las *moléculas elementales*⁴⁴. Solo en el caso de las primeras, puede decirse que volúmenes iguales contienen un número igual de moléculas.

Con la distinción entre átomo y molécula, considerando al primero objeto de la combinación y al segundo sujeto de la reacción, están establecidas en las bases de la teoría atómica; sin embargo, esta hipótesis fue ignorada y rechazada por la mayoría de los químicos de la época hasta 1860, e incluso durante más tiempo⁴⁵.

La mayor parte de los químicos franceses y algunos químicos alemanes influyentes como Liebig y Wöhler adhieren a un sistema de equivalentes concebido por el alemán Leopold Gmelin. El sistema se construye a partir de las relaciones ponderales de combinación sin hacer ninguna referencia a las relaciones volumétricas.

41 Esta simbología está aún hoy en uso.

42 Avogadro fue nombrado en 1806 ayudante de Matemáticas y Física en el *R. Collegio delle Provincie* (Turín). En 1820 el rey Vittorio Emanuele I instituyó en la Universidad de Turín la primera cátedra de Física Sublime (luego llamada de Física Superior y Física Matemática), Avogadro fue nombrado profesor de esa cátedra que dictó hasta que fue suprimida en 1822 por el gobierno surgido luego de los movimientos revolucionarios que se suscitaron en Italia. La cátedra comenzó a funcionar nuevamente en 1833 a cargo del matemático y físico Augustin Louis Cauchy y el 1834 fue nuevamente encomendada a Avogadro, quien la dictó hasta 1850, año en el que se retiró de la enseñanza. (Cfr. Halperin de Destailats, 1965).

43 Avogadro denomina *moléculas constituyentes o integrantes* a las unidades físicas de los gases que determinan su volumen y a las que actualmente llamamos moléculas.

44 Avogadro denomina *moléculas elementales* a lo que actualmente llamamos átomo.

45 “No son raros los casos de teorías y descubrimientos que, en su día, fueron considerados heterodoxos e inaceptables y han acabado por convertirse en el punto de vista dominante con el paso de los años” (Campanario, 2004).

Reorganización de la Química: El congreso Karlsruhe

A mediados del siglo XIX la cuestión de las notaciones atómicas era un caos; para los químicos de la época era imposible entenderse. Hasta la década del '40, independientemente de los conflictos, siempre se había logrado establecer un consenso en torno al sistema de Berzelius (1830-1840) y en torno al de Gmelin (década del '40). Sin embargo en la década del '50 la comunidad química es "la piedra movediza". El conflicto entre equivalentistas y atomistas está en el punto más alto, conflicto pronunciado a su vez por serias divergencias internas. Los equivalentistas pueden elegir entre: equivalentes relaciones ponderales de combinación o en relaciones volumétricas, o pueden optar por un sistema mixto adoptando siempre la fórmula más simple. Entre los atomistas no hay acuerdo. La notación de Gerhardt sirvió como punto de reunión, propuso la reducción de todas las fórmulas a una base de volumen común.

En 1858 Cannizzaro propone duplicar los pesos atómicos de varios metales y Wurtz introduce algunas modificaciones. Sin embargo no había acuerdo y una misma fórmula podía ser utilizada para designar varias sustancias por ejemplo el caso de OH que para unos designaba al agua y para otros al peróxido de hidrógeno. A su vez, una misma sustancia podía escribirse de varias maneras, el ejemplo más conocido corresponde a las diecinueve fórmulas que Kekulé pudo representar para el ácido acético. Nos encontramos con una divergencia de escritura en química que dificulta la comunicación entre los científicos, a tal punto que casi la imposibilita.

Kekulé decide reunir a sus colegas en el Congreso de Karlsruhe en el año 1960. Wurtz y Kekulé redactan una circular en la que indican el objetivo del congreso, e. e., finalizar con las divergencias profundas de la simbología, puesto que aparecen como un elemento disruptor y confuso dañando la comunicación y la difusión, necesarias para el quehacer científico. Se hacía necesario abordar un problema teórico fundamental ya que el acuerdo en las cifras y las fórmulas está subordinado a un consenso en las definiciones de conceptos básicos: átomo, molécula y equivalente. En el congreso no hubo grandes acuerdos. Dumas defendió la notación de Berzelius, Kekulé declaró que lo importante era determinar mediante el consenso una notación que permitiera unificar criterios sin importar cual fuera, pero Cannizzaro quería rehabilitar la hipótesis de Avogadro. Insiste en la distinción entre átomo y molécula, logra convencer a la mayoría de los participantes. Basándose en la hipótesis de Avogadro, había elaborado un documento explicando las diferencias entre átomo y molécula; así como en las distinciones entre pesos atómicos y moleculares, proponiendo pesos atómicos a los elementos basándose en los datos experimentales

conocidos. De esta manera se comienzan a resolver muchos problemas de composición de los compuestos químicos. El Congreso de Karlsruhe inicia la sistematización de la Química. Se distinguieron los conceptos de átomo y molécula, se asignaron pesos atómicos y moleculares, se reconoció que ciertos elementos químicos eran diatómicos, se adoptaron fórmulas que representen mejor los compuestos químicos.

En toda Europa comenzó a utilizarse la notación de Gerhardt revisada por Cannizzaro y a definirse la molécula y el átomo como lo hace Wurtz en su *Dictionnaire de Chimie*: el átomo es “la masa más pequeña capaz de existir en combinación” y la molécula “la cantidad más pequeña capaz de existir en estado libre”. La idea de una molécula formada por dos átomos de la misma naturaleza ya no disgusta como a principios del siglo XIX; ya no hay ningún obstáculo para revalorizar la Ley de Avogadro.

Los argumentos expuestos durante el congreso entusiasman a dos jóvenes profesores de química, Mendeleev de Rusia y Meyer de Alemania. Ambos, por separado, pero en la misma época diseñarán un sistema de organización de los elementos químicos sobre la base de los pesos atómicos recomendados por Cannizzaro. En 1869 Mendeleev dió a conocer su sistema de clasificación de los elementos basado en el peso atómico creciente. Según este científico: “las propiedades de los elementos son funciones periódicas de sus pesos atómicos”. Sin embargo, los elementos no siempre fueron dispuestos en orden creciente de sus pesos atómicos, en algunos casos fueron dispuestos en orden decreciente⁴⁶; es decir, se respetó sobre el peso atómico las propiedades físicas y químicas de los elementos que formaban parte de una misma familia⁴⁷. Deja además espacios vacíos⁴⁸ en su tabla para elementos desconocidos anticipando futuros descubrimientos y deduce las propiedades de estos a partir de la información proporcionada por los elementos que rodeaban a las casillas vacías. Mendeleev reintroduce la distinción entre átomo y molécula propuesta por Avogadro ilustrando, mediante el caso del carbono, que se presenta en forma de tres cuerpos simples: grafito, carbón y diamante.⁴⁹

Un año después de que Mendeleev presentara su sistema de ordenamiento de los elementos, Meyer (1830-1895) publica una tabla en la que agrupa los elementos con el mismo criterio, es decir, peso atómico creciente.

46 Inversión periódica: yodo-telurio.

47 Habrá que esperar al siglo XX para que Moseley descifre el verdadero fundamento del sistema periódico de Mendeleev. El criterio de ordenamiento será el utilizado actualmente: número atómico creciente.

48 Mendeleev no fue el primero en dejar casillas vacías, ya lo había hecho Newlands.

49 Variedades alotrópicas. La alotropía es un fenómeno según el cual una misma sustancia simple puede tener distintas propiedades físicas y químicas.

Breve reseña sobre la Química Orgánica en el siglo XIX

Los conocimientos con los que se contaba al comienzo del s. XIX sobre Química Orgánica⁵⁰ eran menos desarrollados en relación a los conocimientos de Química Inorgánica. Los principales químicos que se dedicaron a esta nueva rama fueron, entre otros, Thénard (1777-1857), Chevreul (1786-1889), Dumas(1800-1884), Liebig (1803-1873), Wöhler (1803-1882), y Gerhardt (1816-1856), Pasteur (1822-1895), Berthelot (1827-1907) y Kekulé (1829-1896).

Chevreul demostró que en la saponificación, cuando interviene el agua, lo que se liberan son ácidos grasos y la glicerina. Es el primero en obtener la hematoxilina. Investigando sobre la orina de diabéticos logra comprobar que el azúcar existente en la uva es el mismo eliminado en la orina. Inventó la vela de estearina que cambió la vida de la sociedad en el s.XIX.

Dumas realizó trabajos para comprobar las propiedades de los ésteres y fue también el primero en aislar el antraceno a partir del alquitrán de la hulla. En 1835 junto a Peligot descubrió el alcohol metílico mediante destilación seca de la madera. Más allá de sus descubrimientos materiales se le atribuye a Dumas la gran capacidad de realizar deducciones teóricas. Concluye que son las funciones químicas las que caracterizan a las sustancias; sin embargo el concepto de función, eje fundamental para la comprensión y desarrollo de la Química Orgánica, no quedó definido con sus ideas sino que Gerhardt fue quién más avanzó en pos de su progreso.

Liebig formuló una idea bastante similar a la actual sobre los radicales. Demostró que un cuerpo simple puede tener como equivalente a un radical y estableció claramente la diferencia entre un radical inorgánico y otro orgánico. Según Liebig y Dumas, en Química Inorgánica, una radical es simple y en Química Orgánica es compuesto; ambas ramas se rigen por las mismas leyes de la combinación y las leyes de la reacción. Liebig realizó estudios sobre el proceso de fermentación y se mostró contrario a la teoría de Berzelius, quien consideraba a las fermentaciones como simples fenómenos catalíticos⁵¹.

En 1828, Wöhler por primera vez obtuvo una sustancia orgánica sin la intervención de “la fuerza vital”⁵². Apareció de la mano de Wöhler la

50 La denominación antigua de Química Orgánica hacía referencia al estudio de las sustancias de los seres vivos, y según se decía sólo a partir de ellos se podrían obtener tales sustancias.

51 La obra de Francesco incluye acerca de las fermentaciones las conclusiones de Pasteur.

52 Antes de la síntesis de la urea se creía que las sustancias orgánicas se formaban bajo la influencia de una “fuerza vital”, mientras que las inorgánicas eran de naturaleza inanimada. Concepto que seguían sosteniendo químicos prestigiosos como Berzelius. Actualmente la división de la química en orgánica e inorgánica se basa en la presencia de átomos de carbono en los compuestos orgánicos, en especial en la presencia de cadenas carbonadas.

síntesis orgánica. La síntesis de la urea se obtuvo a partir de una sustancia inorgánica, el cianato de sodio, puesta en contacto con el sulfato de amonio y mediante la acción del calor. A partir de este hallazgo se abandonó el concepto de “fuerza vital” y se entendió que en verdad la Química Inorgánica y la Orgánica eran una sola. La síntesis no solo fue un gran avance en la Química, sino que comenzó una revolución en otras ciencias, tales como la Biología y la Medicina.

Asimismo, Gerhardt reconoció la homología entre los compuestos orgánicos al admitir que existen sustancias que difieren entre sí en un radical. Clasificó a los compuestos orgánicos en series que distinguió en homólogas (sustancias que difieren en un radical), isólogas (sustancias con funciones análogas) y heterólogas (sustancias de diferente función). Estableció que el elemento de referencia para determinar la valencia debía ser el hidrógeno; de esta manera un elemento tendría el número de valencias correspondientes a los átomos de hidrógeno con los que pudiera combinarse. Se sabía que la afinidad era la tendencia de los elementos a combinarse y que esta propiedad dependía de los átomos y que determinaba un estado de saturación. La capacidad de combinación estaba reglada por la valencia⁵³. En el caso del carbono la posibilidad de generar un gran número de compuesto se explicó mediante las propiedades que presenta, a decir, la posibilidad de unirse consigo mismo y la posibilidad que presenta cada átomo de carbono de unirse con cuatro elementos monovalentes.

Por su parte, Berthelot logró prestigio debido a la síntesis de un gran número de sustancias obtenidas en el laboratorio artificialmente, entre ellas podemos citar: alcohol metílico, alcohol etílico, grasas, el bonzol, el alcanfor, el acetileno y el ácido fórmico. Fue, además, quien halló la explicación a los calores químicos de combustión, neutralización, combinación, etc. Diferenció las reacciones exotérmicas de las reacciones endotérmicas.

En 1858 Kekulé, tomando como base la anotación atómica de Gerhardt, reafirma la tetravalencia del átomo de carbono. La Química Orgánica incluía compuestos de la serie grasa o acíclica y de la serie aromática o cíclica. La serie grasa se podía representar mediante cadenas lineales en las que no había dudas sobre la saturación; sin embargo, para la serie cíclica na había una representación gráfica que permitiera respetar la tetravalencia del átomo de carbono. Para mantener el concepto de la tetravalencia del carbono Kekulé adoptó la forma cíclica y hexagonal para representar al benceno⁵⁴. Este modelo permitió explicar y representar la saturación de las cuatro valencias de cada uno de los seis átomos de carbono que formaban

53 Concepto deducido por Frankland.

54 El benceno fue descubierto por Faraday en 1825

parte del hexágono o anillo, es decir, del benceno. El benceno fue el primer miembro de la serie de compuestos denominados aromáticos que crecería de forma exponencial a partir de ese momento.

La Química Orgánica evolucionó en forma paralela al desarrollo técnico, industrial y económico del s. XIX. El constante descubrimiento de sustancias orgánicas sumado a la evolución de la síntesis orgánica cambiará la vida cotidiana.

La profesionalización de la Química

El s. XIX deja atrás por completo a esa Química misteriosa y solitaria para dar paso a una disciplina que se practica en sociedad, y que presenta un nuevo perfil de científicos que hacen carrera y prosperan en los altos puestos⁵⁵. La autoridad, el prestigio, el respeto y la dignidad reemplazan a las ideas arraigadas en la sociedad que desacreditaban el ejercicio de la Química; en definitiva, el químico ha logrado el reconocimiento público. Cada régimen político tiene su químico; los empleos múltiples para un químico famoso son habituales, casi obligados. Como expresan Bernadette y Stenger en su libro: “La alquimia hacía promesas, la química hace proezas.”

La Química es reconocida socialmente como disciplina, y no una ciencia auxiliar de la Farmacia, la Meteorología y la Medicina. La promoción de su enseñanza superior genera la multiplicación de las cátedras en todos los lugares en los que se dictan ciencias experimentales. Esta disciplina se incorpora lentamente hasta que llega a imponerse en todas los estudios⁵⁶. Los profesores argumentan la necesidad de más cátedras mediante la demanda industrial de químicos cualificados, promocionando a la Química como una ciencia útil al servicio no solo de la industria sino también de la sanidad y de la agricultura, es decir, de las necesidades de la población.

Comienzan a crearse instituciones docentes y de investigación que permiten la difusión del conocimiento y la formación de gran cantidad de químicos capaces de acreditar sus conocimientos. El desarrollo industrial requiere de químicos formados en técnicas determinadas que derivan en la incorporación de programas especializados. De allí que se ejerza como una profesión de tiempo completo y bien remunerada. La importancia de la profesionalización se puede observar en la incorporación de jóvenes inves-

55 Gay Lussac fue director del Departamento de Garantía de la Casa de la Moneda, presidente de la Compañía de Saint-Gobain, diputado por Haute Vienne por Francia. Berthelot fue presidente de la Sociedad Química Francesa, Inspector General de Enseñanza Superior, Senador vitalicio, Ministro de Instrucción Pública, Ministro de Asuntos Exteriores.

56 En 1815, en Inglaterra la química se convierte en materia obligatoria en el plan de estudios de Medicina. En la Escuela Politécnica, en Francia, la química es un componente principal de los planes de estudio.

tigadores como ayudantes de laboratorio. Adquiere una impronta nacional que se evidencia en los diferentes programas de investigación propuestos en las universidades de los países europeos⁵⁷. Unos pocos químicos famosos acumularon las cátedras y tomaron la responsabilidad de la enseñanza de la Química; sin embargo la formación dependerá del establecimiento formador, ya que se produjo una gran disparidad entre las grandes escuelas y las facultades. Los docentes sobrecargados de trabajo imparten una enseñanza superficial y descuidan sus trabajos de investigación. A pesar de que se proponen cursos de Química Aplicada, la actividad experimental no es habitual, en general el objetivo práctico se reemplaza en beneficio de la Química teórica. Los profesores deberán convertir las teorías en saberes asimilables.

Los químicos comienzan a viajar a otros países para compartir e intercambiar información, algo que podría correlacionarse con los actuales *meeting* de trabajo. Este tipo de actividad permitió la libre circulación del conocimiento y el afianzamiento de relaciones humanas; pero a la vez se profundizó la competencia entre los modos de organización institucional nacional poniendo en tensión no solo a la Química como ciencia sino también a su enseñanza.

Aportes de Francesco a la Enseñanza de la Química en Italia

Francesco, presenta en el *Sunti* a la Química desde una perspectiva descriptiva. Si bien es una obra enciclopedista desde el punto de vista didáctico, también es una maravillosa recopilación de conceptos básicos actualizados necesarios para que las maestras formadas en las escuelas de Francesco tuviesen una formación básica en esta ciencia y pudiesen de esta manera ser agentes multiplicadores. De esta manera, Francesco anhela que sus maestras puedan formar ciudadanos capaces de avanzar con el progreso científico-tecnológico; entiende, además, que con los cambios en los programas de investigación los requerimientos son otros. La actividad científica desde el siglo XVI emerge a la vida social, la alquimia da a las mujeres la posibilidad de acercarse a la ciencia y a la experimentación, al poder tomar cursos para preparar medicinas. Esta apertura ha permitido que durante esa época las mujeres hayan podido construir conocimiento científico que han transmitido a través de sus escritos⁵⁸. Sin embargo ya en el s. XVIII la

57 Tras un ensayo pionero de laboratorio de enseñanza en Hungría, la Escuela Politécnica establece por primera vez trabajos prácticos de laboratorio obligatorios en química. Y, más tarde, Justus von Liebig inventa una fórmula original: el laboratorio- escuela. (Morrell, 1972; Fruton, 1990).

58 Es el caso de Marie Meurdrac.

mujer ha dejado de tener acceso a la actividad científica. Cabe destacar la preocupación de Francesco acerca de la instrucción de las mujeres en ciencias, como lo señala en el aviso del *Sunti*, al indicar la necesidad de elevar la instrucción de la mujer.

Deja entrever su postura acerca de la concepción de ciencia a la que adhiere, una ciencia que se está desarrollando, al escribir:

Se dicen simples a aquellos cuerpos que hasta el momento no se han podido descomponer en otros cuerpos, y cuerpos compuestos a aquellos que resultan de la combinación de dos o más cuerpos simples. Los cuerpos simples hasta ahora conocidos son aquellos indicados en la tabla IV (*SF*)

En primera instancia se puede decir que el formato del texto corresponde al de un manual, en el que están incluidos los conceptos básicos para incorporarse en el estudio de la Química con una simplicidad destacada para la época, ya que era muy difícil encontrar buenos manuales. Químicos como Menndelejev habían decidido escribir sus propios manuales para la enseñanza de la química en sus cátedras. Cita las leyes más importantes en vigencia: Ley de las proporciones definidas, Ley de las proporciones múltiples de Dalton, Ley de Gay-Lussac, Ley de Avogadro, Leyes de Bertholett y Ley de Dulong-Petit. Esto es un signo de la actualización que caracteriza a Francesco y del compromiso en la recopilación. Sin embargo, se han dejado de lado los procesos que han llevado a la construcción del conocimiento y los actores implicados en dichos procesos. No se describen experimentos, técnicas, ni instrumental específico.

En segunda instancia, se observa la inclusión de aspectos descriptivos técnicos, incluidas características específicas sobre ciertos elementos y sustancias, dándole además importancia a las características organolépticas, y a los usos comunes en la vida cotidiana⁵⁹. El manual aparece como producto de la investigación y recopilación de datos, que permite el registro de los conceptos básicos estandarizados y ordenados para facilitar su comprensión y memorización. En la época en la que Francesco escribe el *Sunti* los manuales cumplen un rol primordial en cuanto a su finalidad pedagógica: presentar el saber organizado, normalizado y transmisible.

En tercera instancia, en la obra de Francesco se puede reconocer su voluntad de divulgación científica. Francesco escribe en una de las variedades lingüísticas del norte de Italia, el piamontés, su lengua materna. Esto

59 Actualmente este tipo de descripción estaría relacionada con el enfoque CTS.

indica su preocupación acerca del acceso de la población a los conceptos básicos de la Química⁶⁰; en definitiva, sobre la importancia que le da a la educación de los ciudadanos. Al escribir su manual en piemontés deja en evidencia al público al que dirige su obra sumado a esto la claridad en la narración y la incorporación de usos cotidianos de algunas sustancias como, por ejemplo, el uso medicinal de algunas sustancias.

Por último, en cuanto a la Química Orgánica, Francesco incorpora solo algunos conceptos: los jabones, la lejía y las fermentaciones. Es destacable la inclusión de estos temas en el *Sunti*, ya que la Química Orgánica, a pesar de los grandes avances que tuvo durante la primera mitad del s. XIX, estaba surgiendo como rama de la química. También esta decisión muestra la idea de unificación de las bases de la Química, si bien la Inorgánica y la Orgánica son ramas distintas, las leyes que las rigen son las mismas. La explicación acerca de las fermentaciones la da Pasteur, a partir de experiencias que le permiten en 1857 demostrar que la fermentación es ampliamente independiente de la naturaleza del cuerpo fermentable; pero en cambio es totalmente dependiente de la presencia o ausencia de fermento. Francesco explica y diferencia las fermentaciones con rigurosidad conceptual pero a la vez con notable simpleza. No es casual la inclusión de los tres temas mencionados con anterioridad, ya que tienen una íntima relación con el desarrollo industrial de la época.

60 Entre 1850 y 1870 se produce el proceso de unificación de Italia; hasta 1965 Turín fue la capital de las Provincias Italianas Unidas. Luego la capital pasa a ser Florencia y comienza el proceso de unificación lingüística, por lo que la lengua hegemónica pasa a ser el toscano que es la variedad lingüística de Florencia.

Bibliografía

- Bauer, H. (1933) *Historia de la Química*. Editorial Labor, S.A: Barcelona-Buenos Aires.
- Bensaude-Vincent, B. y Stengers, I. (1997) *Historia de la Química*. Addison-Wesley: Madrid.
- Berthelot, M. (1890) *Una revolución en la Química. Lavoisier*. Editorial Losada S.A: Bs. As.
- Campanario, J. M. (2004) “Científicos que cuestionan los paradigmas dominantes: algunas aplicaciones para la enseñanza de la ciencia” en *Revista electrónica para la enseñanza de las ciencias*. Nº 3 (3), 2004, pp. 257-286
- Cid Manzano, R. (2009) “El Congreso de Karlsruhe: paso definitivo hacia la química moderna” en *Rev. Eureka Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6 (3), pp. 396-407.
- Halperin de Destailats, L. (1965) *Teoría atómico-molecular. Dalton-Avogadro-Ampere*. EUDEBA: Bs. As.
- Moore, F. J. (1953) *Historia de la Química*. Salvat Editores, S.A.: Barcelona.
- Morre, J. (1972) “The Chemist breeders: the research schools of Liebig and Thomson” en *Ambix*. 19, 1972, pp. 1-6
- Solsona Pairó, N. (2014) “Redefinir y resignificar la historia de la Química: Marie Meurdrac” en *Enseñanza de las ciencias*, 33.1, 2015, pp. 225-239

La Didáctica de las Ciencias Naturales como disciplina consolidada

Paula Natalia Martín⁶¹
María Cecilia Pacheco Insauti⁶²

Introducción

La didáctica de las ciencias como disciplina académica es, a menudo, considerada en relación de dependencia con otros campos disciplinares, tales como las propias ciencias naturales, la pedagogía, o la psicología educativa⁶³. Otra tendencia común es caracterizar la investigación didáctica como un campo *interdisciplinar* en el que trabajan profesionales que pertenecen a distintas áreas⁶⁴. Estas dos visiones no se ajustan completamente a la particular naturaleza epistemológica del conocimiento didáctico de las ciencias, y de acuerdo a la configuración actual de la didáctica de las ciencias es posible argumentar en favor de un modelo de *disciplina autónoma*⁶⁵.

La didáctica de las ciencias presenta perfiles ciertamente paradójicos y problemáticos, ya que, por un lado, las ciencias experimentales son una fuente primordial para el conocimiento didáctico y constituyen las disciplinas de origen de gran parte de la comunidad investigadora implicada y, por otro, su objeto de estudio, la educación científica y la formación del profesorado de ciencias, en la medida que se desarrolla en sistemas humanos, se ubica en el ámbito de las ciencias sociales⁶⁶. Con frecuencia, el contraste epistemológico entre las ciencias experimentales y las ciencias sociales ha sido presentado como un contraste entre *disciplinas maduras y consolidadas* (las primeras) y *disciplinas jóvenes y difusas* (las segundas)⁶⁷. Es

61 Prof. y Lic. en Biología (UNSL). Especialista en Educación y TIC (Ministerio de Educación, Presidencia de la Nación). Maestranda en Ingeniería Ambiental (UNdeCuyo) Profesora Responsable Área Ciencias Naturales para Ciencias Naturales y su Didáctica 2, del Profesorado de Educación Primaria (IFDC - SL)

62 Prof. y Lic. en Biología (UNSL). Doctoranda en Biología (UNSL). Profesora responsable de Educación Tecnológica, con extensión a Ciencias Naturales y su Didáctica I del Profesorado en Educación Primaria (IFDC - SL)

63 Adúriz-Bravo e Izquierdo (2001)

64 Peme- Aranega (1997)

65 Adúriz Bravo (1999)

66 Cfr. Cleminson (1990), Astolfi (1993), Peme-Aranega (1997), Porlán (1998), Espinet (1999), Gil-Pérez, *et. al.* (2000)

67 Porlán (1998)

cierto que la edad de una ciencia es una variable que influye poderosamente en el rigor de sus métodos y en la racionalidad y coherencia de su cuerpo teórico, de ahí que existe una opinión más o menos generalizada acerca de la consolidación definitiva de la didáctica de las ciencias como cuerpo teórico y como comunidad académica⁶⁸.

Varios estudios más bien recientes revisan la evolución histórica y conceptual de la didáctica de las ciencias. La existencia de tales estudios y la posibilidad de trazar una genealogía del campo de la Didáctica de las ciencias, se apoya necesariamente en cierto grado de consolidación de la disciplina, que permita a sus miembros distanciarse de la práctica y tomarla como objeto de reflexión⁶⁹.

Evolución histórica de la Didáctica de las Ciencias

De acuerdo con Matthews, la introducción de tópicos correspondientes a la historia de la ciencia en la enseñanza de las disciplinas científicas puede favorecer el desarrollo de habilidades de razonamiento y de pensamiento crítico, así como contribuir a una mejor comprensión de los conceptos científicos⁷⁰. Debería mostrarse que el conocimiento científico actual es el resultado de un largo proceso, en el que la interrelación teoría-empiría es constante y se encuentra permanentemente afectada por factores de diversa índole: filosóficos, culturales, sociales, estéticos y tecnológicos, entre otros⁷¹. Desde esta perspectiva, cada conocimiento científico es la conclusión de un largo proceso de construcción histórica⁷². Pero además de la historia de la ciencia propiamente dicha, existe una disciplina relacionada, que ha dado en llamarse la «historia de la enseñanza de la ciencia», la cual estudia las modalidades, formas y características que la enseñanza de las disciplinas científicas ha adoptado a lo largo de las épocas.

El desarrollo de la didáctica de las ciencias se ha venido dando a partir de las propias ciencias naturales y los aportes epistemológicos y psicológicos más que pedagógicos. Es una disciplina con carácter propio, dotada de perspectiva teórica, que a la vez está conectada con otras, pero su autonomía la apoya en las ciencias.

68 Gil- Pérez (2000), Toulmin (1972)

69 Adúriz Bravo (1999)

70 Cfr. Matthews (1994)

71 Cfr. Arriasecq Greca (2005)

72 Cornejo (2006)

Según Adúriz-Bravo y Espinet⁷³, se habla de cinco etapas en el desarrollo histórico de la didáctica de las ciencias, caracterizadas por sus referentes epistemológicos y psicopedagógicos; estas etapas tienen coincidencia entre la estadounidense y la europea y están caracterizadas por el tipo de investigación empírica.

Las cinco etapas se desarrollan de la siguiente manera:

1. *Etapa Adisciplinar.*

Desde fines del siglo XIX hasta mediados de la década del 50 del siglo XX aparecen las primeras muestras de una preocupación teórica por la calidad de la enseñanza de las ciencias naturales en la escuela.

Desde las primeras muestras de una preocupación teórica por la calidad de la enseñanza de las ciencias naturales en la escuela (a fines del siglo XIX, cuando la ciencia sale del nivel universitario), y hasta mediados de la década del '50 del siglo XX, el volumen de trabajos en el campo que hoy llamamos didáctica de las ciencias es reducido. Estos trabajos se sitúan en diferentes marcos conceptuales (no siempre formalizados ni explícitos), con base en la pedagogía, en la psicología, en las propias ciencias naturales y, en menor medida, en la epistemología y la historia de la ciencia.

La disparidad de estas producciones y la falta de conexión entre sus autores nos permiten sostener la inexistencia de la didáctica de las ciencias, como campo de problemas y como cuerpo internacional de investigadores. Sólo podemos hablar de una serie de estudiosos de distintas disciplinas que coinciden en su preocupación por la problemática de la educación científica.

Se puede obtener una idea de la fragmentación y escasez de consenso en esta etapa examinando la publicación estadounidense *Science Education*, que precedió a la disciplina que tomará ese mismo nombre por lo menos cincuenta años (la revista comienza a aparecer en 1916).

Arrieta Gallástegui⁷⁴, hablando de la didáctica de la matemática, atribuye la falta de consolidación de esa disciplina en su primera etapa a la inexistencia de *clientes* que demandaran el conocimiento científico y tecnológico específico que le daría más tarde identidad. Esta explicación puede ser trasladada a nuestro campo, considerando que tal clientela aparece con la preocupación que supuso, para los Estados Unidos, la percepción de un «retraso» científico respecto de la Unión Soviética, atribuido a la baja calidad de la preparación científica de la población en general (es el famoso episodio del lanzamiento del Sputnik como inicio de un cambio para la educación científica)⁷⁵.

73 Cfr., sobre ambos, (1999)

74 Cornejo (2006)

75 Para comprender mejor la idea, téngase en cuenta Aliberas (1989)

2. *Etapa Tecnológica.*

Como respuesta a la preocupación antes expuesta, en la década del 50 y 60 en medio del cambio del currículo de ciencias en el mundo anglosajón, con la voluntad de cambio de los planes de alfabetización científica, se inicia la etapa tecnológica⁷⁶. La didáctica de las ciencias eficientista de ésta etapa pretende apoyarse en el conocimiento científico generado en áreas disciplinares externas. Se denomina tecnológica debido a la intervención que tiene en el aula sin necesidad de ocuparse en el desarrollo del conocimiento.

Se ponen en marcha una serie de programas a gran escala, que toman como orientación teórica diversas investigaciones en psicología del aprendizaje que son *inespecíficas* de los contenidos de las ciencias. Estos programas son luego evaluados con un aparato metodológico fuertemente cuantitativo⁷⁷.

Esta didáctica de las ciencias pretende apoyarse en el conocimiento científico generado en áreas disciplinares periféricas, y genera una base de prescripciones, recursos y técnicas de corte claramente metodológico.

Según Aliberas, esta didáctica de las ciencias tecnológicas está caracterizada por una precisa delimitación de sus objetivos y metas. El posterior cuestionamiento de estas metas, a causa del fracaso manifiesto de las acciones destinadas a mejorar el nivel de la educación científica de la población general, desemboca en el colapso del incipiente campo de estudios⁷⁸. El campo resurgirá con identidad propia, basado en un nuevo enfoque que pretende estar cada vez menos ligado a las fuentes teóricas externas. Estará a partir de entonces más preocupado por la *aculturación* científica del ciudadano que por la formación de élites científicas.

3. *Etapa Protodisciplinar.*

En la década del '70 se genera un consenso acerca de la existencia de un nuevo campo de estudios académicos, en donde los investigadores de la didáctica de las ciencias se consideran miembros de una misma comunidad, en donde formulan problemas propios y distintos. Algunos problemas en sus principios están ligados a los aprendizajes de ciencias, produciendo una separación entre los modelos psicológicos (aprendizaje) y los nuevos modelos didácticos⁷⁹.

Estos problemas estarán ligados inicialmente al aprendizaje de los contenidos específicos de ciencias (principalmente de física), a partir del cual se verificará una progresiva separación teórica de los tradicionales modelos

76 Cfr. Bybee (1977)

77 Cfr. Fensham (1988) y Gutiérrez (1985)

78 Cfr. Izquierdo (1990)

79 Muñoz García (2013)

psicológicos y los nuevos modelos didácticos. Como Laurence Viennot⁸⁰ señalará más tarde, el extraordinario empuje que recibió esta línea psicologista fundacional (llamada de las *concepciones alternativas*) pudo deberse a la necesidad de mostrar desde la naciente didáctica de las ciencias logros académicos rápidos y contundentes.

Los estudios en didáctica de las ciencias ganan su reconocimiento en el nivel universitario (por lo menos en los países líderes del proceso), aunque generalmente se mantienen en la estrecha periferia de los tradicionales estudios científicos naturales, en forma de especializaciones y postgrados. Sin embargo, la percepción de un colectivo creciente de personas guiadas por los mismos fines es anterior a la identificación de un cuerpo coherente de modelos teóricos que respondan a esos fines, como explicaremos posteriormente. Es por ello que se habla de una etapa *protodisciplinar*, en la que varias escuelas todavía no suficientemente estructuradas compiten para establecerse como base teórica de la comunidad⁸¹.

Cada una de estas escuelas trabaja aisladamente de las demás, llegando incluso a desconocer la existencia de las otras. Ellas comienzan a perfilar las diferentes líneas que conformarán más tarde la disciplina, así como los variados marcos teóricos externos que convergerán en ella, adaptados y hechos propios, para darle entidad. La competencia conceptual de estas distintas líneas queda plasmada en los numerosos debates a nivel teórico y metodológico que tienen lugar por esos años (uno de los más importantes es el que involucra a los didactas de las ciencias Jim Novak y Antón Lawson, representantes de las facciones *ausubeliana* y *piagetiana* respectivamente⁸².

4. *Disciplina Emergente.*

En la década del '80 los investigadores comienzan a preocuparse por la coherencia teórica del cuerpo de conocimiento acumulado. Al reconocimiento de la existencia de un conjunto de personas guiadas por la misma problemática, sigue el análisis más riguroso de los marcos conceptuales y metodológicos que deberían conducir la exploración convergente y sistematizada de la problemática didáctica.

Esta autorrevisión, caracterizada por una fuerte *apertura interdisciplinar*⁸³, desemboca sobre el fin de la década en un consenso creciente acerca de que el *constructivismo*, en su vertiente didáctica, es la base teórica común a la mayor

80 Citada en Gil-Pérez (1994)

81 Cfr. Lamb (1976)

82 Cfr. Adúriz-Bravo (1999)

83 Cfr. Astolfi y Develay (1989)

parte de los estudios del campo⁸⁴. A su vez, el enrolamiento masivo (a menudo a nivel de discurso superficial) en las filas de este constructivismo, ha dado paso a un estudio más serio acerca de las posibilidades que tiene este marco de convertirse en un modelo teórico robusto, y de guiar la didáctica a modo de paradigma.

Los diversos autores que revisan esta época caracterizan la didáctica de las ciencias en evolución acelerada como una disciplina *emergente* desde el punto de vista epistemológica, utilizando para ello los llamados modelos *evolucionistas* de dinámica científica⁸⁵.

5. *Disciplina Consolidada.*

Durante los últimos años con los avances que ha tenido la disciplina existe una opinión generalizada acerca de la consolidación de la disciplina como cuerpo teórico y como comunidad académica. Se consolida con la enseñanza, pues la didáctica tiene una condición necesaria: coherencia propia, transponible y difundible. La enseñabilidad de esta didáctica está atada al conjunto de reglas que tiene la comunidad académica para hacer públicos los saberes⁸⁶.

Joshua y Dupin⁸⁷, autores del primer manual universitario de didáctica de las ciencias, se basan para afirmar tal situación en la premisa de que la disciplina ha madurado lo suficiente como para poder ser enseñada a su vez. La *enseñabilidad* es vista como un argumento central para sostener la solidez de la disciplina, pues tiene como condición necesaria la existencia de una estructura de coherencia propia, transponible y difundible (podemos conceptualizar esta enseñabilidad como un conjunto de reglas implícitas que tiene la comunidad académica para hacer públicos sus saberes). Producción de manuales y diccionarios de didáctica, y la estructuración de planes de estudio de postgrado son signos de esta enseñabilidad, que muestran la existencia de un discurso comunicable. El consenso casi unánime mantenido respecto de la consolidación parece apoyarse, aunque muchas veces no explícitamente, en una serie de indicadores empíricos que dan cuenta de la madurez de la didáctica de las ciencias. Algunos de estos indicadores son la cantidad de producciones anuales, que ha crecido exponencialmente⁸⁸; la consolidación de redes de difusión de resultados a

84 Izquierdo (1990) y Moreira y Calvo (1993)

85 Aliberas, *et. al.* (1989) y Porlán (1998)

86 Gil-Pérez, *et. al.* (2000) y Adúriz-Bravo e Izquierdo (2001)

87 Cfr. Joshua y Dupin (1993)

88 Gil-Pérez (1996)

nivel mundial, tales como los importantes congresos en diferentes subespecialidades⁸⁹; el reconocimiento de la didáctica de las ciencias como área de conocimiento específica y como titulación de postgrado⁹⁰; y, fundamentalmente, la creciente complejidad y potencia heurística de varios de los modelos formulados, que comienzan a poseer una estructura ampliamente reconocida como científica, y que se están unificando cada vez más en familias teóricas.

Cabe destacar que estos modelos son *específicos* de la disciplina, integran sólidamente aspectos psicológicos, pedagógicos y epistemológicos, sin constituir meras adaptaciones de marcos teóricos externos⁹¹. Conforman lo que podemos llamar el *constructivismo didáctico*.

Etapa	Referentes epistemológicos	Referentes psicopedagógicos	Metodología de la investigación empírica
Adisciplinar (1880-1955)	Variados (Positivismo lógico)	Variados (Pedagogía Activa)	No hay investigación empírica
Tecnológica (1955-1970)	Positivismo lógico	Neoconductismo Teoría de la instrucción de Bruner	Investigación evaluativa (cuantitativa): no hay investigación básica
Protodisciplinar	(casi no tiene; se cita a Kuhn)	Modelos de Piaget y Ausubel	Cuantitativa y cualitativa; centrada en el aprendizaje
Emergente (1980-1990)	Epistemologías poskuhnianas	Modelos cognitivos y constructivistas	Mayormente cualitativa; investigación sobre enseñanza, aprendizaje y contenidos

89 Sanmartí (1995)

90 Carrascosa, *et. al.* (1997)

91 Cfr. Adúriz-Bravo e Izquierdo (2001)

Consolidada (1990)	Epistemologías actuales; Epistemología escolar	Modelos constructivistas	Casi exclusivamente cualitativa; paradigma metodológico constructivista
-----------------------	---	-----------------------------	--

Breve caracterización de la evolución de la didáctica de las ciencias en cinco etapas, marcadas por sus referentes psicopedagógicos y epistemológicos, y la naturaleza de su investigación empírica. Las fechas son aproximadas (Adúriz-Bravo, 2000).

Por otro lado, también es conveniente analizar los planteamientos epistemológicos de Toulmin⁹², ya que dicho autor describe, desde una perspectiva integradora, alejada de la comparación simplista y excluyente entre ciencias experimentales y sociales, las características comunes a todas *las disciplinas profesionalizadas*, sean consideradas científicas o no, en contraste con aquellas actividades humanas no profesionales, que no tienen carácter disciplinar. Para este autor las disciplinas son “empresas racionales en evolución” que implican un proceso de selección y comprensión colectiva de “poblaciones conceptuales”.

En concreto, dichas características son: *a)* un conjunto de problemas específicos, conceptuales o prácticos; *b)* la existencia de una comunidad profesional crítica; *c)* un punto de vista general y compartido sobre la disciplina (metas e ideales); *d)* estrategias y procedimientos aceptados; y *e)* poblaciones conceptuales en evolución vinculadas a los problemas específicos.

Atendiendo a estos criterios, el autor establece tres grupos diferentes de disciplinas: las *compactas o maduras* (cuando reúnen todos los requisitos); las *difusas* (cuando sólo reúnen algunos de ellos) y las *posibles* (cuando pueden llegar a reunirlos). Toulmin distingue también entre *disciplinas explicativas*, que, como su nombre indica, tienen como meta la descripción y explicación de los problemas específicos que les atañen, y *disciplinas prácticas*, que pretenden la resolución de problemas prácticos y, en consecuencia, la orientación rigurosa de procesos concretos de transformación de la realidad.

De acuerdo a las características de Toulmin, la didáctica de las ciencias se configura como una disciplina *compacta y madura* (cumple con los requisitos expuestos), y *práctica* (sus problemas específicos se refieren a la educación científica).

92 Toulmin (1972)

Consideraciones epistemológicas sobre la Didáctica de las Ciencias como disciplina autónoma

Desde las perspectivas epistemológicas, históricas y sociológicas es posible afirmar que la didáctica de las ciencias no constituye actualmente una parte de la didáctica general, aunque se relaciona crecientemente con ella; tampoco se inscribe estrictamente en el ámbito de las disciplinas pedagógicas⁹³, aunque podamos identificarla temáticamente con estudios educativos en sentido amplio. Es decir, estamos hablando de un modelo de didáctica de las ciencias como disciplina autónoma⁹⁴.

Los elementos empíricos y teóricos que permiten sostener este modelo no pertenecen a la pedagogía, la psicología o la filosofía de la ciencia, y además se hallan articulados entre sí formando un marco teórico de creciente autoconsistencia⁹⁵.

A partir de su conformación como disciplina científica (hacia 1970, en las etapas antes mencionadas protodisciplinar y emergente), la didáctica de las ciencias se ha alejado en forma creciente de la tradicional didáctica metodológica presente en la formación del profesorado en ciencias, estrechamente vinculada a la pedagogía. La didáctica de las ciencias actual se configura como una confluencia de Europa continental con la investigación anglosajona en «science education», de naturaleza curricular y psicologista, más que como una heredera directa de las didácticas especiales de las distintas ciencias.

Esta creciente independencia ha sido explicada por medio de un modelo epistemológico evolucionista⁹⁶. La didáctica de las ciencias se ha constituido a partir de las ciencias naturales, saliendo de su propio cinturón metateórico y enriqueciéndose con aportes epistemológicos y psicológicos más que pedagógicos. La didáctica de las ciencias tomó sus fundamentos iniciales de diversas disciplinas humanísticas⁹⁷.

La visión de la didáctica de las ciencias en la actualidad es la de una disciplina por el momento *autónoma*, centrada en los contenidos mismos de las ciencias (esto es, una disciplina de basamento mayormente epistemológico), y nutrida por los hallazgos de otras disciplinas ocupadas de la cognición y del aprendizaje (psicología y ciencia cognitiva).

Cabe aclarar que dicha disciplina no surge de la confluencia de una didáctica general y una psicología educacional *con* las ciencias mismas, a

93 Joshua y Dupin (1993)

94 Adúriz-Bravo e Izquierdo (2001)

95 Cfr. Adúriz-Bravo (1999)

96 Aliberas, *et. al.* (1989)

97 Peme-Aranega (1997)

modo de campo interdisciplinar de enlace⁹⁸. Es más bien una disciplina con carácter propio, con una clara perspectiva teórica dada por su familia de modelos específicos. Está ricamente conectada con otras, pero que las supera sin constituir un agregado de saberes ni una aplicación de modelos teóricos externos a situaciones didácticas particulares.

La Didáctica de las Ciencias Naturales en la actualidad

Actualmente se considera a las ciencias naturales como un proceso de construcción social del conocimiento, cuya evolución está sujeta a los intereses políticos, económicos y sociales de cada momento⁹⁹. Las ciencias “naturales” interpretan la realidad (“natural”), no representan esta realidad; no constituyen cuerpos acabados de conocimientos sino procesos de construcción de conocimientos e interpretaciones.

“El problema de la enseñanza tradicional de la ciencia no es lo que enseña sobre la ciencia sino lo que no enseña” (Ziman, 1978). Los currículos habituales en ciencia se han centrado en los contenidos conceptuales y se han regido por la lógica interna de la ciencia, pero se han olvidado de formar sobre la ciencia misma: ¿qué es la ciencia?, ¿cómo funciona internamente?, ¿cómo se desarrolla?, ¿cómo se construye su conocimiento?, ¿cómo se relaciona con la sociedad?, ¿qué valores utilizan los científicos en su trabajo profesional?¹⁰⁰ Todos estos aspectos constituyen la Naturaleza de la Ciencia (NdC). Entendiéndose por Naturaleza de las Ciencias, a un término poliédrico y complejo que refleja la complejidad misma de la ciencia. Se refiere a todas aquellas características de la ciencia como forma de construir conocimiento, de manera de entender cabalmente cómo funciona la ciencia, como construye sus ideas y valida sus afirmaciones. En forma genérica, la naturaleza de la ciencia se refiere a las diversas aportaciones que pueden hacer las metaciencias a la educación científica¹⁰¹.

