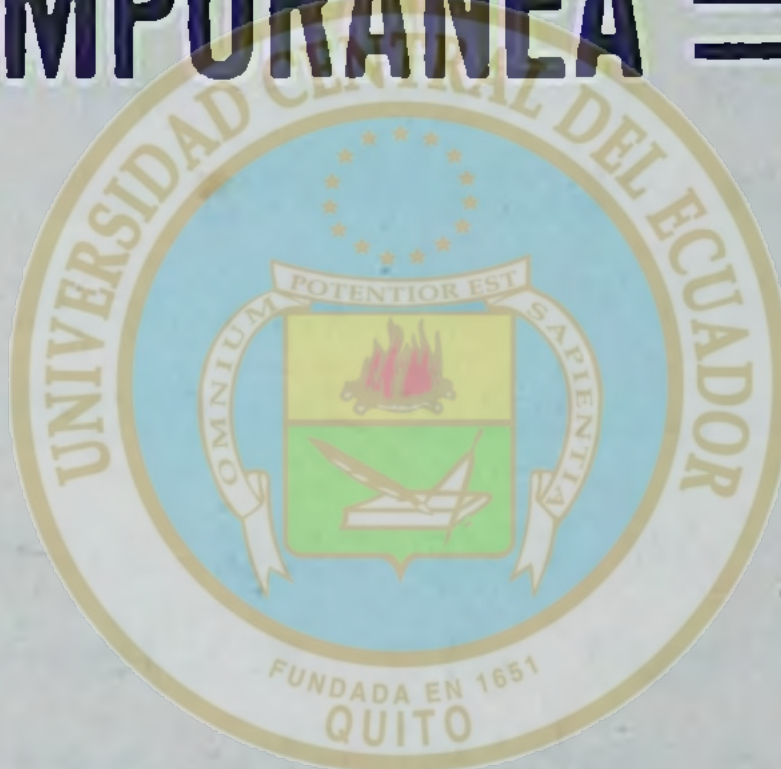


Por Jorge Andrade Marín

Catedrático de Física Superior

# TRAYECTORIAS DE LA FISICA

## CONTEMPORANEA



ÁREA HISTÓRICA  
DEL CENTRO DE INFORMACIÓN INTEGRAL



## Introducción

El aprendizaje de la Física ha venido a constituir una necesidad para el hombre culto en la época actual. En efecto, por una parte todos los fenómenos naturales que, son físicos en último término, están aguijoneando sin cesar esa inquietud espiritual que nos impulsa en pos del conocimiento del mecanismo universal, y por otra, los descubrimientos, las maquinarias y la solución de problemas especulativos, prácticos o industriales están solicitando constantemente el uso racional de las leyes y principios fundamentales.

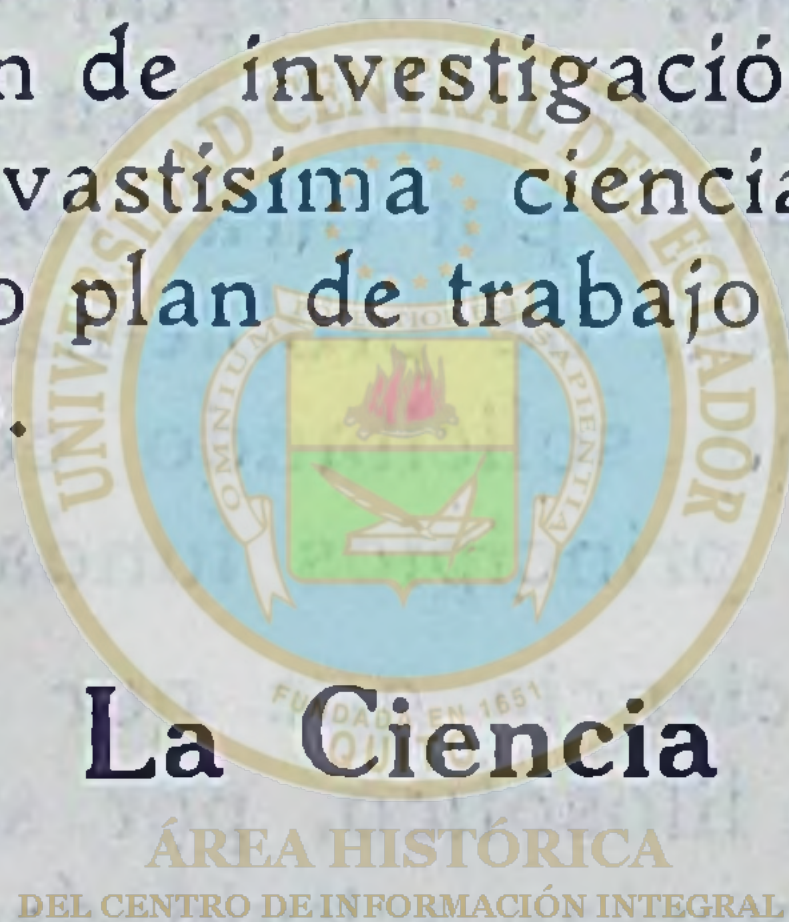
La Física es una ciencia que por su extensión, por su valor científico y hasta filosófico, por sus valiosas aplicaciones en el campo de diversas actividades profesionales como la Medicina, la Ingeniería, la Arquitectura y en fin, por sus incontables aplicaciones prácticas e industriales reviste una excepcional importancia. Por donde quiera que se dirija el hombre moderno necesita de la Física. Cine hablado, tranvías, automóviles, relojes eléctricos, teléfonos, timbres, alumbrado, electrolas, radios, ferrocarriles, maquinarias agrícolas, estaciones meteorológicas, etc., etc., no son sino consecuencias del desarrollo de la Física en la civilización contemporánea.