Este campo toma el nombre del objeto sobre cuya enseñanza reflexiona críticamente; tal objeto constituye una componente “emergente” del currículo de ciencias para todos los niveles educativos, desde el inicial hasta el universitario, componente que es de carácter metacientífico (es decir, de segundo orden), pues constituye una reflexión sobre la naturaleza profunda del conocimiento científico (*producto*) y de la actividad científica (*proceso*).

98 Cfr. Fernández Huerta (1990)

99 Cfr. Martín Díaz (2002)

100 Cfr. Vázquez Alonso (2007)

101 Matthews (1994) e Izquierdo-Aymerich (1996 y 2000)

La naturaleza de la ciencia tiene relaciones con la historia, la filosofía de la ciencia, la indagación científica y cuestiones socio-científicas o asuntos tecnocientíficos con interés social. Frente a ésta concepción, en la actualidad la didáctica de las Ciencias Naturales se apoya en tres ejes centrales, que constituyen aspectos de la Naturaleza de la Ciencia, estos son:

- Enfoque Sistémico / Interdisciplinario.
- Enfoque Histórico.
- Enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad.

El Enfoque Sistémico en la didáctica moderna de las Ciencias Naturales.

El enfoque sistémico es una manera de abordar y formular problemas con vistas a una mayor eficacia en la acción, que se caracteriza por concebir a todo objeto (material o inmaterial) como un sistema o componente de un sistema. Entendiendo por sistema una agrupación de partes entre las que se establece alguna forma de relación que las articule en la unidad que es precisamente el sistema¹⁰².

El enfoque sistémico “admite la necesidad de estudiar los componentes de un sistema, pero no se limita a ello. Reconoce que los sistemas poseen características de las que carecen sus partes, pero aspira a entender esas propiedades sistémicas en función de las partes del sistema y de sus interacciones, así como en función de circunstancias ambientales. Es decir que el enfoque sistémico invita a estudiar la composición, el entorno y la estructura de los sistemas de interés”¹⁰³.

Como vemos, el enfoque sistémico se sustenta en la idea y el concepto de sistema. Entendiendo a un sistema como una agrupación de elementos en interacción dinámica organizados en función de un objetivo. Este concepto de sistema es válido desde una célula hasta el universo considerado como un sistema de sistemas.

Se está tornando cada vez más evidente que la mayoría de los objetos con que tratamos, particularmente en lo social, son sistemas multifacéticos y, como tales, están fuera del alcance de los especialistas estrechos. Estamos aprendiendo gradualmente, a veces a altos costos, que el mejor experto es multidisciplinario (...). En suma, estamos aprendiendo a

102 Cfr. Aquiles Gay (2007)

103 Bunge (1995: 7-8)

abordar los problemas de manera sistémica aun cuando no empleamos esta expresión (Bunge, 1995: 13)

Para poder entender y explicar el funcionamiento de los sistemas, el hombre, durante siglos ha buscado reducir el todo a una serie de elementos separables más pequeños, es decir descomponer ese todo en partes elementales para estudiarlas en condiciones ideales (sin entorno)¹⁰⁴. Es decir se ha centrado en el estudio de porciones reducidas de la realidad (con la correspondiente pérdida de la visión del conjunto), pensando que una vez conocidas las características y el comportamiento de cada elemento, la recomposición del sistema -teniendo en cuenta las relaciones entre las partes- le posibilitaría llegar a conocer el comportamiento del todo, es decir de la actividad global.

Esto es un *enfoque analítico* (analizar separadamente las partes) que no corresponde con la realidad pues es imposible independizar el comportamiento de un elemento del contexto en el que está inserto. El comportamiento de un sistema no se puede prever o explicar simplemente a través del estudio y análisis de cada una de sus partes, pues el todo no es igual a la suma de las partes, sino que casi siempre es mayor.

Esta forma de enfocar el estudio de los sistemas, que es la que ha prevalecido desde la Grecia clásica hasta nuestros días, parte del principio de estudiar aisladamente y con gran detalle las diferentes partes de un sistema. Una excepción a esta forma de razonar fue el planteo de Aristóteles que decía, “*el todo es más que la suma de las partes*”; proposición que fue ignorada por la visión mecanicista vigente hasta ahora.

Recordemos que Descartes en su *Discurso del método*, plantea que para entender algo, “*se lo debe descomponer en tantos elementos simples como sea posible*” (Descartes, 1980: 83).

Este enfoque analítico, reduccionista y determinista, y su correspondiente metodología, ha marcado y, podemos decir, posibilitado el gran desarrollo de las ciencias naturales (física, química, biología, etc.), y sigue teniendo gran interés científico, habiéndose también hecho extensivo a otros campos, como por ejemplo el de la organización científica del trabajo (taylorismo).

Este enfoque, en principio válido cuando las variables en juego no son muchas, o sus relaciones son sencillas, es insuficiente cuando se trata de enfocar problemas complejos. El tema de la complejidad, cada vez más creciente, de los productos tecnológicos, y como consecuencia lo difícil y

104 Cfr. Aquiles Gay (2007)

laborioso que puede llegar a ser el estudio de su comportamiento, nos lleva a apelar a un enfoque más globalizador: *el enfoque sistémico*.

Buscando comprender y describir la complejidad organizada, ha surgido un enfoque unificador, que si bien no es una idea nueva, lo que es nuevo es la integración de disciplinas realizadas en su entorno. Este enfoque transdisciplinario se llama “enfoque sistémico”. Es una “nueva metodología que permite reunir y organizar los conocimientos con vistas a una mayor eficacia de la acción”¹⁰⁵.

A diferencia del enfoque analítico, el enfoque sistémico engloba la totalidad de los elementos del sistema estudiado así como sus interacciones y sus interdependencias, y sirve como guía para interrogarse sobre el comportamiento de los sistemas.

El enfoque sistémico es una herramienta para la comprensión global de acciones, procesos y artefactos, y no debe reducirse a la aplicación rutinaria de esquemas de representación, sino que debe explorarse en su potencialidad, analizando las interacciones que se producen en un sistema, de las cuales emergen propiedades no reconocibles en ninguno de sus elementos o partes.

Uno de los aspectos relevantes del enfoque sistémico es la capacidad que aporta como ordenador y generador de preguntas en relación al sistema en estudio, con un esquema de abordaje que es generalizable a otros sistemas y a distintas jerarquías de sistemas.

El Enfoque Histórico en la didáctica moderna de las Ciencias Naturales.

La historia de la ciencia nos permite entender su naturaleza. La historia de la ciencia puede mostrar en detalle algunos momentos de transformación profunda de una ciencia. Indicar cuáles fueron las relaciones sociales, políticas, económicas que entraron en juego. Lo que puede dar herramientas para comprender la situación actual de la ciencia.

Este enfoque considera la importancia de retomar aspectos históricos durante la enseñanza de las ciencias. Algunas de las ventajas que representa la enseñanza de la historia de la ciencia tienen que ver con el hecho de la perspectiva histórica proporciona juicio y claridad, a la vez que permite relacionar el conocimiento científico a un contexto espacial y temporal facilitando la explicación de la ciencia como una actividad social. Por otro lado, permite enseñar los conceptos científicos en orden de complejidad, de los más sencillos a los más complejos; promueve el entendimiento y

105 Cfr. Rosnay (1978)

la difusión de la ciencia. Sin mencionar que es una forma entretenida de aprender ciencia.

El Enfoque de Ciencia, Tecnología y Sociedad en la didáctica moderna de las Ciencias Naturales.

La idea de ciencia y tecnología como “grandes empresas que tienen lugar en contextos específicos configurados por, y a su vez configuradores de, valores humanos que se reflejan y refractan en las instituciones culturales, políticas y económicas”¹⁰⁶, aparece presente en la corriente denominada socioconstructivismo¹⁰⁷ y ligada a los movimientos CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad), que tienen su origen en las décadas de los ’60 y ’70.

Así, la didáctica de saberes desde el enfoque en CTS, facilita una mirada socialmente contextualizada de la actividad científica, la incorporación de disciplinas humanísticas y sociales para entender en qué consiste la actividad científica y cómo se desarrolla¹⁰⁸.

La educación en ciencias desde el enfoque CTS está

(...) inscrita en esta nueva dinámica cultural, que reta a pensar nuevas propuestas curriculares en las que se reflexiones acerca de las relaciones entre la ciencia y su conocimiento (...) [y del] desarrollo de habilidades para la toma de decisiones relacionadas con problemas socio-científicos” (citado en Tamayo y Orrego, 2005, p. 4).

Igualmente, la Ciencia, Tecnología y Sociedad como propuesta, trata de comprender mejor la ciencia y la tecnología en su contexto social, analizando las relaciones mutuas entre los desarrollos científicos y tecnológicos y los procesos. Aquí, la didáctica de saberes desde el enfoque CTS constituye un planteamiento adecuado para los niveles de enseñanza, y desde la transposición didáctica a la formación de conocimientos y la participación ciudadana, responsable y democrática¹⁰⁹.

106 Cutcliffe (1990)

107 Cfr. Fourez, (2000)

108 Cfr. Muñoz García (2013)

109 Para profundizar, cotejese el texto de Acevedo (2009)

Bibliografía

- Acevedo, J. A. (2009) “Conocimiento didáctico del contenido para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia (I): el marco teórico” en *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6 (1), pp. 21-46
- Adúriz-Bravo, A. (1999) *Elementos de teoría y de campo para la construcción de un análisis epistemológico de la didáctica de las ciencias*. Tesis de Maestría, Universitat Autònoma de Barcelona
- Adúriz-Bravo, A. (en prensa) “Consideraciones acerca del estatuto epistemológico de la didáctica específica de las ciencias naturales” en *Revista del Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Educación*
- Adúriz-Bravo, A. e Izquierdo, M. (2001) “La didáctica de las ciencias experimentales como disciplina tecnocientífica autónoma” en Perales, F. J. y otros (comps.): *Las didácticas de las áreas curriculares en el siglo xxi*. Grupo Editorial Universitario: Granada
- Adúriz-Bravo, A. (1999-2000) “La didáctica de las ciencias como disciplina” en *Enseñanza*, 17-18, pp. 61-74
- Aquiles, G. (2007) “Enfoque Sistémico” en *Temas para Educación Tecnológica*. Ediciones Tec., pp. 63-76
- Arriasecq, I., y Greca, I. (2005) “Análisis de aspectos relevantes para el abordaje de la Teoría de la Relatividad Especial en los últimos años de la enseñanza media desde una perspectiva contextualizada histórica y epistemológicamente” en *Revista de Enseñanza de la Física*, vol. 18, n.º 1, pp. 17-28
- Arrieta Gallástegui, J. (1989) “Investigación y docencia en didáctica de las matemáticas: Hacia la constitución de una disciplina” en *Studia Paedagogica*, 21, pp. 7-17
- Astolfi, J. P. y Develay, M. (1989) *La didactique des sciences*. PUF: París
- Astolfi, J. P. (1993) “Trois paradigmes pour les recherches en didactique” en *Revue Française de Pédagogie*, 103, pp. 5-18
- Aliberas, J. (1989) *Didàctica de les ciències. Perspectives actuals*. Eumo: Vic
- Bunge, M. (1995) *Sistemas sociales y filosofía*. Editorial Sudamericana: Bs. As.
- Bybee, R. (1977) “The new transformations of science education” en *Science Education*, 61, pp. 85-97
- Carrasco, et. al. (1997) “Puede hablarse de consenso constructivista en

- la educación científica?” en *Enseñanza de las Ciencias*, 1999, 17 (3) pp. 503-512
- Carretero, M. y Limón, M. (1997) “Problemas actuales del constructivismo. De la teoría a la práctica” en Rodrigo, M. y Arnay, J. (eds.) *La construcción del conocimiento escolar. Ecos de un debate*. Paidós: Barcelona
- Cleminson, A. (1990) “Establishing an epistemological base for science teaching in the light of contemporary notions of the nature of science and how children learn science” en *Journal of Research in Science Teaching*, 27 (5), pp. 429-445
- Cornejo, J. A. (2006) “Apuntes sobre la historia de la enseñanza de la ciencia y la tecnología en la escuela argentina (1880-2000)” en *Historia de la educación - anuario*, 7, pp. 155-181. Recuperado en 15 de agosto de 2017, de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2313-92772006000100008&lng=es&tlng=es
- Cutcliffe, S. H. (1990) “Ciencia, Tecnología y Sociedad: un campo disciplinar” en Medina y Sanmartín (eds.) *Ciencia, Tecnología y Sociedad. Estudios interdisciplinarios en la universidad, en la educación y en la gestión pública*. Anthropos: Barcelona
- Espinet, M. (1999) *Memoria del Proyecto Docente*. Universitat Autònoma de Barcelona: Barcelona
- Descartes, R. (1980) *Discurso del método*. Alianza Editorial: Madrid
- Fernández-Huerta, J. (1990) “Niveles epistemológicos, epistemagógicos y epistemo-didácticos en las didácticas especiales” en *Enseñanza*, 8, pp. 11-29
- Fensham, P. (1988) “Familiar but different: Some dilemmas and new directions in science education” en Fensham, P. (d.) *Development and dilemmas in science education*. Falmer: Londres
- Fensham, P., y Harlem, W. (1999) “School Science and public understanding of science” en *International Journal of Science Education*, 21(7), pp. 755-763
- Fourez, G. (2000) *La construcción del conocimiento científico*. Narcea: Madrid
- Gil-Pérez, D. (1994) “Diez años de investigación en didáctica de las ciencias: Realizaciones y perspectivas” en *Enseñanza de las Ciencias*, 12, 154- 164.

- Gil Pérez, Carrascosa, J. y Martínez-Terrades, S. (2000) “Una disciplina emergente y un campo específico de investigación” en Perales, F. J. y Cañal, P. (dirs.) *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*. Marfil: Alcoy
- Gutiérrez, R. (1985) “La investigación didáctica en el área de ciencias: ¿nueva crisis de paradigmas?” en *Enseñanza de las Ciencias*, número extra I Congreso, p. 5
- Izquierdo, M. (1990) *Memoria del proyecto docente e investigador*. Universitat Autònoma de Barcelona: Bellaterra
- Izquierdo-Aymerich, M. (1996) “Relación entre la historia y la filosofía de la ciencia y la enseñanza de las ciencias” en *Alambique*, 8, pp. 7-21
- Izquierdo-Aymerich, M. (2000) “Fundamentos epistemológicos” en Perales, F.J. y Cañal, P. (eds.). *Didáctica de las ciencias experimentales: Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*, 35-64. Marfil: Alcoy
- Joshua, S. y Dupin, J. J. (1993) *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. PUF: París
- Lamb, M. E. (ed.) (1976) *The role of the father in child development*. Wiley: New York
- Martin Diaz, M. J., Gómez Crespo, M.A. y Gutiérrez J. (2000) *La física y la química en Secundaria*. Narcea: Madrid
- Martin Diaz, M. J. (2002) “Enseñanza de las ciencias, ¿para qué?” en *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* 1, 2. <http://www.saum.uvigo.es/reec/>
- Moreira, M. A. y Calvo, A. (1993) “Constructivismo: Significados, concepciones erróneas y una propuesta” en *Memorias de la VIII Reunión de Educación en Física*, pp. 237-248
- Matthews, M.R. (1994) “Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual” en *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), pp. 255-277
- Muñoz Garcia, G. A. (2013) “Pensar la didáctica de saberes: Aproximación desde el enfoque ciencia, tecnología y sociedad” en *Revista Trilógica* No. 9 / ISSN 2145-4426 / julio-diciembre / 2013, pp. 47 – 59
- Porlán, R. (1998) “Pasado, presente y futuro de la didáctica de las ciencias” en *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (1), pp. 175-185
- Rosnay, J. (1978) *El macroscopio*. Ediciones AC: Madrid

- Sanmartí, N. (1995) *Memoria del proyecto docente e investigador*. Universitat Autònoma de Barcelona: Bellaterra
- Tamayo, O., y Urrego, C. (2005) (S. f.) “Aportes de la naturaleza de la ciencia y del contenido pedagógico del conocimiento para el campo conceptual de la educación en ciencias” en *Revista Educación y Pedagogía*, XVII (43), en <http://aprendeonline.udea.edu.co/revistas/index.php/revistaeypp/article/viewFile/6051/5457>
- Toulmin, S. (1972) *Human Understanding. Vol. 1: The Collective Use and Evolution of Concepts*. Princeton: Princeton University Press. (Trad. cast. (1977) *La comprensión humana. Vol. 1: El uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Alianza: Madrid)
- Vásquez, Á. y Manassero, M. A. (2007) “Las actividades extraescolares relacionadas con la ciencia y la tecnología” en *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 9 (1). Consultado el 19/08/2017 en: <http://redie.uabc.mx/vol9no1/contenido-vazquez3.html>

Segunda Parte

SUNTI
DI
FISICA, METEOROLOGIA E CHIMICA
CON TAVOLE

AD USO
DELLE SCUOLE MASCHILI E FEMMINILI

PEL CAVALIERE

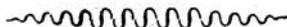
FRANCESCO FAÀ DI BRUNO

Dottore in scienze presso le Università di Parigi e Torino,
Direttore del Pio Istituto della SS. Annunziata
per Istitutrici ed Aspiranti Maestre, sito in Torino, Borgo S. Donato.

COMPREDONO QUANTO RICHIEGGONO I PROGRAMMI GOVERNATIVI

*Solet plus prodesse, si pauca sapientiae
praecepta teneas, sed illa in promptu, ut in
usu tibi sint, quam si multa quidem didi-
ceris, et illa ad manus non habeas.*

SENECA, Lib. I. De beneficiis.



1870

PRESSO G. B. PARAVIA E COMP.

FIRENZE
Via Ghibellina,
N. 110.

TORINO
Via Doragrossa,
N. 23.

MILANO
Galleria De Cristoforis,
N. 16 e 17.

TEMAS

DE

FÍSICA, METEOROLOGÍA Y QUÍMICA

CON TABLAS

PARA EL USO

DE LAS ESCUELAS MASCULINAS Y FEMENINAS

POR EL CABALLERO

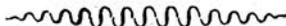
FRANCESCO FAÀ DI BRUNO

Doctor en Ciencias por las Universidades de París y Torino,
Director del Pío Instituto de la Santísima Anunciada
Para las Institutrices y Aspirantes a Maestras, en Torino, Barrio San Donato

COMPRENDE CUANDO EXIGEN LOS PROGRAMAS GOBERNANTES

Suele ser más útil que dominar pocas sentencias sapienciales, pero inmediatas y de provecho, que aprender muchas, pero no tenerlas a mano.

SÉNECA, Libro I, De Beneficiis



1870

IMPRESO EN G. B. PARAVIA Y COMP.

FLORENCIA
Via Ghibellina,
N° 110



TURÍN
Doragrossa,
N° 23



MILÁN
Gallería De Cristoforis
N° 16 a 17

Prefacio

Entre los libros publicados por las editoriales que utilizan los jóvenes estudiantes masculinos y femeninos, no he encontrado ninguno que satisfaga el siguiente doble objetivo; 1° ser un compendio de todo lo que el estudiante debe aprender, sea para responder categóricamente y sin divagaciones a los exámenes; sea para tener una guía en la mente para la posterior empresa del conocimiento: ya que es sabido que en la ciencia no se puede progresar, sin haber fijado primero en la mente los principios más incuestionables, las verdades más necesarias. 2° dejarle al joven estudiante los últimos descubrimientos de la ciencia, al menos de aquellos que indican un verdadero progreso para la misma. Así, el estudiante, que no se distraiga en largos razonamientos reflexivos, no confundirá lo accesorio con lo principal, la forma con la sustancia, aprenderá profundamente, y bien, lo que importa realmente saber con fundamento para el futuro desarrollo de su inteligencia, y podrá además con mayor facilidad adelantarse en el estudio de las obras que tratan más difusamente y “ex profeso” la materia. Y que la cosa sea así, lo dicen los mismos esfuerzos espontáneos de los estudiosos y de los autores en general. Qué significan entonces aquellos resúmenes o compendios que los alumnos se procuran de las clases, sino la necesidad que sienten de reducir a pocas fórmulas mnemotécnicas la ciencia. Y, por otra parte, los mismos escritos didácticos, si bien son inferiores generalmente a las exigencias del progreso, también por el contenido mismo en parangón de aquellos que se publican o se publicaron hace treinta años, ¿no muestran que no se desea para nada dejar rápido la enseñanza elemental de cuanto indica el progreso la enseñanza superior? Y ¿cómo tolerar ciertos libros que te hablan todavía, por ejemplo, del fluido calórico, de fuerzas centrífugas como fuerzas dadas, de mayor difracción en medios más densos, te ocultan las teorías simples y fecundas de la luz; o después de ser difundidas sobre un argumento no te dejan manifestar una clara y limpia definición, una propiedad saliente que concentre, sustancialmente la explicación del fenómeno?. El buen saber, para mí, consiste en definir bien. Pero en los libros es rarísimo. Emocionado de tales consideraciones he redactado estos “Temas de física” para reunir, si es posible, los deseos o fines de los estudiantes. No me he restringido exclusivamente a los programas; 1° porque pueden cambiar mientras que la lógica y la ciencia no cambian; 2° porque estos no pueden tener siempre detrás al progreso. Sin embargo (para conciliar las necesidades de los alumnos con las exigencias de la ciencia), se encontrará en este manual mnemotécnico todo lo que requieren los programas, como una tabla de referencia al final.

He, asimismo, relegado a las notas lo que sirve para explicaciones del texto, o sea, lo que debiera enteramente saberse y retenerse. Con las notas y con las explicaciones orales de los profesores no dudo que los alumnos encontrarán en estos Temas lo que ellos necesitan saber.

Observo también, que en un espacio tan pequeño es imposible decir todo o ser preciso con rigor científico, ya que son tantas las excepciones a las leyes y tantas las circunstancias variantes a un fenómeno dado; por eso la exposición de la Física está restringida a un campo pequeño, que termina siendo necesariamente imperfecta. Pero alcanzará como objetivo, haber suministrado al estudiante, en el modo más claro, los primeros términos de la serie infinita del conocimiento físico, aquel que se develará, después con el tiempo y con las aplicaciones de tantos, alcanzarla en todo su conjunto (aunque sea imposible por ser finito).

Aviso

Creo que es bueno prevenir a los lectores que en estos *Temas* se intentó, en función de la carencia de las exposiciones y del género de aprendices, exponer la Física bajo el punto de vista mecánico, en la cual se señala la actualidad el progreso científico, habituando así a las jóvenes mentes a la idea que todo en la naturaleza es consecuencia mecánica de pocas fuerzas impresas por innumerables e invisibles átomos; que todo es un movimiento con una sucesiva armonía para lo infinitamente pequeño y para lo infinitamente grande; que nada es obra del caos; que todo es calculable y previsible, previsto en las fuerzas y sus puntos de aplicación; que está en nosotros estudiar sin tregua ni descanso a la naturaleza si queremos indagar los magníficos e importantes secretos, que siempre nos responderá constante y fiel a nuestros deseos, recompensando nuestras fatigas con descubrimientos gloriosos y con felices aplicaciones para la industria. Porque se sabe, mayoritariamente entre los italianos, que si *poder es querer*, mucho más *poder es saber*.

No se crea que en este libro, dedicado también a la cultura de la mujer, he querido dedicarle mucho. La experiencia en mi Instituto me demuestra lo contrario. Y por ellas es tiempo que, cada día, al pecho de la erudición siempre muy vasta que se otorga al sexo fuerte, la instrucción de la mujer se eleve relativamente a cualquier grado, de modo que no permanezca degradada en la autoridad y en el prestigio, y quede condenada a no encontrar un alimento a su inteligencia, sino en frívolas e inmorales lecturas. Así, ennobleciendo y concediéndole utilizar sus facultades personales, se profundizará la influencia en ventaja de la educación, de las familias, de la sociedad y de nuestra patria.

Temas de Física

§ 1: Materia, Fuerzas y movimientos

1. La física tiene por objeto para estudiar los fenómenos que no realizan cambios permanentes en los cuerpos. Objeto de la física
2. Cada cosa que afecta a nuestros sentidos se llama cuerpo. Cuerpo
3. Es la esencia, para nosotros desconocida, donde se constituyen los elementos de los cuerpos. Sustancia
4. Se llama materia cuanto es capaz de producir una resistencia, o todo lo que puede producir o recibir movimiento. Materia
5. Es cualquier evento que se observa en la naturaleza Fenómeno
6. Es cualquier causa que produce movimiento Fuerza
7. Es la relación del espacio recorrido por un cuerpo en el tiempo que tarda en recorrerlo; o es el espacio recorrido en una unidad de tiempo Velocidad
8. Se puede definir a la Masa:
a. Como la cantidad de materia contenida en un volumen dado; b. o mejor, como la relación de una cierta fuerza a la velocidad de un cuerpo. Masa y densidad
La densidad es la masa de la unidad de volumen, o la relación de la cantidad de materia de un cuerpo con otro contenida bajo el mismo volumen¹¹⁰.
9. Son la *atracción universal*, el *calor*, la *luz*, la *electricidad*, el *magnetismo*. A ellos nos podemos referir todos los fenómenos físicos. Sus diversas acciones pueden resumirse en un solo éter sobre la materia ponderable (como mejor podrá verse) Agentes físicos
10. Se dice equilibrio al estado de un cuerpo que no manifiesta algún movimiento bajo la acción de diversas fuerzas. Puede ser: estable, inestable e indiferente. Equilibrio

¹¹⁰ Desde el informe anterior es igual a aquello de los pesos, que lleva también el nombre de *peso específico*. Se ve, así, que estos nombres, densidad y peso específico, son indiferentes en cuanto al resultado numérico, aunque diversos en cuanto al concepto físico.

Es estable cuando un cuerpo movido mínimamente de su posición, vuelve. Es inestable cuando un cuerpo movido mínimamente de su lugar, no retornará más. Es indiferente cuando un cuerpo movido de su posición, se mantiene en su centro.

11. La materia puede asumir tres diversos estados: sólido, líquido y gaseoso. Es *sólido* cuando sus partes se encuentran en estado de equilibrio estable. Si puede también caracterizar por sólido aquel cuerpo que tiene una forma determinada, no modificable sin un esfuerzo externo. Es *líquido* cuando sus moléculas se encuentran con respecto a las fuerzas que tienden a separarlas en estado de equilibrio inestable, o también se puede caracterizar por líquido aquel cuerpo que no tiene de por sí una forma determinada y es fácilmente modificable con el más ligero esfuerzo. Para estar en equilibrio, los cuerpos líquidos no pueden subsistir sin una presión externa, sin la cual reduciría en vapor. Es *gaseoso*, cuando sus moléculas tienden siempre a dilatarse, y no pueden impedir sin ejercitar un esfuerzo externo.

Diversos estados de la materia
12. Los cuerpos presentan muchas propiedades, que son: *extensión, impenetrabilidad, inercia, porosidad, comprensibilidad, elasticidad, dilatabilidad, ductilidad, maleabilidad, dureza, divisibilidad.*

Propiedad de los cuerpos
13. La extensión es aquella propiedad que tienen los cuerpos de ocupar un lugar en el espacio.

Extensión
14. La impenetrabilidad es aquella propiedad por la cual un cuerpo excluye de su propio lugar cualquier otro cuerpo. A decir verdad, sólo los átomos son y denominarse impenetrables

Impenetrabilidad
15. La inercia es aquella propiedad por la cual los cuerpos no pueden por sí alterar el estado de reposo o de movimiento en la cual se encuentran. Estas tres propiedades son necesarias en la materia, la cual no se puede concebir sin las mismas. Para decir mejor ahora, son propiedad del átomo, y por tanto de la materia. Las siguientes propiedades, pertenecen a los agregados de átomos, e.e., a los cuerpos, en vez de los simples átomos.

Inercia

- | | |
|--|------------------|
| 16. Es aquella propiedad que tienen los cuerpos de poder ser reducidos en minúsculas partículas. Esta propiedad mentalmente no tiene límites, pero materialmente sí. | Divisibilidad |
| 17. Es aquella propiedad por el cual un cuerpo puede ser compenetrado por otro cuerpo. Esto es así debido a que las moléculas de los cuerpos no son contiguas, sino distantes una de las otras, dejando pequeños espacios vacíos, llamados <i>poros</i> , vacíos, al menos, por la materia que nos consta. | Porosidad |
| 18. Es aquella propiedad por la cual los cuerpos pueden ser reducidos a un menor volumen.
La porosidad y la comprensibilidad son propiedades recíprocas y se prueban recíprocamente. | Comprensibilidad |
| 19. Es aquella propiedad que tienen los cuerpos de poder aumentar de volumen. | Dilatabilidad |
| 20. Es aquella propiedad que tienen los cuerpos de retomar su primitiva forma y posición, cuando cesan de actuar las fuerzas que los alteraban. | Elasticidad |
| 21. Es aquella propiedad que tiene un cuerpo de poder ser reducido en sutilísimas fibras. | Ductilidad |
| 22. Es aquella propiedad que tiene un cuerpo de poder ser reducido en sutilísimas láminas. | Maleabilidad |
| 23. Es aquella propiedad que tiene un cuerpo de no poder ser rayado por otro cuerpo. | Dureza |
| 24. Dícese <i>cohesión</i> aquella fuerza con la cual dos partículas de un mismo cuerpo tienden a estar unidos. | Cohesión |
| 25. Dícese <i>adhesión</i> aquella fuerza con la cual dos partículas de cuerpos diversas se atraen. | Adhesión |
| 26. Los átomos son aquellas pequeñísimas partículas indivisibles en la cual puede ser reducido un cuerpo. Su existencia está probada por las leyes de la química de las proporciones definidas, según las cuales los cuerpos invariablemente se combinan. | Átomo |
| 27. La gravedad es la atracción que ejerce la Tierra sobre los cuerpos. Ella no es un caso de atracción universal | Gravedad |

- descubierta por Newton, sino que está presente en todos los cuerpos del Universo. Esta gravedad se expresa en razón directa de las masas y en razón inversa de los cuadrados de las distancias.
28. Dícese *peso* de un cuerpo la resultante de todas las fuerzas paralelas de la gravedad que contribuyen a la atracción de las moléculas. Peso
- El peso de los cuerpos varía en los polos del Ecuador por dos motivos: 1°, por la desigualdad de las distancias hacia el centro de la Tierra (la causa de su presión con ella); 2°, por las variaciones de las fuerzas centrífugas decrecientes según las líneas de las paralelas del Ecuador a los polos.
29. El centro de gravedad es el punto por el cual pasa la resultante de todas las fuerzas paralelas de gravedad sobre el cuerpo, que se vuelve sobre sí mismo. Centro de gravedad
- En el equilibrio estable el centro de gravedad aumenta; en el equilibrio inestable decrece; en el equilibrio diferente coincide con el punto de suspensión, por el cual ni aumenta ni decrece.
30. La presión de un cuerpo es el esfuerzo que realiza por un obstáculo que le impide continuar su movimiento. Presión
31. La vertical es la dirección en plomada, o, mejor aún, la dirección que marca un cuerpo cayendo. Vertical
32. Todos los cuerpos caen con igual velocidad en el vacío, y los espacios descritos son proporcionales a los cuadrados de los tiempos. El espacio recorrido en el vacío durante el primer minuto es de 4, 90m. Con la aceleración de la gravedad es 9,80m. (en la latitud de Turín) Tal es la velocidad alcanzada por el cuerpo al final del primer minuto, que convencionalmente se toma como medida de las fuerzas aceleradoras. Peso en el vacío
33. Dícese un cuerpo en *movimiento*, cuando su posición respecto de un punto fijo cambia de forma continua. El movimiento puede ser *uniforme* o *variado*. Es uniforme cuando el cuerpo recorre espacios iguales; es variado cuando recorre espacios desiguales en tiempos iguales. Entre los diversos motivos se distinguen principalmente, el *movimiento uniformemente acelerado* y Movimiento

el *movimiento uniformemente retardado*, en función de si la velocidad del móvil crece o decrece proporcionalmente al tiempo.

Para generar un movimiento uniforme es necesario y suficiente una fuerza instantánea que se realice sobre el cuerpo; para generar un movimiento uniformemente acelerado o retardado es necesaria y suficiente una fuerza continua que aumente o disminuya la velocidad de cantidades iguales en tiempos iguales. Esta fuerza se llama *de aceleración* o *de retardación*. Tal es la gravedad en el caso de un cuerpo cayendo o empujado en lo alto.

34. Un cuerpo, bajo la acción de varias fuerzas no puede todavía tomar más que un movimiento. Esto debería poderse reducir a una sola, que de por sí logre producir un solo movimiento. La mecánica enseña a realizar esta reducción para cualquier fuerza. A nosotros nos bastará saber que en el caso de dos fuerzas (ver fig. 1) reclamamos un cuerpo que se le imprimen dos movimientos¹¹¹ diversos al cuerpo; esto llevará el movimiento señalado por la diagonal construida sobre la misma. Si como los lados del paralelogramo representan los movimientos, e. e., las fuerzas respectivas, este principio lleva el nombre de *paralelogramo de las fuerzas*. En virtud del mismo una fuerza dada se podrá descomponer en otras dos fuerzas *que la componen*; y si una de ellas no es dada, entonces podrá efectuarse en una infinidad de modos.

Paralelogramo de las fuerzas

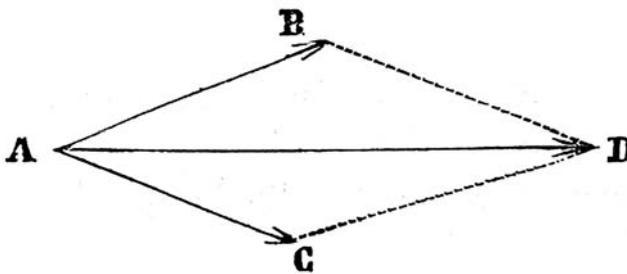


Fig. 1 / Paralelogramo de las fuerzas. Siendo AB, AC dos fuerzas dadas que parten de A. La primera, según la dirección y la intensidad AB; la segunda, según la dirección y la intensidad AC. El punto A enviará un movimiento in-

111 Por movimiento en este caso entendemos el efecto de la fuerzas tanto en dirección como en velocidad.

termedio AD, cuya dirección e intensidad estará marcada por la diagonal del paralelogramo que se formará teniendo en cuenta la extremidad B, C se tiran respectivamente por las paralelas a las rectas Ac y AB. Este principio es de una continua aplicación para explicar innumerables fenómenos físicos y mecánicos

35. Dícese palanca una vara rígida móvil en torno a un eje y tensionada en dos puntos para dos fuerzas cualesquiera. De estas fuerzas que actúan¹¹² en un sentido se llama *potencia*, y del otro que resiste se llama, *resistencia*. El punto sobre el cual la palanca puede girar se llama *fulcro*; y en el sentido más general se llama *brazo de la palanca* a las distancias del fulcro con las direcciones de la potencia y de la resistencia. La palanca estará en equilibrio cuando las *fuerzas sean inversamente proporcionales a los brazos de palanca*; e. e., en otros términos cuando los *productos de las fuerzas para los respectivos brazos de palanca son iguales*. Estos productos se denominan *momentos*.

Palanca

La palanca es de *primera, segunda, o tercer especie* según que el fulcro está en medio de la potencia y de la resistencia, o la resistencia entre el fulcro y la potencia, o la potencia entre el fulcro y la resistencia.

36. La balanza es un aparato con el cual se determinan los pesos relativos de los cuerpos.

Balanza

La balanza ordinaria es una palanca de primera especie. Se compone de una vara rígida, llamada *yugo*, en cuya extremidad están suspendidos los *cuencos o platos* sobre los cuales se apoyan los cuerpos para pesarlos o mostrarlos. Las cadenas que sostienen cualquiera de los cuencos están encabezadas hacia un prisma de acero dentro del yugo, y esto está sobre la columna de la balanza hacia otro prisma símil.

Una buena balanza debe tener dos condiciones: 1°, ser *precisa*, e. e., suministrar pesos exactos; 2°, ser *sensible*, e. e., oscilar en virtud de una pequeña diferencia de pesos máximos puestos sobre dos cuencos.

Tendrá *precisión*, cuando los dos brazos del yugo son iguales en longitud y peso; cuando los bordes de los tres mismas, que ya mencionamos, están en línea recta; cuando el centro de gravedad del yugo se en-

112. Mejor dicho, es aquella que aumentando en algo rompe el equilibrio y pone en acción a la palanca.

cuentra bajo su eje de suspensión, o sea, bajo el extremo del prisma o el *corte* de medio.

Tendrá *sensibilidad*, cuando los brazos del yugo sean largos y de poco peso; cuando el centro de gravedad esté próximo a su eje de suspensión, cuanto más (por causa de la fricción del fulcro) el peso es capaz de oscilar la balanza, será pequeño el confornte de los pesos, los cuales están cargados en los platillos.

La Romana es una palanca de primera especie, pero con brazos desiguales. En el brazo más corto está colgando el cuenco sobre el cual se ubicará el cuerpo para pesarse; sobre el brazo más largo se ubica un peso constante hasta que la balanza esté en equilibrio. Ahora, el número que se lee sobre el punto donde se frenó el cursor, indica una unidad de peso del cuerpo. Si la balanza está bien hecha, debe estar sobre sí balanceada con peso corredizo ubicado en el origen de la graduación.

Balanza
Romana

Con el método del doble pesaje se puede suplir con la inexactitud de una balanza. Póngase en un platillo A el cuerpo M para pesarse; sobre el otro platillo B tanta materia polvorienta para alcanzar el equilibrio de la balanza. Cuando se despeja M, y se ubica en A tantos pesos muestran cuántos se necesitarán para equilibrar la arena; esto es evidente que expresó el peso del cuerpo M. Porque tanto el cuerpo ha hecho equilibrio para un mismo cuerpo que tiene arena en B.

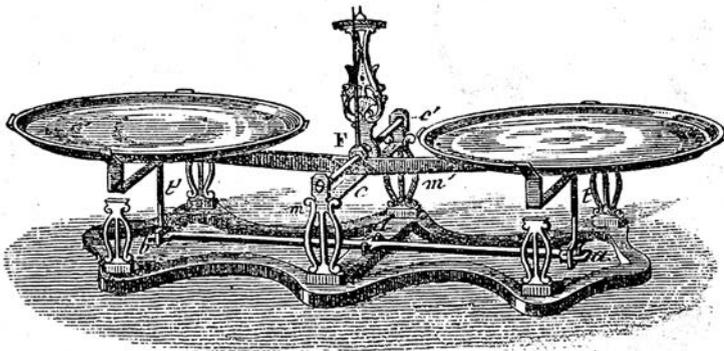


Fig. 2 / Balanza de Roberval. Balanza muy utilizada en variados negocios. El fulcro cc' se extiende por todo el largo hasta los montantes m, m' . A las extremidades del yugo F se encuentran los cuchillos de suspensión unidos a cuatro brazos que llevan los platillos. Estos cuatro brazos se reúnen en una asta, t, t' , que viene conectándose unidos en un palo

horizontal y móvil sobre el fulcro d . Se advierte para estas articulaciones que las astas t, t' son siempre verticales, e. e., y por tanto los platillos siempre horizontales. Un índice móvil con el cuchillo cc' amplifica sobre un arco graduado cada movimiento ligero del yugo.

§2. De los líquidos y los gases

38. El principio fundamental de la teoría de los líquidos es que éstos transmiten la presión igualmente en todos los sentidos. El descubrimiento de este principio se debe a Pascal (cfr. Fig. 3)

Principio fundamental de la teoría de los líquidos

La superficie liberada de un líquido es perpendicular en cada punto a la resultante de las fuerzas que se ejercen sobre el mismo. En los líquidos, por tanto, sometidos únicamente a la gravedad, será horizontal (cfr. Fig. 4)

Forma de la superficie liberada

39. Está representada por la altura del líquido

Presión en los líquidos pesados

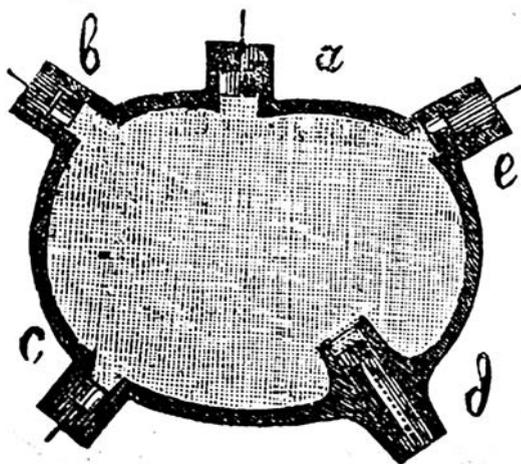


Fig. 3. Este principio, muy importante, puede demostrarse experimentalmente con el aparato $abcd$, que consiste en un vaso de cualquier forma repleto de agua. Si en un punto cualquiera se ejerce con un pistón a una fuerza, se observará que en cada otro punto, b, c, d, e , necesita ejercitar una fuerza igual para resistir a la presión del agua. Estos esfuerzos son iguales para iguales superficies, de tal forma que si uno de los pistones tiene una base m veces mayor que el pistón a , necesitaría ejercitar un esfuerzo m veces mayor. De aquí el principio: *que la presión total soportada por una superficie es proporcional a su área.*

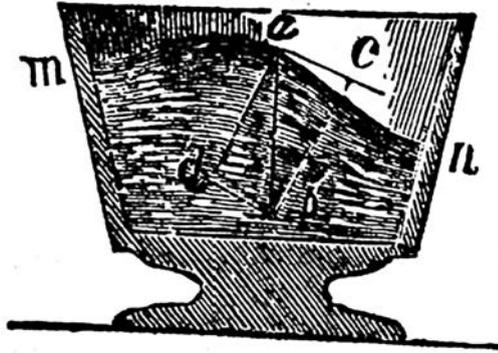


Fig. 4. Sea ab como hipótesis la dirección y una intensidad, el resultado de las fuerzas que solicitan el punto a ; y supon- gamos que la tangente al punto b de la curva diseñada por la superficie liberada del líquido no sea perpendicular a ab , pero dispuesta oblicuamente según ac . Ahora bien, trazamos el rectángulo $abcd$; las rectas ac , ad podrán considerarse como los componentes de ab . Pero la segunda ad está destruida por la resistencia del líquido; permanecería ac según la cual el punto a debería moverse; pero eso como hipótesis está en equilibrio; por lo tanto es absurdo suponer que ab no esté perpendicular a la superficie liberada del líquido en el punto a .

La altura en los líquidos comunicantes es en razón inversa a la densidad. Se miden por la superficie de separación de los líquidos, que será horizontal al estar estable.

Líquidos comunicantes

40. El principio de Arquímedes consiste en que un cuerpo inmerso en un líquido pierde tanto de su propio peso cuanto es el peso del líquido movido. Con la balanza hidrostática se prueba fácilmente (cfr. Fig. 5).

Principio de Arquímedes

Tratándose del agua, el volumen movido expresado en centímetros cúbicos dará el peso del agua movida, contando tantos gramos cuantos sean los centímetros cúbicos encontrados.

El principio de Arquímedes sirve para probar el peso específico de un cuerpo sólido dado; porque pudiéndose saber con una balanza el peso del cuerpo y con este principio el peso de un volumen de agua igual al suyo, la relación de los dos pesos dará el peso específico.

Para los pesos específicos de los líquidos se usan los aerómetros.

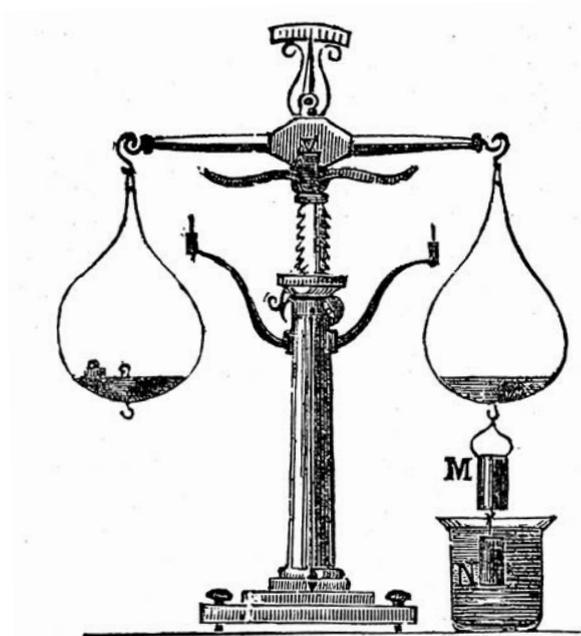


Fig. 5 / Balanza hidrostática. Es una balanza ordinaria, cuyos platillos pueden subirse con una dentadura y, por tanto, con cualquier gancho. El principio de Arquímedes se demuestra así: se suspende en un platillo un vaso cilíndrico vacío M y un cilindro lleno N, que llenaría perfectamente el vano de M, y se equilibra todo con los pesos sobre los otros platillos. Ahora se ajustan los platillos con la dentadura hasta el cilindro N pesados en un recipiente con agua: pronto el equilibrio se rompe; pero si ahora se rellena de agua el cubo M, se restablecerá el equilibrio; lo que prueba que el cuerpo N había perdido tanto peso cuanto era el peso del agua probada, medida en este caso por la capacidad del cubo.

41. La paradoja se puede definir: una cosa que a primera vista no puede ser posible, pero en realidad es verdadera. Tal es la paradoja hidrostática, que consiste en esto: toma tres vasos de diferentes tamaños y formas, pero con el mismo fondo, rellenos y a la misma altura de agua, su fondo soportará en todos igual presión.

Paradoja hidrostática

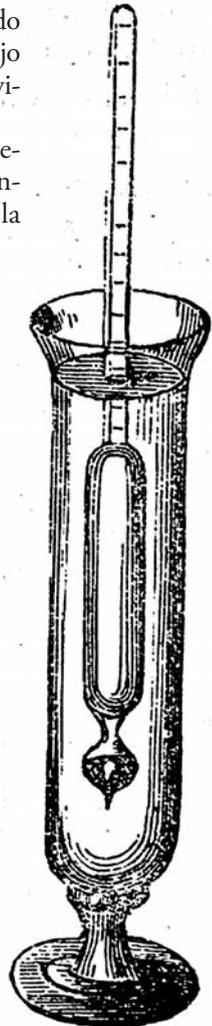
Así, si tenemos un vaso cilíndrico, otro cónico, y un tercero con embudo, el agua sobre el fondo ejercerá en todos igual presión, aunque este último contenga más agua que el cónico, y éste menos que el cilíndrico. Este hecho se prueba evidentemente por medio de un fondo móvil. Pero podemos razonar teóricamente.

Si imaginamos en el vaso al embudo diversas líneas perpendiculares hacia el fondo, de tal manera que se forma un cilindro, fácilmente se observa que el agua prensada sobre el fondo no es sino aquella comprendida entre varias perpendiculares; porque el agua, que está fuera de las mencionadas líneas, se apoya sobre las mismas y hacia las paredes, sin prensar sobre el fondo.

En el vaso cónico se puede probar este mismo principio, imaginando desde afuera hacia dentro de las paredes, y aplicándole desde los tubos rellenos de agua, la cual irá hacia el mismo nivel que en el vaso. Habremos así sustituido a las paredes un cierto volumen de agua sin alterar mínimamente el equilibrio en las condiciones del agua contenida en el vaso. Y ahora, el fondo del vaso siendo igual a los otros, y el agua estando a la misma altura bajo forma de un cilindro, la presión sobre el fondo será evidentemente igual a aquella del verdadero cilindro.

Se demuestra así, es la presión sobre el fondo independientemente de la forma del vaso, sino solo depender por cada unidad de superficie de la altura y de la densidad del líquido sobrante.

Fig. 6 / Aerómetros. Se llama aerómetro a un instrumento destinado a determinar la densidad relativa de los líquidos. Se distinguen los aerómetros en aerómetros a *peso constante y volumen variable*, y en aerómetro a *volumen constante y peso variable*. Los pesa leche, pesa sales, pesa vinos, pesa aire, etc., no son más que aerómetros de la segunda especie, los cuales están representados en la figura. Ellos están graduados de forma diversa según el destino, determinados para tratar la densidad de los líquidos más o menos pesados del agua. En el primer caso, por ejemplo, se utiliza el instrumento en modo que sea inmerso enteramente en el agua destilada a 4 grados y en el punto de cultivo se marca 0. Cuando se sumerge en una solución de (15 sal, 85 agua), se marca 15 en el punto de cultivo. El intervalo se divide en 15 partes que amplíen en lo inferior del tubo. El *aerómetro* así preparado y dividido lleva el nombre de *Beaumé*, y es muy utilizado en el comercio. En el segundo caso, e. e., para los líquidos menos densos que el agua, se marca 0 en la base de la ara del aerómetro puesto en el agua destilada a 4 grados, y se marca 10 al punto donde aparece una solución (90 de agua, 10 de sal marina) El intervalo se divide en 10 partes que se prolonga superiormente sobre el tubo.



42. La presión sobre una porción de paredes laterales planas e iguales al peso de una columna líquida que tiene por base la porción de paredes considerada y por altura la distancia vertical de su centro de gravedad a la superficie libre del líquido. Resulta que sobre dos paredes iguales y opuestas en una misma capa horizontal, como A, B, las presiones son iguales pero contrarias en la dirección; las cuales si la pared B fuese abierta, el agua brotaría desde un orificio, no ejercería más presión sobre el vaso. Por lo tanto, quitando una presión en A, donde el vaso fuese extremadamente móvil, como en el torno hidráulico, ello se movería en el sentido de la flecha en sentido contrario del flujo.

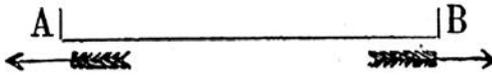


Fig. 7

43. Suponiendo en equilibrio estable diversos líquidos en un vaso, se distribuirán desde abajo hacia arriba según el orden decreciente de la densidad; de esta forma los más pesados estarán en el fondo, y los más ligeros sobre la cumbre. Líquidos sobrepuestos
44. El aire es un cuerpo que circula sobre toda la Tierra. Está compuesto principalmente por dos gases: oxígeno y nitrógeno, y es uno de los principales agentes de la vida vegetal y animal. Aire
45. El Barómetro es un instrumento que sirve para medir la presión del aire. Se distinguen principalmente en la actualidad en tres especies de Barómetros: el Barómetro de *Cubeta*, el de *Sifón* y el Barómetro *Aneroide*. Barómetro
- Se dice Barómetro de *Cubeta*, aquel formado por un tubo de vidrio cerrado por un lado, relleno de mercurio y envuelto en una cubeta de mercurio. Fue inventado por Torricelli, discípulo de Galileo. (ver fig. 8)

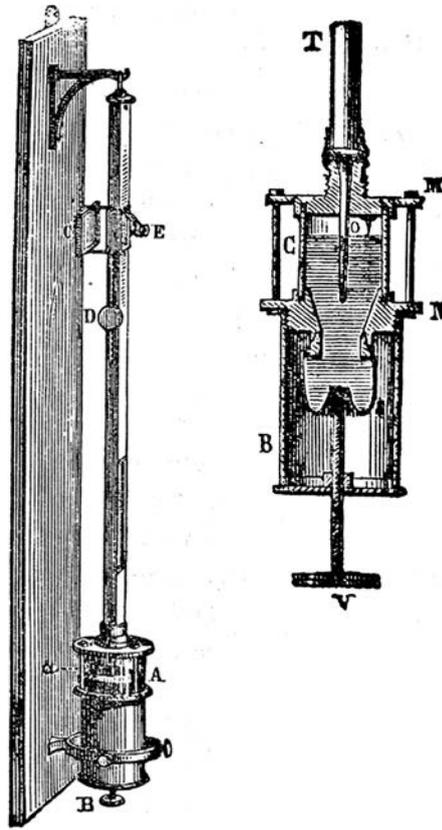


Fig. 8 / Barómetro a nivel constante, llamado De Fortín.

Para hacer corresponder el nivel del mercurio en la báscula con el origen de la graduación, Fortin imaginó completar la báscula con un saco S de piel de gamuza, el cual abajo más o menos para un tornillo V puede elevar o bajar a gusto el nivel del mercurio, y así, hacerlo aparecer con una punta de marfil O, la cual corresponde exactamente con el origen de la graduación. Una dentadura en movimiento para un botón D permite llevar la línea E sobre el nivel superior del mercurio hecho más llamativo con un espejito C.

La línea E hecha como cursor lleva un dispositivo con el cual valorar el 1/10 de milímetro.

Nótese que la piel de gamuza está conectada sólidamente con un cilindro de base, el cual está masticado el cilindro de vidrio C que sirve de báscula, y que el tubo barométrico T, terminado en punta que pesca en el mercurio, está unido con otra piel de gamuza para el cobre sobrante de la báscula; la cual mientras hace pasar el aire sobre el nivel de la báscula impide la salida del mercurio, a lo que apunta el instrumento

La altura barométrica que sirve de medida a la presión atmosférica se debe contar del nivel del mercurio inferior hasta el nivel del mercurio superior.

Para obtener cómodamente el resultado para cada instante se usa en los barómetros perfeccionados de cerrar la cubeta con un cuerpo controlado por un tornillo, la cual, bajando o elevándose, sube y baja el mercurio, llevándolo siempre a un nivel de una punta de marfil situada a la altura del cero, de la escala graduada que está en un lado del tubo barométrico.

Barómetro de *Sifón*, se dice aquel formado por un tubo de vidrio cerrada por una parte, doblado y abierto de la otra, lleno de mercurio.

En algunos barómetros el cero está puesto en el medio, y ahora se adicionan las lecturas de la parte superior y de la parte inferior. Otras veces, como en las muestras de la meteorología italiana, la escala es móvil; y el cero siempre puede corresponderse con el nivel del mercurio inferior y obtener la altura barométrica con una simple lectura.

El Barómetro *Aneroide*, inventado hace poco tiempo, está formado por un tubo de metal, un cable curvado en la cual entra el aire, el cual transmite sus variaciones de curvatura hacia una lanceta que gira.



Fig. 9 / Barómetro aneroide o metálico. Entre estos barómetros el más vulgarmente en uso es aquel imaginado por Bourdon. Una lámina vacía curva una sesión elíptica está unida a sus dos puntos *a*, *b*, con una doble palanca, la cual

comanda un arco dentado, que hace sobre un pequeño piñón portante un índice. Según que la presión externa aumente o disminuya, la lámina se repliega o se distiende; en los cuales la extremidad *a* y *b* se acercan o se alejan. Este movimiento del dispositivo mencionado se comunica con el índice, cuya posición relativa sobre el cuadrante hará conocer la presión atmosférica. Estos barómetros tienen la ventaja de ser portátiles y de ser lo suficientemente precisos para el uso cotidiano.

46. El barómetro sirve para medir la presión del aire, y, operado convenientemente, para medir la tensión de los vapores, cosa importante en la investigación física; para presagiar en ciertos casos el cambio de la atmósfera y para medir la altura de los montes. Usos del Barómetro

Se notan, así, que la altura barométrica es el resultado de dos causas: el peso del aire y su fuerza elástica. Estas observaciones hace poco conocidas no tornará inútil a la meteorología.

La presión del aire al nivel del mar es de 76 centímetros (se entiende de mercurio), y si 10 m de agua están equilibrio a 76 cm de mercurio, se puede agregar que la presión normal del aire es de 10m (si refiere al agua)

Un litro de aire pesa un gramo; la presión atmosférica es de un kilogramo cerca por cada centímetro cuadrado. Si la superficie media del hombre se puede valuar en 1500 cm², se sigue que el hombre soporta 1500 kilogramos de presión atmosférica, presión enorme si no fuese que las presiones se destruyen mutuamente, por ser todas iguales y contrarias. La altura de la atmósfera no se conoce con precisión; pero puede ser comprendida entre 50 a 80 mil metros.

47. La máquina pneumática sirve para hacer el vacío, o sea, para extraer el aire en un espacio vacío dado. Está formada por una campana o dado cualquier recipientes terminado en un cilindro en la cual fluye un pistón, el cual bajando para abrir una válvula de la cual está previsto, donde sale el aire proveniente de la campana y alzándose para cerrar la válvula mencionada y abrir otra por la cual fluye el aire comprendido en la mencionada campana. Se hace con la máquina pneumática curiosas y útiles experiencias. Se demuestra con ella fácilmente cómo el aire sirve para la combustión y para la vida. Basta ubicar bajo la campana una vela prendida, que se la ve languidecer y después extinguirse a Máquina pneumática

medida que desaparece el aire. Así un pájaro se morirá prontamente. Si se pone bajo la campana una vejiga que contenga un poco de aire y un poco de humedad para hacerle flexible, se dilatará por la expansión del aire interno, cuya elasticidad deviene por la disminución en aquello del aire situado afuera de la campana. Sustituyendo a la campana con un cilindro de vidrio, cerrado por una parte con una vejiga, y hecho el vacío, el aire exterior prensa que finaliza rasgando la vejiga produciendo un gran choque.

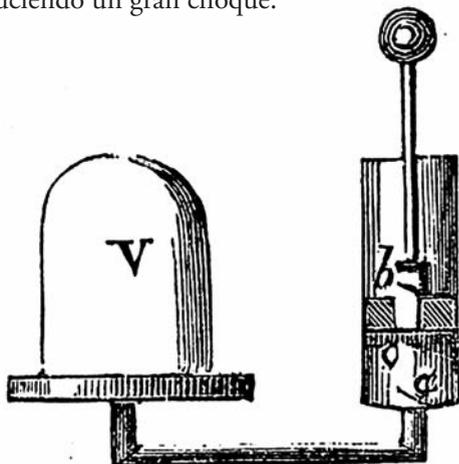


Fig. 10 / Máquina neumática. Este aparato sirve para extraer el aire para un recipiente dado. Se compone esencialmente de un *cuerpo de bomba* (*ab*) en el cual se mueve un pistón, y de un recipiente *V*, donde se puede hacer el vacío. El cuerpo de bomba se comunica con el recipiente por medio de un pequeño tubo, que se puede cerrar a voluntad.

El cuerpo de bomba está previsto de dos válvulas (*a*, *b*) que se abren ambas por la base hacia lo alto, una al cuando el orificio del tubo de comunicación, la otra al pistón. Cuando el *pistón se baja*, la válvula *a* se cierra por la presión del aire debajo del pistón; la *b* se abre por la mayor presión de ésta sobre el aire libre superiormente sobre el pistón, y el aire situado en la cámara *ab* se escapa por la válvula *b* en la atmósfera. Cuando el *pistón se eleva*, la presión del aire externo cierra la válvula *b*, y el aire del recipiente encontrando el aire enrarecido en la cámara *ab* aumenta la válvula *a* y no se expande. Este aire *ab* viene después para otro bajando del pistón atravesado en la atmósfera. Así, mano a mano, el aire del recipiente pasan en la cámara *ab*, viene rechazado en la atmósfera cada cuesta abajo del pistón. Pero esa, no puede exactamente ser cimbrea toda fuera del recipiente; con lo que el vacío no es jamás perfecto.

48. La máquina de compresión (ver fig. 11), sirve para comprimir el aire en un recipiente. El aire comprimido en este u otro modo puede ser útil para la industria; entre los otros, nosotros Italianos podemos citar la perforación del túnel de Moncenisio. Máquina de compresión

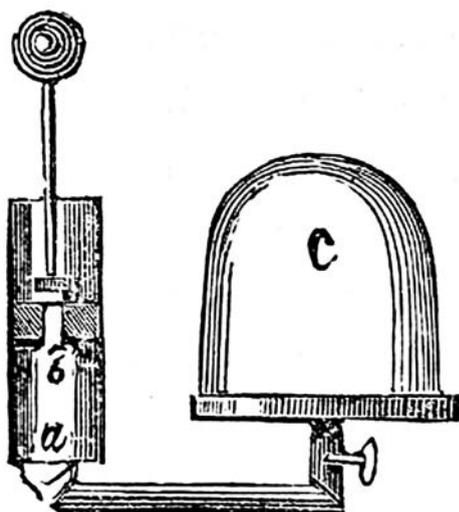


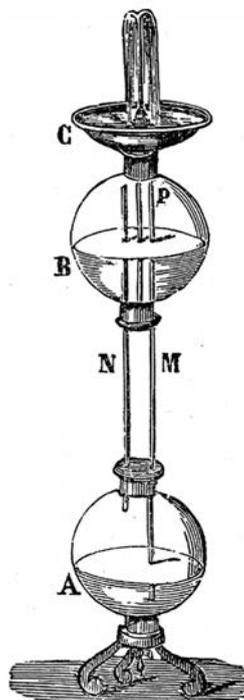
Fig. 11 / Máquina de compresión. Este aparato sirve para comprimir el aire en un recipiente. Se compone como la máquina neumática de un cuerpo de bomba y de un recipiente comunicantes, junto a un tubo. Todo es análogo, excepto las válvulas que se vuelven hacia lo alto de la base. Esta diferencia lleva a que el aire está comprimido en el recipiente, en vez de ser extraído. Se comprenderá fácilmente que cuando el pistón *se baja*, el aire de la cámara *ab* se detiene en el recipiente: cuando *se eleva* el aire externo entra en la cámara *ab*, cerrada ahora bajo de la válvula *a* para la presión del aire contenida en el recipiente, y nuevo aire así está en *ab* para pasar después por otra cuesta hacia el pistón del recipiente C. Así que la cámara *ab* por debajo del pistón entre el orificio de un cubo que en la máquina neumática sortea el aire en el recipiente para derramarla en la atmósfera, y en la máquina de compresión sortea aire en la atmósfera para derramarla en el recipiente

49. Es un aparato (ver fig. 12) por el cual se genera un jet de agua, haciendo que descienda en un vaso conteniendo agua, aumenta la presión atmosférica, y a su vuelta obliga a los líquidos a salir hacia abajo, en otro vaso. Fuente de Herón

Fig. 12 / Fuente de Herón. Tres tubos, M, N, P, verticales y abiertos a las dos extremidades comunicando la primera bañera C con el globo inferior A; el segundo se une a los globos A, B; y el tercero el globo B con la bañera C, la cual atraviesa por fuera superiormente.

Por el primer tubo M, el agua contenida en la bañera C desciende en el globo A, y esta agua comprimiendo el aire para el cual se llenaba el globo, va a comprimir el agua contenida en el globo B, la cual pasando por el tubo superior P, genera un jet, cuya altura depende de la diferencia de nivel entre la bañera C y el globo A, y no (como se lee en cualquier tratado) para aquella de los dos globos A y B. De hecho, el exceso de presión del aire en A se debe a la altura de la columna de agua M para C' en A. Por tanto, a parte de las resistencias, el aire en B reacciona para hacer salir el agua con toda la altura CA.

Se comprende que se puede dar cualquier otra disposición, ya que en un recipiente se genera aumento de volumen de agua y en el otro aumento de presión de aire.



50. Es un vaso con tres orificios que sirven para obtener un efluvio constante de agua y para demostrar varios efectos de la presión atmosférica (ver fig. 13) Vaso de Mariotte

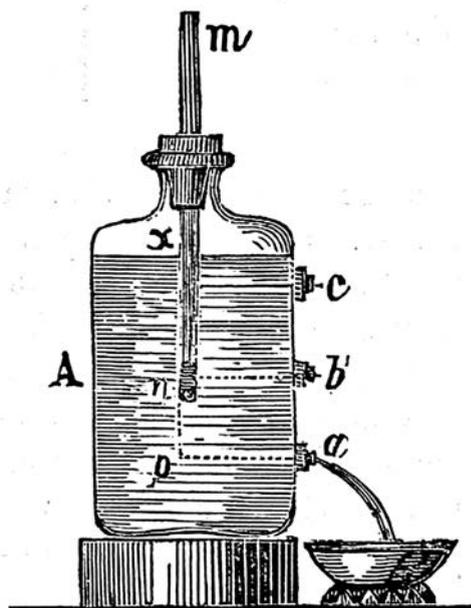
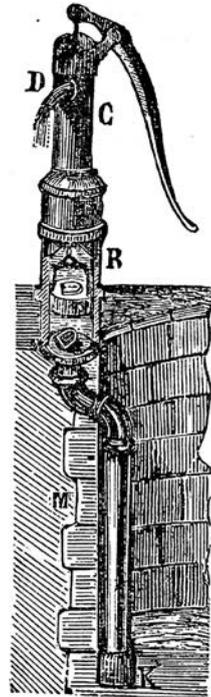


Fig. 13 / Vaso de Mariotte

51. Un cuerpo de trompeta está unido con un tubo por debajo, el cual se sumerge en el agua de un pozo. Este tubo está previsto por una válvula que se abre con el brazo en alto, y por la cual, comprimiendo un pistón, prevista de una válvula, sale el aire contenida en el tubo. Haciendo salir alternativamente el pistón, se hace salir el agua en un canal especial. Tal es la bomba o trompeta aspirante, por la cual el agua se eleva a una altura de 10 mts. Bomba aspirante

Fig. 14 / Bomba aspirante. Sirve para tirar el agua desde un pozo. Pero no se puede hacer salir más alta de 10, 33 mts., desde el fondo del mismo, siendo la altura del agua que en el vacío puede hacer equilibrio a la presión atmosférica. Se compone de un cuerpo de bomba en el cual fluye un pistón unido a una válvula B y de un tubo aspirador M que sale en el pozo, unido todo a la cima de una válvula. Ambas válvulas se abren de la base hacia arriba. *Bajándose* el pistón, la válvula inferior se cierre, y si abre aquella superior por la cual pasa el agua y se eleva en el cuerpo de trompeta. *Elevándose* el pistón, se abre, esta vez, el inferior por disminución de presión del aire enrarecido lo suficiente; nueva agua entrará en la cámara, mientras la válvula del pistón se cierra por el exceso de presión debido al agua y al aire. Continuando así por medio del manubrio para hacer alternativamente hacia lo alto y lo bajo, el pistón llega para hacer salir el agua del pozo llegando a D. El tubo M termina inferiormente para impedir que materias extrañas al agua salgan con ella y se rompa la bomba.



52. La bomba aspirante elevadora, por encima del pistón prevista de una válvula y de un tubo prevista de otra válvula, tiene ahora por un lado un canal teniendo una tercera válvula, por la cual en el abajarse o en el elevarse en el pistón, se abstiene o sale el agua, la cual se eleva así a cualquier altura. Bomba aspirante elevadora
53. El sifón es un instrumento que sirve para el intercambio de líquidos. Sifón

En un vaso lleno de agua, por ej., se sumerge un brazo del sifón que es un tubo curvo abierto en sus extremidades A, B. Un poco de más en su extremidad B, la cual debe ser inferior al nivel del líquido del vaso, tiene un pequeño canal; cerrando la extremidad B y as-

pirando el aire por el canal, el agua saldrá en el sifón por la apertura A y producirá un jet en la extremidad B. El sifón cesará de funcionar cuando su punto culminante sobrepase la altura a la cual puede llegar el agua por la presión atmosférica que es de 10 mts., como veremos.

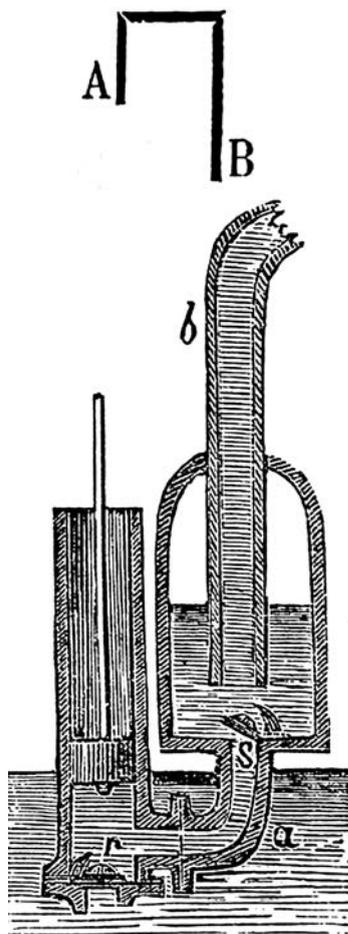


Fig. 15 / Bomba prensada. Cuando se baja el pistón, la válvula *r* se cierra, aquella *s* se abre y el agua está obligada a salir por el tubo *ab*. Cuando se eleva el pistón, la válvula *s* se cierra, aquella *r* se abre y nueva agua se introduce bajo el pistón.

El tanque de aire *pq* sirve para hacer el effluente continuo. Porque el exceso de presión que recibe del agua que llega, sirve para hacerla reaccionar contra el agua para hacerla salir, ahora, cuando la válvula *s* se cierra.

Cuando se eleva la válvula *r* se inserta un tubo aspirador que pesca en un pozo, ahora se tiene la *bomba aspirante* o

prensada. Con esta bomba que es aquella que más se usa, se hace salir el agua a cualquier altura, pero a expensas del esfuerzo que debe ejercitarse con el pistón cuando desciende

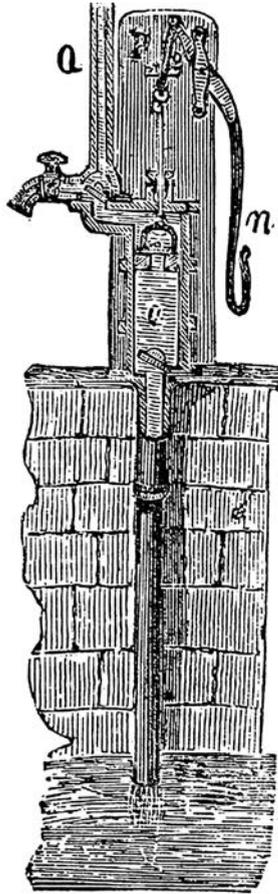


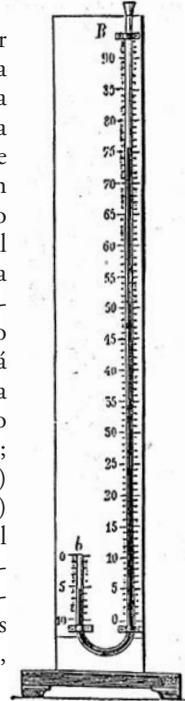
Fig. 16 / Bomba aspirante y elevadora. Sirve para elevar el agua a cualquier altura con la adición de la *bomba aspirante* de un tubo lateral *Q* unido con una válvula, la cual se abre cuando el pistón sale para sacar el agua tirada sobre el mismo, y se cierra cuando ello desciende. La figura misma hará comprender cuanto por brevedad dejamos fuera. En sustancia no es otra que una bomba aspirante y prensada, con la diferencia que mientras en la primera el agua está elevada cuando el pistón se baja, en esta, en vez, cuando se eleva. Innumerables son la variedad de bombas que se construyen, combinando en diversos modos, las acciones de los pistones y de las válvulas hasta ahora descritas. Pero en los últimos años se idearon las denominadas *bombas relativas* y *de fuerzas centrifugas*, que dejan poco para decidir sobre

trabajo útil producido y además no contengan aquellos órganos que en las bombas ordinarias son frecuentes causas de reparaciones.

54. El volumen de una masa de gas a temperatura constante está en razón inversa de las presiones que soportan. Esta ley, igualmente, no es totalmente exacta. El gas se comprime de más generalmente que no llevan la ley, y la compresión es tanto mayor cuanto más el gas es vecino al punto de licuefacción (ver fig. 17)

Ley de Mariotte

Fig. 17 / Tubo de Mariotte. Este tubo sirve para verificar las leyes denominadas de Mariotte. Es un tubo con sifón a brazos desiguales. La más larga B está abierta y flanqueada por una escala en centímetros; las más corta b está cerrada y lleva divisiones de capacidades iguales. La experiencia se hace del siguiente modo. Se deposita mercurio en el tubo en modo que permiten de las dos ramas la línea O. El mercurio teniendo a nivel la presión es igual para ambas partes e igual a la presión atmosférica. Si se agrega mercurio en la rama más larga, de tal forma que el mercurio en la más corta marque, por ej. 5, esto significa que el volumen del aire interno se ha reducido a $1/10$, o sea, a la mitad. Pero se observará en determinado tiempo que la diferencia de nivel entre la división 5 y la división, por ej., 75, el cual sale el mercurio en la rama más larga es igual a la altura barométrica actual; para la cual la presión ejercitada sobre el aire interno (65) es el doble del primero, mientras que sobre el estrado (55) sobrevive la presión atmosférica primitiva, más la nuevo del mercurio agregado. Queda, por tanto, probado experimentalmente que a doble presión corresponde la mitad de volumen. En modo análogo, se verificaría que para presiones 3,4, 5 veces mayor los volúmenes del aire, se reducen a $1/3$, $1/4$, $1/5$ del volumen primitivo.



55. Los balones aerostáticos son balones que se elevan en la atmósfera (para tener un peso específico menor que el aire).

Ley de Mariotte

Para obtener una diferencia tal se usa introducir en los balones aerostáticos aire enrarecido gas hidrógeno. Con este gas, siendo más ligero que el aire, permite a los balones elevarse a grandes alturas, cualquiera sea su volumen. Su invención se debe a los hermanos Montgolfier.

Todavía no se ha probado el modo de dirigirlos, pero son utilizados por la ciencia meteorológica.

56. Son agujeros profundos en el suelo, para sacar afuera al agua. Ellos son una aplicación natural de los principios expuestos en el número 39 (ver fig. 18) Balones aerostáticos

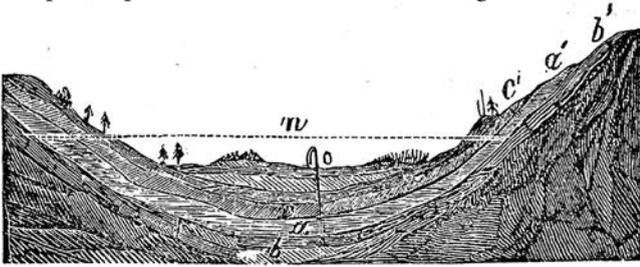


Fig. 18 / Pozos artesanos. Sin entrar en las razones, que las dejaremos para la geología, se encuentran en el subsuelo de los estados, unos permeables, otros impermeables al agua. Si, por ej., un estrato *aa'* permeable al agua se encuentra entre medio de dos *bb', cc'* impermeables a la misma, el agua se encontrará como encerrada en un recipiente. Cuando si este estrato como *aa'* tiene una cierta pendiente, es evidente que perforando el suelo según *oa* sino al estrato permeable, se tendrá un jet de agua, porque el agua por la presión que recibe del nivel *a'* tenderá a elevarse en *oa* y *ad*. Estos *pozos* se llaman *Modenesios*, por ser utilizados en antiguos tiempos en la provincia de Módena.

Pozos artesanos

57. Se llaman fenómenos capilares aquellos fenómenos que se manifiestan al sumergir un tubo pequeñísimo en un líquido. Si hay una atracción entre el tubo y el líquido, este último sale para una cierta altura en el tubo y libera en la superficie una forma cóncava que se llama *menisco cóncavo*. Si no hay adhesión, el líquido, en vez de salir se deprime y toma la forma convexa. (Fig. 19) Fenómenos capilares

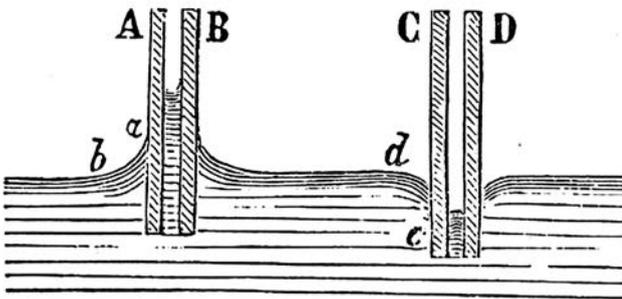


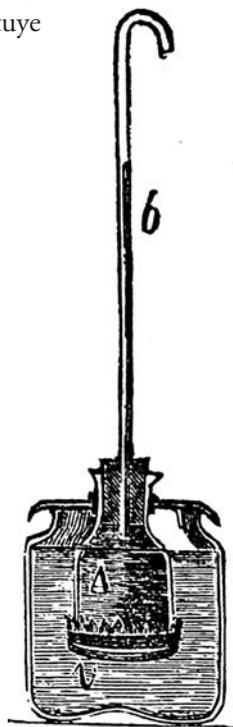
Fig. 19 / Fenómenos capilares - Meniscos cóncavos y convexos. Sumergiendo en un líquido dos láminas por un tubo capilar de sustancias que son bañadas por el mismo, por ej., vidrio con agua, se observa entre las mismas (A, B)

o en el tubo un ascenso del líquido que en la superficie liberada toma la forma cóncava, denominada *menisco cóncavo*. Si, el líquido no baja, como vidrio con mercurio, se tiene una depresión del líquido entre las losas C, D y la superficie liberada tiene la forma convexa. Las alturas del líquido en el primer vaso *son en razón inversa de las distancias de las láminas*, o sea, *de los diámetros de los tubos*. Se observará, entonces, que en el primer caso, las orillas del líquido son realzadas, como en *ab*, y deprimidas, como en *cd*, en el segundo caso.

58. Se llama fenómenos de ósmosis aquellos que se generan en el pasaje recíproco de dos líquidos a través de una membrana porosa, por la cual el uno se sustituye con el otro, cambiando de nivel. (Fig. 20)

Fig. 20 / Endosmómetro. Consiste en un vaso que en lo inferior está cerrado para una lámina porosa, como membranas, arcillas cocidas, leños, y en lo superior lleva un tubito *b*. Se mete en el vaso A el líquido que puede atravesar más rápidamente la lámina porosa, por ej., alcohol, en el recipiente el líquido menos permeable, por ej., agua. El líquido, advertimos, en el vaso A, debe ser de tal altura para contrabalancear con su presión aquella ejercida por el líquido del recipiente. Ahora, después de algún tiempo se verá elevarse el nivel del líquido en el tubo *b* y deprimirse el líquido en el recipiente. El pasaje del líquido externo al interior del vaso A se llama *endósmosis*, mientras que *ósmosis* es el pasaje del líquido interno hacia el exterior. Estos fenómenos se explican hacia un cierto punto al absorber el agua por parte de las raíces de las plantas, la ascensión de la savia, el intercambio de los líquidos en tejidos orgánicos, etc.

Ósmosis



§ 3. Acústica

59. Dícese acústica la parte de la física que trata del sonido. Acústica
60. El sonido considerado para nosotros es aquella especial sensación que recibe el órgano del oído, y considerado fuera de nosotros, es un movimiento vibratorio del aire.

Sonido

El aire es el vehículo ordinario del sonido, de tal modo que si un cuerpo vibrase en un espacio privado de aire no recibiríamos ninguna sensación.

Se propaga entre otros cuerpos, líquidos, metales, y en toda la materia conocida.

61. El sonido no se propaga instantáneamente, pero tiene una velocidad propia, que es de 340 mts. cada un minuto según la temperatura de 16°. Se puede verificar tal velocidad disparando cañone a una distancia determinada, y midiendo el tiempo que pasa entre el relámpago producido por la explosión y la audición del estruendo del cañón. Su velocidad

La velocidad del sonido en el agua es 5 veces mayor; o sea, 340 x 5: 1700 mts./min.

62. Llámese *vibración*¹¹³ al movimiento alternativo de un punto en relación a su posición de equilibrio. Así, sea O la posición de equilibrio de un punto material; si viene a vibrar rectilíneamente, recorrerá gradualmente OB, BO, OA, AO, hasta que retorne a su posición de equilibrio, en el cual por la velocidad ganada emprenderá el mismo camino OBOAO, y así sucesivamente. Este camino irá lentamente restringiéndose, pero será descrito en tiempos iguales, hasta que el punto vuelva a estar nuevamente en su posición de equilibrio O. Este camino en vez de ser rectilíneo puede ser circular, elíptico o representado por una curva cerrada, simétrica como AB, no habiendo razones para que sea diferencia en las máximas o mínimas distancias de la posición de equilibrio. Vibraciones

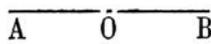


Fig. 21

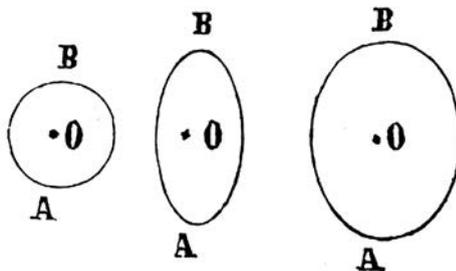


Fig. 22

113 Daremos aquí una idea de los movimientos vibratorios para clarificar mejor la teoría del sonido y de la luz.

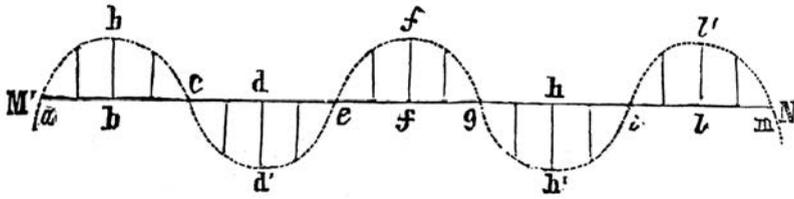


Fig. 26

63. Dícese *fase* la distancia de una molécula vibradora de su posición de equilibrio; y *largo de la onda sonora* a la distancia de dos moléculas en la misma fase de vibración. Ondas sonoras
- Cada una de las vibraciones del cuerpo sonoro corresponde a la formación de una onda; por lo cual, las ondas serán tantas, cuantas vibraciones del cuerpo, ya que es un número igual al que representamos la altura del sonido, como veremos. Entonces serán tanto más pequeñas, cuanto estos números serán grandes, o sea, cuando las notas serán altas.
64. El sonido no se transmite por transporte del aire, sino por una serie de condensaciones y rarefacciones del mismo, producidas por las oscilaciones de las moléculas aéreas en función de su posición de equilibrio. Estas vibraciones se presentan longitudinalmente, e. e., en el mismo sentido de la propagación del sonido. Propagación del sonido
65. El sonido latiendo sobre un plano se refleja formando dos ángulos iguales para la incidencia y la reflexión. Reflexión del sonido
66. El sonido se propaga en línea recta mientras pasa por un medio homogéneo, pero cuando se encuentra con uno de diferente densidad se desvía de su propio camino, reflectándose como la luz y el calor, y según las mismas leyes. Refracción del sonido
67. El *eco* no es otra cosa que un sonido reflejado, el cual se produce cuando el sonido encuentra un obstáculo. Porque para que sea un eco es apropiada que sea una distancia no menor de 17 metros desde el punto donde parte el sonido al punto que viene reflejado; de tal manera que si la distancia fuese más breve, el sonido reenviado se confundiría con el que se escucha directamente. De hecho, se ha observado que para pronunciar correctamente una palabra es necesario que pasen 1/10 de segundo al menos por cada sílaba. Ahora bien, Eco

el sonido recorre 34m. en 1/10s., entre la ida y el retorno; entonces será 17+17: 34m.

68. Las principales características del sonido son tres: *intensidad, altura, timbre*. Características del sonido

La intensidad es aquella característica por la cual los sonidos se tornan más o menos sensibles; o si se quiere es la energía con el cual repercute en nuestro oído.

La intensidad depende de la amplitud de las vibraciones del cuerpo sonoro, por la cual es mayor o menor según que las vibraciones sean más o menos extensas.

La altura es la característica por la cual distinguimos los sonidos agudos de los graves. Se debe a la rapidez de las vibraciones: es más agudo aquel sonido que tiene más vibraciones y es más grave el que tiene menos. La octava de una nota está formada por un doble número de vibraciones correspondientes a esta.

Llamando 1 el número de las vibraciones correspondientes a la tónica de una octava, aquellas de las sucesivas notas serán¹¹⁴:

1: Tónica. 9/8: segunda. 5/4: Tercera. 4/ 5: Cuarta. 3/2: Quinta. 5/3: Sexta. 15/8: Séptima. 2: Octava.

El sello o técnica es aquella característica por la cual se distingue un sonido producido por otro más bien que de un otro instrumento. Ello es dad o por una serie

114 Para ver en un modo simplísimo y memorístico de generación de octava.

Se alcanza la media de la tónica y de la octava:

Si se tiene: $\frac{1}{2}$ (1+2) se tiene $\frac{3}{2}$, e. e. ... la quinta.

Se alcanza la media de la tónica y de la quinta:

Si se tiene: $\frac{1}{2}$ (1+ $\frac{3}{2}$) se tendrá $\frac{5}{4}$; e. e. ... la tercera

Se alcanza la media de la tónica y de la tercera:

Si se tiene: $\frac{1}{2}$ (1+ $\frac{5}{4}$) se tendrá $\frac{9}{8}$, e. e. ... la segunda.

De tal forma que la tónica, la segunda, la tercera, la quinta, la séptima (como veremos) y la octava son generadas por la coincidencia en números pares de las vibraciones. Se comprende que la coincidencia cada dos de ellas sea el modo más simple porque se tendrá una sensación grata de las notas, sea simultáneamente como en el acorde perfecto, como sucesivamente en las modulaciones. Después de aquellas dos, vienen de por sí la coincidencia cada 3 vibraciones. Dadas las notas 1, $1 + \frac{1}{2}$, $1 + \frac{1}{4}$, etc., convendrá buscar las notas $1 + \frac{1}{2}$, etc.; y la primera será, por tanto, $1 + \frac{1}{2} = \frac{4}{3}$, e. e., la cuarta. Teniendo esta, surge espontáneamente la sexta como media entre $\frac{4}{3}$ y 2, e. e. $\frac{1}{2}$ ($\frac{4}{3} + 2$) = $\frac{5}{3}$. La séptima puede, que necesita siempre caer sobre la tónica, se genera observando, que si $\frac{1}{2}$ de más de vibraciones da una nota, que es la segunda, no hay razón porque también $\frac{1}{8}$ de menos no generan entre sí, una nota; y ahora se tiene $2 - \frac{1}{8} = \frac{15}{8}$ que es la séptima. Se observa que la segunda y la séptima para el pequeño exceso de vibraciones sobre la tónica no pueden estar por sí; sino tendiendo a caer sobre la tónica.

más o menos variable de vibraciones que acompañan el movimiento principal vibratorio del cuerpo.

69. Supuesta una cuerda flexible fijada a sus extremidades, al ser vibrada, emitirá un sonido, cuya altura está dada por las siguientes 4 leyes: Vibraciones de las cuerdas

1º.: El número de las vibraciones está en razón inversa de la longitud de la cuerda¹¹⁵

2º.: Es una razón inversa de su diámetro;

3º.: Es proporcional a la raíz cuadrada de la tensión;

4º.: Es una razón inversa de las raíces cuadradas de la densidad.

Estas leyes se demuestran teóricamente y se prueban experimentalmente con un instrumento llamado sonómetro.

Esto se resume en la fórmula $n = 1/rl\sqrt{p/\pi d}$; donde n es el número de las vibraciones, r , l el razón es la longitud de la cuerda, p la tensión, d la densidad, π la relación de la circunferencia al diámetro.

Se sigue que la longitud de una cuerda para dar las notas de una octava deben ser sucesivamente en razón inversa de los números de vibraciones; y por tanto, estarán entre ellos como los números:

1: tónica. 8/9: segunda. 4/5: tercera. 3/4: cuarta.

2/5: quinta. 3/5: sexta. 8/15: séptima. 1/2: octava.

70. La altura del sonido que puede dar una vara elástica está dada por las siguientes leyes: Vibraciones transversales de las varillas elásticas

1º, el número de las vibraciones es independiente de la longitud de la vara;

2º, es proporcional a su espesor a su espesor;

3º, está en razón inversa del cuadrado de su longitud;

4º, está en razón inversa del cuadrado de la densidad.

De la misma vara puede obtenerse más sonidos, los cuales son distinguidos en las varas por el número de las partes en la cual ella se subdivide, separadas por líneas llamadas *nodales* o simplemente *nodos*.

71. La altura del sonido depende en las placas de las siguientes leyes: Vibraciones de las placas

1º, el número de las vibraciones está en razón inversa

115 Prácticamente la altura del sonido es un poco diferente en causa de la rigidez de la cuerda, por la cual la longitud vibrante es menor de la distancia entre las dos extremidades fijas.

de los cuadrados de las dimensiones homólogas;

2º, es proporcional al espesor.

Al emitir un sonido las placas se subdividen en un número par de partes separadas por *líneas nodales*, en torno a las cuales, como bisagras, las partes contiguas vibran alternativamente. Este número es tanto más grande cuanto más agudo es el sonido. En una placa cuadrada fijada por su centro, el sonido más grave corresponde a dos líneas que introducimos paralelamente a los lados, y la quinta a dos líneas seguidas según las diagonales.

72. En una columna aérea el sonido se propaga por condensaciones y rarefacciones sucesivas y periódicas por el aire.

Propagaciones del sonido en las columnas aéreas

Imaginemos un cilindro indefinido de aire a la misma temperatura y presión, cuyo eje sea MN, y supongamos que al comienzo sea una lámina vibrante de aire que de su posición de equilibrio *ab* se transporta periódicamente de *ab* en *a'b'*, *ab*, *a''b''*, *ab*.

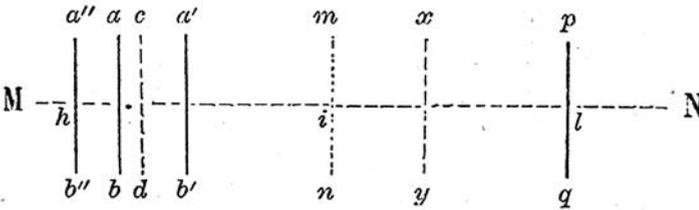


Fig. 27

Observamos en primer lugar que cualquier pequeño movimiento de la lámina, como aquello de *ab* en *cd*, se transmite a todo el cilindro del aire indefinidamente, no por transporte de aire, sino por conmoción sucesiva de cualquier lámina aérea, *xy*, que se puede imaginar a lo largo del cilindro. A mayor inteligencia suponemos que arribará en *cd* la lámina si está detenida. La compresión ejercida sobre la lámina *ab* se transmitirá en toda la columna en modo que cada lámina *xy* una vez cerrada, tenderá a distenderse por la elasticidad propia del aire, comprimiendo en todo lugar las láminas contiguas; a derecha para transmitir la compresión recibida primitivamente por la lámina vibrante *ab*, y a izquierda para reducir a reposo la lámina precedentemente mencionada. Si la lámina, en

vez, de cd retrocediera a ab , se daría la dilatación de la lámina aérea contigua, que se transmitirá igualmente, como en la compresión, a todas las sucesivas láminas. Esta transmisión de las compresiones o dilataciones se hace con la misma velocidad del sonido.

Observamos en segundo lugar que la lámina ab con la oscilación entre $a''b''$ y $a'b'$ no conserva la misma velocidad, sino que, especialmente en ab , es nula en la extremidad $a''b''$, $a'b'$; de tal forma que los espacios descritos de la lámina en iguales tiempos van decreciendo del centro a los extremos; movimiento que se puede parangonar como el del péndulo. Si andando la lámina de $a''b''$ en $a'b'$ entonces serán compresiones sucesivamente crecientes y después decrecientes, desde $a'b'$ en $a''b''$ entonces serán dilataciones sucesivamente crecientes y después decrecientes.

Estas compresiones y dilataciones se transmitirán regularmente y periódicamente a lo largo de la columna aérea, y es posible imaginarse cómo por este modo de acción, cada lámina, como xy , que se puede concebir transversalmente a la columna, pasa sucesivamente por todos estos períodos y grados de compresiones y dilataciones en el mismo tiempo que la lámina ab vibra entre $a'b'$ y $a''b''$.

Sea ahora pq la lámina en la cual llegó el movimiento de la misma compresión originado en la vibración a la derecha de $a''b''$ en el transmitirse que ello fuese a lo largo de la columna aérea con la velocidad propia del sonido durante el tiempo que la lámina ab realiza una *vibración completa* ($a''b''$, $a'b'$, $a''b''$) Está claro que el punto i , media entre h y l , marca la longitud donde arribará la otra mínima compresión cuando la lámina ab llegue a $a'b'$. Los puntos intermedios entre h e i señalan los lugares de las láminas donde pasaron las compresiones a la ida ($a''b''$, $a'b'$), y los puntos intermedios entre i y l señalan los lugares de las láminas donde pasaron las dilataciones a la vuelta ($a'b'$, $a''b''$). Más allá del punto l a la derecha sucederá la misma distribución de los movimientos repartidos en tantas longitudes como h l , que llegan el nombre de *longitudes de onda*. Y si representamos las distancias sobre un eje como abscisa y la amplitud de los movimientos con orden positivo o negativo según que pertenezcan a las compresiones o dilataciones, tendremos una curva sinuosa como mb , dp en la fig. 28

y 29, de la *trocoide*, bien adoptado para proporcionar una cierta idea del estado simultáneo de los movimientos en un instante dado a lo largo de la columna aérea. Imaginando que esta trocoide vaya con la velocidad del sonido, ella marcará sobre cada orden, el estado de las vibraciones de la molécula correspondiente.

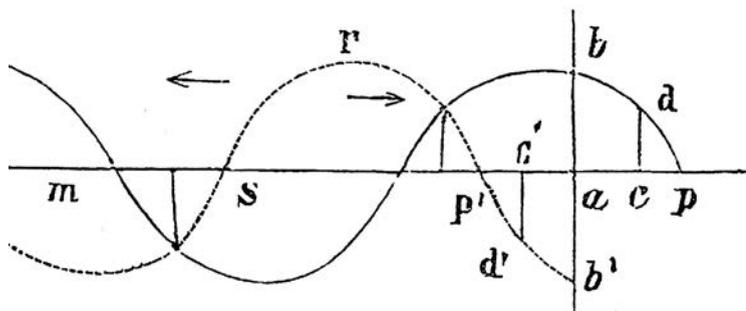


Fig. 28/ Reflecciones de las ondas sonoras: Cuando el sonido, siguiendo una onda sonora (mb) encuentra un obstáculo bb' , eso se refleja dentro, según otra sinuosidad $b'd'r's$, símil a la primera, pero inversamente colocada respecto al plano reflectante bb' . Para poder comprenderlo, supongamos destacar con el pensamiento la porción indefinida de la onda primitiva a lo largo del plano bb' , e imaginemos construida una curva simétrica a ésta a lo largo de bb' . Hecho esto, dejando las abscisas como sonido, tomemos en sentido contrario todas las ordenadas, obtendremos una curva que simboliza la situación de las vibraciones aéreas en el sonido reflejado. De hecho, las vibraciones representadas en la línea mb viniendo de chocar contra bb' conservan la misma intensidad pero cambiarán de dirección. Al momento en el cual las vibraciones representado en la ordinaria ab viene a percudir el plano bb' , ella, estando como venimos diciendo, será representada por ab' . Pero antes que pasase la vibración ab , pasará la cd , y por la misma razón será representada por $c'd'=cd$, luego $ac'=ac$; p vendrá en p' , y así en lo sucesivo. Por eso, todas las ordenadas $c'd'=cd$, $ab=c'd'$, etc., de la curva $b'd'prs$ (...) serán iguales y contrarias a aquellas que representamos en la onda primitiva las vibraciones que vienen sucesivamente a batir antes de la ab sobre el plano bb' , de tal forma que coexistirán a las actuales vibraciones ab , o sea, a los actuales estados vibratorios representando por la onda mb .

73. Llámese interferencia la sobreposición en un mismo punto de dos o más movimientos. Según que los movimientos sean o no en un mismo sentido, ella será aumento o disminución del movimiento en el punto. Interferencia de las ondas sonoras

74. Cuando la columna aérea, de la cual hablamos, está Ventriculares y nodos cerrada, por ej. a la derecha, el sonido se refleja, y ahora en otra serie de condensaciones y rarefacciones tienen a lo largo en sentido inverso del tubo. El choque de dos ondas sonoras, directa y reflejada, da lugar a la formación de los nodos denominados *ventricular* y *nodos*; *ventricular* donde los dos movimientos se añaden, y *nodos* donde se destruyen. En el ventricular la densidad del aire es constante y la excursión de las moléculas máxima; en los nodos la densidad es máxima y la excursión de las moléculas mínimas.

En los tubos cerrados la distribución de los nodos y de los ventriculares se hace según estas leyes descubiertas por Bernoulli.

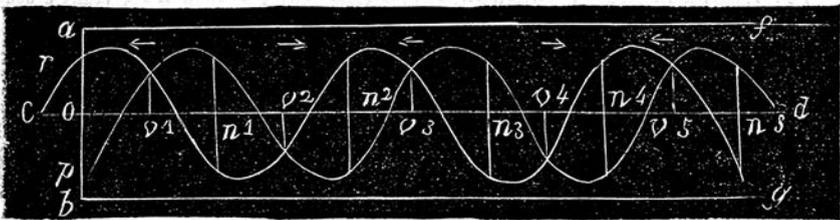


Fig. 29 / Ventriculares y nodos: Cuando en el mismo tubo *fabg* cerrado en *ab* se encuentran simultáneamente en presencia una onda sonora directa y una onda reflejada, se llevará a cabo, como notamos, interferencia de sonidos. A los puntos v_1, v_2, v_3, v_4, v_5 los movimientos vibratorios se suman y tenemos amplitud de vibraciones; los puntos n_1, n_2, n_3, n_4, n_5 , donde los movimientos son de sentido contrario, tenemos extinción del movimiento vibratorio o por lo menos mínima, amplitud de vibración. Los primeros puntos son los *ventriculares*, los segundos los *nodos*. Es fácil deducir de la inspección de la figura que los ventriculares y los nodos distan de una onda entera; en tanto los nodos de los ventriculares de media onda.

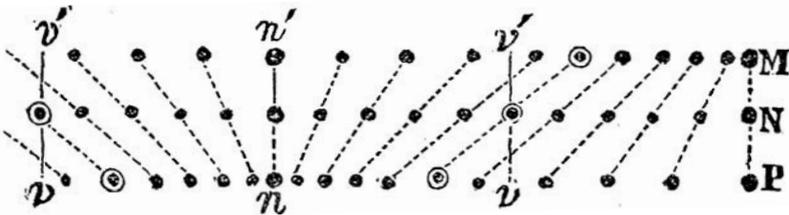


Fig. 30 / Sean en vv', vv' en ventriculares; en nn' en nodos; se representan la línea de medio N el estado de una fila de molé-

culas de aire en equilibrio; las líneas M y P representando el estado de las moléculas a los extremos las excursiones a derecha e izquierda de sus posiciones de equilibrio. Se comprenderá, ahora, de la simple inspección de la figura como en los nodos las excursiones son mínimas, en los ventriculares son máximas; y cómo en los nodos se cambiarán de densidad sin movimiento vibratorio sensible, y en los ventriculares movimientos vibratorios sin cambiar de densidad. Esto se manifiesta pensando en el principio de la conservación de las fuerzas vivas.

1°, los nodos se encuentran a distancias del fondo iguales para un número de pares de media longitud de onda;

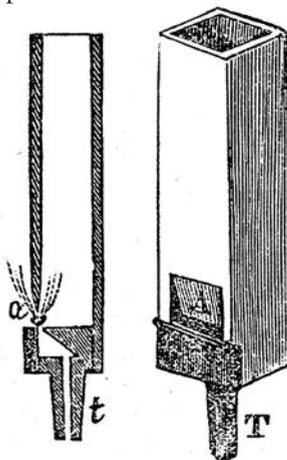
2°, los ventriculares se encuentran a distancias del fondo iguales para un número impar de media longitud de onda.

Está claro que en ellos, se encuentran siempre un ventricular al fondo y un nodo en la cumbre.

En los tubos abiertos suceden los ventriculares y los nodos, porque la columna aérea externa indefinida forma como un obstáculo a la progresión de la onda, y ella por tanto se refleja igualmente como en los tubos cerrados. La distribución de los nodos y los ventriculares es inversa de la precedente; *los nodos serán a distancia del fondo iguales para un número impar de media longitud de onda, y los ventriculares a distancias iguales para un número par de media longitud de onda.*

De los mismos tubos de órgano (fig. 31) se pueden dibujar diversos sonidos en función de la presión con la cual se empuja el viento. Pero en los tubos abiertos el *sonido fundamental* o más bajo por la longitud de onda *la misma longitud de los tubos*, y en los tubos cerrados el *sonido fundamental* tiene por longitud de onda *el doble de la longitud del tubo*; porque es la octava del primero.

Fig. 31/ Tubos de órgano: Consiste en un tubo en sección ordinariamente cuadrada terminado en pequeño tubo T por el cual se puede implantar sobre el soplador o jaula. Una de las caras está abierta y cortada hacia un ángulo. El espacio libre se llama *boca* (A). El fondo, entonces, del tubo está totalmente cerrado, excepto por una pequeña fisura longitudinal llamada *luz*. Ahora, el aire fluye levemente en la lámina de la luz se encuentra el filo del labio superior, se comprime y reacciona contra la lámina sobrante, de tal forma que ésta, por el concurso del aire efluente y su vuelta predominando llega a comprimirse contra el filo



y reacciona, y así constantemente. Se forma así en la boca como una lámina de aire continuamente compresada y dilatada, la cual genera después el sonido por la sucesión regular de las ondas aéreas compresadas y dilatadas.

75. Se puede constatar la altura de un sonido en diversos modos: con el método de las cuerdas vibrantes del P. Mersenne, con el método gráfico, con la sirena acústica, con las ruedas dentadas, o con el método óptico. Para ser breve, no describiremos más que tres. El primero consiste en comparar la longitud de una cuerda vibrante de la cual se puede probar el número de las vibraciones, con una cuerda de igual tensión y espesor, sólo más larga, por la cual son reconocibles al oído las vibraciones. Ahora, según el mencionado principio, los números de las vibraciones de las dos cuerdas están entre sí en razón inversa de las longitudes de las cuerdas, y teniendo tres elementos de las proporciones anotadas, e. e., las longitudes de las cuerdas y uno de los denominados números, se encontrará el cuarto, es decir, el número de las vibraciones de la cuerda dada.

Determinación de la altura del sonido

El método gráfico consiste en hacer escribir sobre un cilindro rodante y ahumado las propias vibraciones para un cuerpo vibrante armado de ligerísima punta que se apoyan sobre el mismo. Los variados números de la sinuosidad descrita, sugerirá para los ojos expertos, el número de las vibraciones que se pueden encontrar.

El método de la sirena acústica consiste en generar un sonido por medio de pulsaciones rapidísimas del aire que se pueden contar y regular en modo de producir el unísono de un sonido dado. Ahora, el número de estas pulsaciones dará aquello de las vibraciones buscadas.

El sonido más grave perceptible al oído humano sería dado por 32 vibraciones simples, o sea, por 16 vibraciones completas (*ida y vuelta*) por segundo; el sonido más agudo sería, a su vez, producido por cerca de 75000 vibraciones simples, e. e., 36500 vibraciones completas por segundo.

Fig. 32 / Tubos de caña, o lengüeta: Se llaman tubos de caña aquellos en los cuales la columna aérea choca contra el movimiento vibratorio para una lámina elástica denominada *caña*. Este sistema de sonidos es muy usado en los órganos y en los armonios. Llámese *caña libre* aquella en la cual la lámina puede moverse libremente para ambas partes de la hendidura que cubre, y *caña batiente* aquella en la cual no puede moverse más que por una sola parte, porque bate sobre la orilla de las hendiduras, por ser la parte más pequeña de la lámina. El tubo representado en la figura es la *caña libre*. Si por la apertura l se penetra una corriente de aire, éste tiende a salir por los intervalos que dejan de la lámina l , poniéndola en movimiento, y ésta, siendo elástica, tiende a volver a su antigua posición donde llega un movimiento vibratorio de la lámina constantemente mantenido por el choque de las corrientes y de las reacciones continuas de la fuerza elástica de la lámina. El número de las vibraciones dadas para una caña (como de cualquier lámina) siendo $(N. 70)$ en razón inversa del cuadrado de la longitud, se trae partido de esta propiedad para acordar los tubos para caña sirviéndose de la línea n la cual está hecha para correr, puede servir, variando el punto fijo de la lámina, para acortar o alargar a gusto la parte vibrante.

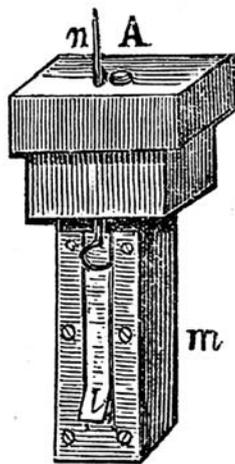
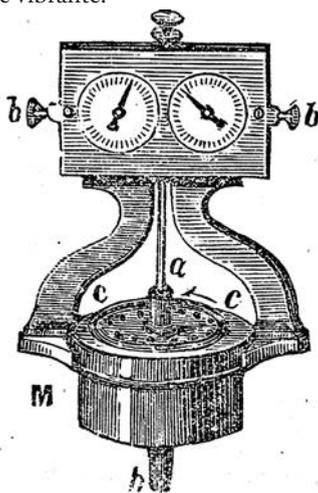


Fig. 33 / Sirena acústica: Este aparato sirve para encontrar el número de las vibraciones que hace un sonido dado. Se compone de un tambor M terminado en un tubo b por la cual se puede aplicar sobre un soplador y recibir así, un flujo de aire. Esta no puede salir más que atravesando agujeros practicados regularmente en una placa que cierra solidariamente el mencionado tambor; entonces pasa a través de otros agujeros practicados en un disco móvil rotante en torno al eje ab y dispuestos en el mismo orden que en la placa. Si, como estos agujeros de la placa y del disco son cortados oblicuamente al eje y en sentido contrario como en $>$, se llega por el choque del aire un movimiento rotatorio del disco y con ello del eje a , el cual se comunica por medio de una vida perpetua a dos engranajes situados superiormente, y se vuelve visible y medible con dos índices, por los cuales se podrá conocer el número de los giros hechos por el disco. Ahora, multiplicando este número por aquello de los orificios que lleva el disco se conocerá el número de las pulsaciones producidas por el eje en un tiempo dado, medido con un cronómetro. El sonido de la



sirena se emitirá naturalmente de acuerdo con aquello por el cual se trata de explorar la altura, empujando el aire con fuelle con tal que los dos sonidos tengan éxito con los oídos al unísono.

76. La voz humana se produce por el choque del aire contra los labios de la glotis situada en la laringe, las cuales, oscilando, como las lengüetas, producen con la rapidez de sus vibraciones, un sonido más o menos agudo. Voz humana
77. El oído es el órgano de la audición. Comprende el oído externo, el medio y el interno. Órgano de la audición

El oído externo es aquel contorno visible denominado *pabellón*, que sirve para recoger el aire, y comunicar por medio de un canal con el oído medio, cuya extremidad está cerrada por una membrana denominada *tímpano*.

El oído medio contiene cuatro huesecillos, denominados *martillo*, *yunque*, *orbicular*, y *estribo*. Se encuentran en el oído interno en la cual son el *laberinto* y el *vestíbulo*, que contiene una disposición donde se toman las ramas del nervio acústico, que comunica con el cerebro.

Las vibraciones aéreas repercuten en la membrana del tímpano que se comunican en los huesecillos, los cuales lo transmiten a la disposición contenida en el laberinto y en el vestibulo, en el cual se encuentran los filamentos nerviosos, por el cual el cerebro recibe las sensaciones, produciendo en nosotros la audición del sonido.

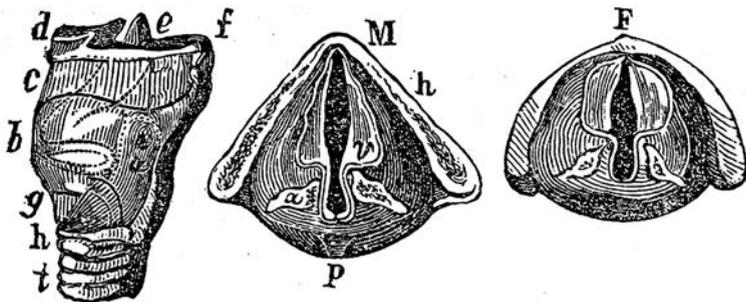


Fig. 34 / Laringe: Es el aparato que sirve en el hombre para producir los sonidos y las voces. Es una especie de cajita cartilaginosa, vulgarmente llamada *nuz de Adán*, que se encuentra en la extremidad superior de la arteria tráquea. En su interior se encuentra una abertura formada por las,

así denominadas, *cuerdas vocales* (*v*). El aire llega de los pulmones, y la hace vibrar como lengüeta. La altura del sonido depende del grado de tensión, del ancho y de la longitud de la abertura de la glotis.

- a. Cartílagos aritenoides
- b. Cartílagos tiroideos formando la *nuez de Adán*
- c. Membrana que junta *b* con *a*.
- d. Hueso hioides
- e. Epiglotis
- h. Cartílagos cricoides

MP. Sección de la laringe en el hombre hecha a través del ventrículo de la glótica

F. Sección id. en la mujer

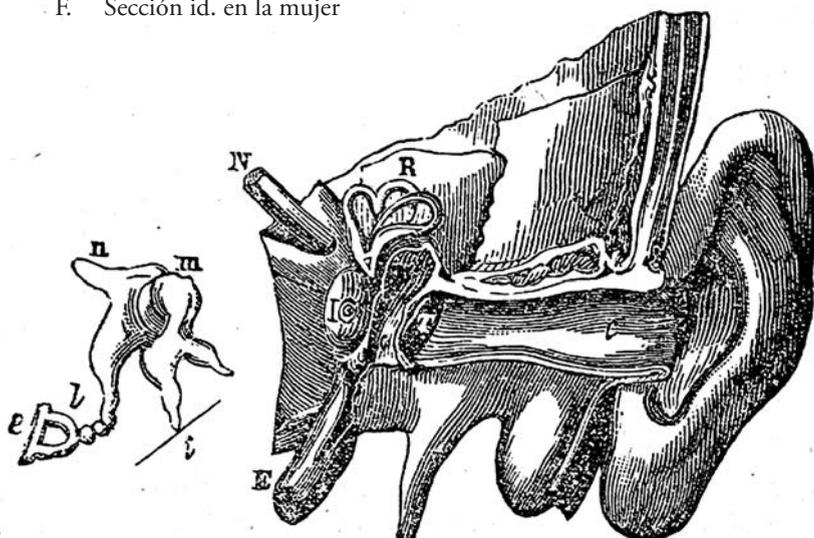


Fig. 35 / El oído externo: está compuesta por una membrana cartilaginosa plegada en un pabellón y por un conducto C, cerrado en el fondo por una membrana T, llamada *tímpano*.

La caja del tímpano por la cual se comienza el oído medio se encuentra la *ventana redonda* y la *ventana oval*, que son dos agujeros cerrados por sutilísimas membranas. La ventana oval puesta superiormente a la otra, comunica con la membrana del tímpano *t*; el *yunque n*, sobre la cual reposa la cabeza del martillo; el *hueso lenticular l* y el *estribo e*, que por su base es aplicada a la membrana de la ventana oval.

El oído interno: se compone del *vestíbulo V*, el cual pasa por alto los tres *canales semicirculares R*, y del caracol L. El vestíbulo se asoma a la ventana oval, y el caracol a la ventana redonda. La membrana interna está alfombrada por fibrillas elásticas en número cercano a 3000, denominadas *Fibras de Corti*, las cuales, según Helmholtz coincidiría con alguna nota.

§ 4. Calórico

78. El Éter es un fluido disperso por toda la naturaleza, Éter
movilísimo y muy elástico; y por su medio recibimos
las sensaciones de la luz y del calor.
79. El Calórico, considerado entre nosotros, es aquel agente Calórico
que produce las sensaciones del calor y del frío; considerado después, fuera de nosotros es un movimiento
vibratorio del éter. Este movimiento se convierte en
cuerpos en una sumatoria de fuerzas vivas moleculares,
que constituyen el trabajo interno molecular.
Muchas son las propiedades del calórico, entre las
cuales la principal es aquella de dilatar los cuerpos.
Así, a modo de ejemplo, si se toma un anillo y una
bola de hierro, a la temperatura ordinaria ésta pasa por
el anillo; pero si Ud. calienta no podrá más atravesarlo.
De esta forma se prueba que el calor lo hace
aumentar de volumen, o sea, dilatar.
80. El termómetro es un instrumento que sirve para medir Termómetros
la temperatura de los cuerpos, principalmente del
aire, o sea, las variaciones del calor y del frío.
El termómetro consta de un tubo pequeñísimo
cerrado por una parte, terminado por la otra por un
bulbo que contiene alcohol o mercurio.
El termómetro se hace de alcohol o de mercurio; estos
últimos son los que marcan con mayor regularidad.
Para graduar un termómetro se sumerge el tubo
en la fusión del hielo y en el punto donde sale se hace
una marca; de esta forma se sumerge en los vapores del
agua en ebullición y se hace otra marca. Estos intervalos
se dividen en tantas partes iguales, que son denominados *grados*. Si este espacio se divide en 100 partes
se llama termómetro centígrado; si en 80, de Reamur;
y ahora, el primer signo se escribe 0, el segundo 100, o
también 80, si es centígrado o de Reamur.
Para reducir aquello de Reamur al centígrado se
aumenta de a cuarto los grados del primero: así 16
Reamur valen $16 + 16/4 = 20$ grados centígrados.
Los ingleses adoptaron el termómetro de Fahrenheit.
En este termómetro en lugar del cero, se señala
32° y 212° sobre 100°; de esta forma el intervalo es
de 180°.

Para elevar la temperatura es preferible el termómetro de mercurio y para la base que sea de alcohol, porque el mercurio se congela a -40° y ebulle a 360° , mientras que el alcohol ebulle antes de 100° y no se congela, puede sufrir cualquier enfriamiento.

Para tener un termómetro sensible (e.e., que manifieste lo más visiblemente posible las variaciones de temperatura) necesita que el tubo sea capilar y el bulbo mucho más grande.

Se construyen termómetros enteramente metálicos, sin utilizar líquido alguno (Cfr. fig. 36)

Para saber cuál fue, durante un periodo determinado de tiempo, la máxima o mínima temperatura se usan los termómetros a máxima y mínima, compuestos por un camino de un termómetro ordinario pero internamente con un índice, los cuales según la naturaleza del líquido empleado o la forma del índice, denotan la máxima temperatura si se deja solo libremente dilatar el líquido, o la mínima si lo dejan contraerse libremente.

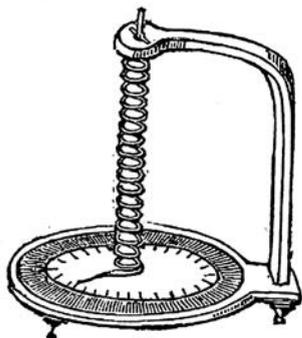


Fig. 36 / Termómetro metálico. Se funda en este principio. Si se tienen dos láminas metálicas a --- y b ---, soldadas juntas, al crecer y al decrecer de la temperatura, éste se encorvara por aquella parte por la cual el cuerpo más dilatable ocupen el arco más grande. Así si b fuese más dilatable que a , creciendo la temperatura, la lámina doble ab se encorvará sobre sí. Sean ahora 3 láminas p ---, ---o, a ---, de plata, oro y platino soldadas juntas y enroscadas en espiral como se ve en la figura. Si suspendemos la hélice así formada, cuando la temperatura se eleve, la plata encontrándose dentro y siendo el más dilatable, buscará distenderse, la hélice disminuye de curvatura, y el índice girará en un sentido dado sobre el círculo graduado. Lo inverso arribará cuando la temperatura sea inferior. Este termómetro es muy sensible y revela prontamente cualquier mínima variación de temperatura.

81. El Pirómetro es un instrumento que sirve para grandes temperaturas, o sea, para las temperaturas superiores a aquellas marcadas por el termómetro de mercurio. Pirómetro

82. El calórico es sensible o latente. Calórico sensible y latente

Se dice calórico sensible a aquello que se hace sentir al termómetro, y latente cuando el termómetro no lo siente.

Un ejemplo de calórico sensible nos ofrece el mismo termómetro: en las horas cálidas el mercurio se eleva, en las frías disminuye. La siguiente experiencia constatará la presencia del calórico latente en los cuerpos.

Un vaso que contiene un Kg. de agua a 79° , si se sumerge un Kg. de hielo a 0° ; la temperatura del agua caerá a 0° . El calórico que contiene el agua no tiene, por tanto, servido que para hacer licuar el hielo, dispersándose a todas las moléculas del agua para disponerlos en aquella posición y dirección propias al estado sólido. Estas calorías no han desaparecido, existen todavía; pero no se manifiestan.

Si, en vez de sumergir un Kg. de hielo en un Kg. de agua a 79° , se mezcla solo esta agua con otro Kg. de agua a 0° , el calórico será ahora sensible, porque la mitad del calor se habrá comunicado al agua a 0° , y, por tanto, ahora por sobre 39° .



Fig. 37 / Termómetro de máxima Negretti.

Se introduce en el tubo del termómetro un cilindro de vidrio que rellena casi exactamente la cavidad del mismo, y se hace restar sobre el bulbo al origen del tubo. Este índice de vidrio tiene por objeto dejar pasar el mercurio entre sus paredes y aquellas del tubo, cuando por la elevación de la temperatura el mercurio dilatándose por el bulbo, se eleva en el tubo, y le ofrece una resistencia cuando por el decremento de temperatura el mercurio contrauándose tiene a volver a entrar en el bulbo. Por lo tanto, el punto donde llegó el mercurio indicará el máximo grado de temperatura porque el mercurio podrá siempre elevarse pero no deprimirse. El instrumento se dispone horizontalmente para sus traer la columna mercurial de la gravedad.

Para regresar a punto el termómetro para otras observaciones basta enderezar verticalmente el instrumento, sacudiéndolo un poco. Ahora, el peso del mercurio venciendo la resistencia del índice, descenderá nuevamente en el bulbo.

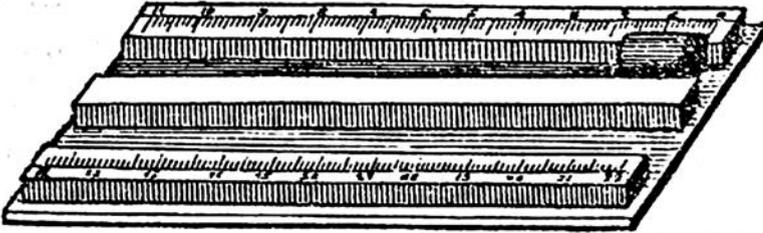


Fig. 38 / Pirómetro de Wedgwood.

Este instrumento está basado sobre la propiedad de la arcilla seca, por la cual puede subir al fuego una disminución de volumen permanente tanto más grande cuanto más alta sea la temperatura. Consiste en una placa de cobre que lleva tres reglas inclinadas de modo que las aperturas existentes entre ellas, sean el prolongamiento una de la otra; las dos reglas externas son divididas, en 240 partes. El cero de la división corresponde a 581° centígrados, y cualquier parte vale 72. Se reconocerá después la temperatura de un foco lar landanzo dentro de un cilindro de arcilla. Se extrae después, en cualquier momento, se deja refrescar y se hace recorrer en una de las aperturas convenientes. El punto donde se detenga, indicará la temperatura buscada.

83. Es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un Kg. de agua entre 0° y 1°. Caloría
84. El calórico específico es la cantidad de calor necesario para elevarse la temperatura de 0° a 1° por unidad de peso de un cuerpo. Eso varía según los cuerpos. Calórico específico

De modo que la caloría sería el calórico específico del agua.

Para probar el calórico específico de un cuerpo se pone un pequeño pozo de hielo. El calor del cuerpo presente en el hielo, se fundirá. Ahora, si para fundir un Kg. de hielo son necesarias 79 calorías, así el agua recaba para la fusión del hielo contendrá en sí tantas veces 79 calorías cuantos sean 1 Kg. que se miden en el peso. Estas calorías se dividirán por los grados de temperatura a la cual fue recibida antes el cuerpo dado, y el cociente indicará el número de las calorías necesarias para un grado, relativamente al peso total del cuerpo.

Si, después, si quisiera saber el calórico específico de la unidad de peso de este cuerpo se dividirá este último cociente por el peso; el resultado dará el calórico específico.

En vez de referir los calóricos específicos a la unidad de peso, ellos se podrán referir a la unidad de volumen, como lo hizo el Prof. Cantoni. Y ahora, se encontrará más satisfactorio de acuerdo entre la capacidad calorífica y la dificultad de disgregar las moléculas, e. e., la fuerza de cohesión.

85. Dícese calórico conducido aquel calor que se propaga a través de la materia ponderable. Calórico conducido
- Esta conductividad varía según los cuerpos. Esto se puede experimentar con un aparato simplísimo. En una caja llena de agujeros, en los cuales se pueden pasar cilindros, de varios metales recubiertos de cera, se tendrá agua caliente. El metal sobre el cual la cera fundirá más largo será el mejor conductor.
- Los mejores conductores del calórico son los metales, y más que los otros el oro, la plata y el cobre. Malos conductores o *aislantes* son los vegetales, como también la lana, la seda, el algodón, las plumas, etc. La lana se porta como lo inverso para ser aislante del calórico.
- Si se representa, por ejemplo, la conductividad del oro con 1000, la del hierro será 374, zinc 373, plomo 179, mármol 23, porcelana 12.
86. El calórico radiante es aquel que se comunica a través de la materia no ponderable, o sea, el éter. Calórico radiante
87. Coeficiente de dilatación lineal de un cuerpo es el aumento por unidad de longitud de un cuerpo dado producido en caliente de 0° a 1°. Coeficiente de dilatación superficial de un cuerpo es el aumento por cada unidad de superficie generado al calentarlo de 0° a 1°. Coeficiente de dilatación cúbica es el aumento de cada unidad de volumen de un cuerpo generado al calentarlo de 0° a 1°. Coeficiente de dilatación lineal, superficial y cúbica
88. Sucede que los relojes no señalan siempre en modo uniforme las horas; y esto proviene del péndulo sobre el cual influyen las variaciones de temperatura, por la cual uno debe gestionar las irregularidades de las os- Péndulo de compensación

cilaciones. Así, en el estado por el calor dilatándose el palo que sostiene la lente, y en el invierno por el frío conectándose las oscilaciones si fuese más lentas o más rápidas.

Como remedio se hizo de los péndulos denominados *a compensación*. Uno de ellos consiste en una varilla de trama de latón y de acero, algunas de las cuales son atadas inferiormente de la vara que sostiene la lente se libera en sí, y la otra acotada superiormente se libera directamente. Estirándose algunas por el calor sobre la base, se estirarán las otras según el alto, y así haciéndose compensación las oscilaciones serán isocrónicas. Existe también otra forma de obtener la compensación en los péndulos.

Esto consiste en colocar en la extremidad inferior del péndulo dos recipientes llenos de mercurio. El calor haciendo dilatar la vara del péndulo hará dilata el mercurio, pero en sentido inverso, por el cual podrá obtenerse la compensación, combinando convenientemente las dos dilataciones.

89. La ebullición se desarrolla por vapor a través de un líquido. Así metiendo un recipiente de agua en el fuego, la parte inferior se dilatará por el calor y saldrá por su ligereza; entonces la otra capa de agua fría, porque más denso, desciende a tomar el puesto del primero hasta que pasen todas las capas de agua fría. El estrato inferior del líquido llegado a un cierto grado de temperatura comienza a vaporizarse y entonces se pueden ver bolitas salir a través el líquido hasta, ganando presión, que el líquido soportaba sobre su superficie, comenzará la ebullición.

Ebullición

La temperatura del vapor formado por el agua en ebullición es constante por circunstancias dadas; así es de 100° a la presión de 76 cm. El calórico adjunto no sirve sino para producir una mayor cantidad de vapor y aumentar en cantidad, pero no en intensidad, el calórico latente. Causas influyentes sobre esta temperatura son: la presión sobrante al líquido en el vaso, la fuerza de cohesión entre las moléculas del líquido, la fuerza de adhesión entre esta y aquella del vaso. La temperatura de ebullición varía entonces según la altitud del lugar. Mientras el agua al nivel del mar ebullicirá a 100°, sobre el Monte Blanco ebullicirá a 84°; en el Hospicio de S. Gottardo a 92.9; en Torino (especialmente en la

Academia) a 99.1; en Madrid a 97.8; en Milán (Jardín botánico) 99.5; en Roma (Campidoglio) 99.8

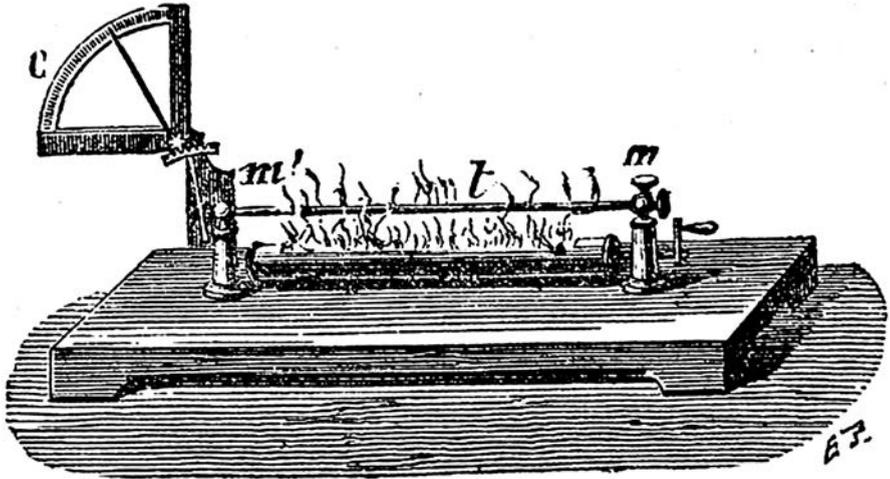


Fig. 39 / Pirómetro de cuadrante. Sirve para demostrar la dilatabilidad lineal de los metales para el calor. Una vara metálica *t* fija para un punto *m* y por otro libre en *m'* se apoya sobre una palanca terminada en arco dentellado que por medio de un piñón, con la la que tome, hace mover un índice sobre un cuadrante. Sucede que calentando la vara, se alarga, que no puede verificarse sin que el índice se mueva y anuncie el alargamiento sufrido.

90. Un líquido puesto en contacto de un metal abrasador toma una forma globular, asumiendo un *estado* que se llama *esferoidal*. Si se deja caer una gota de agua sobre una lastra de metal abrasador, ella toma forma esferoidal, estando suspendido sensiblemente; como se lo prueba guardando entre el metal y la gota de agua por una pequeña luz que se observa. Estado esferoide de los líquidos

Este fenómeno proviene del vapor que de cada lado se desarrolla superficialmente de la gota de agua contribuye a tenerla suspendida.

Si el metal no fuese suficientemente abrasador, la gota de agua versada sobre ello no toma la forma de esferoide, pero al hervirse se evapora y se perdería prontamente.

Los líquidos en el estado esferoidal tienen una temperatura inferior a la del metal abrasador y conservan una temperatura inferior de algunos grados al de la ebullición.

91. El agua elevada a la temperatura de 100° se transforma en vapor, e. e., restando secretamente todas sus moléculas. Se ha probado que para evaporar enteramente un Kg. de agua se elevado a la temperatura de 100° se necesitan 537 calorías. A tal fin, partiendo del principio que el vapor retornando al estado líquido emite tantas calorías cuantas había absorbido en su formación, se va a comunicar el vaso bien cerrado, lleno de agua elevada a la temperatura de 100° con un tubo, llamado serpentino, puesto en otro vaso también lleno de agua. El vapor que pasa en esta serpentina inmersa en agua fría se condensa y pasando de nuevo al estado líquido cede todo el calor a las paredes del tubo y entonces al agua. Se observa ahora que este vapor puede elevar la temperatura de una masa de agua de tal modo que, teniendo cuenta de ella, de su temperatura inicial, de las pérdidas por irradiación, etc., se encuentra el número dado. Calorías de vaporización
92. Un cuerpo compuesto traído a una temperatura se disuelve en sus elementos, por el cual ellos no actúan más químicamente entre sí. Así, el óxido de carbono a 1200° se descompone en carbono y en ácido carbónico; el ácido clorhídrico a 1500° en cloro y en hidrógeno. Este fenómeno se llama *disociación*. El número de calorías necesitadas para obtener un resultado tal serán las calorías de *disociación* o de *disgregamiento*. Para el agua, las calorías necesarias para disgregarla serán de 475. Disociación
93. Para medir la tensión del vapor a cualquier temperatura se recorre a la presión que el mismo ejercita sobre el mercurio del vacío barométrico. Haciendo salir un líquido a través del mercurio en el vacío barométrico, se reduce en vapor en tal que el vacío esté completamente saturado de vapor. (Se dice *saturado* un espacio de vapor cuando no pudiendo contener más la temperatura dada y presión, lo hace precipitar bajo forma líquida, cesando cada ulterior evaporación del líquido) El mercurio ahora disminuye en virtud de la presión del vapor así desarrollado, y su disminución sirve de medida a su presión o tensión. Esta depresión del mercurio varía según los líquidos. Así, por ej., si se tenían cuatro tubos flotadores en un cuenco de mercurio y se introduce el agua en uno de estos, de ellos se reduciría inmediatamente en vapor ocupando el espacio vacío, Tensión de los vapores

deprimiendo la columna de mercurio, y se podría así hacer evaporar el agua a tal punto en el cual el vacío estaría enteramente saturado de vapor. Si en los otros se introdujese alcohol o éter, las columnas de mercurio disminuirían variadamente, y esto por las variadas naturaleza de los vapores introducidos, los cuales ejercitan más o menos presión sobre el mercurio.

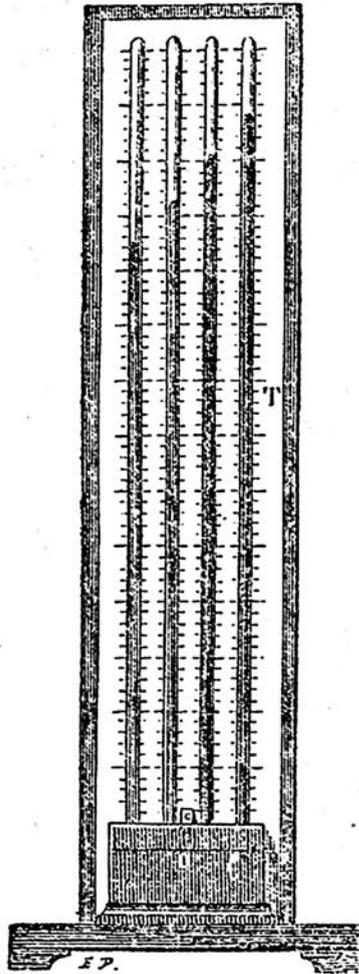


Fig. 40

Las mezclas de gases y de vapores son sujetos a las siguientes dos leyes, denominadas de Dalton.

1ª, la tensión es consecuentemente la cantidad de vapor que satura un espacio dado, son las mismas a temperatura igual, sea espacio, sea vacío o contenga gas.

Mezclas de gas y de vapor

2ª, la fuerza elástica de las mezclas son iguales a la suma de las fuerzas elásticas del gas y del vapor mezcladas, suponiendo el gas mencionado a su volumen primitivo. También, la densidad de la mezcla es la suma de la densidad de los componentes.

Para que las leyes sean aplicables a los vapores, se necesita suponer que estos están alejados del punto de saturación, mientras la condensación haría complicada el fenómeno.

La primera ley, no es estrictamente rigurosa: que si se tratara, ocurriría que se podría acumular en un espacio dado un número indefinido de vapores diversos, que serían todos a la máxima tensión y se compenetrarían indefinidamente.

94. Ya que el vapor cerrado en un recipiente cualquiera cobra, por su tendencia a la expandirse, tanta fuerza para vencer cualquier obstáculo, tanto mayor cuanto más grande es la presión y la temperatura a la cual se presenta; se imaginó extraer lecciones de esta prodigiosa fuerza para ofrecer movimiento a muchas máquinas.

Notas sobre la máquina de vapor

Una de estas es la máquina a vapor que conduce un convoy ferroviario.

El órgano principal de esta máquina consiste en un cilindro conteniendo un pistón movido alternativamente por el vapor contenido en el mismo. Para que este movimiento se produzca conviene sacar el vapor sobra una u otra cara del pistón. Para tal fin, sirve el así llamado *capilla de distribución*.

Para regular el movimiento de la máquina se hace uso del regulador de fuerza centrífuga inventado por Watt.

Este consiste en un eje móvil y vertical, en el cual se separa en dos varas verticales, y que llevan en su extremidad inferior dos bolas pesadas de hierro, las cuales giran más rápidamente y se elevan tanto más, cuanto más rápido es el movimiento de la máquina. Pero si esta alcanza mucha velocidad, las bolas al elevarse hacen cerrar una válvula, por donde entra el vapor, con las cuales se comunican por medio de dispositivos inventados por el mismo Watt. Al contrario, si la máquina se mueve muy lentamente, se ralentiza el movimiento rotatorio de las bolas; y éstas disminuyen, haciendo en ese momento abrir la válvula por la cual entrará de nuevo el vapor necesario para imprimir mayor movimiento a la máquina.

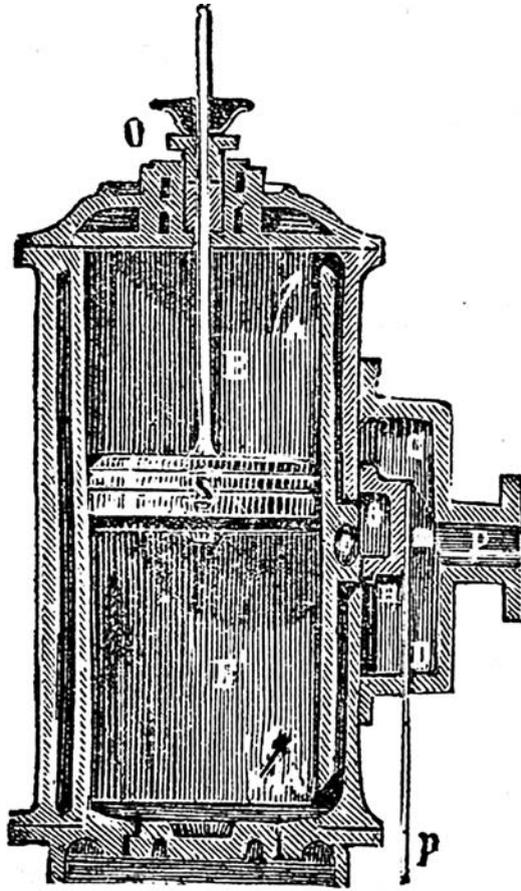


Fig. 41 / Capilla de distribución.

Es un mecanismo que sirve para regular la distribución del vapor en los cilindros donde se mueve el pistón. El vapor llega de la caldera por el tubo P en la capilla CD, donde por dos conductos GA, HA' es guiado sobre y bajo el pistón S. Por medio del registro *m* comandado por la vara *p*, movida por la propia máquina, se abre alternativamente uno de los dos conductos y se hace comunicar el otra con la cavidad *o*, donde parte un oleoducto que va al condensador. Supongamos abierto como en la figura el conducto HA'. Ahora, el vapor penetra por debajo al pistón empujándolo hacia arriba. Al mismo tiempo el vapor que se encontraba sobre el pistón se pierde por el ascenso de este, sale por el conducto AG y por la cavidad *o* en el condensador. Así, en virtud de la máquina misma el vapor entra y sale alternativamente por dos compartimentos B y B', separados del pistón, por el que este puede recibir un movimiento regular y alternativo que transmite después a la rueda motriz por medio del vástago.

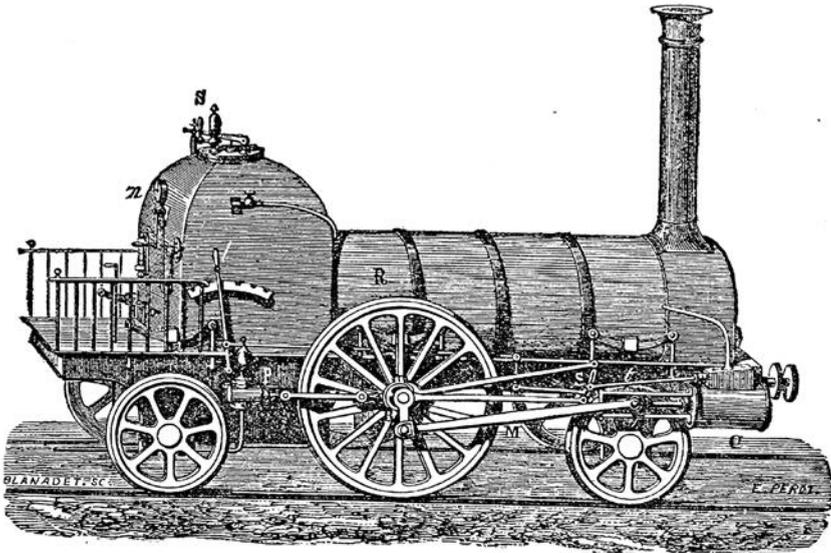


Fig. 42 / Máquina de vapor

Se puede ver en R la caldera, de la cual se desarrolla el vapor que penetrando alternativamente de las caras del pistón empuja el cilindro C, produciendo el movimiento alternativo del vástago del pistón, el cual actúa sobre el cubo de la manivela M, haciendo girar la rueda motriz situada en el medio. Una válvula de seguridad S permite el vapor alcanzado para un determinado grado-límite de fuerza, de expandirse libremente en la atmósfera, en vez de encerrarse llevando a la explosión de la caldera.

La vara de la capilla de distribución está conectada con el sector de Stephenson, por medio de la cual el maquinista con el manubrio *l* puede cambiar el sentido de la marcha de la locomotora, aumentando o disminuyendo la potencia del vapor.

Para proporcionar a la caldera agua necesaria tenemos en P una bomba que alimenta, movida por un excéntrico pivote sobre el árbol de la rueda motriz. Un manómetro muestra cada instante la presión del vapor.

95. Las principales fuentes del calórico son: *Calórico solar*, *Calórico terrestre* y *calórico animal*. Fuentes del calórico

El Sol se encuentra entre las mayores fuentes de calórico. De él emana tal cantidad de calor, que, reunido todo el calor de un año, sería capaz de fundir una capa de hielo a 34 metros envuelta en toda la tierra.

El calor del Sol no penetra en la tierra sino hasta 15 metros de profundidad.

El *calor terrestre* proviene del interior de la Tierra, donde la materia está en fusión. El calor aumenta de

1 grado cada 30 mts. de profundidad; de tal forma que a la profundidad de 2500 mts. el agua hierve, y a 45000, se funde el hierro.

Este foco interno de la Tierra explica las erupciones de los volcanes, de las aguas termales, terremotos, etc.

El *calor animal* es producto principalmente de la combinación del oxígeno que respiramos con el carbono en la sangre. La temperatura en algunos animales es de 37° a 44°, en el hombre es de 37°.

Otra fuente de calor es el frotamiento de un cuerpo con otro.

96. El trabajo genera calor y viceversa. Así, el martillo golpeando sobre un yunque se recalienta; torciendo un hilo de hierro para romperlo, eso se recalienta. Dos piezas de hielo refregados en parte juntos, se calientan y pueden fundirse. El calor del vapor conduce un convoy; el hombre recalentado por el alimento, trabaja.

Conversión del calor en trabajo y recíprocamente

Una caloría representa 425 kilográmetro¹¹⁶ de trabajo, o sea, sería capaz de elevar 425 kilogramos de altura en un metro.

La combustión es fuente ordinaria de calor. Es producida por el oxígeno con el aire en el momento de combinarse con el carbono o con el hidrógeno contenido en los cuerpos.

La tabla siguiente nos da las calorías de combustión de varios cuerpos para cada kilogramo de combustible.

Hidrógeno	34462 calorías
Carbón de leña	8080 calorías
Coque	8047 calorías

97. El aire está siempre más o menos impregnado de vapores de agua, los cuales se forman cada día en mayor o menor cantidad según el grado de calor de algún día. Estos vapores engendra lo que se llama *humedad del aire*, la cual, en verdad, no es sino la relación entre la cantidad actual de vapor contenido en el aire y aquella que puede contener donde no hay *saturación* (ver nº 93).

Vapores de agua atmosférico

116 Se dice *kilográmetro* a la cantidad de trabajo producido para alcanzar un kilogramo de altura en un metro.

La sequía máxima se marca en 0 y la humedad máxima en 100. Tal que cuando leemos en las tablas meteorológicas: humedad: 82, esto significa que el aire contiene 82 por 100 de aquella cantidad de vapor que le había saturado.

Que en el aire atmosférico salgan de continuo vapores acuosos se prueba en los lienzos empapados de agua, los cuales se empañan dejando el aire. Así, un recipiente lleno de agua, se vaporiza al punto de no restarle más una gota.

98. Para medir la humedad del aire se suele utilizar instrumentos especiales como el *higrómetro*. Tenemos higrómetros de *absorción* y de *condensación*. Higrómetros
99. Un higrómetro de absorción es el de Saussure. Todas las sustancias orgánicas absorben humedad, creciendo en volumen, pero también en longitud cuando son filiformes. Cuando un cabello absorbe humedad se alarga, y expuesto al aire seca se acorta. El higrómetro de Saussure se funda en este principio, y se compone de pelo y de una lanceta que gira en torno a un cuadrante graduado. Como instrumento de precisión; sin embargo no se usa. Higrómetro de cabello
100. Cuando una botella rellena de agua viene puesta en una atmósfera más caliente, la botella se niebla. Se produce por el vapor acuoso contenido en el aire, que al contacto de un vaso a temperatura más baja, se condensa, precipita sobre las paredes del mismo. Esta simple experiencia nos ayudará a explicar el funcionamiento del higrómetro por condensación. El mejor de todos es el de Regnault, el cual consiste en un recipiente conteniendo éter, dentro del cual se encuentran dos tubos abiertos, en uno de los cuales se absorbe el aire que pasa por el otro tubo agitando el éter, lo vaporiza más rápido y produce así enfriamiento de las paredes del recipiente, sobre el cual se deposita la humedad del aire. Cuando por medio de un termómetro unido al aparato confrontado con otro expuesto al aire libre, se sabrá la tensión buscada por el vapor acuoso. Higrómetro por condensación
- Nosotros tenemos otro instrumento llamado *psicrómetro*, consistente en dos termómetros, uno bañado y el otro seco, por el cual con tablas especiales, se puede deducción entre sí el estado higrométrico del aire.

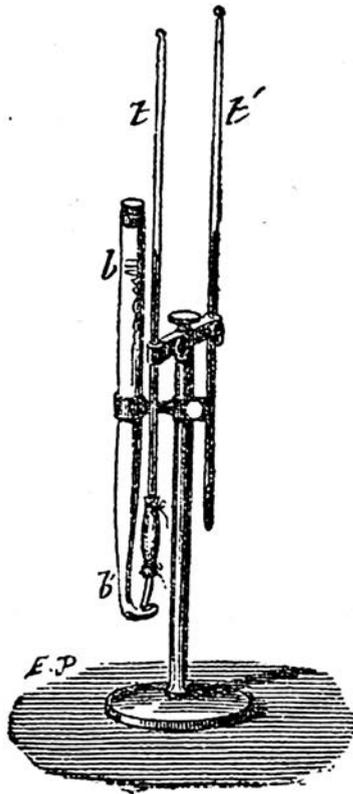


Fig. 43 / Psicrómetro. Este instrumento, inventado por August de Berlín, se compone de dos termómetros, t , t' ; por las cuales el primero tiene un bulbo continuamente bañado por medio de una muselina empapada constantemente de agua por medio de un tubo bb' rellano de agua: el segundo permanece en el ambiente ordinario. Por esta disposición la temperatura del primer termómetro se bajará por la evaporación del agua que se hará en torno al bulbo, mientras el otro indicará la temperatura del aire circundante.

La diferencia de las temperaturas conjuntas a las observaciones del barómetro podrá guiar al conocimiento de la tensión del vapor acuoso.

§ 5. Luz

101. La luz, si se considera entre nosotros es aquel agente Luz que produce la sensación de la vista; y fuera de lo nuestro, es un movimiento vibratorio del éter.

Las vibraciones etéreas se hacen perpendicularmente a la línea de propagación

102. La dirección de los rayos luminosos es la rectilínea, siempre que la luz pase por un medio homogéneo. La velocidad de la luz, o sea, la velocidad con la cual se propaga el movimiento vibratorio del éter es grandísima. Ella es de 300 millones de metros por segundo.
Para hacerse de una idea de esta gran velocidad reflexionemos que una locomotora a vapor tardaría 800 años para llegar desde el Sol, mientras la luz del Sol llegar a nosotros necesita sino 8 minutos. Dirección y velocidad
103. Cuando la luz emanada por un punto luminoso encuentra un obstáculo, los rayos extremos friccionan el cuerpo, marcando dentro del mismo un espacio sin luz que llamamos *sombra*. Si la luz, en vez, emana, desde dos puntos luminosos, las dos sombras generadas, en parte se superponen y forman una *sombra*; en parte, se deshace por recíproca iluminación, y constituyen la *penumbra* (cuasi sombra) Sombra y penumbra
104. Cuando la luz cae sobre un cuerpo, tiende en parte a volver. La luz reenviada se llama *reflexiva*, y el fenómeno se llama *reflexión*.
Donde esta llegue sobre el plano, ella se hace con leyes determinadas; e. e.: los rayos incidentes y reflejos forman con dos ángulos iguales, uno llamado *de incidencia* y el otro *de reflexión*. Reflexión de la luz
105. Llámese *refracción* al cambio de dirección que realiza un rayo al pasar de un medio a otro; o más propiamente al cambio de velocidad que realiza la luz al pasar de un lugar a otro. Este cambio de dirección se opera con leyes constantes, descubiertas por Descartes, por la cual los ángulos de incidencia y de refracción son recíprocamente dependientes.
El medio es más o menos refractivo en función de la luz que va más o menos lento. Refracción de la luz
106. No siempre los rayos luminosos al presentarse en un plano de separación de dos medios se refracta. Cuando la luz pasa por un medio más o menos refractante, va en otra dirección, en la cual los rayos no se refractan, sino se reflectan en el mismo medio. El ángulo señalado para esta dirección se denomina *ángulo límite*.
Del agua al aire, es de $48^{\circ}.28$
Del vidrio al aire, es de $38^{\circ}.41$ (Flint); $40^{\circ}.43$ (Crown) Ángulo límite

107. Las imágenes de un objeto puesto delante de un espejo plano se hace por una distancia a otro espejo igual a aquella en la cual el objeto dista del espejo. Ella es *virtual*, e. e., si resulta de la prolongación ideal y del encuentro de los rayos reflejos. Imágenes en los espejos planos
108. Los rayos de luz batiendo en un espejo cóncavo, quedan reflejados y convergen en un punto llamado *foco*. Cuando los rayos incidentes son paralelos, ellos se encuentran un poco más que la mitad del rayo de curvatura del espejo. Espejos cóncavos
109. Los espejos incendiarios son dos espejos cóncavos enfrentados. Accediendo al fuego vecino de uno de ellos, todo el calor y la luz se reflectan en un punto único, en proximidad al otro espejo, y este punto donde se concentra el calor se llama *foco*. Espejos incendiarios
110. La luz del Sol atravesando el prisma, se refracta y se descompone en muchísimos colores, que son principalmente rojo, naranja, amarillo, verde, azul, índigo, y violáceo. Espectro Solar
- Aquél haz de luz colorado que se ve sobre el diafragma después que la luz blanca atravesó el prisma se llama *espectro solar*. El primero que explicó este hecho fue Newton.
- Ello se debe a la diversidad refractante de los colores que componen la luz blanca.
- Para recomponer de nuevo estos colores en luz blanca, se recibe el espectro sobre un segundo prisma puesto en sentido inverso al primero; o se hace converger en un solo punto diversos espejitos sobre los cuales se hacen caer los colores del espectro. Se puede, de forma experimental de esta manera: se hace rápidamente girar sobre un eje un disco con colores del espectro dividido en sectores; el disco aparece blanco, lo que prueba cómo la fusión de los colores recompone la luz blanca.
111. Los colores de la luz vienen algunos absorbidos y otros reflejados. Los objetos que absorben todos los colores y no reflejan ninguno parecen negros; aquellos que reflejan todo sin absorber alguno se parecen a los blancos. Colores de los objetos
- Algunos objetos los vemos rojos, otros verdes, otros violáceos, porque están absorbiendo todos los colores,

con excepción del rojo, del verde, del violáceo, que regresan al ojo.

112. Otros colores que se ven en el espectro producidos por la descomposición de la luz blanca por medio del prisma, se observan en el espectro otros fenómenos que dan lugar a considerar en la luz, los rayos caloríficos y químicos, además de los luminosos. Rayos químicos, luminosos, y caloríficos

Los rayos luminosos se encuentran en el espectro del rojo al violáceo; los caloríficos, además el rojo; y los químicos al del violáceo.

Los rayos químicos actúan sobre las partes verdes de las plantas, sobre tela, la cual hace devenir en blanca, y sobre vidrios recubiertos de ciertas sustancias, como, por ej., sobre el cloruro o yoduro de plata utilizado en la fotografía, que al contacto de estos rayos ennegrecen.

Los rayos caloríficos se hacen sensibles con la pila termoeléctrica o con el termómetro.

113. La luz pasando de una atmósfera más densa a una menos densa, se refracta y deriva en un fenómeno llamado *espejismo* o *fata morgana* por la cual se ven árboles u otros objetos volcados. Esto sucede especialmente en los países cálidos, por ej., en los desiertos de África, donde las arenas caldeadas por el potente Sol, irradian el calor en la atmósfera, y cualquiera de los estratos del aire más vecinos al suelo son por el calor más enrarecidos, por lo tanto menos densos que ningunos de los estratos superiores. Efectos de la refracción de la luz

Por similares razones vemos al Sol primero antes de que aparezca sobre el horizonte. Sus rayos pasando por un estrato de aire menos denso por otro de aire más denso, vienen refractados, de modo que terminan por caer sobre el ojo en dirección más alta que la real del Sol.

114. Las lentes son medios diáfanos terminados generalmente sobre dos superficies esféricas. Ellas producen imágenes de determinados objetos cerca de un punto, que se llama *foco*. Las imágenes producidas pasan a ser reales o virtuales. Lentes

Se llaman *reales* o *virtuales* una imagen según qué es lo que lo produce en el encuentro real de rayos o solo del encuentro de sus prolongaciones.

Tenemos dos tipos de lentes: *convergentes* o *divergentes*. Las primeras sirven para converger los rayos refractados en un punto, y las imágenes son reales; las segundas para divergir, y las imágenes son virtuales.

Una lente convergente es la lente *biconvexa*, cuyas superficies son convexas para afuera; una lente divergente es la *bicóncava*, cuyas superficies son cóncavas para afuera.

Cuando el objeto está muy lejano de la lente convergente, las imágenes reales que le corresponde están volcadas, pequeñísimas y muy claras; en vez, si el objeto está muy cercano a la lente, las imágenes producidas se agrandan y son virtuales.

Se llaman *distancia focal principal* a la distancia de la lente del punto en la cual convergen los rayos emergentes correspondientes a rayos incidentes paralelos. En una lente de vidrio común a rayos de curvatura iguales, está cerca igual al mismo rayo de curvatura.

En la lente biconvexa el fuego siempre es real, excepto cuando el punto luminoso se encuentra entre el foco principal y la lente.

115. Se llaman lente acromática aquella que toma la aureola colorada que contorna usualmente las imágenes recibidas por lentes ordinarios. Ella resulta del acoplamiento de dos o más lentes de figura, construcción y sustancia diversa. Lentes acromáticas
116. Los microscopios son instrumentos ópticos, los cuales sirven para agrandar los objetos. Microscopios
117. Los telescopios son instrumentos que sirven para observar objetos lejanos. Telescopios
- Los telescopios astronómicos están proveídos de dos lentes; una *objetiva*, que conserva el objeto, y otra *ocular*, que guarda la imagen.
- La primera produce la imagen dada vuelta de los objetos y la otra la engrandece y la hace ver cercana.
- El telescopio terrestre, otro de los mencionados, contiene en el interior otros dos lentes; las cuales vuelcan de nuevo la imagen que sería producida de las dos primeras, la endereza para el observador.

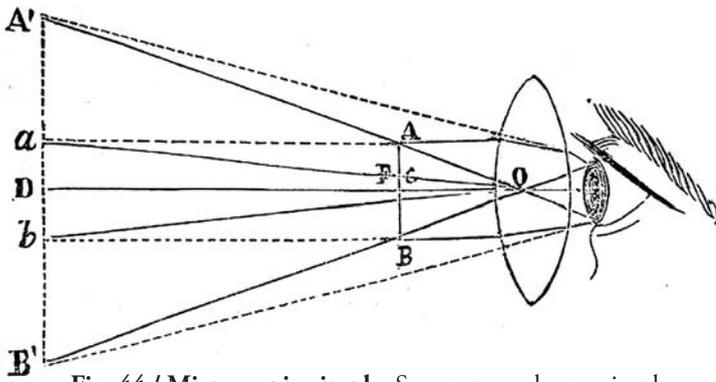


Fig. 44 / Microscopio simple. Se compone de una simple lente delante de la cual se introduce el objeto, para verse grande. El objeto AB debe ser puesto entre la lente O y el foco principal F. Ahora, la imagen se hace en A'B', como se puede verificar construyendo los ejes secundarios y los rayos emergentes correspondientes a los rayos paralelos; y el ojo puesto a distancia conveniente verá el objeto engrandecido en A'B'. El engrandecimiento es tanto más grande cuanto mayor la distancia de la visión distinta del observador, y cuanto menor la distancia focal principal.

El *microscopio compuesto* se compone esencialmente de dos lentes, de las cuales una vez hacia el objeto realiza una imagen directa y amplificada del mismo, la otra, hacia el ojo sirve para guardar la denominada imagen como si fuese un microscopio simple. Resulta de esta forma un mayor engrandecimiento, para que la imagen del objeto se amplifique dos veces.

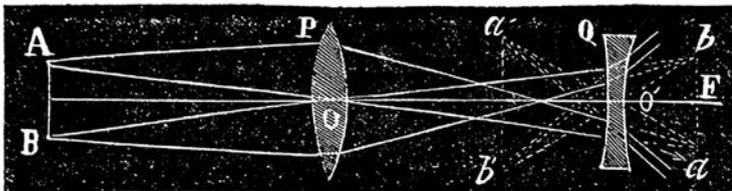


Fig. 45 / Telescopio de Galileo. Con el mismo se obtiene de las imágenes directas por medio de solo dos lentes, y se vuelve, por tanto, cómodo para las observaciones terrestres. El objetivo P, que es una lente biconvexa, realiza en *ab* la imagen real del objeto AB. Pero el ocular Q bicóncava está puesta a tal distancia del objetivo que recibe los rayos emergentes para P frente a su unión en *ab*, por la cual estos rayos divergentes de la lente bicóncava van geométricamente a conferir en *a'b'* produciendo la imagen directa, como resulta de los ejes secundarios *aa'*, *bb'* que parten de la imagen volcada *ab*. El *binóculo* de teatro no es otro que un acoplamiento de dos telescopios galileanos.

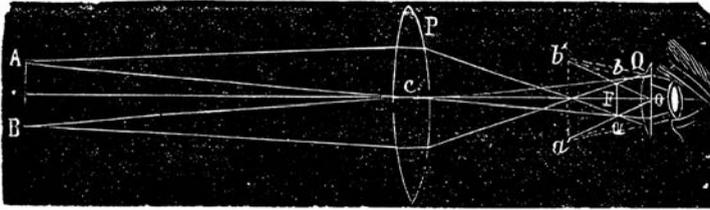


Fig. 46 / El Telescopio astronómico.

Sirve para observar los astros y también los puntos terrestres, los cuales nunca importa verlos volcados. Se compone de dos lentes; una llamada *objetiva* según el objeto y la otra parte según el ojo del observador llamada *ocular*. La primera P produce una imagen *ab* real del objeto AB, la cual por medio de la segunda Q se traduce en una virtual y agrandada *a'b'* como en el microscopio simple. La primera imagine estando volcada, lo es también la segunda: esto es porque los objetos en este telescopio aparecen volcados. Pero, si dado que importa poco para los objetos de aspecto circular como los astros, o para cables o cumbres de señales en las observaciones físicas o geodésicas, porque en tales casos se usan estos preferentemente, para suministrar imágenes más claras en razón de la menor pérdida de luz, que producen dos lentes en lugar de cuatro o más como en los telescopios terrestres.

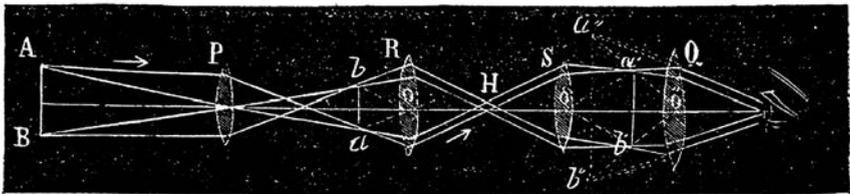


Fig. 47 / El Telescopio terrestre.

Este telescopio, suministrando imágenes directas, sirve particularmente para mirar objetos terrestres. Si no fuese por las dos lentes, objetiva P y ocular Q, se tendría una imagen volcada como vemos en fig. 46. Pero interponiendo las dos R.S., se vuelca ahora otra vez la imagen, por la cual ella viene enderezada en *a'b'* y amplificada en *a''b''* como en el microscopio simple. Las dos lentes R.S., intermedias sin desplazamiento que el denominado propósito, son están fijas en el tubo; mientras las otras P, Q, son móviles para apuntar bien el objeto en relación a la distancia y la vista.

118. La linterna mágica consiste en una caja, en la cual una pared lleva una lente dentro de la cual son puestos los objetos y son de la misma magnitud. Para iluminar Linterna mágica

los objetos se retira en la caja una linterna, por la cual el instrumento lleva su nombre.

119. Es por medio del ojo que vemos y distinguimos objetos. Ello es como un lente por dentro en la cual se refractan los rayos de luz. Ojo

Las partes principales del ojo son *pupila*, *cristalino*, *retina* y *nervio óptico*. Un rayo de luz pasa a través de la pupila, se refracta en el cristalino, y batir en una especie de membrana llamada *retina*, trenzada de filamentos nerviosos minúsculos que comunican con el nervio óptico, el cual tiene relación con el cerebro y los comunica la sensación recibida.

Se puede ver con un solo ojo, pero es más ventajoso tener los dos, porque así podemos conocer el relieve de los objetos. Vemos pero siempre un objeto solo, porque las dos imágenes que se forman sobre la retina transmiten una sola sensación al cerebro.

Se observa en algunos, especialmente entre los ancianos, que ven mejor los objetos a la distancia que en la proximidad; esto se denomina *presbicia*. Otros, en vez, ven solo los objetos cercanos y no los lejanos, a esto se lo denomina *miopía*, defecto más común entre los jóvenes.

La presbicia proviene de la aglomeración del cristalino por la cual las imágenes vienen a formarse hacia la retina; y la miopía, es una hinchazón del cristalino, el cual hace que las imágenes se formen primero en la retina.

Para remediar tales defectos se construyen para la presbicia lentes que hacen converger los rayos luminosos, y producen una aproximación de la imagen a la retina; y para la miopía, de lentes que alejan la imagen del cristalino y hacen que se acerque a la retina.

120. Según la teoría expuesta, no tanto de la experiencia, resulta que en nuestro ojo se forma la imagen volcada, todavía no la vemos directa, porque todos los objetos llegan simultáneamente “cabeza abajo”, los ojos observan todo en esta posición, lo llama directos, no teniendo sobre su campo algún punto fijo para tirar una comparación donde acogerse. Endereza-
miento de
las imágenes

Se puede explicar más plausiblemente la cuestión observando las sensaciones en nosotros de la luz produce sobre el movimiento del éter; ahora, si como la

imagen está volcada en el ojo, el punto a' recibe un choque en la dirección de aa' , por el cual la imagen de a parecerá provenir de un punto situado en la base, mientras que, por la misma razón, en b' , nos parecerá sentir el choque para un punto situado en alto; y, por tanto, los objetos nos parecerán precisamente situados en la dirección natural.

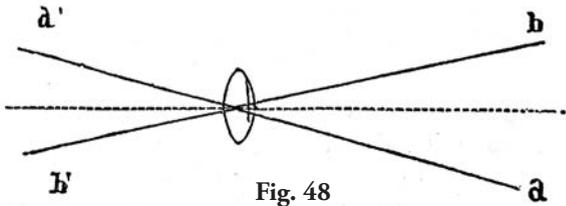


Fig. 48

121. Si se observa cuidadosamente por medios particulares el espectro solar y el espectro formado por otros cuerpos incandescentes se prueba que los espectros formados por las diversas sustancias pueden dividirse en tres clases: espectros continuos, discontinuos, y mixto.

Aplicación de la luz en los análisis químicos. Espectroscopia.

Espectro continuo es aquel que contiene todas las variedades de refractibilidad y de colores del rojo oscuro al extremo violáceo. Ello se produce por una sustancia sólida de ignición, como el carbón, magnesio, cal, pedernal, arcilla, hierro, platino, etc.; y otra por una nube de partículas sólidas incandescentes, o de un líquido recalentado al calor blanco, como el cobre fundido o el hierro fundido. Este espectro no contiene líneas negras o brillantes.

Espectro discontinuo es aquel producido por un cuerpo gaseoso en estado de calor incandescente. Consta de algunas líneas brillantes de determinados cuerpos, propios de la sustancia gaseosa, separadas por intervalos más o menos oscuros. Los colores característicos son por vapor de:

Magnesio: 1 fila verde intensa dividida en tres finísimas;
 Plata: 2 filas verdes;
 Potasio: 1 fila roja, 1 fila violeta;
 Sodio: 1 fila amarilla;
 Cesio: 2 filas azules;
 Rubidio: 2 filas rojas espléndidas, 2 filas violetas menos espléndidas;
 Talio: 1 fila verde intensa.

Espectro mixto es aquel producido por rayos luminosos emanados por un cuerpo sólido en ignición después de haber atravesado un gas fuertemente recalentado. Ello es como un mixto de dos espectros; del continuo, perteneciente a un cuerpo sólido, y del discontinuo perteneciente al gas, con la diferencia que las filas brillantes de este último se cambian en filas negras. Esta inversión de las filas brillantes en negras se debe a que los átomos del gas encontrándose como en una predisposición a vibrar según una cierta frecuencia, si están solicitadas por vibraciones etéreas que chocan con el cuerpo sólido, absorben aquella sincronía que le es propia, dejando pasar las otras. Pero esta absorción de vibraciones, pasa luego por todas las direcciones hasta que las filas brillantes terminan oscuras en comparación de aquellas que traspasan libremente en una dirección determinada.

Tal es el caso de la luz solar, cuyo espectro es mixto, es decir formado por una banda continua luminosa, variopinta, intersectada por filas negras. Y esto, por el Sol consta de un núcleo sólido incandescente recubierto por una atmósfera gaseosa a una temperatura altísima.

El mencionado, sucede cuando el gas está a menor temperatura de aquel cuerpo sólido. Que si fuese igual o mayor, el espectro continuo sufriría alteraciones, o sería surcado por filas brillantes apartadas del espectro discontinuo del gas.

Se comprenderá ahora, fácilmente, la ventaja inmensa que tiene analizar la química de las propiedades ópticas mencionada de los espectros para el análisis de los cuerpos. Bastará examinar las filas producidas por el espectro de un cuerpo para determinar la composición, porque cada sistema de filas brillantes o negras revelará la presencia de un cuerpo dado. El instrumento con la cual se analizan así los cuerpos se llama *espectroscopio*.

§ 6. Electricidad

122. La electricidad es cualquier causa por la cual los cuerpos puestos en particulares circunstancias manifiestan propiedades especiales, entre los cuales están aquellas de atracción y de repulsión. Electricidad

Así, frotando vidrio o resina, ambos ganan la propiedad de atraer los cuerpos. Si esta electricidad la desarrolla el vidrio, se dice vítrea; si es la resina, resinosa. De la primera se dice positiva, de la segunda negativa.

Sabemos que son cuerpos buenos en conducir la electricidad y otros malos conductores, llamados *aislantes*, porque sirven para aislar la electricidad.

Los metales son los mejores conductores de electricidad.

La electricidad se desarrolla por frotamiento, percusión, soldadura, acción física, química, etc.

La electricidad puede ser de dos especies: *estática* y *dinámica*. Sus especies

De llama *estática* aquella que se manifiesta sólo por medio de la atracción y de la repulsión, y se mantiene solamente sobre la superficie de los cuerpos, como, por ej., aquella obtenido por medio de la frotación y de la percusión.

La electricidad estática abraza todos los fenómenos de la electricidad en equilibrio.

Se llama *dinámica* aquella que se propaga en el interior de los cuerpos y genera las corrientes eléctricas, manifestándose por medio de acciones físicas y químicas, etc.

123. Un cuerpo conductor aislado, cercano a uno electrizado, se electriza por influencia. Una forma de generar electricidad en los cuerpos a distancia se llama *electrificación por influencia* o *por inducción*. Electricidad por inducción

La electricidad de esta manera desarrollada se separa en dos: positiva y negativa, situadas a la extremidad del conductor: aquella que es más vecina al cuerpo inductor será negativa si este cuerpo tenía electricidad positiva, y la más lejana será homónima a esta, o sea positiva, y viceversa.

Si se hace comunicar la extremidad más lejana de este cuerpo aislado con el suelo, se podrá cargar mayormente el cuerpo inducido por electricidad.

124. La máquina eléctrica es un instrumento que genera electricidad por fricción. Máquina eléctrica

Se compone de un disco de vidrio puesto entre dos cojinetes de seda o cuero, y de uno o más cilindros de metal aislados, armados por puntas invertidas sobre el disco. Haciendo girar por medio de una manivela este disco de vidrio por dentro de los cojinetes, se genera electricidad, que se propaga por toda la superficie del cuerpo metálico. Sobre uno de estos cilindros se encuentra un pequeño instrumento llamado *electrómetro*, el cual sirve para indicar la tensión de la electricidad.

125. Consiste en dos discos metálicos aislados separados por una capa aislante. Haciendo comunicar uno de ellos, que ahora se llama *disco colector*, con una fuente de electricidad; esta se condensa sobre las caras internas de los discos guardando la aislación. Necesita, igualmente, que el disco opuesto al que se carga, comuniquen con el suelo. Condensador

Que se pueda condensar la electricidad es por lo siguiente. La electricidad del disco colector para ser deducida de la electricidad opuesto del otro disco está disimulada, no tiene tensión o por lo menos es poquísima. Cuando otras dosis de electricidad pasan por la fuente, casi que el colector no puede estar cargado, y entonces, ello no tenía más reunido la misma tensión de la fuente en causa del sucesivo incremento de las débiles tensiones.

La botella de Leyden es una forma de condensador en la cual la botella sería la capa aislante, y los discos, las dos armaduras interna y externa.

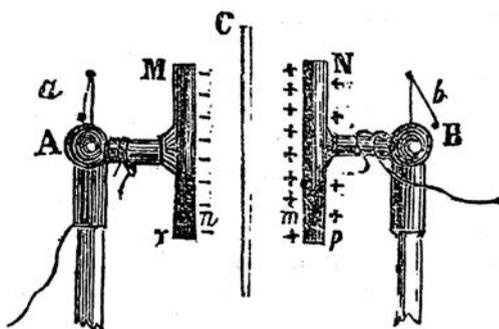


Fig. 49 / Condensador.

Sean dos discos metálicos M, N, los cuales se pueden meter en comunicación: N con una fuente eléctrica, y M con el suelo. Supongamos la electricidad de la fuente sea positiva.

Ella se expandirá sobre el disco N y atraerá la negativa del disco M enviando al suelo la positiva. Pero la electricidad negativa acumulada sobre la cara anterior de M reacciona sobre positiva de N, la tratará ahora con mayor fuerza sobre la cara *m*, por la cual sobre la cara posterior de N la electricidad tendrá menor tensión que sobre la máquina eléctrica misma por la cual se eleva. El péndulo *b* se abaja. Hora, haciendo mover de nuevo la máquina, se puede cargar nuevamente el disco N de otra electricidad positiva que le dará otra negativa de M, la cual a su turno reaccionará sobre positiva de N y acumulará la positiva de N sobre la cara anterior *m*. Se podrá así, de la fuente hacer llegar sobre el disco N siempre nuevas dosis de electricidad hasta la electricidad positiva alcance sobre parte posterior de N la misma tensión que en la máquina, el que se hará manifiesto por el alzamiento del péndulo *b*. A este punto será electricidad condensada sobre las caras opuestas de los dos discos, y en las caras posteriores el estado eléctrico de tensión en B será igual a aquel de la máquina mientras en A volverá al estado natural, por el cual el péndulo *b* estará vertical. Para obtener cargas considerables necesitaremos acercar los dos discos: pero ahora ellos fácilmente se recombinan. Interponiendo, a su vez, un disco aislado C, se podrá aproximar y obtener resultados más conspicuos.

126. Es un instrumento por el cual se puede reconocer también por pequeñísimas tensiones la especie de electricidad de la cual un cuerpo está cargado. Electrómetro condensador

127. La pila es un aparato destinado a generar las corrientes eléctricas. Pilas

Las primeras pilas fueron inventadas por Volta, y ello dio lugar a un mayor descubrimiento y a las mayores aplicaciones útiles, como la telegrafía, la luz eléctrica, la galvanización, etc.

La pila de Volta constaba de tantos discos de zinc y de cobre sobrepuestos unos a los otros, acolchados por un disco de paño embebido en agua acidulada. Pero fue rápidamente sustituida por otras de mayor efecto, fundadas todas generalmente sobre las composiciones y recomposiciones químicas de los cuerpos puestos en presencia de soluciones de otros cuerpos, por los cuales unos se electriza positivamente, y otro negativamente.

Se distinguen dos tipos de pilas, una para un solo líquido, y la otra para dos líquidos.

Las primeras constan de un vaso cilíndrico aislado, conteniendo agua acidulada.

Dentro de este cilindro se introduce una pieza de zinc y una pieza de carbón o de cobre. Tanto por el zinc como por el carbón se atacan dos filas de cobre denominadas *de plomo*. Si estas están comunicadas juntas, se tendrá la corriente eléctrica, la cual surge de la descomposición del agua en sus dos elementos constituyentes, oxígeno e hidrógeno, corriente que se pierde fácilmente haciendo comunicar los dos plomos con el galvanómetro (V. N. 131)

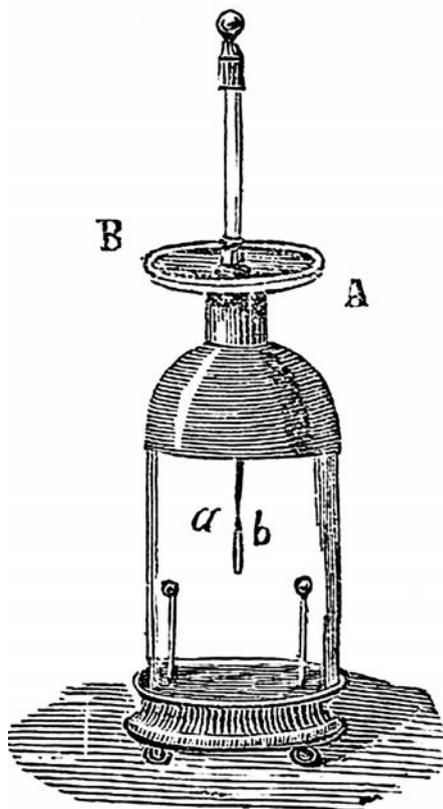


Fig. 50 / Electrómetro condensador.

Se compone de dos láminas de oro *a, b*, suspendidas en la cima por una campana de vidrio para sustraer cada una de las agitaciones. El zócalo sobre el cual se apoya la campana lleva dos columnillas conductoras comunicándose con el suelo, las cuales ayudan con su reacción, electrizándose por influencia la divergencia de las hojas. Sobre el mismo se pone entre sí un poco de cal viva para tener siempre seco el aire encerrado en la campana. La cumbre de la cam-

pana termina en un disco barnizado con mango aislado. Tocando el platillo inferior con el cuerpo electrizado para explorarse, las hojas *a, b* divergen pero poquísimo. Pero si se sobrepone el platillo superior, y se hace comunicar con el cuerpo el platillo inferior, llamado colector, tocando con el dedo el platillo superior, el aparato se cargará tanto que la electricidad difusa sobre la parte inferior del platillo fijo y sobre las hojas de oro equilibrará con aquella de la fuente; aunque la divergencia de las hojas será ahora poco más sensible, porque toda la electricidad está acumulada sobre los platillos. Pero elevando el platillo superior B, toda la electricidad condensada sobre la cara superior de A se expandirá en *Aab*, y las hojas cargadas considerablemente, divergirán sensiblemente.

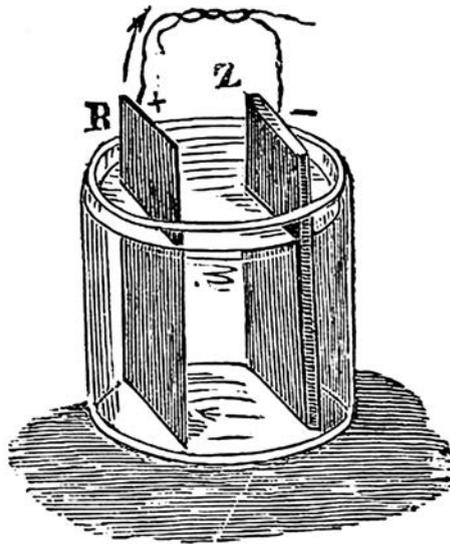
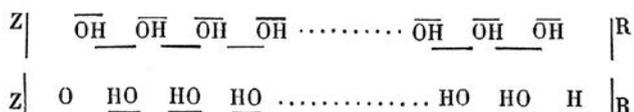


Fig. 51 / Pila para un sólo líquido.

Se compone de un vaso aislado, por ej. de vidrio, lleno de agua acidulada, en las cuales se hallan dos láminas, una de cobre, la otra de zinc, las cuales parten dos hilos denominados *de plomo*. Cuando estén unidos se dará una circulación de electricidad, e. e., una corriente eléctrica del cobre al zinc por el plomo, del zinc al cobre por vía del agua. Las extremidades R, Z, las cuales acumulan electricidad se llaman *polos*. Esta es, sucintamente, la teoría. El agua se compone de dos elementos, oxígeno e hidrógeno, el primero electro-negativo, el segundo electro-positivo. Pero el zinc tiene mucha afinidad con el oxígeno, por el cual se descompone las moléculas de agua, el oxígeno se oxida, y asume con ello la electricidad negativa. El hidrógeno libre la molécula des-



compuesto (como veremos aquí arriba) se recompone con el oxígeno de la segunda molécula poniéndose en libertad el hidrógeno: otro tanto sucede de la segunda a la tercera, etc. Hasta la última según la lámina de cobre ha quedado en libertad el hidrógeno, el cual en el estado normal se desarrolla según la misma, y le comunica la electricidad positiva. En los polos R, Z se manifestarán dos tensiones eléctricas diversas, suponiendo que los plomos no están comunicados, como se puede constatar con el electroscopio. Si cuando reunimos en los plomos, tendremos en virtud de las constatadas tensiones una tendencia a la recomposición eléctrica para ambas partes sucesivamente, y esta circulación de recomposiciones eléctricas moleculares constituirá precisamente la corriente.

128. Esta pila, como todas aquellas de dos líquidos producen efectos constantes. Consta de dos vasos situados uno dentro de otro; en el primero se introduce agua acidulada con ácido sulfúrico, en la cual se sumerge un cilindro de zinc; y en el segundo, que es poroso, se introduce del ácido nítrico y se sumerge una pieza de carbono. Pila de Bunsen
129. Se llama calamita a cierto mineral de hierro que tiene la propiedad de atraer al hierro, y se encuentra especialmente en Suecia. La calamita puesta en el balance por su centro de gravedad, tiene la propiedad de atisbar siempre una de sus puntas al Norte. La punta que guarda el Norte se llama polo austral; la otra polo boreal. Calamita. Sus propiedades
- Dos calamitas puestas una frente a la otra se atraen y se repelen según la posición heterónoma u homónima de sus polos vecinos.
- La calamita es de mucha ventaja para los marineros, los cuales por medio de un instrumento a modo de caja se llama *brújula*, que contiene una aguja magnética calamitada, pueden con mayor seguridad dirigirse en los mares, sabiendo así bajo cual dirección están cortados los meridianos.
130. Se llama *Brújula de declinación* aquella donde la aguja calamitada sólo puede moverse horizontalmente, y se llama *de inclinación* aquella donde sólo puede moverse Brújula de declinación y de inclinación

verticalmente. Llevada hacia el Ecuador, asumirá una posición horizontal.

Los polos magnéticos terrestres no corresponden a aquellos que precisamente son geográficos según la Tierra; pero el Polo Norte al elevarse se encuentra bajo el polo geográfico, el cual es de 79° según la Bahía de Hudson; y el Polo Sur en la tierra Victoria.

131. La aguja calamitada puesto en un mismo plano vertical con una corriente, se desvía según leyes determinadas. El descubrimiento de esta influencia de las corrientes sobre la aguja se debe a Oersted. Desviación de la aguja. Galvanómetro

Ampere formuló así estas leyes. Si imaginamos un observador acostado a lo largo de la corriente, tal que él mira las agujas, y esta sale por la cabeza, él verá la punta sur de la aguja desviarse siempre hacia la izquierda.

Así como esta desviación de la aguja aumenta al crecer la intensidad de la corriente que la produce, si se parte para medir la intensidad de la corriente misma con un aparato denominado *galvanómetro*, que se compone esencialmente de un rodete vertical de hijo de cobre aislado desfondado en lo superior conteniendo en el medio una aguja de declinación (V. N. 132) Es un instrumento utilizado en física, por el cual se puede constatar la presencia, la dirección y la intensidad de las corrientes eléctricas.

132. No solo la corriente eléctrica hace desviar la aguja con calamita, también se produce por la magnetización del hierro. Puesto que este hierro dentro de un espiral de hilo metálico y comunicado con la pila, se convertirá también ello en calamita y dotado de la misma propiedad de atraer el hierro; y esta magnetización dura mientras haya corriente; es por ello que la calamita se llama *temporal*. Magnetización temporal

Hemos visto en el tratado del calórico cómo el calor se convierte en trabajo y recíprocamente, de trabajo a calor. Ahora, la conversión tiene lugar todavía que el trabajo viene destruido. El Sr. Foucault ha imaginado un aparato por el cual se manifiesta la destrucción del trabajo por medio del magnetismo, y cuando la conversión del magnetismo en calor. Del que no se puede uno asombrar, porque siendo tanto el calor como el magnetismo movimientos vibratorios, aunque de diversa especie, es natural que puedan transformarse los unos en los otros, si están dadas las circunstancias. Conversión del magnetismo en calor

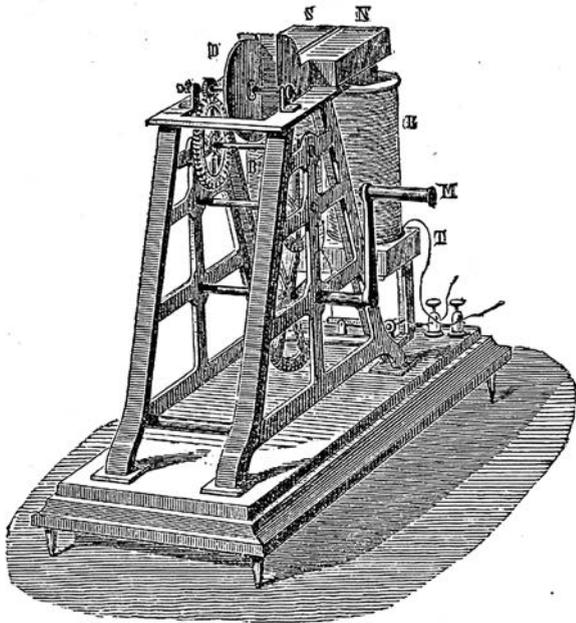


Fig. 52 / Aparato de Foucault para producir calor con fuerza magnética. Sean B, B' dos rodetes de una electrocalamita, a las cuales son sobreexpuestos las dos armaduras N, S en hierro dulce. Un engranaje mueve un manubrio M, y permite hacer girar rapidísimamente un disco de cobre D entre las dos armaduras mencionadas. En todo momento en que los rodetes no transcurre la corriente eléctrica, el disco gira libremente, y encontrando siempre nuevas capas de aire, que expulsa y regresa, se renueva ahora en torno al disco, se enfría pronto y no se recalienta. Que, si pasa la corriente surgida en el disco de cobre una corriente inducida que se opone enérgicamente a su movimiento al punto de arrestarlo si la fuerza motriz aplicada a la manivela no es suficiente. Pero si es lo suficientemente grande, el disco sigue girando, no sin perder solo una parte de la fuerza que resta destruida por la corriente inducida, efecto que se resta sensiblemente para el aumento de temperatura en el disco, que puede salir hacia los 95°. Si se suprime la corriente eléctrica, el disco gira de nuevo fácilmente y se enfría. Esto es una evidencia de cómo el magnetismo al contrastar el trabajo motor, había generado calor, o en otros términos cómo las reacciones electromagnéticas destruyen la velocidad de las partes móviles del disco que tenemos de tanto acrecentar la fuerza viva molecular.

133. Una de las más importantes y maravillosas invenciones respecto a la pila eléctrica es el telégrafo inventado eléctrico

por Wheatstone, prodigioso aparato que resulta de la combinación de las corrientes eléctricas y de las agujas calamitadas, por el cual del movimiento de estos con señales convencionales se hacen rápidamente notas a los otros y propios pensamientos.

Así, haciendo pasar la corriente eléctrica de un país a otro, generada por la pila del punto de partida, y comunicadas por un aguja calamitada al punto de arribo, la corriente eléctrica hará según la dirección que recibe, desviar a derecha y a izquierda la aguja magnética, y por estas varias desviaciones combinadas pueden producirse signos convencionales, por el cual se transmiten los pensamientos ajenos.

Se pueden también establecer telégrafos por medio de la calamita temporal, haciendo que se mueva intermitentemente sobre una pieza de hierro dulce. El movimiento intermitente de esto se hace de mano en mano con sucesivos artefactos que comunica hacia un dispositivo final, el cual (como en el telégrafo de Morse) imprime sobre una hoja un punto o una raya, según que el pasaje de la corriente fuese instantáneo o de duración, aunque brevísima.

Otra maravillosa aplicación de la electricidad es aquella que la utiliza para la iluminación de espacios vastísimos como a pleno día. A tal efecto se puede comunicar los plomos de una serie potentísima de pilas con dos puntos¹¹⁷, entre los cuales pronto estallan chorros rapidísimos e intensísimos de luz espléndida y brillante, productos de la ignición de partículas del carbón mismo.

Luz eléctrica

Si no mengua la intensidad de la luz al consumirse los carbones y con el aumento consiguiente de la distancia del emisor a las puntas, se pueden imaginar diversos aparatos reguladores para forzar las puntas de los carbones a disminuir automáticamente a la misma distancia a pesar que ellas se vayan consumiendo. La luz eléctrica producida por 100 pilas de Bunsen alcanza casi la mitad de aquella solar. Pero su costo es relativamente mayor que con procedimientos ordinarios de iluminación, de tal forma que sólo se la aplica a los faros y para trabajos nocturnos de construcción.

117 En la Fe de erratas, Francesco menciona que debe leerse "puntos de carbón" en vez de "puntos" [N. de T.]

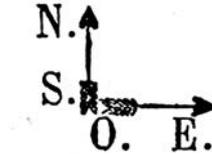
La galvano-plástica, otra utilísima aplicación de la electricidad, es el arte de deponer sobre un cuerpo que sirve de electro-negativo, el metal contenido en una solución donde recorre una corriente. Este depósito puede ser más o menos espeso, según que se quiera hacer, por ej., sencillas plateaduras o dorados, o producir de las formas y relieves, vasos, estatuas, etc. Esta industria está ramificada en miles, y cada día no vemos objetos en comercio que no haya sentido directa o indirectamente el beneficio

Temas de Meteorología

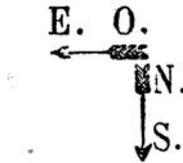
134. Los cuerpos terrestres que durante el día son calentados por la acción del sol, de noche irradian su calórico a la atmósfera. Entonces sucede que estos disminuyen su temperatura, y entonces el aire atmosférico que se encuentra en contacto con estos cuerpos también se enfría; se condensa y se deposita sobre estos los vapores de agua que contiene. Este vapor que se deposita sobre los cuerpos es el que se llama *rocío*. Rocío
135. La niebla no es otra cosa que vapor de agua ligeramente condensado en las regiones bajas de la atmósfera. Este se forma ordinariamente cuando el aire está húmedo, tranquilo y más frío que la superficie terrestre sobre la que se deposita como un velo. Niebla
136. Las nubes son racimos de niebla más o menos densas, suspendidos a diversas alturas en la atmósfera. Se condensan por disminución de la temperatura del vapor de agua que contienen, que dan origen a la lluvia. Las nubes provienen generalmente del vapor generado de las aguas marinas en virtud del calor solar, llevados luego por el viento sobre varios puntos de los continentes. Nubes y lluvias
137. La electricidad de las nubes se debe en mayor parte a la vaporización del agua del mar. Siendo dos nubes cargadas de electricidad, una positiva, la otra negativa, sus electricidades tienden a recomponerse; entonces de su recomposición nace esa gran chispa eléctrica que es bien llamada *relámpago*.
Es la descarga eléctrica de una nube cargada de electricidad, con la tierra cargada de electricidad contraria al máximo grado, por la cual se produce una recomposición, terrible por sus efectos sobre los animales y sus cuerpos circundantes. Esta recomposición de las dos electricidades se denomina *relámpago*. Electricidad de las nubes. Relámpago
138. La electricidad se descarga fácilmente por las puntas; por ello, se pensó proveer a los edificios de puntas metálicas que se comunican con el suelo sin ninguna interrupción por medio de cuerdas o varillas metálicas. Estas puntas se llaman pararrayos por el desvío que realizan de la descarga del edificio. Pararrayo

139. La aurora boreal consiste en un vasto esplendor que se observa en el cielo, similar a aquel de la aurora; aparece de noche sobre el polo boreal de la tierra. Aurora boreal
 Ella debe iluminar las noches que duran varios meses del año en las regiones polares.
140. El *arco iris* se debe a los rayos solares que se refractan en las gotas de agua que se encuentran en la atmósfera donde retornan a nosotros. Sus colores provienen de las gotas de agua que hacen de prismas. Para que esto suceda se necesita que las gotas se encuentren en tal posición respecto al sol para poder generar una reflexión total. Observando el arco iris, el observador se encontrará siempre con el sol hacia sus espaldas. Arco iris
141. Los vientos tienen origen en el calor solar, el cual se distribuye irregularmente en el aire atmosférico por muchas y varias razones, generando un continuo desequilibrio de densidad, por lo cual las masas de aire más ligeras suben a lo alto, las más densas bajan, y estas toman el lugar de las primeras, procediendo también de lugares remotos. Los vientos convierten al aire más saludable, más templado y jovial con el transporte de las semillas a la vida vegetal. Vientos
 En nuestros pueblos los vientos soplan generalmente SO a NE.
 La brisa es un viento que sopla en los lugares cercanos al mar: del mar hacia la tierra por la mañana, y de la tierra hacia el mar a la noche. Durante el día la superficie de la tierra se calienta más que la superficie del mar: por lo que el aire frío del mar se precipita sobre la tierra. Durante la noche la superficie del mar se conserva más caliente que la de la tierra, por lo que el aire frío de la tierra se dirige hacia el mar. Brisa
142. Se llaman a los vientos que dominan constantemente a la largo de la zona ecuatorial. Estos soplan del NE en el hemisferio boreal, y del SO en el hemisferio austral. La explicación es muy simple. Si la tierra estuviera quieta, para las regiones antes mencionadas habría sobre los meridianos vientos ecuatoriales superiores que del Ecuador irían al Polo Norte, y vientos polares inferiores que los del Polo Norte se dirigirían al Ecuador a sustituir las masas de aire exportadas por los primeros. Pero la tierra gira diariamente sobre su eje del Vientos alisios

Oeste al Este; por lo que las masas de aire a lo largo de los paralelos son también animadas de velocidad O a E decreciendo del ecuador al polo, o si desea, creciendo del polo al ecuador. Por lo tanto los vientos superiores o inferiores antes citados, se harán realidad cuando los primeros subirán como un impulso en el sentido O a E por la velocidad así adquirida en los paralelos mayores; y luego sobre los dos impulsos



soplaran como del SO hacia el NE; y los vientos inferiores sufrirán, en cambio, por el retardo como un impulso en el sentido \overline{EO}^{118} , y luego sobre los dos estos soplarán del NE hacia el SO.



Los vientos pueden ser calientes o fríos, según provengan de las regiones ecuatoriales o polares; pueden ser húmedos o secos, según si han soplado sobre el Mediterráneo o el océano, o haber recorrido grandes continentes, como para nosotros, Alemania.

Influencia de los vientos sobre la atmósfera

Los vientos pueden por lo tanto influir en dos formas sobre el estado de la atmósfera: 1° *por su temperatura*, 2° *por su estado de humedad o de sequedad*.

Los vientos cálidos *Sur* y *Sudoeste*, por ejemplo, dilatan el aire produciendo corrientes ascendentes que se dirigen a las regiones contiguas. En iguales tiempos siendo estas húmedas, los vapores de agua transportados por estas subirán en las regiones más altas de la atmósfera, donde se condensan dando origen a las lluvias.

118 En esta imagen y en la siguiente, Francesco menciona en "Fe de erratas" que debe leerse "OE", en vez de "EO" [N. de T.]

Los vientos fríos y secos, *NE*, bajando la temperatura determinarán en cambio las corrientes descendentes, echarán con estas los vapores suprayacentes en la atmósfera y conducirán al buen tiempo.

La observación atenta del Barómetro en forma conjunta con la del Termómetro y del Higrómetro, de la dirección del viento, del estado sereno o nublado del cielo puede conducir en ciertos casos a presagiar con alta probabilidad el tiempo que hará, uno, dos o también hasta tres noches antes. Por esto se necesita tener las siguientes precauciones:

Previsiones
del tiempo

- 1 que los cambios del tiempo están dados no de la altura absoluta del barómetro, sino de las variaciones, cualquiera estas sean; y que solo aquellas variaciones, que son continuas en el mismo sentido, pueden dar resultados prácticamente útiles.
- 2 Que el barómetro no indica sólo el estado presente de la atmósfera; también predice bastante el estado futuro.
- 3 Que generalmente el ascenso del mercurio indica un buen tiempo, mientras que el descenso pre-anuncia un próximo mal tiempo.
- 4 Que el estado fluctuante e incierto de la columna mercurial indica tiempo variable.
- 5 Que si el buen tiempo dura por diversos días, y el mercurio cae, vendrán probablemente varios días de mal tiempo; que si al opuesto, mientras dura el tiempo malo y el mercurio sube, sucederán varios días de buen tiempo.
- 6 Que generalmente el barómetro: sube cuando sopla viento *NE* u otro viento entre el *NE* y el *NO*; cuando el aire es seco, el viento disminuye; excepto pocos casos cuando cae lluvia o nieve acompañada de viento fuerte que sopla entre el *N* y el *E*. Cae cuando sopla el *SE*, u otro viento entre el *SE* y el *O*; cuando el tiempo es malo, o el viento refuerza; excepto pocos casos cuando cae lluvia o nieve acompañada de viento moderado *NE*. La razón de esto, es que el viento *NE*, frío y seco, dispersa los vapores y condensa el aire por el cual la presión aumenta; mientras el viento *SE*, cálido y húmedo, genera vapores, y dilata el aire, disminuye la presión.

Temas de Química

§ 1. Nociones preliminares- equivalentes- nomenclatura

1. La química tiene por finalidad el estudio de las causas que provocan cambios permanentes en los cuerpos. Química
2. Los cuerpos se dividen en cuerpos *simples* y cuerpos *compuestos*. Cuerpos simples y complejos

Se dicen simples a aquellos cuerpos que hasta el momento no se han podido descomponer en otros cuerpos, y cuerpos compuestos a aquellos que resultan de la combinación de dos o más cuerpos simples.

Los cuerpos simples hasta ahora conocidos son aquellos indicados en la tabla IV.
3. Estos se dividen en metales y metaloides. Estos son los siguientes¹¹⁹: 1° Cloro, Bromo, Yodo, Flúor, Hidrógeno; 2° Oxígeno, Azufre, Selenio, Telurio; 3° Boro; 4° Silicio, Zirconio, Titanio, Estaño, Torio; 5° Nitrógeno, Fósforo, Arsénico, Antimonio, Bismuto, Uranio, Tántalo o Tantalio, Niobio. Metales y metaloides

Los metales son todos los otros cuerpos, menos los metaloides. La diferencia entre los metales y los metaloides resultan evidentes en el siguiente cuadro:

Metales	Metaloides
Los metales no son gaseosos	Varios metaloides son gaseosos
Los metales tienen brillo propio	Los metaloides no tienen el brillo conocido como metálico.

119 Esta división no es arbitraria; la primera clase comprende los metaloides monovalentes, la segunda los bivalentes, la 3ª los trivalentes; la 4ª los tetravalentes, la 5ª los pentavalentes. Se llaman cuerpos mono, bi, tri, tetra, pentavalente a aquellos que en las combinaciones químicas pueden sustituirse a 1, 2, 3, 4, 5, átomos de hidrógeno, o sea que éstos son equivalentes.

Los metales son buenos conductores del calórico y de la electricidad	Los metaloides no son buenos conductores del calórico y de la electricidad
Los metales tienen una densidad bastante alta	Los metaloides tienen una densidad bastante débil
Los óxidos metálicos se combinan con el agua produciendo bases, raramente ácidos.	Los óxidos de los metaloides combinados con el agua produce ácidos ¹²⁰ , raramente bases.
Los metales son electropositivos en los compuestos con metaloides	Los metaloides son electronegativos en los compuestos con metales

4. Entre las muchas e innumerables combinaciones que se pueden dar de estos cuerpos se distinguen los siguientes: aquellos con oxígeno que se llaman *óxidos*; aquellos metaloides con metaloides o con metales dotados de propiedades especiales, llamados *ácidos*; aquellos de metaloides con metaloides dotados de otras propiedades, llamadas *bases*. Aquellos de los ácidos con las bases llamadas sales; aquellos con agua que toman el nombre de *hidratos*, etc. Combinaciones
5. Se llaman ácidos a aquellos cuerpos de sabor agrio que tiñen de rojo la tintura de tornasol; bases aquellos cuerpos que combinándose con los ácidos dan origen a un compuesto neutro, tal es que no manifiestan más las propiedades del ácido y de la base. Ácidos y Bases
6. En cuanto a la electricidad que pueden tener, los cuerpos ya sean simples o compuestos se dividen en dos grandes clases; cuerpos electropositivos y cuerpos electronegativos. En todas las combinaciones una parte del compuesto se comporta como cuerpo electropositivo, y se llama el combustible, o el radical, y la Cuerpos electropositivos y electronegativas

120 Francesco, en Fe de erratas menciona que debe leerse “ácido” en vez de “ácidos” [N. del E.]

otra parte como cuerpo electronegativo, y se llama el *comburente*. Así en las combinaciones que da lugar a las bases, el metal es el radical, el combustible, o sea el principio electropositivo; y el metaloide es el comburente, o sea el principio electronegativo. Así en la base, óxido de hierro, el hierro será el combustible, el oxígeno el comburente.

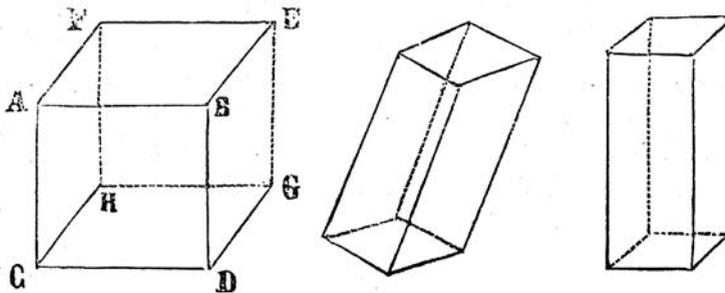
En cuanto la estructura geométrica, los cuerpos pueden tenerla o no. En el primer caso se denominan *crystalizados*, y en el segundo *amorfo*. Todas las formas cristalográficas se reducen a seis tipos fundamentales. Estas son:

1^{ra} Clase- Lados perpendiculares

1° tres lados de igual largo; sistema cúbico, entre los que encontramos a la sal común, el alumbre, el diamante, granate, etc.

2° dos lados iguales; sistema prismático cuadrático, el cual se refiere a los minerales de estaño, calomelano o cloruro mercurioso, etc.

3° tres lados desiguales; sistema prismático rectangular, el cual se refiere al azufre, al topacio, el sulfato de bario y de plomo, etc.

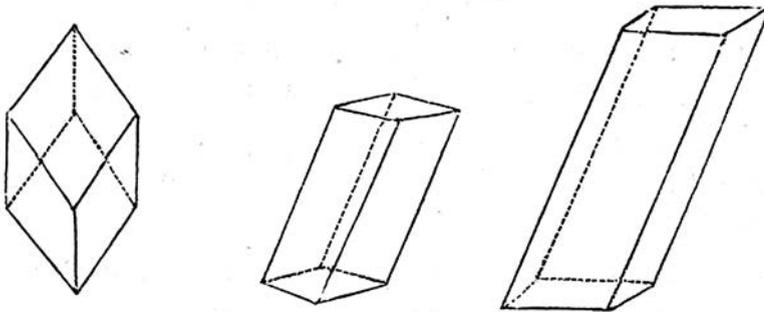


2^{da} Clase- Lados oblicuos

4° tres lados iguales; sistema romboidal, el cual se refiere al yeso, el sulfato de hierro, el ácido oxálico, etc.

5° dos lados iguales; sistema prismático inclinado con base rómbica, el cual se refiere al sulfato de cobre, cuadrioxalato de potasio, el ácido para tartico, etc.

6° lados desiguales; sistema prismático inclinado a base paralelogramica, el cual se refiere el cristal de roca, la esmeralda, nitrato de sodio, etc.



No siempre combinando los cuerpos simples, se obtienen compuestos dotados con las mismas propiedades. Tal es el caso, por ejemplo, del sulfato de óxido de mercurio y el sulfato básico de dióxido de mercurio. Si bien, son compuestos similares de oxígeno, azufre y mercurio, el primero es transparente, cristalino y algo soluble. El segundo es polvoriento, opaco e insoluble. Los cuerpos que manifiestan características físicas y químicas, si bien resultan de la misma composición en calidad y cantidad se dicen, isómeros.

Se llama, al contrario, *alótropo* al cuerpo que puesto solo en diversas condiciones manifiesta propiedades diversas. Tales son el fósforo amarillento que funde a 45°, rojo, sólido fino a 250°, el azufre o sólido y amarillo o pastoso y negro; el oxígeno, el diamante, etc.

7. La afinidad es aquella fuerza que reúne 2 o más átomos de cuerpos diversos para formar una molécula. Afinidad
8. La cohesión es aquella fuerza que reúne dos o más moléculas de un mismo cuerpo o de cuerpos diversos para formar un cuerpo. Cohesión
9. Combinación (unión) química es el resultado de la combinación de más cuerpos, siempre que ésta se haga en proporciones constantes y definidas, y que el producto adquiera propiedades diferentes a las de sus componentes. Combinación química

Las combinaciones en cambio serán simples, o mezclas, cuando los cuerpos puedan unirse en cualquier proporción y conservar respectivamente sus propiedades.

10. Las causas que influyen en la combinación de los cuerpos son: la afinidad, el calor, la luz, la electricidad, el estado naciente, la acción de masa, la catálisis.
- Se entiende por estado naciente a aquel estado en el cual se encuentran los cuerpos al finalizar la combinación. En este estado ciertos cuerpos tienen mayor tendencia a combinarse que en el estado libre. Así, el cloruro de plata expuesto al hidrógeno naciente del agua en presencia de zinc y ácido sulfúrico se descompone, dejando libre a la plata, lo que no hubiera sucedido si el hidrógeno no estuviera en ese estado.
- Se entiende por acción de masa aquella acción, por la cual el cuerpo de masa más grande sustituye a uno de menor masa de la combinación. Así, poniendo cloro en gran cantidad en presencia de vapor acuoso a 120°C, éste sustituye al oxígeno del agua y se combina con el hidrógeno formando ácido clorhídrico. Viceversa si se pone oxígeno en exceso en presencia de ácido clorhídrico el oxígeno desplaza al hidrógeno del ácido y formará agua.
- Se entiende por catálisis aquella fuerza, por la cual un cuerpo con su sola presencia determina una combinación, así el platino poroso, el cual produce la combinación del hidrógeno con el oxígeno por el solo hecho de su presencia.
11. Los átomos de diversos cuerpos tienen todos un peso propio particular. El átomo más liviano es el del hidrógeno que se toma por unidad. La relación de los pesos atómicos de otros cuerpos con el del hidrógeno están escritos en la tabla IV. No es aquí el lugar para indagar si tal diversidad de pesos proviene de masas de materia individuales atómicas diversas, o de la aglomeración permanente diferente en número de átomos de una dada y única masa, si bien ésta opinión sea la más probable.¹²¹
12. Se llaman equivalentes a los números que expresan las relaciones en peso según las cuales los cuerpos se susti-
- Causas eficientes de las combinaciones químicas
- Pesos atómicos
- Equivalentes químicos

121 Éste es mi punto de vista desde hace mucho tiempo; pues es imposible concebir átomos de diversa masa. No se ve que es el único modo para que el átomo sea continuo y compacto. Los átomos podrían cambiar o diversificar la forma. Nada impide, por tanto, que se consideren a los átomos como simples centros de fuerza.

tuyen en las combinaciones químicas. Así los siguientes números:

Bismuto	1300	Oxígeno	100
Cadmio	696	Oxígeno	100
Potasio	490	Oxígeno	100
Hierro	350	Oxígeno	100

Significando que 1300 pesos de bismuto, 696 de cadmio, 490 de potasio, 350 de hierro pueden substituirse los unos con los otros para combinarse con 100 pesos de oxígeno; serán entonces los equivalentes de los cuerpos anteriores respecto al oxígeno. Tomando por unidad al hidrógeno éstos en cambio serían:

104 por el Bismuto,
6 Cadmio,
39 Potasio,
28 Hierro.

La doctrina de los equivalentes, o sea, de las cantidades ponderables según las cuales los cuerpos se combinan, es extremadamente útil para dosificar las materias que deben entrar en combinación.

Éstas se pueden deducir de los pesos atómicos porque se sabe cuántos átomos de un cuerpo A se combinan con uno de un cuerpo B.

Supongamos por ejemplo que A se combina con B, átomo a átomo, y que a, b sean los pesos atómicos correspondientes, el equivalente de A respecto a B será la relación a/b .

Ejemplo

Los pesos atómicos del hierro y del oxígeno son 56 y 16, y así como el hierro puede combinarse con el oxígeno átomo a átomo, el equivalente del hierro respecto al oxígeno será: $56/16 = 3,5$, o sea 350, tomando 100 como equivalente del oxígeno.

13. Los cuerpos al combinarse químicamente obedecen a ciertas leyes, de las cuales las principales son las siguientes:

Leyes que presiden a las combinaciones químicas

Leyes de las proporciones definidas. Las cantidades ponderables según las cuales 2 o más cuerpos se combinan

son invariables. Tal que lo que estaría en exceso o en defecto no entra en combinación.

Ley de Dalton, o sea *Ley de las proporciones múltiples*. Las diversas cantidades ponderables según las cuales un cuerpo B puede combinarse con una determinada cantidad ponderables de un cuerpo A son múltiplos enteros de las mismas; es decir serán: 1,2,3,4,5,6..... veces A.

Leyes de Gay-Lussac. Cuando dos volúmenes de un gas se combinan con un volumen de otro gas elemental, el volumen de gas compuesto se reduce a dos volúmenes.

Cuando un volumen de un gas se combina con un volumen de otro gas, el volumen del gas compuesto es igual a la suma de los dos volúmenes. Así dos volúmenes de hidrógeno y uno de oxígeno producen dos volúmenes de gas acuoso; un volumen de hidrógeno y uno de cloro producen dos volúmenes de gas ácido clorhídrico.

Ley de Avogadro. A igual volumen, temperatura y presión, todos los gases contienen el mismo número de átomos.

Leyes de Bertholett. Si se hacen reaccionar por vía húmeda dos sales cuando se pueda producir por doble descomposición una sal nueva menos solubles que las otras dos, la sal se formará.

Si se hacen reaccionar en cambio por vía seca, cuando por doble descomposición se pueda producir una sal nueva más volátil que las dos primeras, la sal se formará.

Ley de Dulong y Petit. Los calores específicos de los cuerpos son en relación inversa a sus pesos atómicos.

14. La nomenclatura de los compuestos binarios, es decir Nomenclaturas de compuestos de dos cuerpos sigue esta regla.

Primer caso. Uno de los compuestos es el oxígeno. Si el compuesto es ácido, éste toma el nombre del ácido seguido del nombre del cuerpo asociado terminado en *ico* o en *oso*, según si el oxígeno entra en mayor o menor cantidad. Así, el *ácido sulfúrico* y *ácido sulfuroso* designan los compuestos ácidos for-

mados con el azufre del oxígeno en mayor o menor proporción.

Si la cantidad de oxígeno estuviera entre aquellas del ácido sulfúrico y del ácido sulfuroso, o bien inferior a aquella del ácido sulfuroso, ahora el compuesto se llamará *ácido hiposulfúrico* de *hipo* (bajo) o bien *ácido hiposulfuroso*. Si un ácido es *anhídrido*, es decir sin agua, toma el nombre de *anhídrido*. Así, *anhídrido sulfúrico* significará ácido sulfúrico anhídrido.

Pero si el compuesto no es ácido ahora se llamará *óxido*; así tendremos el *óxido de hierro*, el *óxido de fósforo*, etc. Los grados de oxigenación, o sea de oxidación se distinguen con los prefijos: *sub*, *pro*, *bi*, *tri*. Así el

Subóxido de ...

Protóxido de ...

Dióxido de...

Trióxido de...

Indican compuestos de oxígeno con un cuerpo dado, en los cuales el oxígeno entra en cantidades sucesivamente crecientes.

Segundo Caso. *Ninguno de los compuestos es oxígeno*. Ahora el cuerpo electronegativo de la combinación toma la desinencia *uro*. Así se llamarán al *cloruro de hierro*, *sulfuro de cobre* para los compuestos de cloro y hierro, azufre y cobre.

Los diversos grados en los que entra el cuerpo electro negativo en la composición se indican con los prefijos, *mono*, *bi*, *tri*. Así, se dirá: *monosulfuro de bario*, *bisulfuro de calcio*, *trisulfuro de sodio*. El grado máximo se indica con el prefijo *per*. Así el *percloruro de hierro*, indicará que el compuesto de hierro con contiene la máxima cantidad de cloro.

15. Limitándose a las sales oxigenadas diremos que se da al ácido la desinencia *ato* o *ito*, según si el compuesto contiene más o menos oxígeno, o sea, según que el ácido termina en *ico* o en *oso*. Así el ácido sulfúrico con un protóxido de hierro dará un compuesto que se llamará: *sulfato de protóxido de hierro*, y el ácido hiposulfuroso con óxido de calcio dará el *hiposulfito de calcio*. Oxígeno

§ 2. Metaloides

16. El oxígeno es un cuerpo comburente por excelencia, y se obtiene exponiendo a un fuego muy ardiente de cinabrio u óxido de mercurio. Por la acción del fuego se desarrolla el oxígeno que se recoge en recipientes apropiados. Se obtiene puro por medio del clorato de potasio. Hidrógeno

Sin oxígeno la vida animal no podría subsistir, ni tampoco podríamos tener la combustión. Colocando debajo de una campana un trozo de carbón, donde se haya mucho oxígeno, este se enciende, y toma una brillantez mayor que la del sol.

El oxígeno se combina con muchos cuerpos y forma innumerables compuestos. Combinado con cuerpos metaloides simples forma los ácidos; combinado con metales forma los óxidos, a saber de las bases.

Así el ácido sulfúrico, el ácido clorhídrico, el ácido nítrico, el ácido carbónico no son más que combinaciones de mucho oxígeno con azufre, con nitrógeno, con carbono, etc. El ácido sulfuroso, el ácido cloroso, son en cambio combinaciones con oxígeno, pero en menor cantidad, con el azufre, el cloro, etc.

Así el óxido de hierro es una combinación de óxido de hierro, y es aquella herrumbre que se observa sobre el hierro.

La cal y la potasa son combinaciones de calcio y potasio con oxígeno.

El oxígeno es un cuerpo muy difundido en la naturaleza, está contenido principalmente en el aire y el agua.

El oxígeno entra en esta por un volumen, mientras que el hidrógeno entra por dos volúmenes; pero en peso el oxígeno entra por 88, el hidrógeno por 11; o sea que sobre 100 partes de agua 88 son de oxígeno y 11 de hidrógeno.

17. El hidrógeno es el gas más ligero que se conoce, y por esta propiedad se viene utilizando para hacer elevar en el aire los globos aerostáticos. Carbono

Éste pesa aproximadamente un décimo del aire, y 16 veces menos que el oxígeno.

Para obtener este gas se coloca en una botella conteniendo ácido sulfúrico unos trozos de zinc; el oxígeno se deposita sobre el zinc formando un óxido, y

el hidrógeno pasando por un tubo se recoge en un recipiente apropiado.

El hidrógeno arde al contacto con el oxígeno, así se tienen dos tubos, en uno se captura el oxígeno y en el otro el hidrógeno, se obtiene de la combinación de ambos una llama ardiente capaz de hacer licuar los metales. Este aparato fue llamado: *lámpara de Drummond*.

18. El carbono está siempre unido a otras sustancias, pero se encuentra también puro y cristalizado en la naturaleza, bajo la forma de una bellísima gema, llamada *diamante*. Ácido carbónico

Se encuentra también casi puro en plombagina o el grafito. Todas las sustancias orgánicas, es decir de las plantas y animales, lo contienen en grandes cantidades. La turba, la lignita, el carbón fósil, el coque, la antracita, están en su mayoría compuestos por carbono.

Para obtener el carbono, se coloca en un vaso ácido nítrico y se agrega polvo de mármol; este no siendo otra cosa que carbonato de calcio, se descompone en el ácido, y el carbono liberado se hace pasar por un tubo y luego un vaso, donde se recoge.

El ácido carbónico, respecto al aire, es una vez y medio más pesado. En el ácido carbónico hay dos volúmenes de oxígeno y uno de carbono. Esto a grandes presiones se solidifica y a 70 grados bajo cero toma la forma vítrea.

19. Este gas, siendo más pesado que el aire tiende siempre a estar debajo y se puede trasvasar de un recipiente al otro. Esto se prueba metiendo una llamita en uno de estos, porque se apaga con el ácido carbónico. Combinaciones del carbono

El ácido carbónico unido a la cal, forma una variedad innumerable de mármoles, piedras calcáreas, etc.

Del carbón, que es leña al reparo del aire y quemada lentamente, se desarrolla óxido de carbono muy dañino para los animales.

Si en un lugar cerrado cualquiera se desarrollará ácido carbónico u óxido de carbono es necesario renovar el aire para no provocar ningún daño. En una gruta, en Nápoles, llamada "del Cane" esto sucede, que manteniéndose el ácido carbónico a la altura del suelo por ser más pesado que el aire, como decíamos, los hombres no reciben ningún daño, mientras que los perros se asfixian.

20. El gas que sale de las ciénagas y que se enciende al contacto con el aire atmosférico y un cuerpo encendido no son otra cosa que combinaciones de carbono e hidrógeno. Uno de esos es el llamado gas carbonato de hidrógeno.

Otro que tiene la propiedad de arder con una llama brillante es el gas luz o gas de iluminación que es el bicarbonato de hidrógeno.

El alcohol es agua con bicarbonato de hidrógeno. El carbono unido al azufre forma el sulfuro de carbono.

21. El nitrógeno es un gas uno poco más ligero que el aire y no es comburente. Se obtiene por medio de la reacción del cloro sobre el amoníaco. Nitrógeno

El nitrógeno es el cuerpo simple más necesario para la vida orgánica, el cual es el principal componente; y las carnes, no por casualidad, son tan ricas porque los animales lo contienen en gran cantidad; y así también los vegetales más sabrosos derivan del mismo sus bondades.

Combinado con el oxígeno forma el óxido nítrico, que es de gran uso en la industria como mordiente y colorante. El nitrógeno se separa con facilidad del oxígeno, y combinado con hidrógeno del amoníaco.

22. El azufre se encuentra abundantísimo en la naturaleza, está siempre combinado con otras sustancias. Se obtiene por medio de procesos de fusión y de volatilización; es de color amarillo, insípido e inoloro. Se puede fundir a 112 y se vaporiza a 400 grados centígrados. El azufre quemado expulsa un olor acre y sofocante; produce un compuesto con el oxígeno llamado ácido sulfuroso. Azufre

El ácido sulfuroso es transparente, invisible, se licua a 17 bajo cero; puede producir un frío de 60 grados y congelar los cuerpos circundantes. Se lo utiliza para congelar el agua en medio del fuego. El ácido sulfuroso es útil para blanquear la seda, la lana y sirve para apagar incendios.

Además del ácido sulfuroso, el azufre unido al oxígeno de también ácido sulfúrico, del cual hay de dos tipos: *ácido sulfúrico común* y *ácido sulfúrico anhidro*, es decir, sin agua.

El azufre combinado con hidrógeno produce otro gas nocivo para la vida de los animales llamado sulfuro de hidrógeno.

El ácido sulfúrico tiene la propiedad de ser denso y de tener consistencia oleosa. Pesa casi el doble del agua y unido a esta se desarrolla el calor; entra en el algodón fulminante y en el colodión; hierve a 325 grados y se congela a los 31 grados centígrados.

23. El fósforo a la temperatura común tiene la consistencia de la cera; éste participa en la formación de los huesos bajo la forma de fosfato de calcio, o sea, ácido fosfórico y calcio. El fósforo funde a 43 grados centígrados y ebulle a 290; su densidad es de 1,77; es muy afín al oxígeno, se enciende a 60 grados y se conserva en el agua. En contacto con el aire se enciende con facilidad generando un ácido llamado fosfórico. El fósforo es utilizado en la fabricación de los fósforos y en muchas otras industrias.

Fósforo

Según en el ambiente, en el cual se caliente, puede ser rojo, blanco o negro.

24. El cloro es un gas de color verde amarillento, de un olor fuerte, picante y no placentero, de un sabor pungente; respirándolo se corre el riesgo de sofocación o al menos de sufrir tos con expectoraciones sangrantes por su acción desorganizadora de los pulmones.

Cloro

Su peso específico en relación con el aire es de 2,44. Reducido a un quinto de su volumen se licua, conservando su color amarillo verdoso.

Este se prepara haciendo reaccionar juntos el cloruro de sodio y el peróxido de manganeso con ácido sulfúrico.

El cloro se encuentra en forma abundante en la naturaleza, pero siempre combinado con otros cuerpos.

Entre sus compuestos se destacan principalmente el cloruro de sodio que está en solución en el agua marina, también en grandes masas en los terrenos circundantes; el ácido clorhídrico que se desarrolla en los terrenos volcánicos; el clorhidrato de amoníaco que se desarrolla en las cavernas de carbón fósil.

25. El cloro destruye los principales colorantes y el miasma; se utiliza en la desinfección de lugares infectados, para blanquear las telas, y en los laboratorios químicos para descubrir mínimas cantidades de yodo y plata.

Usos

El cloro tiene una altísima afinidad con el hidrógeno, por lo cual es un óptimo reactivo para separarlo de

cualquier cuerpo. Este forma con el mismo un ácido llamado clorhídrico. La combinación del cloro con el hidrógeno presenta el hecho singular que si los dos gases se mezclan en un balón de vidrio en el instante en que son expuestos a la luz, estos se combinan rápidamente para formar el ácido clorhídrico, produciendo una fuerte detonación.

26. El yodo es sólido a la temperatura común bajo la forma escamas de color parecido al álamo; se licúa a 107 grados, ebulle a 180 formando un vapor de color violáceo, tiene un olor propio y la densidad 5 cuando está sólido. Yodo
- Está muy repartido en la naturaleza, pero siempre combinado con otros cuerpos, sobre todo con el sodio, calcio, magnesio; cuando se quiere puro se hace reaccionar con el sodio, con ácido sulfúrico y con el peróxido de manganeso.
27. El yodo asociado con otros cuerpos forma combinaciones muy útiles en la fotografía; es específico para la cura del bocio. Usos
28. El bismuto es blanco ceniza, brillante, frágil y pulverizable; de densidad cercana a 16; funde a 246 grados, goza de la propiedad singular como el agua de crecer en volumen al pasar de estado líquido a sólido. Bismuto
29. El bismuto se une con el plomo, estaño, antimonio, mercurio, etc. Formando combinaciones notables por sus calidades físicas y químicas. Aleaciones
- Los compuestos de bismuto como el oxiclورو, el nitrato, etc. son útiles en la farmacia y la economía doméstica. Este se encuentra en la naturaleza generalmente en estado nativo.
30. El arsénico es un metal de color beige oscuro, brillante, muy frágil, de densidad 5,8. Si se evapora en el aire, tiene olor de ajo. Vaporiza a 300 grados sin licuarse antes. Los compuestos arsenicales son muy benéficos, distinguiremos entre el ácido arsenioso que sirve en la fabricación de vidrios y es antiséptico; el arsenito de cobre que produce un verde magnífico, el sulfuro que genera un lindo color amarillo y es un fuerte depilatorio. Arsénico

31. El amoníaco contiene 82 partes de nitrógeno y 17 de hidrógeno; es una base potente tanto como la potasa y la soda; fue llamada por esto álcali volátil. Amoníaco

El amoníaco líquido tiene un olor acre y detergente; su peso específico es de 0,91 y entra en ebullición a +45°; tiene una acción de hacer ampollas sobre la lengua y la piel.

El amoníaco se desarrolla abundantemente en la putrefacción de sustancias animales y sobre todo de la orina.

Diversas sales amoniacaes, entre las cuales el sulfato, el carbonato, el fosfato son de gran uso en el comercio, en las farmacias y en la tinción.

Últimamente se comenzó a utilizar para fabricar hielo artificial.

§ 3. Metales

32. Es un metal blanco brillante que a 15 grados es ya blando y a los 55 se licúa; a más de 15° densidad es de 0,6. Este tiene una afinidad grandísima por el oxígeno, por eso se conserva en aceite. Potasio

Entre sus compuestos se diferencian: el *óxido de potasio*, o mejor conocido como potasa; el *carbonato de potasa* y el *nitrate de potasa*. Estos dos últimos son la combinación del ácido carbónico y el ácido nítrico. El primero se encuentra en las cenizas y sirve para hacer la lejía; el segundo sobre las paredes de lugares húmedos, en los nitratos artificiales bajo la forma de eflorescencias blancas. Se encuentra en forma abundante en China, Persia, India, Arabia y Egipto y sirve para fabricar la pólvora.

La potasa sirve en la medicina para cicatrizar. Combinando el ácido silícico con el potasio se obtiene un *silicato de potasa*, el cual sirve para formar sílice gelatinoso y el vidrio. Asociado con el yodo se obtiene el *yoduro de potasio* que se utiliza mucho en fotografía.

Las sales de potasio son casi todas solubles en agua.

33. El sodio es un metal blanco, se funde a 96°, de densidad 0,97. Descompone el agua a la temperatura ordinaria. Sodio

Se prepara tratando al calor una mezcla de carbonato de soda y de carbón.

Este se conserva en aceite de nafta.

Sus principales compuestos son el óxido de sodio o soda, el carbonato de soda, el sulfato de soda, el nitrate de soda, el hiposulfite de soda, el cloruro de sodio.

34. El plomo es un metal beige-oscuro, blando, maleable, poco tenaz, con densidad 11,44. Este se encuentra en la naturaleza como mineral, combinado sobre todo con azufre, combinación que toma el nombre común de galena. Funde a una temperatura de 325°. Plomo

35. El plomo se asocia fácilmente con el estaño, con el antimonio y con el bismuto, y estas combinaciones se utilizan mucho en la industria lechera y del plomo. El plomo se utiliza mucho para cubrir los edificios, distribuir el agua, el gas por la ciudad, para fabricar bolas, etc. Aleaciones de plomo

Combinando el plomo con el oxígeno se obtienen varias combinaciones, entre ellas la más importante

- aquella de tres partes de oxígeno con tres partes de plomo llamada *minio*. Asociada al ácido carbónico forma el *carbonato de plomo*, conocido bajo el nombre de *albayalde*. El cromato de plomo es también una combinación útil que provee de un lindo color amarillo a la pintura. Los silicatos de plomo sirven para producir los esmaltes y los barnices para barnizar la vajilla.
36. El zinc es un metal de un color blanco azulado. Quebrado presenta una estructura cristalina; de densidad cercana a 7; funde a 412°, se encuentra en la naturaleza combinado con el azufre y con el carbono. El zinc sirve mucho para fabricar las pilas Voltaicas, para cubrir los techos, para hacer canaletas, bañeras, trabajos de chorros en fuentes. Zinc
37. La plata es de color blanco brillante, maleable y dúctil, de densidad cercana a 10. Funde a 1032°; abundante en la naturaleza combinada especialmente con el azufre. Plata
38. La plata se une con muchos metales; entre las uniones más comunes está con el cobre, que sin disminuir la blancura aumenta la dureza. Aleaciones
- Según las leyes actuales, las monedas no pueden contener más de 1/10 de cobre, las medallas y utensilios no más de 1/20 y la minutería no más de 2/20.
- Los usos de la plata son bastante conocidos. Combinados con el nitro proporcionan a los farmacéuticos la piedra infernal y sirve también como tinta indeleble para la lencería; sus combinaciones con el cloro, bromo, sodio son muy útiles en la fotografía.
39. El mercurio es un metal líquido a temperatura ambiente, que se solidifica a -40° y ebulle a 350°. Se encuentra en la naturaleza combinado con el azufre bajo el nombre de cinabrio; este sirve para la construcción de muchos instrumentos físicos; barómetros, termómetros, etc. Sus uniones con metales se llaman amalgamas. La amalgama con el estaño sirve para fabricar espejos. Mercurio
40. El cobre tiene un color rojo especial, es maleable, dúctil y muy tenaz; su densidad varía de 8,7 a 8,9; funde a 1091 grados centígrados: se encuentra en forma abundante en la naturaleza, bajo la forma de sulfuro, llamado piritita de cobre. Cobre

41. Entre estos se distingue el latón, el *orichalcum*, el simil oro y el bronce; la primera se compone de 66 partes de cobre y 33 de zinc, el orichalcum de 90 de cobre, 7 de zinc y 3 de estaño; el simil oro de 72 de cobre, 10 de zinc y 8 de estaño; el bronce se compone de 90 de cobre y 10 de estaño: todas las combinaciones son importantes para el color y el brillo que toman, por la mayor ductilidad o dureza, por la resistencia a la irradiación, etc.
- Innumerables son los usos de cobre, sobre todo en la economía doméstica; su óxido es venenoso, por lo que conviene que los utensilios sean estañados.
- Los hilos de cobre sirven para redes, cuerdas metálicas, reóforos, las placas de cobre para realizar incisiones, vasos y utensilios de todo tipo. Con los óxidos de cobre se colorean los vidrios; con el protóxido en rojo y con el bióxido en verde.
42. El magnesio es un metal blanco-plateado, brillante, maleable, se funde al color rojo, de densidad 1,87.
- Forma con el oxígeno, el óxido llamado *magnesia*, el cual es un óptimo medicamento para quitar la acidez del estómago; es un antídoto contra los ácidos fuertes como el fosfórico, nítrico y también contra el ácido arsenioso.
- El hidrocarbonato o el sulfato de magnesia son purgantes de uso frecuente y universal, y se encuentran en diversas aguas minerales. Con los silicatos de magnesia se fabrican las talcos.
- El talco, la esteatita o piedra de los sastres, la serpentina, la piedra olaria son silicatos de magnesia naturales. Estos son generalmente blandos al tacto, no muy duros, ligeros, brillantes y solubles.
43. El aluminio es un metal blanco, duro como la plata, muy dúctil, inoxidable con el aire y el agua, es por esto similar a los metales preciosos.
- Por muchos de sus ventajas y por su ligereza es desde hace algunos años utilizado en la industria. Su unión con el cobre produce un metal brillante como el oro.
- Produce un óxido que es la alúmina, base de la arcilla que es parte de muchos minerales y de todos los terrenos cultivables. El sulfato de alúmina combinado con sulfatos de soda y de amoniaco, dan origen a sulfatos dobles que se llaman alumbres.
- El sulfato doble de alúmina y potasio es el alumbre común.
- Aleaciones
- Magnesio
- Aluminio

Sirven los alambres a los tintoreros para fijar los colores, y ayudan a pegar la pasta, para clarificar el sebo, el curtido de las pieles, etc. La alúmina sirve para formar laca colorida con el bióxido en verde.

44. El hierro tiene un color beige azulado, pulido puede tener el lustre de la plata. Hierro

Su densidad es de 7,8. Se funde a 1500 grados aproximadamente; combinado con 4/100 de carbono forma el *arrabio*, combinado en cambio con 1,5 de carbono por 100 toma el nombre de acero, el cual tiene la propiedad de endurecerse fácilmente cuando es calentado al rojo e introducido en el agua, y de recuperar la maleabilidad original cuando se recalienta de nuevo y es dejado enfriarse tranquilamente.

Se encuentra abundantemente en la naturaleza bajo la forma de óxido, de carbonato y de sulfuro.

Se separa del oxígeno, introduciéndolo en hornos reales

45. El estaño es un metal blanco, con brillo, maleable, se funde a 228 grados, de densidad 7,29. Estaño

El estaño asociado o, como se dice, amalgamado con el mercurio, sirve para fabricar los espejos; unido al cobre produce bronce y con el hierro genera la hojalata. Entre sus componentes encontraremos el bisulfuro de estaño, llamado comúnmente oro mosaico, el que sirve para barnizar la madera, el papel, el hierro, el cobre, etc.

46. El oro es de un color amarillo brillante, el más maleable de los metales, inalterable a la acción del aire, de los ácidos y de las álcalis que producen el herrumbre a muchos otros metales. De densidad 19,5 se funde a 1097 grados centígrados. El oro se une con el cobre para darle mayor resistencia; 10 partes de cobre y 90 de oro sirven para fabricar las monedas; 25 partes de cobre con 75 de oro sirven para las minuterías. Oro

Para probar el precio o título de una aleación, se usa frotarlo sobre una piedra llamada de *comparación*.

El compuesto de oro, como el cianuro de potasio y oro, cloruro de oro, sirve para dorar y producir las imágenes fotográficas. Ello se prueba generalmente en la naturaleza en el estado originario, solo o cercano a la plata.

Apéndices

Apéndice I

Los jabones y la lejía

47. Se llaman jabones a las combinaciones de ácidos grasos con potasa y soda. Muchos de estos se utilizan en el lavado. Jabones

Hay dos tipos de jabones: duros y blandos; el jabón más duro no contiene estearato sódico, y el blando no contiene oleato potásico.

La composición de jabón ordinario duro es la siguiente: 10 de soda, 60 de ácido oleico o esteárico y 30 de agua.

El jabón duro se prepara con el aceite de oliva y soda o también con grasas animales y soda.

Se pueden volver perfumados agregándole aceites volátiles antes que se solidifique el jabón.

48. La prenda de lino se impregna generalmente de materiales solubles en agua, y de materiales insolubles como los grasos y resinosos. Para los materiales, solubles basta un simple lavado en el agua pura para liberar la prenda de lino; para las otras se saponifican con el fin de volverlas solubles en el agua. Por tanto, la lejía es una operación por la cual la materia insoluble de la prenda de lino se vuelve soluble haciéndola entrar en combinación a una cierta temperatura con los álcalis. Lejía

Los álcalis generalmente utilizados son la potasa y la soda. Las cenizas no son útiles a la lejía, mientras no contengan carbonato de potasio. Bajo la influencia de la temperatura, que es de cerca de 100 grados centígrados, el carbonato alcalino es descompuesto; el álcali se une al cuerpo graso para formar un verdadero jabón que se saca del lino con un simple lavado.

Apéndice II

Las fermentaciones

Es aquella efervescencia más o menos rápida que se observa en la superficie de un líquido en reposo, por el cual se va enturbiando y cambiando su naturaleza. Tales son las fermentaciones del jugo de uva, de la cerveza, etc. Más científicamente podría definirse: es la reacción producida en un cuerpo por un fermento.

Fermentación

Es un ser organizado que, puesto en condiciones convenientes, vive y crece a expensas de determinadas materias orgánicas, descomponiéndolas en principios constantes y definidos. Así el fermento de la uva es un cuerpo esferoidal vegetal del diámetro de $1/200$ mm., aproximadamente, que es la semilla o espora de ciertas plantas criptógamas.

Fermento

En cambio, el fermento del lactato de calcio es un pequeño animalito, que muere en contacto con el aire y vive en cambio, en una atmósfera de ácido carbónico y de hidrógeno.

Los más comunes son: la fermentación alcohólica, láctica y butírica, según si el fermento produce alcohol, ácido láctico o butírico.

Fermentaciones
diversas

La primera sería aquella del jugo de uva o de la cerveza; la segunda la que nace dejando expuesta al aire una solución de azúcar con carbonato de fosfato de calcio y sales amoniacales.

Las condiciones indispensables de una dada fermentación si es que el cuerpo es expuesto en tales ambientes, de poder comunicar con el fermento que le es especial. Así para la fermentación alcohólica y láctica, la condición es si el cuerpo es expuesto al contacto del aire libre natural. Si no, en cambio, haríamos comunicar el cuerpo con un aire conducido primero artificialmente por un tubo lleno de algodón, la fermentación no tendría lugar, porque todos los corpúsculos se habrían depositado sobre el mismo algodón.

Condiciones

Apéndice III

Idea general del Universo

El Universo se compone de una cantidad inmensa de cuerpos aislados unos de otros, al extremo que están a una distancia, de lo que se ha podido observar y calcular, que la luz tomaría unos 10.000.000 años en recorrerla, y un vapor (a razón de 20 km./h) 540 millones de millones de años.

Estos cuerpos están sometidos a las leyes de atracción universal y consiguientemente a las leyes de Kepler.

Entonces, y en virtud de la velocidad primordial, los cuerpos menores giran en torno a los cuerpos mayores en órbitas elípticas, las cuales ocupan los focos, formando particulares sistemas solares.

Estos, a su vez, pueden girar en torno a los otros cuerpos, o tener un movimiento simple de traslación, formando un sistema de sistemas solares, que llevan el nombre de *Nebulosas*, y se presentan a los ojos bajo el aspecto de racimos blancos de luz.

Estos cuerpos giran asimismo sobre sí mismos, y están probablemente compuestos de los mismos elementos que nosotros, según la última investigación espectral.

Los astros que pueblan el firmamento se llaman, en general, *estrellas*. Los cuerpos que son totalmente distantes de nosotros, y que aparentemente no podemos ver que se muevan se llaman *estrellas fijas*.

Para facilitar las investigaciones astronómicas las estrellas más cercanas a nosotros son imaginadas bajo grupos convencionales de estrellas, llamadas *constelaciones*.

De las más vecinas de las mismas, la luz necesita 3 años para llegar hasta nosotros.

Sistema solar

El sistema solar se compone de un cuerpo central, llamado *Sol*, y de ocho cuerpos principales llamados *planetas mayores*, y son: Mercurio, Venus, Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno, los cuales giran todos en el mismo sentido¹²², entorno al primero, según las leyes mencionadas.

Planetas

122 Por un observador colocado en el Sol de la parte boreal de la eclíptica, los planetas girarán todos de derecha a izquierda. Entre los cometas, muchos giran en sentido contrario.

Entre Marte y Júpiter circulan otros planetas menores, llamados *asteroides*, cuya masa no puede superar $\frac{1}{4}$ de la masa de la Tierra, las cuales se han descubierto más de un centenar; y pueden ser restos de un planeta intermedio único.

El plano de la órbita de la Tierra se llama *eclíptica* y sirve de plano básico para las líneas orbitales de los planetas. La recta une los equinoccios y es la línea a la cual se refieren las distancias angulares de los astros.

El tiempo que pasas entre dos retornos consecutivos de una estrella por el meridiano se llama *sideral*, y necesita para su invariabilidad y regularidad los otros tiempos.

El eje de la Tierra está inclinado sobre la eclíptica por 23° y se conserva casi en paralelo a sí mismo, en el movimiento anual de la Tierra entorno al Sol. Esta traslación conjunta al movimiento anual de la Tierra produce la diversidad de las estaciones y los diferentes períodos de los días.

Las órbitas de los planetas cortan la eclíptica según diversas inclinaciones, las cuales generalmente son pequeñas, por lo cual justo los planetas describen una zona en el cielo llamada *Zodiaco*.

Los cometas son desperdicios poco considerables de materia que atraviesan el Universo, pasando por los sistemas solares. En algún momento son atraídos por nuestro Sol, y describen órbitas larguísimas llamadas *parábolas*.

Cometas

Son corpúsculos formando parte de una corriente de materia atenuada que gira lentamente en torno al Sol, y son encontradas sus revoluciones durante el año.

Estrellas fugaces

La corriente de Agosto forman un anillo cerrado, encontrado cada año por la Tierra; mientras la corriente de Noviembre forman una nube con período de $33 \frac{1}{4}$ de años.

Cometas y estrellas fugaces no son más que disgregaciones, extractos de la materia caótica muy delgada que impregnan el Universo.

Las leyes de Kepler que regulan el movimiento de los planetas son tres:

Leyes de Kepler

1°, las órbitas que describen los planetas son elípticas, en las cuales el Sol ocupa uno de los focos.

2°, Los sectores que describe son proporcionales a los tiempos.

3°, Los cubos de los ejes son proporcionales a los cuadrados de los tiempos de las revoluciones.

La primera nos proporciona la naturaleza de curva des-

crita por el planeta; la segunda, nos permite fijar la posición del planeta sobre la curva en cualquier instante; la tercera sirve para encontrar la distancia de los planetas del Sol. Estas leyes son consecuencias de la atracción universal; y viceversa, ésta puede depender de las primeras, como lo hizo por primera vez Newton. Son conocidos los siete elementos de un planeta: *la distancia media del Sol, la excentricidad, la longitud de nodo ascendente, la inclinación de la línea orbital, la longitud del perihelio, la duración de la revolución, la longitud de la época*, las cuales están indicadas por cada uno de los planetas en el Tabla VII, se podrá analíticamente prefigurar la posición del planeta sobre la órbita, y deducir la coordinación geocéntrica para cada instante futuro.

Del breve cuadro nombrado, el docto independiente claramente deduce cómo, junto a la ley de atracción universal, la serie interminable de los magníficos fenómenos que presenta el Universo, sea una consecuencia matemática de la creación, en cada punto del espacio de los cuerpos materiales y de las velocidades impresas. Así con esta síntesis, las cuales la ciencia humana puede estar gustosamente magnífica, se rinde al Supremo Creador el más hermoso homenaje que pueda tributársele por un científico, aquello del conocimiento dentro de lo creado del Ser uno, simple e inmenso, que recoge en sí la unidad y la simplicidad de las leyes que gobiernan al mundo con la fecundidad inmensa de sus aplicaciones.

Tablas

Tabla I
Pesos específicos de los Gases y los Vapores,
de los líquidos y de los Sólidos

Pesos específicos de Gases y Vapores

Tomando por unidad el peso específico del aire a 0° y a 0.76m de presión

Nombre del gas	Pesos específico	Nombre de los vapores	Peso específico
Aire	1.000	Aire	1.000
Oxígeno	1.106	Bromo	5.540
Hidrógeno	0.069	Iodo	8.716
Cloro	2.470	Azufre	6.617
Nitrógeno	0.971	Fósforo	4.420
Cianótico	1.806	Arsénico	10.600
Amoníaco	0.596	Mercurio	6.976
Óxido de Carbono	0.957	Ácido Arsenioso	13.850
Ácido Sulfuroso	2.234	Ácido sulfúrico Anhidro	3.000
Ácido Carbónico	1.529	Alcanfor	5.468
Ácido Clorhídrico	1.247	Esencia de Trementina	4.763
Óxido Nitroso	1.039	Gasolina	2.77
		Naftalina	4.528
		Sulfuro de Carbono	2.644
		Alcohol	1.6133
		Éter	2.5860
		Agua	0.6235

Pesos específicos de los líquidos

Tomando por unidad el peso específico del agua a 4°

Nombres de los líquidos	Peso específico	Nombre de los líquidos	Peso específico
Agua destilada	1.000	Alcohol a la máxima condensación	0.927
Mercurio	13.596	Éter	0.715
Bromo	2.966	Agua de mar	1.026
Ácido sulfúrico	1.841	Leche	1.03
Sulfuro de Carbono	1.263	Aceite de oliva	0.915
Protocloruro de Azufre	1.680	Nafta	0.847
Alcohol absoluto	0.792		

Pesos específicos de los sólidos

Tomando aquello del agua a 4° por unidad

Nombre del Sólido	Peso específico	Nombre del sólido	Peso específico	
Litio	0.5936	Cromo	5.90	
Potasio	0.865	Antimonio	6.720	
Sodio	0.972	Titanio	5.300	
Calcio	1.584	Telurio	6.240	
Magnesio	1.743	Bismuto	9.822	
Glucinio	2.10	Plomo fundido	11.35	
Estroncio	2.542	Cobre fundido	8.85	
Aluminio fundido	2.56	Cobre laminado	8.95	
Aluminio	2.67			
Fósforo	1.77	Mercurio a 0°	13.59593	
Azufre	2.086	Osmio	23.00	
Carbono	Diamante	3.50	Iridio	18.68
	Grafito	2.50	Paladio	11.30
Selenio	4.30	Paladio	11.80	
Iodo	4.948	Rodio	11.00	

Arsénico	5.67	Plata fundida	10.47
Manganeso	8.010	Oro forjado	19.36
Hierro	7.788	Oro fundido	19.26
Hierro fundido	7.200	Platino	21.53
Zinc	7.19	Platino laminado	22.06
Cadmio	8.69	Indio	7.11
Estaño	7.291	Talio	11.86
Cobalto fundido	7.812	Zirconio	4.14
Níquel fundido	8.279	Rubidio	1.52
Níquel	8.666	Rutenio	11.30
		Uranio	18.37
Cloruro de Calcio	2.23	Peróxido de manganeso	4.48
Ácido arsenioso	3.70	Peróxido de titanio	4.25
Ácido arsénico	3.734	Peróxido de hierro	5.22
Ácido tungstico	6.00	Peróxido de plomo	9.20
Ioduro de potasio	3.00	Bisulfuro de mercurio	8.124
Sulfuro de plata	7.20	Bisulfuro de estaño	4.415
Sulfuro de plomo	7.58	Bromuro de potasio	1.62
Sulfuro de bismuto	6.54	Bromuro de plomo	5.194
Sulfuro de molibdeno	4.60	Bromuro de plata	5.128
Sulfuro de zinc	4.16	Protosulfuro de estaño	6.70
Bióxido de mercurio	11.00	Protosulfuro de cobre	5.69
Óxido de plata	7.20	Protosulfuro de manganeso	3.95
Óxido de bismuto	8.174	Seleniuro de cobre	7.69
Óxido de zinc	5.60	Proto yoduro de mercurio	7.75
Óxido de hierro magnético	5.40	Bioduro de mercurio	6.32

Óxido de cadmio	6.95	Sesquióxido de manganeso	4.81
Molibdeno	8.60		
Tungsteno	17.60		

Tabla II
Puntos de fusión y de ebullición

Nombres de las sustancias	Temperatura	
	De Fusión	De ebullición
Ácido acético	17°	120°
Ácido azotico anhidro	29,5	50
Ácido carbónico		- 78
Ácido clorhídrico		137,5
Ácido cianhídrico	13,8	26,2
Ácido esteárico	70	
Ácido sulfuroso	78,9	10
Ácido sulfuroso anhidro	25	32°
Acero	1300 1400	
Alcohol absoluto	<90	78,3
Aluminio	600 °c	
Amoníaco anhidra	- 80 °c	- 35
Antimonio	440	
Plata	1000 °c	
Arsénico	210	
Azotato de plata	198	
Bencina	7	80,8
Boro	30	
Bismuto	265	
Bromo	7,5	63

Bronce	900 °c	
Cadmio	500 °c	
Carbonato de potasa		135
Carbonato de soda		104,6
Clorato de potasa	334	
Cloro líquido		- 40
Cera amarilla	76,2	
Cera blanca	68,7	
Cianótico	40	- 18
Crisol		203
Esencia de terebintina	10	156,8
Éter sulfúrico	32	35,5
Éter acético	<36	74,1
Éter benzoico		209
Éter butírico		115
Hierro dulce francés	1500 °c	
Hierro inglés	1600 °c	
Fósforo	44,2°	290°
Fundición de hierro	1050	
Grasa de cordero	51	
Iodio	107	176
Litio	180	
Mercurio	39,5	350
Naftalina	78	210
Nitrobencina	3	213
Oro	1250 °c	
Oro al título de moneda	1180 °c	
Aceite de lino	20	387,5
Aceite de oliva	2,5	

Aceite de palma	29	
Aceite de ricino	18	265
Paladio	1700	
Parafina	43,7	370 °c
Petróleo		106
Platino	>1700	
Plomo	335	
Potasio	55	700 °c
Potasio cáustico		175
Cobre	1050 °c	
Selenio	217	700 °c
Sodio	90	700 °c
Azufre	114,5	400
Semen de Cetáceo	49	
Estearina	61	
Ámbar	288	
Salsa marrón	160	
Salsa de resina	100	
Sebo	33	
Sulfuro de carbono		48
Teluro	525	
Oro	120	
Zinc	405	1300
Esencia de anís	18	220 °c
Esencia de cedro		167
Cobre amarillo	1015 °c	
Cobre de mar	- 2,5	103,7
Éter clorhídrico	<32	11
Éter fórmico	<32	52,9

Éter yodhídrico	<32	70
Éter oxálico		183
Cloruro de titanio		136
Cloruro de zinc	250	

Tabla III
Coefficientes de dilatación lineal de Sólidos y de Líquidos

Dilatación lineal de Sólidos
Para 1° en el intervalo de 0° a 100°

Nombres de las sustancias		Dilatación 0.0000
Acero		11247
Acero templado		13000
Aluminio		22239
Antimonio		10833
Plata		20039
Bismuto		13917
Cadmio		31300
Carbón de madera	de pino	10000
	Roble	12000
Hierro		12742
Fósforo		14245
Hierro fundido		10728
Hielo entre -27,5° y 1, 25°		51813
Granito		08685
Mármol blanco		10720
Mármol blanco de Carrara		08487
Mármol negro		04260
Oro		14010
Alambre de latón		18230

Paladio		10000
Platino		08703
Platino entre 0 y 300		09183
Piedra de fábrica		11059
Piedra calcárea		05299
Plomo		28407
Cobre rojo		17324
Estaño fino		22833
Estaño de India		19376
Terracota		04573
Vidrio blanco	Vara llena	08083
	Entre 0 y 200	09225
	Entre 0 y 300	10108
	Flint. Inglés	08167
	Tubo di Barómetro	08333
Zinc fijo		29549

Coeficientes de dilatación de Líquidos

Nombre de las sustancias	Coeficiente medio de dilatación						Peso específico a 0°	Temperatura de ebullición
	A 0°			Al punto de ebullición				
	0,000	0,001	0,002	0,000	0,001	0,002		
Agua	0,000	0,001	0,002	0,000	0,001	0,002	0,99873	100,0
Acetato di óxido etílico	0,001	0,002	0,003	0,001	0,002	0,003	0,907	74,1
Acetato de óxido de metilo	0,001	0,002	0,003	0,001	0,002	0,003	0,867	59,5
Alcohol	0,001	0,002	0,003	0,001	0,002	0,003	0,827	131,8
Amílico	0,001	0,002	0,003	0,001	0,002	0,003	0,815	78,3
Etilico	0,001	0,002	0,003	0,001	0,002	0,003	0,821	63,0
Metílico	0,001	0,002	0,003	0,001	0,002	0,003	0,805	22,0
Aldehídos	0,001	0,002	0,003	0,001	0,002	0,003	1,664	13,0
de metilo	0,001	0,002	0,003	0,001	0,002	0,003	1,473	40,7
de etilo	0,001	0,002	0,003	0,001	0,002	0,003	0,902	119,0
De óxido de etilo	0,001	0,002	0,003	0,001	0,002	0,003	1,029	102,1
de óxido de metilo	0,001	0,002	0,003	0,001	0,002	0,003		

Nombre de las sustancias	Coeficiente medio de dilatación								Peso específico a 0°	Temperatura de ebullición
	A 0°				Al punto de ebullición					
	0,	001	038	186	0,	001	167	673		
Bromo	0,	001	038	186	0,	001	167	673	3,187	63,0
Cloroformo	0,	001	107	146	0,	001	320	490	1,525	63,5
Cloruro de etilo	0,	001	574	578	0,	001	607	429	0,921	11,0
De silicio	0,	001	294	119	0,	001	563	537	1,524	59,0
Éter sulfúrico	0,	001	513	245	0,	001	647	654	0,736	35,5
Ioduro De metilo	0,	001	199	591	0,	001	327	135	2,199	43,8
De etilo	0,	001	142	251	0,	001	263	687	1,975	70,0
Mercurio	0,	001	179	05	0,	001	187	54	13,596	350
Aceite de los holandeses	0,	001	118	932	0,	001	282	410	1,280	84,9
Sulfuro de carbono	0,	001	139	804	0,	001	249	336	1,233	47,9

Tabla IV
Calor específico de los Cuerpos Sólidos, Líquidos y de los Gases

Nombre de las sustancias	Calor específico	Pesos atómicos adoptados	Producto C. x P.
Plata de 0 a 100	0,0557	675,80	38,527
Plata de 100 a 300	0,0611		
Arsénico	0,08140	806,45	38,261
Antimonio	0,0507	470,04	41,029
Acero	0,11848		
Ácido arsenioso	0,12786	1240,1	156,56
Ácido estánnico	0,09326	935,3	87,23
Ácido estánnico artificial	0,17164		
Ácido antimonioso	0,09535	1006,5	95,92
Ácido túngstico	0,07983	1483,2	118,38
Ácido molíbdico	0,13240	898,5	118,96
Ácido silícico	0,19132	557,5	110,48
Ácido bórico	0,23743	436,0	103,52
Aluminio	0,19762	642,4	126,87
Arseniato de potasa	0,15631	2619,92	147,50
Arseniato de plomo	0,07280	4229,08	308,22
Ácido sulfúrico	0,3346	501,16	167,78
Ácido nítrico	0,6614	677,04	447,78
Ácido hidroclicóric	0,600	227,57	136,54
Bismuto	0,03084	1330,37	45,034
Bisulfuro de Hierro	0,13009	741,54	96,46
Bicromato de potasa	0,18937	1893,55	358,58
Borato de potasio	0,21975	1461,9	321,27
Cobalto	0,10696	368,99	39,468
Carbón	0,24111	152,88	36,873
Cloruro de plata	0,09109	1794,2	163,42

Cloruro de plomo	0,06641	1737,1	115,35
Cadmio	0,05669	696,77	39,502
Cloruro de zinc	0,13618	845,8	115,21
Cloruro de manganeso	0,14255	788,5	112,51
Cromato de potasa	0,18505	1241,75	229,78
Carbonato de potasa	0,21623	865,0	187,04
Carbonato de soda	0,27275	666,0	181,65
Carbonato de plomo	0,08596	2046,31	175,90
Carbón de madera	0,24150		
Coque	0,20307		
Coque de carbón fósil	0,20085		
Cal viva	0,2169		
Cloruro de sodio	0,230	733,5	156,97
Diamante	0,14687		
Hierro	0,11379	399,21	38,597
Hierro blanco fijo de Bourg	0,12983		
Fluoruro de calcio	0,21492	489,82	105,17
Flint-glass	0,190		
Fósforo	0,1887	196,14	37,024
Grafito natural	0,20187		
Iridio	0,363	1233,51	44,76
Iodo	0,05412	789,75	42,703
Madera de pino	0,650		
Madera de roble	0,570		
Madera de pera	0,500		
Manganeso	0,14411	345,89	49,84
Mercurio	0,03332	1265,82	42,149
Magnesio	0,24394	258,4	63,03
Mármol sacaroideo bigio	0,20989		

Níquel	0,10863	369,68	41,000
Nitrato de potasa	0,23875	631,0	132,45
Nitrato de soda	0,27821	1067,10	279,10
Nitrato de plata	0,14352	2128,64	305,56
Nitrato de barita	0,15228	1633,92	248,51
Carbón animal	0,26085		
Oro	0,03244	1243,01	40,328
Óxido de cromo	0,17960	1003,6	180,01
Óxido de bismuto	0,06053	2960,7	179,22
Óxido de antimonio	0,09009	1912,9	172,34
Óxido de zinc	0,12480	503,2	62,77
Óxido de cobre	0,14201	495,7	70,39
Óxido de níquel	0,16234	469,68	76,36
Óxido de hierro magnético	0,16780		
Óxido de mercurio	0,05089	1365,8	70,74
Osmio	0,03063	1244,2	38,109
Plomo	0,03140	1294,50	40,647
Platino laminado	0,03243	1233,50	40,31
Platino esponjoso	0,03295		
Paladio	0,05927	665,90	39,46
Protosulfuro de hierro	0,13570	540,0	73,33
Protosulfuro de estaño	0,08375	936,5	78,54
Pirita de hierro	0,13009	741,6	96,45
Percloruro de estaño	0,10161		
Percloruro de mercurio	0,06889	1708,4	117,88
Protóxido de manganeso	0,15701	445,9	70,01
Protocloruro de mercurio	0,05205	2974,2	154,80
Protocloruro de cobre	0,13827	1234,0	156,83
Protocloruro de estaño	0,10161	1177,9	019,59

Protoyoduro de mercurio	0,03942	4109,3	162,34
Protoyoduro de cobre	0,06869	2369,7	162,81
Cobre	0,09515	395,70	37,849
Azufre	0,20259	201,17	40,754
Sulfuro de níquel	0,12813	570,8	73,15
Sulfuro de zinc	0,12303	604,4	74,35
Sulfuro de plomo	0,05086	1495,6	76,00
Sulfuro de mercurio	0,05117	1467,0	75,06
Sulfuro de bismuto	0,06002	3264,2	195,90
Sulfuro de cobre	0,12118	992,0	120,21
Sulfuro de plata	0,07460	1553,0	115,86
Sulfato de potasa	0,19010	1091,1	207,40
Sulfato de soda	0,23115	892,1	206,21
Sulfato de barita	0,11285	1458,1	164,54
Sulfato de estronciana	0,14279	1148,5	164,01
Sulfato de plomo	0,08723	1895,7	165,39
Sulfato de cal	0,19656	857,2	168,49
Sulfato de magnesia	0,22159	759,5	168,30
Zafiro	0,21732		
Selenio	0,07616	494,58	37,667
Tungsteno	0,03636	1183,00	43,002
Uranio	0,06190	677,84	41,960
Vidrio de 0 a 100	0,1770		
Vidrio de 0 a 300	0,1900		
Zinc	0,9555	403,23	38,526

Nombre del Gas	Calor específico		Nombre del Gas	Calor específico	
	En peso	Volumen		En peso	Volumen
<i>Gas simple</i>					
Oxígeno	0,2182	0,2412	Vapor de alcohol	0,4513	0,7171
Nitrógeno	0,2410	0,2370	Vapor de éter	0,4810	1,2296
Hidrógeno	3,4046	0,2356	Vapor de éter clorhídrico	0,2737	0,6117
Cloro	0,1214	0,2962	Vapor de éter bromhídrico	0,1816	0,6777
Bromo	0,05518	0,2992	Hidrógeno sulfhídrico	0,4005	1,2568
<i>Gas compuesto</i>					
Protóxido de nitrógeno	0,2238	0,3413	Hidrógeno cianhídrico	0,4255	0,8293
Deutóxido de nitrógeno	0,2315	0,2406	Vapor de cloroformo	0,1568	0,8310
Óxido de Carbón	0,2479	0,2399	Licor holandés	0,2293	0,7911
Ácido carbónico	0,2164	0,3308	Éter acético	0,4008	1,2184
Ácido clorhídrico	0,1845	0,2302	Vapor de acetona	0,4125	0,8341
Ácido sulfuroso	0,1553	0,3489	Vapor de bencina	0,3754	1,0114
Ácido sulfhídrico	0,2423	0,2883	Vapor de cloruro fosforoso	0,1346	0,6386
Gas amoniaco	0,5080	0,2994	Vapor de cloruro arsenioso	0,1122	0,7013
Hidrógeno protocarbonado	0,5929	0,3277	Hidrógeno de silicio	0,1329	0,7788
Hidrógeno bicarbonado	0,3694	0,3572	Hidrógeno de estaño	0,0939	0,8639
Vapor de agua	0,4750	0,2950	Hidrógeno de titanio	0,1263	0,8634

Tabla V

**Tabla de las fuerzas elásticas del vapor de agua
para -32° a 100°**

Tempe- ratura	Fuerzas elásticas en mm de Mercurio	Tempe- ratura	Fuerzas elásticas en mm de Mercurio	Tempe- ratura	Fuerzas elásticas en mm de Mercurio
-32°	0.310	+13°	11.162	+57°	129.251
31	0.336	14	11.908	58	135.505
30	0.365	15	12.699	59	142.015
29	0.397	16	13.536	60	148.791
28	0.431	17	14.421	61	155.839
27	0.468	18	15.357	62	163.170
26	0.509	19	16.346	63	170.791
25	0.553	20	17.391	64	178.714
24	0.602	21	18.495	65	186.945
23	0.654	22	19.659	66	195.496
22	0.711	23	20.888	67	204.376
21	0.774	24	22.184	68	213.596
20	0.841	25	23.550	69	223.165
19	0.916	26	24.988	70	233.093
18	0.998	27	26.505	71	243.393
17	1.084	28	28.101	72	254.073
16	1.179	29	29.782	73	265.147
15	1.51	30	31.548	74	276.624
14	1.398	31	33.406	75	288.517
13	1.521	32	35.359	76	300.838
12	1.656	33	37.411	77	313.600
11	1.803	34	39.565	78	326.811
10	1.963	35	41.827	79	340.488

9	2.137	36	44.201	80	654.643
8	2.327	37	46.691	81	369.287
7	2.533	36	44.201	82	354.643
6	2.758	39	52.039	83	400.101
5	3.004	40	54.906	84	416.298
4	3.271	41	57.910	85	433.041
3	3.644	42	61.055	86	450.344
2	3.879	43	64.346	87	468.221
1	4.224	44	67.790	88	486.687
0	4.600	45	71.391	89	505.759
+1	4.940	46	75.158	90	525.450
2	5.302	47	79.093	91	545.778
3	5.687	48	83.204	92	556.757
4	6.097	49	87.499	93	588.406
5	6.534	50	91.982	94	610.740
6	6.988	51	96.661	95	633.778
7	7.492	52	101.543	96	657.535
8	8.017	53	105.636	97	682.029
9	8.574	54	111.945	98	707.280
10	9.165	55	117.478	99	733.305
11	9.792	56	123.244	100	760.000
12	10.457				

Temperatura del vapor	Tensión del vapor tomando a la atmósfera como unidad	Temperatura del vapor	Tensión del vapor tomando a la atmósfera como unidad	Temperatura del vapor	Tensión del vapor tomando a la atmósfera como unidad	Temperatura del vapor	Tensión del vapor tomando a la atmósfera como unidad
100°	1.00000	145°	4.1118	190°	12.4250		
105	1.1926	150	4.7118	195	13.816		
110	1.4150	155	5.3789	200	15.356		
115	1.6703	160	6.1197	205	17.039		
120	1.9622	165	6.9394	210	18.842		
125	2.2946	170	7.8434	215	20.264		
130	2.6714	175	8.8381	220	22.881		
135	3.0969	180	9.9289	225	25.118		
140	3.5758	185	11.1220	230	27.534		

Tabla V bis
Índices de Refracciones

Nombre de los cuerpos	Índices de refracciones	Nombre de los cuerpos	Índices de refracciones
Albúmina	1.36	Sal gema	1.543
Alumbre	1.458	Sebo; cera	1.492
Agua	1.336	Sulfato de hierro	1.494
Acetato de plomo	1.576	Sulfato de magnesio	1.488
Ácido fosfórico	1.544	Sulfato de cobre	1.531 a 1.552
Ácido cítrico	1.527	Sulfato de potasa	1.509
Bálsamo de Canadá	1.532	Esparaván de Islandia	B 1.653 H 1.683
Berilio	1.598	Esparaván colorado	1.436
Bórax	1.475	Esperma de ballena	1.503
Borato de plomo	1.866	Esmeralda	1.585
Carbonato de plomo	1.81 a 2.08	Sulfuro de carbono (a 10° c)	1.633
Cromato de plomo	2.50 a 2.97	Turmalina decolorada	1.636
Cristal de roca	1.547	Turmalina verde	1.640
Colofonia	1.543	Turmalina	1.668
Cristal	1.384	Topacio decolorado	1.610
Diamante blanco	2.421	Vidrio Flint Feil	B 1.6732 H 1.7223
Diamante bruno	2.487	Vidrio Crown Feil	B 1.5205 H 1.5404
Diamante	2.47 a 2.75	Vacío	1.000
Feldespató	1.764	Azufre nativo	2.115

Fósforo	2.224	Azúcar	1.535
Goma	1.476	Zirconio	1.95
Nitro	1.514		
Cuarzo fundido	1.453		
Cuarzo descolorido	B 1.540 H 1.558		
Rubino	1.779		

Tabla VI
Símbolos y Pesos atómicos de los Cuerpos¹²³

Nombre del cuerpo	Símbolo	Pesos atómicos	Nombre del cuerpo	Símbolo	Pesos atómicos
Hidrógeno	H	1.00	Rutenio	Ru	51.68
Carbono	C	6.00	Rodio	Ro	52.17
Litio	Li	7.00	Cadmio	Cd	55.74
Glucinio	Gl	7.00	Paladio	Pd	53.22
Oxígeno	O	8.00	Estaño	Sn	58.00
Boro	Bo	10.88	Torio	Th	59.50
Magnesio	Mg	12.00	Uranio	U	60.00
Aluminio	Al	13.68	Telurio	Te	64.52
Nitrógeno	Az	14.00	Antimonio	Sb	64.52
Azufre	S	16.00	Vanadio	Va	68.46
Flúor	Fl	19.00	Bario	Ba	68.79
Calcio	Ca	20.00	Tántalo	Ta	68.80
Silicio	Si	21.35	Arsénico	As	75.00
Titanio	Ti	25.17	Bromo	Br	78.26
Cromo	Cr	26.24	Rubidio	Rb	85.36

¹²³ Se mantienen los símbolos según el original [N. del T.]

Manganeso	Mn	27.57	Tungsteno	Tu	92.00
Hierro	F	28.00	Niobio	Nb	94.00
Cobalto	Co	29.52	Oro	Au	98.16
Níquel	Ni	29.55	Platino	Pt	99.00
Fósforo	Ph	31.00	Iridio	Ir	99.00
Cobre	Cu	31.65	Osmio	Os	99.51
Iurio	I	32.23	Mercurio	Mg	100.00
Zinc	Zn	32.53	Plomo	Pb	103.56
Zirconio	Zr	33.60	Bismuto	Bi	104.00
Cloro	Cl	35.43	Plata	Ag	108.00
Potasio	H	39.20	Iodo	I	127.00
Selenio	Se	39.28	Cesio	Cs	133.03
Estroncio	Sr	43.84	Erbio	Erb	
Lantano	La	47.00	Pelopio	Pe	
Molibdeno	Mo	47.12	Terbio	Tl	
Cerio	C	47.26	Talio	Tha	204.00
Didimio	Dy	48.00	Indio	In	

Tabla VII
Principales elementos del Sistema Solar
relativos a las posiciones de los Planetas

Nombre de los Planetas	Promedio de movimientos diarios	Duración de las revoluciones siderales en días en promedios	Distancias al Sol	Excentricidad	Longitudes de los Perihelios	Longitudes medias para el 01/01/1850	Longitudes de los nodos ascendentes	Inclinaciones
Mercurio	14732".4194	87.9693	0.3870	0.2056	75°. 7'. 14"	327°. 15'. 20"	16°. 33'. 9"	7°. 0'. 8"
Venus	5767.6698	224.7007	0.7233	0.00068	129. 27.15	245.33.15	75.19.52	3.23.35
Tierra	3548.1927	365.2563	1.0000	0.0167	100.21.22	100.46.44	0.0.0.	0.0.0.
Marte	1886.5184	686.9796	1.5236	0.0932	333.17.54	83.40.31	48.23.53	1.51.2
Júpiter	299.1286	4332.5848	5.2027	0.0482	11.54.53	160.1.20	98.54.20	1.18.40
Saturno	120.4548	10759.2198	9.5388	0.0559	90.6.12	14.50.41	112.21.14	2.29.28
Urano	42.2331	30686.8208	19.1826	0.0465	168.16.45	28.26.42	73.14.14	0.46.30
Neptuno	21.5545	60126.72	30.03697	0.0087	47.14.37	335.8.59	130.6.52	1.4659

Tabla VIII
Principales elementos del Sistema Solar
relativos a los Planetas mismos

Nombres de los Planetas	Dímetros a la distancia 1	Dímetros reales	Volúmenes	Masa El Sol, siendo 1	Masa La Tierra, siendo 1	Densidad	Gravedad de la superficie	Rotación
Mercurio	6" 70	0.378	0.054	$\frac{1}{434800}$	0.075	1.376	0.521	0 ^h . 24 ^m . 5 ^s
Venus	16.90	0.953	0.953	$\frac{1}{41245}$	0.787	0905	0.864	23.21
Tierra	17.72	1	1	$\frac{1}{324475}$	1	1	1	23.56
Marte	9.57	0.540	0.157	$\frac{1}{296830}$	0.109	0.714	0.382	24.37
Júpiter	197.76	11.160	1389.996	$\frac{1}{105}$	309.028	0.236	2.581	9.55

Nombres de los Planetas	Diámetros a la distancia 1	Diámetros reales	Volúmenes	Masa El Sol, siendo 1	Masa La Tierra, siendo 1	Densidad	Gravedad de la superficie	Rotación
Saturno	168.82	9.527	864.694	$\frac{1}{351}$	92.394	0.121	1.104	10.30
Urano	74.81	4.221	75.253	$\frac{1}{20574}$	15.771	0.209	0.883	>>
Neptuno	78.10	4.407	85.605	$\frac{1}{17506}$	18.542	0.216	0.953	>>
Sol	32".3".64	108.556	1279266.8	1	324,479	0.253	27,474	25.12.0
Tierra	4".8368	0.273	0.020	$\frac{1}{324479} \square 81$	0.012	0.602	0.164	27.7.43

Tabla IX
Principales unidades de medida
adoptadas en las investigaciones físicas

El *metro oficial* de Platino, depositado en París, suponiendo un 0° es igual a 443,296 del borde de hierro de Perú, supuest para 13° Réamur. Por haberse olvidado estas condiciones de medidas, se dieron varios errores sucedieron en algunas medidas geodésicas.

Unidades de la fuerza magnética horizontal es aquella fuerza de tensión que ejercería un miligramo puesto en la extremidad de la balanza de 1mm, si fuese solicitado para una fuerza de gravedad por el cual un cuerpo cayendo, sumase después de un segundo 1mm de velocidad. Así, si en Königsberg la intensidad de la fuerza horizontal, esto significa que el componente horizontal de la fuerza magnética terrestre es tal que en Königsberg produce sobre un imán horizontal de fuerza magnética 1, colocado perpendicularmente al meridiano magnético, la misma fuerza que 1,75mm, puesto en la extremidad de la balanza mencionada y solicitado por la fuerza de gravedad.

Se entiende que la fuerza magnética de un imán es igual a 1, cuando ejerciéndose sobre otra igual a la distancia de 1mm, es equivalente a aquella fuerza motriz generada por la acción de una fuerza acelerándose sobre un miligramo capaz de imprimirle la velocidad de un milímetro después de un segundo de tiempo.

Unidad de trabajo es el trabajo necesario para elevar un kilogramo a la altura de un 1m.

Unidad de calor o caloría es aquella cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un kilogramo de agua destilada de 0° a 1° centígrado.

El trabajo dinámico correspondiente es de 425 kilográmetros.

La unidad tónica es el sonido generado por un diapasón de acero que realiza 870 vibraciones por segundo, a la temperatura de 15°.

La unidad de resistencia electrodinámica de Siemens es una columna de un metro de mercurio destilado de 1mmq. de sección a la temperatura de 0°.

Unidad de resistencia electrodinámica de la Asociación británica es aquella por la cual la corriente producida en un circuito de resistencia por la fuerza electromotriz de una barra de un metro de largo que se mueve a través de un campo magnético de intensidad igual a 1, perpendicularmente a las líneas de fuerza y a su propia dirección, desarrollaría en aquel circuito en un segundo de tiempo una cantidad de calor equivalente a la unidad absoluta de trabajo, suponiendo que no se produzca otro trabajo u otro efecto comparable a este trabajo. Se admite que la cantidad de calor equi-

valente a la unidad absoluta de trabajo sea la cantidad necesaria para elevar un grado centígrado 0,0002405 gramos de agua a su máxima densidad.

Unidad termoelectrica es una pareja termoelectrica de bismuto y cobre, la cual se colocan simultáneamente una a 0° y la otra a 100° de temperatura.

Su fuerza electromotriz será medida por la cantidad de hidrógeno que puede desarrollarse en un minuto descomponiendo el agua destilada.

Anexo

DUE PROLUSIONI

AI CORSI

D'ALTA ANALISI E D'ASTRONOMIA

PRESSO LA R. UNIVERSITÀ

di Torino

PER IL CAVALIERE

FRANCESCO FAÀ DI BRUNO

DOTTORE IN SCIENZE A PARIGI E TORINO

Seconda edizione.

TORINO 1872.

Emporio Cattolico,
Borgo San Donato, N. 31.

Tip. e Lib. S. Giuseppe
Corso Palestro, 14.

DOS CONFERENCIAS

A LOS CURSOS

DE ANÁLISIS SUPERIOR DE ASTRONOMÍA

DICTADOS EN LA UNIVERSIDAD

de Turín

POR EL CABALLERO

FRANCESCO FAÀ DI BRUNO

DOCTOR EN CIENCIAS POR PARÍS Y TURÍN

Segunda edición

TURÍN 1872

Emporio Católico
Barrio San Donato, n° 31

Tip. y Lib. S. Giuseppe
Calle Palestro, 14

Conferencia para la apertura del curso de Análisis Superior de Astronomía en la Universidad de Turín del 27 de febrero de 1857

Señores,

Si hay algo que tiene más prestigio y honor que la sociedad civil, y lo puedo probar, con todo respeto y humildad diré que es, sin lugar a dudas, la ciencia. El geólogo, que se mete en las entrañas del globo y de allí escribe la historia; el arqueólogo, que a través de sus mármoles centenarios sepultados desenterrará las antiguas lenguas y recuerdos; el astrónomo, que casi como un profeta del cielo, midiendo y calculando predice las posiciones de los astros; en definitiva, todos los cultores de las ciencias, atraen hacia sí la mirada maravillosa y respetuosa.

Sólo a la ciencia le pertenece transmitir con sus obras audaces e inconclusas, su fama hacia la posteridad. ¿Dónde, sino en la ciencia (porque eleva al hombre desde la búsqueda de los hechos hacia el establecimiento de las leyes que los gobiernan) se ponen de manifiesto los dones del espíritu, por los cuales sólo el hombre puede distinguirse de sus semejantes y de las otras creaturas? Porque si el príncipe de la tierra tiene estado, ejército, códigos y ministros, no es menor decir que pertenece al sabio lo creado y al ejército la formación inmensa de los hechos, al código el juicio y a los ministros los procesos lógicos. A su entera disposición el cielo obediente revela sus planetas, habla de uno al otro polo de la tierra, oscila y derrama luz, se postra el fulgor y recientemente ahora se prepara la arcilla para pagarle nuevos tributos¹²⁴. Tal es el prestigio que goza la ciencia, que despierta admiración y empuja su progreso, ofreciéndole la sociedad su sincero reconocimiento y su profunda gratitud. A los países que le conceden hospitalidad y protección la ciencia concede una triple corona de gloria, de poder y de riqueza, que no se puede conquistar de otro modo más fuerte y brillante. El científico late de modo noble y profundo. Ellos, a diferencia del hombre común, no se quedan mudos ante la pluralidad, la contingencia y la variedad de los hechos, sino que sobrevolando las formas, penetran en las sustancias; se reflejan en la simplicidad, necesidad y constancia de los principios que no pueden reconocer del todo. La ciencia dicta, para una experiencia hecha en un instante del tiempo y en un ángulo del mundo, leyes que los siglos y el universo entero abrazan; reagrupa en una fórmula literal o algebraica la infinidad posible de casos, y afirma, a partir de la contemplación de las cosas sensibles las no sensibles, las cuales los agentes imponderables, las

124 Se alude al descubrimiento del aluminio.

fuerzas de atracción y repulsión, las fuerzas químicas y fisiológicas, permiten acceder a las profundidades y a los secretos de la creación.

Impulsada inconscientemente en su modo de pensar descubre un sentimiento oculto en lo simple e infinito. Generalizando el inmenso círculo de la naturaleza, es reconducida, a través de la unidad, universalidad y permanencia de las causas fenomenales que ella establece, a encontrar y creer clara y firmemente en un Dios uno, inmenso y eterno, motor y sostenedor de su razón, o en un arquetipo de aquellas causas naturales estudiadas, pálidas y transitorias imágenes suyas.

En todos nosotros arde el amor por la libertad asociada al orden que garantice y mantenga al individuo. Grandes e inseparables ideas que, reflejando la omnipotencia y bondad suprema, corren como dos grandes ríos por los vastos campos de la sociedad con el fin de fecundar el obrar y la paz. Pero, ¿dónde brillan éstos más sino en la ciencia, la cual se constituye como principio y fin, causa y efecto de cada cosa? El hombre de ciencia, suavemente postrado ante la belleza del orden que se le presenta, en su indagación y maravillado ante la mirada de los objetos creados, fácilmente pasará a desear y querer el orden de las cosas morales. El no padecer obstáculos en la vía de la razón cuando ésta busca el buen camino, ni siquiera se puede sostener en aquella de los derechos humanos, sea que suponga un ejercicio atento o contravenir el gozo de su libertad. El espíritu de la ciencia nacido y estimulado sin tregua anhela la obtención de un bien infinito. Pero ¿quién hace surgir alas al deseo incansable si no es la libertad del juicio? Por otra parte las alas de la libertad no se extienden ni despliegan si primero la inteligencia no madura y no se han fecundado los humores en la soledad, en el nido de la contemplación. En definitiva: comprendo porque soy libre, y soy libre porque comprendo. Más de un pueblo cultiva la libertad, y más de un pueblo rompió las cadenas con la sabiduría. No se escuchó palabra más solemne sobre la tierra, más benéfica y profética que la de Dios hecho hombre diciendo: *Amen la verdad; la verdad los hará libres*. A tal potente voz añado la mía, ciertamente más débil: *estudiando la verdad que no libera, permaneceremos ordinarios*. Así, teniendo en la mano la bandera de la libertad y del orden, la ciencia será heraldo de la unión de los pueblos. En efecto, haciendo pasar bajo el dominio de la razón universal los principios nacidos de los hechos dispersamente observados en el globo, predispone a la sociedad humana, con la comunidad del espíritu, a agradecer y practicar la fraternidad cristiana del corazón, que un día, aurora de la sucesiva e interminable unión de los cielos, se cerrará sobre la humanidad peregrina.

Si tanta es la utilidad individual y social de las ciencias, ¿con cuánto ardor debemos cultivarla? ¿Cuáles de nosotros la abrazará?, o ¿cuáles de nuestros estudios y fatigas preferiremos?

Aquí surgen los hechos para disipar las dudas. El gran principio de la atracción universal, que se encuentra aplicado en la primera ley de Newton para la explicación de los fenómenos celestes, recientemente fue ilustrado por Mossotti con tanto éxito como las fuerzas moleculares de los cuerpos. ¿A qué ciencia pertenece? ¿Quizás al análisis matemático? Un largo y trabajoso cálculo suministró Kepler¹²⁵ sobre sus 3 famosas leyes. Otro cálculo más delicado y profundo condujo a la inmortalidad al geómetra Britano a profundizar la única atracción, la cual hoy constituye la base de todos los trabajos de astronomía y es cada vez más confirmada desde su descubrimiento. Pasando de la astronomía a la física, ¿cuántos fenómenos acerca de la teoría calórica, de la electricidad, de la capilaridad y sobre todo de la luz y del sonido, explicados y descubiertos, se deben al análisis matemático? Alcanza con citar el nombre de Euler, Lagrange, Laplace, Fourier, Cauchy, Fresney, Poisson, Ampère, Plana, etc. La curvatura de barreras, de los tubos y los arcos, el tiro del proyectil, las oscilaciones del péndulo, la atracción, la rotación y la vibración de los cuerpos, el movimiento de los líquidos, la polarización de la luz, todo fue sometido al cálculo. El cálculo reportó siempre nuevos triunfos ya sea por el progreso del mismo análisis o por la mejora de las máquinas o por una mejor aplicación de éstas. Enunciada una ley por el físico, verdadera o falsa, podrá el matemático con el análisis encontrar o no el fenómeno del cual el físico partía para establecerla. En cualquier caso se obtendrá una coincidencia o discordancia de la teoría con la práctica constituyendo la prueba más manifiesta e irresistible para argumentar la realidad o para mostrar la inconsistencia de esta ley. De aquí que para el matemático las fórmulas son como los riñones con los cuales rige la naturaleza y la obliga a revelar sus secretos que ella guardaba celosamente. El análisis, por tanto, gracias a sus signos y fórmulas, mostrando el camino de la razón que conduce a percibir las diferentes relaciones de causa y efecto y, omitiendo casi nada, es el instrumento más conveniente y seguro para aplicar a los intrincados fenómenos de la naturaleza los procesos de inducción y deducción. Es el medio infalible y más sencillo para demostrar o investigar. Él no trata de transformar si no está en la verdad real. Sus cálculos sirven de base y confronto de todas las cosas, conservando incorrupta la verdad a través de los sofismas y de los delirios frecuentes de los filósofos. El análisis matemático, por lo tanto, es la luz que resplandece, el haz que guía, el sol que fecunda el razonamiento humano. Se podría decir que la verdad prefiere mostrarse a los hombres revestida y adornada por las formas matemáticas. En efecto, acaso para nosotros ¿no son sinónimos

125 Ilustre y profundo geómetra el señor Poisson que en su obra *Estática* (pág. 382) escribe estas sagaces reflexiones, a propósito de Kepler.

decir *verdaderamente* y *matemáticamente*? ¿Qué más? Si examinamos bien adentro la expresión de cualquier ley, distinguiremos leyes compuestas por números y figuras y así, necesariamente, el álgebra y la geometría aparecerán en cada cosa creada. Acaso la eterna Sabiduría ¿no ha escrito todo según el número, el peso y la medida? Las ideas fundamentales e innatas que poseemos de tiempo, espacio y movimiento ¿qué son sino números con los cuales nos referimos a ideas simples e indivisibles de existencia o de variación de existencia? Acaso, nosotros, no expresamos la relación de una a otra cosa conocida, enunciando un número? Todo, en última instancia, se reduce al número que le asignamos. Exclamamos junto a Kepler que la geometría es lo mismo que Dios¹²⁶.

Convencidos y animados por las altas y generosas inspiraciones, abrazamos el estudio de la matemática, en el cual tantos sabios, desde Pitágoras en adelante, ilustran la tierra sin otro precedente. Debemos recordar que como en la industria la mejor máquina realiza un mejor producto, perfeccionando la máquina, que para nosotros es el análisis, el producto y la razón de las cosas será mejor. Teniendo la razón de las cosas, se abrirá el camino a su perfección, pues la perfección está en la transparencia y glorificación de la sustancia. Algunos exclamarán, que la intoxicación con tantas cifras, ecuaciones e integrales ralentizarán o retrasarán la bella empresa. A estos hombres de criterio débil, diré que si el solo amor a la verdad no los empuja y los sacia, poco se puede esperar, pues lo que ahora es inútil o extravagante, un día será sublime y provechoso¹²⁷. La verdad, eterna como

126 La geometría, antes del origen de las cosas, fue coeterna a la mente divina. Él mismo, Dios (algo, en efecto, es en Dios por lo cual no es el mismo Dios), ha dado numerosos ejemplos de la creación del mundo en Dios y con la imagen de Dios se transformó en hombre (Kepler, *lib. II. Cap. 1, p. 119*).

127 *Nota de la segunda edición.* El rey Federico II de Prusia, impulsado por el instinto de proteger las ciencias, motivo por el que había llamado a su corte a los Euler, seguidores de Lagrange, Maupertuis, etc., deseaba ser persuadido por la unidad de las altas matemáticas. El gran Euler, acogiendo la invitación, cita una magnífica memoria en latín, la cual hoy, en confirmación de nuestro argumento, citamos los primeros pasos líneas abajo. La memoria se encuentra editada, por primera vez, en el diario de Crelle, Tomo 35.

SOBRE LA UTILIDAD DE LAS MATEMÁTICAS

¿Por qué, ahora, nadie suele poner en duda la utilidad de la suma matemática? Porque variadas disciplinas y artes, indispensables para la vida común, no pueden ser tratadas sin su conocimiento. Sin embargo, este elogio, se aplica sobre las partes inferiores y elementales de esta ciencia, mientras que ésta, que por su causa de la excelencia suele llamarse sublime, es considerada como carente de todo uso y utilidad. Estos, evidentemente, perciben lo sublime de la matemática semejante a un punto de una tela (de araña), privándola, por causa de su excesiva sutilidad, de toda utilidad. Puesto que, por otra parte, toda matemática consiste en la investigación de una cantidad de conjeturas y a este fin nos muestra métodos, por así decirlo, caminos que conducen a la comprensión; o bien desentierra y arrastra a la luz las verdades más ocultas, de las que, por una lado, se aguja la fuerza del ingenio, por otro, se desarrolla nuestra comprensión/cognición. Seguramente se pone atención en demasía al resultado. Cuando, en realidad, la verdad, no sólo por sí misma es loable, sino también por el sumo lazo, en cual todas las verdades están vinculadas entre sí. Que no puede estar desprovisto de utilidad. Aún si a primera vista se mostrara lo contrario, se puede objetar que lo sublime de la matemática puede llegar a penetrar demasiado profundo en la indagación de la verdad, lo cual se torna más bien un elogio que una vituperación. Pero no me entregaré, al elogio de este oculto mérito, más aún, muy bien puedo ser capaz de

es, espera el día de su triunfo. ¡Transpórtense con el pensamiento algunos siglos atrás! ¡Vean a modo de ejemplo cómo aquellos pobres hombres como Descartes o Leibniz¹²⁸ se esfuerzan y mantienen vigilantes en torno a las coordenadas de las curvas por un valor infinitamente pequeño. Ustedes les hubiesen dicho hombres nulos, excéntricos o locos. Sin embargo, hoy día, la geometría analítica y del cálculo infinitesimal son desarrolladas por toda persona culta y se aplican a innumerables cuestiones de física y de mecánica con éxito. Más de uno habrá sonreído con las ranas de Galvani, o con los actuales mensajes telegráficos instantáneos o con la industria actual de la electromecánica. ¡Ah no! La verdad, cualquiera sea, si es bella, más o menos tarde será útil. Marco Tulio, sintiendo lo mismo, reprendía severamente a los que, ocultaban tacañamente la sabiduría, extinguían de la mente los deseos de verdad, promoviendo así que fecunde en los corazones el germen de la virtud. Te comprendo, ¡Oh Tulio! Como vapor al fuego, la verdadera ciencia sobre la llama del amor patrio, afectados por el egoísmo personal, quiere dilatarse y escapar de toda presión social.

Persuadido, por un lado, por la gran importancia de los estudios matemáticos, y por otro de que al hombre no le sirve de nada saber si no se distingue de sus semejantes; confortado en la bondad y elevación de la mente con la cual el Sr. Ministro no se ha abstenido de movimiento científico alguno, me propuse comunicar a mis conciudadanos todos los progresos hechos en el análisis matemático, los cuales me fueron dados a conocer profundamente, en la ciencia que más honra la humanidad y que denominamos astronomía. El horizonte de la ciencia matemática, Señores, desde mitad de siglo hasta ahora se expandió y es tiempo de que el Piamonte e Italia se preparen a explorar las nuevas regiones, a fin de contar también nosotros con tantos frutos. ¡Cuán excelente es la tríada de geómetras como Gauss, Jacobi, Cauchy, ya en temas de análisis o de matemática aplicada! ¡Cuántas memorias, notas y diarios comentando sobre nuevos teoremas o puntos de vista, de conexiones desconocidas o de formas más fáciles de razonamiento, no hubiesen visto la luz en las diversas partes de Europa! Recogiendo la totalidad completa diré que la teoría de las funciones creció de manera impresionante en las manos de Gauss, Cauchy, Jacobi,

demostrar que un análisis es sublime, no sólo por su propia utilidad, que es la matemática elemental que es percibida por el vulgo, sino que conviene extender su uso de manera más amplia. Es evidente que la matemática lejos de que sea trabajada con esmero más allá de la necesidad, por el contrario deja mucho que desear en la perfección de la insignia (a favor) de su propia disciplina, en la cual, por lo general, se entiende que los más básicos rudimentos parecen ser suficientes para el vulgo. Por consiguiente, en esta disertación quise demostrar, que si las matemáticas elementales son útiles, las matemáticas sublimes no sólo no son menos, sino también que su utilidad está en continuo crecimiento como el mejor aspecto promovido por esta ciencia, y hasta ahora, aún está muy poco avanzada, cuanto a menudo aspira sobre todo al uso común.

128 Nuestro italiano Fra Cavalieri fue quien con el consentimiento de Pascal, del mismo Leibniz, etc., preparó con la geometría de los indivisibles el descubrimiento del cálculo infinitesimal.

Liouville, Hermite y Briot; que el álgebra lo hizo gracias a Jacobi, Puiseux, Cayley, Hess, Sylvester, Eisenstein, Sturm y Kummer, surgiendo en grado sumo. Sobre todo las funciones periódicas, que fueron explicadas por largo tiempo por los físicos de los fenómenos, por sus períodos de la naturaleza y que nacieron y progresaron en alto grado de la mano de genios como Abel, Jacobi, Rosenhein, Goepel, Weierstrass y Hermite.

Abarcar estos trabajos en un curso de algunos años para los italianos y adjuntarlo a un curso de astronomía adaptado a gran cantidad de personas es mi anhelo. En el primer año desarrollaré las teorías de las determinaciones, de las eliminaciones, de las invariantes y, sucesivamente, otras teorías de las series, las funciones periódicas simples con dos o más períodos. El curso de este primer año tratará, también, sobre álgebra, estudio de todo momento y del que no podemos eximirnos, para ascender luego a las regiones más altas del análisis matemático. Esto podrá seguirse fácilmente por quien haya completado el curso ordinario de álgebra y recibido algunas nociones de cálculo diferencial e integral. Así, según es nuestro deseo, el joven matemático aprenderá sin demasiados esfuerzos, año tras año, todas las partes del conocimiento analítico. Trataré de ser claro, simple y metódico, a fin de que quien desee honrarme con su asistencia pueda, levemente, tener entre sus manos todo lo que iré exponiendo. La empresa, Señores, es ardua y si no me estimulase el amor a la patria debería desesperarme por no llegar a la meta. La materia que intento tratar, es nueva y hasta ahora jamás ha sido compendiada y relacionada de manera de dar forma a un estudio coordinado y regular. Sin embargo, si a pesar de la fatiga de la mente y de la exposición del curso, pudiese no ser útil ni en mínima parte a los jóvenes matemáticos italianos, me sentiré suficientemente feliz, contento de haber participado todo cuanto fuese poco y con pérdida de tiempo. Su concurrencia atenuará la exaltación que en mí produce el sentimiento de mi insuficiencia, y me sostendrá la idea de haber obrado a favor del estudio de las ciencias exactas en Italia, las cuales, a mi parecer, más que otras necesita (ya que, segmentada en pequeños estados, difícilmente podrá con las ciencias experimentales, que tanto estipendio necesitan, competir con las otras naciones). Acepten, entonces, los resultados prácticos obtenidos de ésta y abóquense al cálculo: se prepara una era de descubrimientos que requieren no del oro sino del genio. Y el genio matemático arde en Italia. De aquí surgieron las primeras chispas. Pienso en los Fibonacci, los Cavalieri, los Tartaglia, los Galilei, los Rufini, los Lagrange, Plana y los otros ilustres geómetras que adornan esta y otras universidades italianas¹²⁹.

129 Entre las más honorables menciones, merecen destacarse a los señores Giulio, Menabrea, Chiò, Brioschi, Betti, Tortolini, Mossotti, Genocchi, etc.

Cultivemos fielmente las ciencias. La verdad que no tiene cadenas brillará un día con gloria y si ya Italia es la cuna, tendrá hoy y siempre entre nosotros su tribuna. Que si oso prestarle mi oscurísima y débil voz, entre tantas voces eximias y robustas, estoy condenado a arder, pero perdonenme en nombre del cielo de quien se inflama de amor patrio.

Ventajas de las ciencias. Discurso del Caballero Francesco Faà di Bruno, Capitán honorario del Estado Mayor, Doctor en Ciencias por la Universidad de París, en ocasión de su Solemne Agregación a la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas en la R. Universidad de Torino, 1861

Señores, el honorable testimonio de estima, con el que me dignaste con vuestro voto, es la más noble recompensa que haya esperado a mis estudios, el consuelo más grande que pueda ofrecerse a un corazón, que sabe amar y servir, del modo que sea, a la patria. Porque, no movido por influencias vulgares y bajos intereses sino por el sólo cultivo de la verdad, vos tributaste el agradecimiento libremente. Señores, si puedo ir con la cabeza en alto después de tener el primer curso abierto del Piamonte, es porque antes me has permitido gozar de aquella ley que permite mi agregación espontánea¹³⁰ a este honorable Colegio. Si tardé hasta ahora para expresar mi reconocimiento no fue por sustraerme a mi deber, sino obligado por otras causas. Reconfortado con su elección, trataré de ser menos indigno de su estima preservando los estudios, que forman el buen gusto y fecundan el bien universal.

Y para disipar cualquier duda acerca de estos sentimientos sinceros, para gloria de las ciencias entre las cuales, según usted, divido mi amor, le mostraré en cada ocasión propicia, cuántas son las ventajas que trae al individuo y a la sociedad. Soy afortunado si con mis mezquinas palabras puedo generar amor a las ciencias, mostrando a unos cuántos males acarrea no cultivarla y, a otros, no propiciarla.

No debe haber ni uno de vosotros que no crea que dedicarse a la ciencia no es la mejor elección; que a ella no consagre de buen agrado las vigiliass, la fortuna, la vida, muy persuadidos de sus ventajas para ustedes como individuos y para la sociedad. ¿Existe alguna duda de que vuestros actos dependen del conocimiento de las cosas? Cuanto más próxima a la verdad esté vuestro conocimiento, más concienzudos y edificantes serán nuestros actos.

En el silencio de sus gabinetes el científico llama a reseñar todas las verdades, las enumera, las coordina, las guía hacia la conquista de otras verdades. Su mente pasa de las entrañas más profundas de la tierra hacia las lejanas nebulosas celestes. Sobrevuela los astros con los astrónomos, se acerca con los químicos a los átomos, se sumerge con los geólogos en los oscuros abismos del globo. Mientras la filosofía se posa a su lado, como una fiel y sincera amiga, ellos son interrogados cada uno en su ciencia. Con

130 El autor, ya doctor en Ciencias por París, por aclamación, fue agregado sin examen a la Facultad.

la lente de la reflexión concentra todo el calor de la ciencia en su objeto. Con la experiencia sondea los secretos de la naturaleza. Descubre así, entre los elementos que disemina, analogías, relaciones que serían imperceptibles para el ojo ligero y presuntuoso del vulgo. Investigando y argumentando formulan leyes, explican fenómenos, revelan verdades, recurriendo al pasado que las veía venir y prefiguraba.

Al haber levantado el velo del misterio, donde la naturaleza esconde su belleza a los ojos de los mortales, los eleva con inefable gozo, compensándolos ampliamente de su penas, otorgándoles mayores deseos de conocimiento, colaborando a sumarle nuevas y espléndidos laureles a su inmortal corona. Su gozo, siempre es puro e inmenso, como casto e ilimitado es el universo. Su ambición está siempre satisfecha, porque a cada paso surgen siempre nuevos horizontes de recónditas maravillas, y la misma naturaleza, se reverencia en la medida que apunta su estudio.

Celoso de su tiempo y de su libertad, el científico no desprecia favores y caricias, pues le bastan las abundantes cosechas que la ciencia libremente le ofrece en cada uno de sus campos. El científico, consciente de su suerte, no aspira a honores, no anhela la popularidad; seguro de su riqueza ignora las adulaciones y desprecia el servilismo. Poco necesita: todo lo suplente el sentimiento de la propia dignidad y todo lo anima la chispa del genio. Nacido para grandes cosas, no puede deleitarse con la frivolidad común y se repliega en su propio espíritu para gozar de aquella vida íntima de la cual nace su potencia. Nada lo conturba, ni el clamor de la plebe, ni el fragor de las armas, ni la envidia, ni la fortuna. Como un faro que refulge entre las olas, inmóvil y lejano, los científicos superiores a los obstáculos expanden la luz tranquila de su genio. ¿Qué es, para él, el mundo si se siente su amo? Con la razón por cetro, con el universo por reino, su poder es soberano como la verdad. La naturaleza le regala sus arcanos mientras los hombres los humillan con sus obsequios. Su modestia parecerá pusilanimidad, su ardor ineptitud, no gozará de los favores del momento. La ciencia, sin embargo, le da un aire vital que lo conforta contra la sistemática e ingrata oposición y les otorga los premios reservados sólo a los fuertes y perseverantes. Las aguas que, silenciosas y escurridizas se filtran en la tierra, no son menos limpias que los ojos de todos los que se abrumen en la superficie. Así la ciencia es un premio en sí misma y para todo aquél que la cultiva, deviniendo, tarde o temprano, en la inagotable fuente de ventajas preciosas para la sociedad.

Si la ciencia, como vemos, ennoblece, sublima y sacia al alma humana, es por ser un instrumento que procura el material bueno. Después que la ciencia funda sus especulaciones sobre la atenta observación de la naturaleza, toma nuevos bríos, acrecienta sus conquistas con su esplendor y la sociedad experimenta sus inmensos beneficios. Entre todas las tiranías a

las cuales el hombre se ve sometido, la mayor de todas es la tiranía de la naturaleza, cuando bajo el desorden aparente de la creación los hombres crían ver por todos lados dioses fantásticos e implacables que dominaban a su antojo las terribles fuerzas, no comprendiendo sus razones y señoríos. Hoy, por el contrario, los relámpagos de Jove se postran humildemente a sus pies, los cometas retornan pacíficos y fieles a sus signos y Eolo no insufla de improviso sin razón sus vientos. Liberado de los antiguos temores, el hombre se persuade de que, debajo de cada aspecto, la naturaleza como una madre buena, siempre busca el bien y con gran ardor quiere descubrir mediante la ciencia, su fuerza preciosa, la cual se esconde en su seno. Con creciente avidez, de mano en mano, se apropia de ellos, feliz de reconocer en ella grandes beneficios. Sea que los conquistadores pacíficos del globo surquen los océanos inexplorados, o atraviesen los desiertos ardientes del África; sea que escalen las vetas inhóspitas de los Andes o crucen las fronteras congeladas del polo, la ciencia encuentra un nuevo foco de vida, nuevas leyes que se le revelan, nuevas aplicaciones de las teorías científicas que guían los pasos a los corajudos y perseverantes. Desde Colón a Humboldt ilustran la naturaleza con sus admirables genios científicos y engalanan el manto de la ciencia con gemas preciosas y vistosas jamás vistas.

La brújula y la astronomía abren al continente el comercio con el nuevo mundo y estos a las civilizaciones, las industrias, y las religiones del antiguo mundo.

La física y la mecánica, ambas, acrecientan la fuerza de los motores, la rapidez de las comunicaciones y la agudeza de la búsqueda. Así contribuyen al perfeccionamiento de los trabajos, la agilidad y el ahorro del tiempo. Basta citar los propulsores a hélice, la máquina a vapor, las ferrovías, las burbujas después del efecto, las turbinas, el Mull Jenny, el Jacquard, los teléfonos, la luz a gas, los puentes de hierro y los tubulares, el galvanizado plástico, los globos aerostáticos, los telescopios, los ecuatoriales, los cronómetros, los estereoscopios, la luz eléctrica, los faros, el túnel del Moncenisio, etc.

La química prepara el comercio de nuevos ácidos y sales y la inmensa serie de los alcoholes y de los ésteres. Suministra a la pintura más brillantez y economicidad en los colores. A la farmacia le aporta preparados más seguros y efectivos y tinturas más modernas y eficaces. A la agricultura más fertilidad. Duerme con cloroformos los dolores de la humanidad, perpetua en el tiempo los monumentos con el vidrio soluble, enriquece las artes con nuevos metales y en el '89 salvaba a Francia con la nueva pólvora bélica. Ya fomentando y creando en cada sentido miles de industrias, la ciencia salva con el trabajo el honor de la población creciente.

Con el estudio de las cartas y las corrientes marinas se abrevió en varios días el viaje entre los dos mundos. Con la maravilla de la fotografía se rea-

viva el fuego familiar, se universalizan los productos del genio, se registran automáticamente las observaciones, se dirigen fábricas lejanas y se miden los cielos.

La botánica encuentra las más variadas flores, que luego adhiere a las salsas. En las raíces y en los nuevos frutos halla medicamentos y alimentos, expande en el aire delicados aromas y con las plantas exóticas prepara una eterna primavera.

La fisiología sugiere curas inauditas para casos desesperados y extrae de los mismos venenos nuevas fuentes de vida.

La geología miraba atónita a París con el pozo de Passy de 25.000.000 litros de agua al día.

Todas las ciencias salen a la superficie para prestar sus servicios al hombre. Sólo le falta tiempo y medios pecuniarios para usufructuar los beneficios.

De cara a tan espléndidos resultados pareciera que las ciencias matemáticas, a las cuales pretendo consagrarme, puedan de a poco lucrar. Su utilidad, por así decirlo, latente, hace creer al vulgo que ella no existe. Pero, si como ya dice el filósofo: *los números rigen el mundo*, es menester que las matemáticas sean dotadas de cualquier precio intrínseco, que las muestre dignas de las condiciones generales y del culto que por ella se profesa en todas las universidades del mundo. Esta virtud intrínseca consiste para mí en que, faltando entre nosotros unidad absoluta, todos nuestros conocimientos se reducen a relaciones. Si pasamos revista a todas las ciencias y leyésemos cómo su progreso, día a día, va conquistando campos, tendremos una idea más adecuada y precisa de estas relaciones, de grandeza, conductividad, de elasticidad, transparencia, de visibilidad, dureza, peso, etc. y, por lo tanto, debemos considerar todos estos avances, como resultados de estas relaciones que se aproximan a expresiones matemáticas y al número.

Estas relaciones, tratadas con análisis matemático, dan a conocer otras ignoradas relaciones que se verifican en la práctica y que ahorran experiencias que no se hubiesen imaginado o serían de difícil discusión. Además, como construyen la escalera más segura para descender desde los principios hacia las consecuencias, o desde éstas remontarse a los principios, acaece que es el más alto instrumento para confirmar unos u otras, para sostener o impugnar hipótesis, retomar las razones y las explicaciones de las cosas. Por ello aseveraba nuestro Galileo, que la matemática era la mejor lógica. La historia va de acuerdo con nosotros. A medida que las ciencias se perfeccionan y se expanden, nosotros vemos difundirse el estudio de la matemática con mayor fuerza, asumiendo siempre mayores proposiciones. El álgebra y la geometría que, un siglo atrás eran accesibles a pocos, o para otros una abstracción inútil, forman ahora la parte indispensable de toda buena educación. Otro tanto se verá con la matemática superior.

El cálculo infinitesimal por sí solo es el más grande descubrimiento del cual el hombre pueda gloriarse. Con ello, el matemático se inserta en la esencia misma de las cuestiones, de las cuales toma y pondera los verdaderos elementos, penetrando, sin perder la vista, en los más recónditos misterios de los fenómenos y en las maravillas de las propiedades geométricas o físicas de los cuerpos. A esto puede aplicarse también las palabras de Leibniz “el género humano poseerá un nuevo instrumento lógico que le otorgará mayor servicio al intelecto que los instrumentos ópticos a la vista, y que será superior al microscopio y al telescopio, como la razón al ojo. Y nunca el imán será tan útil a un piloto como esta nueva brújula a quien navega en el mar de la experiencia”.

Las otras partes de la matemática, la teoría de los números, las funciones elípticas, el álgebra superior, no son menos importantes y útiles en cuanto que aclaran y facilitan las soluciones de los problemas que se implantan en el cálculo infinitesimal. Jacobi, Dirichlet, Hermite, Kronecker, Brioschi, hicieron ver más de un nexo entre los números y las funciones con más períodos. La teoría de las invariantes con Cayley y con Sylvester encendió una luz viva sobre la teoría general de las ecuaciones, y a modo de ejemplo sirven los trabajos recientes que demuestran que si las ecuaciones se resuelven hasta el cuarto grado con las funciones circulares, las otras lo son con los hipercálculos. Vendrá el día en el que las tablas elípticas prestarán servicios que hoy prestan las tablas trigonométricas. Hace algunos años, al saber de los estudios de Cauchy en torno a los números imaginarios, como otros ante las experiencias de Galvani, exclamaron: ¿para que tanta sutilezas e investigaciones? En efecto, ellas condujeron al cálculo residual, instrumento potente para las integrales, para la verdadera teoría de las series y de las funciones, ayudadas de subsiguientes trabajos de Liouville, Hermite, Puiseux, Briot y Bouquet sobre nuevos puntos de vista sobre las funciones periódicas, las integrales de ecuaciones diferenciales, las exposiciones más simples y rápidas de las funciones elípticas.

La determinación de los movimientos geométricos de los planetas, de los eclipses, de las olas de la marea; las tablas lunares y su aplicación a la navegación y a la cronología, el descubrimiento de Neptuno, la teoría de la perturbación, la mecánica celeste de Laplace, la teoría de la luna del Plana y todo lo que se refiere en general a la astronomía, serían pruebas suficientes de la importancia y la fecundidad de las matemáticas. Fuera de la astronomía nosotros podemos adjuntar las determinaciones de la fuerza horizontal magnética de Gauss, la mejor formación de los mapas terrestres de Puissant, las rutas hidráulicas de Poncelet, la teoría electro-dinámica de Ampere, la teoría de la luz de Cauchy, la teoría del calor de Fourier, Poisson, Thomson y Rankie, las teorías balísticas de Piobert, las innumerables

memorias sobre el movimiento de los gases y los fluidos, sobre la refracción, resistencia de los muros, la presión, la forma de los puentes, la fuerza de los elásticos, la flexión de los tubos, la economía unida a la solidez en las construcciones, la simplicidad en la precisión de las máquinas, etc.¹³¹

Las matemáticas aplicadas al orden físico sirven para discutir los hechos y se vuelven un potente medio de descubrimiento. Pero en el orden intelectual y moral los números pueden ser usados con éxito. Las causas que contribuyen a perfeccionar la inteligencia del hombre y a volverlo mejor se manifiestan en sus efectos. La feliz influencia que ejercen necesariamente las doctrinas verdaderas, las buenas leyes, las instituciones sabias, los métodos de procedimiento y de imposición, los buenos métodos de cultivo, no pueden sólo demostrarse con el razonamiento y la lógica, sino con la experiencia. Pero la estadística de los resultados en un determinado campo de observación ayudada del cálculo de posibilidades, ofrece un medio casi infalible para discernir verdaderas de falsas doctrinas, distinguir leyes depravadas de las sanas, diferenciar un método sano de uno nocivo para los intereses de un pueblo. No sólo con el cálculo de probabilidades juzgamos las causas de los efectos, sino la existencia sola de éstos nos conduce a distinguir la existencia necesaria de una determinada causa. Así, cuando Laplace, observando las pequeñas inclinaciones de las órbitas solares proclama que 20.000.000 a 1 no es obra de la casualidad, sino obra sapientísima de una causa suprema, inteligente, ordenadora de lo creado, no es menos admirable que cuando asigna a los satélites de Júpiter los tiempos de sus revoluciones.

Las matemáticas son, por lo tanto, el resultado final, la expresión concisa, la esencia de las otras ciencias. Entre éstas las más vacías de experiencia, como las ciencias físicas, suministran las intensidades y direcciones de movimiento, que la naturaleza impone a la materia inerte. De éstas, la geometría deduce las leyes generales abstractas que regulan el universo y la variedad inmensa de fenómenos no es más que la consecuencia matemática de los datos elementales de la cuestión sometida a las leyes abstractas de lo creado. Pocas ecuaciones diferenciales contienen la explicación, la medida y la predicción de fenómenos celestes, de los cuales uno sólo bastaría para hacer sudar a toda la antigüedad.

Si bien sublimes y materialmente útiles, las ciencias no tendrían ahora la misma simpatía, sino tuvieran otro prestigio de un orden más elevado que el proclamar y difundir los principios de unidad, libertad, justicia y fe. A medida que las ciencias avanzan en la explicación de los fenómenos, ellas nos

131 En las matemáticas puras y aplicadas los italianos ocupan un lugar distinguido. Basta citar a Riccati, Venturoli, Piola, Bidone, Libri, Menabrea, Carlini, Massotti, Giulio, Santini, Genocchi, Tortolini, Chiò, Brioschi, Betti. Y si Italia no hubiese producido un Lagrange, nosotros no podríamos ahora gloriarnos de ser hijos de Pitágoras o de Galilei.

conducen a un concepto más alto y honor más plausible de unidad de las fuerzas que preceden al movimiento. Trabajos recientes de ilustres doctores acerca de la correlación de las fuerzas físicas, nos demuestran experimentalmente las producciones de todos los otros modos de fuerza con la luz como medio, de los cuales muchos agentes imponderables que nosotros actualmente distinguimos no serían más que afecciones. El progreso de las ideas en torno al concepto de unidad no se manifiesta solo en las ciencias físicas. La paleontología, la geología, la fisiología, la botánica, con Cuvier, Candolle, Elie de Baumont, etc. se unen para proclamar la unidad de plano en las especies animales y vegetales, en los levantamientos terrestres, en las fuerzas y proporciones del organismo vital. Todo, teniendo en cuenta cada fenómeno de las fuerzas mecánicas y físicas que se despliega, se conserva y trasmuta de modo constante y equivalente. Si nada se pierde, alguna ley los conserva. La razón atónita, contemplando la inefable armonía y el inmenso mecanismo de la naturaleza, donde por innumerables y variadisimos órdenes, que con delicadeza y sin interrupción hacen referencia a un solo principio. Todo lo que tiene movimiento y vida se pregunta si lo mismo no puede darse en el orden social. El corazón de quien suda para abrazar los hilos de lo indecible no puede más que latir de alegría cuando actúa en el orden social. De aquí que la fuerza latente que tienen las ciencias para acercarse a los hombres y educar el espíritu de libertad, es la atmósfera del genio. Hijos de la misma madre, cuál es la sabiduría, colonos del mismo campo, cuál es la naturaleza, no pueden no amar ni ambicionar el mismo bien. Un fuego interno se insinúa a las masas, las inteligencias se sacuden y gestan, límite a límite, los sordos volcanes que preparan, con la conquistada libertad de los pueblos oprimidos, la unidad que es el fin de la familia humana. Nada se resiste a la verdad. Contra esto se inclinan las bayonetas y callan los cañones. Porque lo útil deriva solamente de lo verdadero y, como nada podrá jamás impedir al hombre dejar de buscar su propio interés, es menester del hombre abrazar el estudio de la verdad que sólo lo conduce a la invención de la utilidad. Las fronteras ceden así, necesariamente, al paso de la ciencia¹³² y la sabiduría aporta con sus tesoros a los diferentes estados, y la felicidad prima con desconocida potencia. Así, a causa de la ciencia prosperó en América la causa de la esclavitud, que hoy divide en dos campos al nuevo mundo y detiene el comercio en el antiguo.

¿Cuando, antes, se había presentado a la admiración del mundo tal espectáculo, tal que todas las naciones reunidas en Bruselas viesan de adoptar juntas un sistema uniforme de observaciones meteorológicas marítimas, y conservar la inviolabilidad de la ciencia, diríase casi la libertad de los pue-

132 Hoy (2da. Edición) después de la guerra Franco-Prusiana de 1870 se puede sostener mejor cómo la ciencia arbitra el destino de las naciones.

blos sobre el mar? Las exposiciones mundiales son una suerte de voz benéfica y autorizada de la ciencia, y todos los pueblos emergen para atribuirse el mérito sobre el dominio y árbitro de la ciencia que antes unificaba a la tierra. Entre tanto los piróscafos, las ferrovías, los telégrafos, todos frutos de la ciencia, se multiplican por doquier suscitando y generando alianzas de comercio y de pensamiento entre las naciones.

Así la ciencia abre a las generaciones futuras una era de concordia en la que las naciones civilizadas no encontrarán más gloria que en las conquistas útiles de la paz y en la feliz actividad de los genios de los estudiantes que día a día encuentren maravillas fecundas. El hombre gobernado por el temor pide ser regido por la justicia, como querrá un día ser gobernado por el amor. Pero la justicia, siendo el orden mismo, ese orden que queremos realizar en la sociedad, la veremos aparecer algún día más potente en los sucesivos descubrimientos del genio, que se mostrará ya rigiendo el curso majestuoso de los astros o en el imperceptible oscilar de los átomos.

La ciencia conduce, por lo pronto, a los pueblos hacia el bien en general, fuente de concordia y libertad, que día a día se va conquistando, constituyéndose instrumento potentísimo de la próxima liberación y concurriendo con la obra sagrada de la educación del género humano. Así se presenta como una entre las promesas evangélicas. Sus enseñanzas nos muestran que sobre las fuerzas pasajeras y desordenadas que animan la materia informe, una fuerza calma y soberana rige los fenómenos complejos, imprimiendo en la materia la belleza de la forma que no es otra que la manifestación del orden, la relación armónica entre las diversas partes del organismo. El océano esperando al sabio sin límite y sin vía, cuyas misteriosas apariciones cubrían de temor el pecho audaz de los compañeros de Colón, sometido a las leyes del equilibrio y de la circulación, agente fecundo de la vida orgánica, se presenta ahora al filósofo no sólo como la vía común que conecta entre sí las diversas partes de la humanidad, sino como un inmenso tanque, la fuente majestuosa de las fuerzas que expanden y entretienen la vida sobre la superficie del globo. Así, sólo, inmóvil en su inmensidad y siendo inmensamente fecundo, el Océano, es el más grande emblema del Creador Eterno, de cada uno de los que andan sobre los flujos del mar, que llama las aguas y las expande sobre la faz terrestre. El docto encuentra con el colono americano Maury un Dios pre-vidente, sagaz y benéfico allí donde al vulgo no se aparecen más que turbonadas y tempestades.

El analista matemático, después de haber encontrado las fases de un determinado fenómeno, explicando luego qué cosa son al final las fuerzas físicas que considera, está dispuesto a confesar que ellas no son ni entes materiales, pues son incapaces de imprimir movimiento, ni entes espiritua-

les, porque no necesitan de la materia para develarse, y no pudiendo darse sino en el único modo y en determinadas condiciones que no sean aquellas asignadas no gozarían de la libertad inseparable de su naturaleza. Por ello es menester concluir con Cauchy que ellos no son más que expresiones de una ley invariable, suprema, ínsita en los cuerpos, como una obligación visible de adherir a las órdenes de un Legislador invisible.¹³³

El sistema de propagación de la luz por ondas, salido virtuosamente de testeos de la lucha con pruebas directas contra aquellas de emisión, mientras esto relega toda utopía, impone el respeto al Génesis. Y aquel éter que se encuentra en todos lados y se difunde, en el que en todo cuerpo está y se mueve, nos deja una querida imagen de aquella luz eterna ahora invisible, que en cualquier sitio está presente y en la que todos los espíritus viven y en la que un día gozarán. Las maravillas de la zoología en la partenogénesis, mutagénesis y metempsicosis son ahora bienes propios a los que debemos habituar la idea de nuestra razón de las transformaciones, de la cual la humanidad fue, por divino beneplácito, destinada para nuestra felicidad, del estado de naturaleza al estado de gloria.

Desde la tierra elevándose al estudio del cielo, vio innumerables estrellas fulgurando. Luego reforzó las lentes, y más vivo apareció el campo ante la visión. Las distancias se acortaron. Desde esos lugares etéreos inclinándose con una mirada, apenas encuentro confusamente en un punto la tierra y el sol. La mente vacila y se confunde: ¿dónde está el fin del espacio y qué somos nosotros? En el silencio de una noche calma y serena el astrónomo contempla los miles de puntos del cielo y mientras todo a su alrededor reposa y calla, se recrea en aquella vida admirable que se despliega en aquella suprema esfera. Los astros suavemente rotan a su alrededor, y obedientes pasan en el instante fijado en su cronómetro. Unos se muestran acercándole brillantes colores, otros evitan entre ellos en doble o triple nudo. Todos, si bien a nuestro alrededor parecen moverse lentamente, se mueven con rapidez fulminante. Por doquier grupos de soles y planetas. La arena del mar no contendrá jamás las miríadas de estos globos ardientes, como la veloz luz no medirá jamás las distancias de miles de siglos. El ojo se pierde en aquel plácido océano de maravillas, de orden, de armonía sin fin, del cual ignora el centro y la figura, y la razón exclama con Newton y Kepler: ¡Hay un Dios!

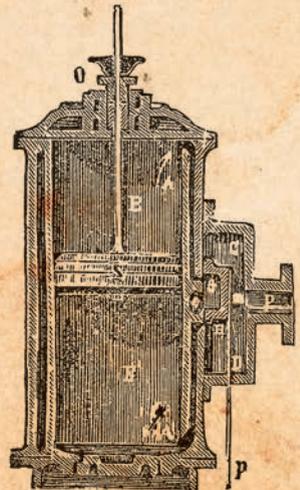
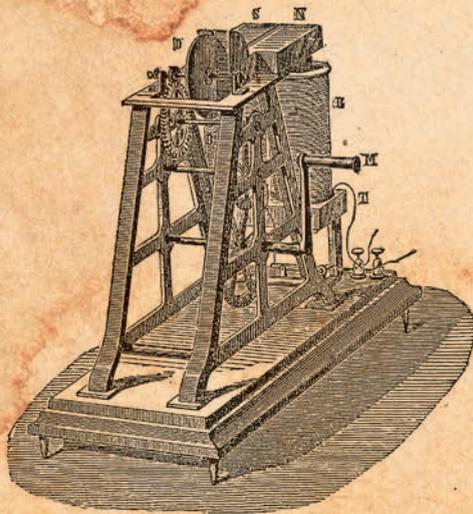
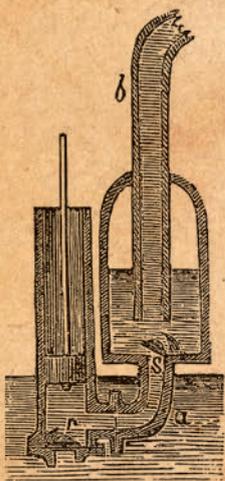
Así, de cada rama de lo cognoscible, de cada ángulo de la Tierra, desde los átomos materiales que oscilan inertes en el éter al hombre que domina inteligente la naturaleza desde tiempos en los cuales el megaterio rumiaba en y los frondosos bosques del pleistoceno y el hipopótamo se sumergía en

133 Nota de la 2da edición. Ver sobre esta cuestión el *Piccolo Omaggio Della scienza alla Divina Eucaristia* del autor. Torino 1872. Tip Marietti.

nuestros mares, en los cuales los polos de la Tierra se volvían entorno a Lira y el intrépido nochero llamará al lucidísimo Vega su estrella, las ciencias descubrirían incesantemente en lo creado a Dios, por quien todo se explica y sapientemente es gobernado. Ahora, luego de haber dicho que las ciencias gozan de unidad y libertad, soy feliz al poder repetir con Bacon que “las ciencias conducen a la fe”.

Bajo el triple aspecto de utilidad material, intelectual y moral, las ciencias forjan la felicidad de los individuos y de los pueblos. Las matemáticas, que son expresión y fórmulas, serán quienes acerquen la moral y el progreso civil. No en vano, el gran genio de Napoleón I aseguraba que *la enseñanza de las matemáticas es la prosperidad del Estado*.

¡Feliz de mí si pudiese con colaborar, luego de hoy a vuestro coraje y favor con tales estudios para la gloria y prosperidad de mi patria!



ISBN 978-987-23080-6-3



9 789872 308063