El médico utiliza la Física en los procedimientos de pronóstico, diagnóstico y tratamiento. Los laboratorios de investigaciones neurológicas, psiquiátricas y psicotécnicas necesitan del auxilio eficaz de diversas ramas de la Física. El químico mismo ha abandonado casi completamente la retorta del alquímista y emplea hoy muchos procedimientos que son aplicaciones de la Física propiamente dicha. El ingeniero que construye un edificio, un puente, un dique, que instala



una estación hidroeléctrica, una red de tubería, utilizando los principios de la estática, de la resistencia de materiales, de la hidráulica y de la electrotecnia, está aplicando en definitiva los principios generales de Física.

Para emprender en un estudio tan interesante y conseguir los conocimientos científicos y prácticos hay que seguir en ocasiones el desarrollo histórico de esta ciencia, o sea, el alumno sigue el mismo camino que los primeros investigadores si bien obviadas las grandes dificultades que aquellos tuvieron, por la labor del profesor cuya experiencia y saber le sirve de ayuda y guía. En otras ocasiones hay que aprovechar directamente los progresos ya alcanzados pues hay que tomar en cuenta también que la ciencia crea nuevas culturas y nuevas maneras de pensar y de sentir. El mérito del profesor consiste, pues, en poner sus energías al servicio de la cátedra y en presentar horizontes que provoquen inquietud espiritual, afán de investigación, entusiasmo y cariño por esta hermosa y vastísima ciencia. Desde luego y en todo caso el sistema o plan de trabajo debe llegar al alumno por el convencimiento.



La ciencia ha nacido por el deseo que tiene el hombre, ser curioso e inteligente, de explicar la naturaleza para satisfacción de su espíritu y para procurarse una vida más cómoda.

La ciencia es el más perfecto de los conocimientos puesto que es un conocimiento racional, es decir, la explicación de la naturaleza por sus causas. La ciencia comprende el conocimiento de los cuerpos que componen el mundo, de los cambios que en él se operan y de las leyes a las cuales están sometidos tanto los unos como los otros.

Ahora bien, cuáles son los medios que nos permiten tener ideas precisas de acuerdo con la realidad? Qué es lo que distingue el conocimiento científico?

Como bien observa M. Leclerc du Sablon en «L'Unité de la Science», la verdad que se puede considerar como la expresión del conocimiento científico es independiente del observador, universal e impersonal, es decir, objetiva. Al con-





## Giordano Bruno

DEL CENTRO DE INFORMACIÓN INTEGRAL

(Reproducción del monumento modelado  
por Ferrari en Roma)

Nació hacia la mitad del siglo XVI. Autor de muchas obras importantes como versado en matemáticas, filosofía, letras y teología. Fue quemado vivo por la Inquisición el 17 de febrero de 1600 en una de las plazas de Roma.





**Michael Faraday**

(Dibujo a pluma de Jorge Andrade Marín)

Nació en Newington —Inglaterra— en 1791 y murió en 1867. Este famoso físico y químico, sin otra instrucción que la primaria, (fué un pobre empleado de encuadernación), se aficionó a las ciencias leyendo los libros que caían en sus manos hasta que Sir Humphry Davy le dió la oportunidad de estar junto a él como modesto empleado de su Laboratorio. En 1813 fué asistente de Sir Davy en el Instituto Real, en 1825 fué ya Director del Laboratorio y en 1833 Profesor de Química de la Institución.

Descubrió la inducción magnética que es el fundamento de todas las máquinas eléctricas modernas, formuló las leyes de la electrolisis y descubrió el electroímán que ha hecho posible la telemecánica. Descubrió muchas leyes de electrostática y realizó importantes experiencias que tienen hoy amplia aplicación en telegrafía y telefonía sin hilos. Estudió las descargas eléctricas en los gases rarificados y exploró en el dominio actual de los rayos catódicos y de los rayos X. Llevó a cabo con éxito notable experiencias que condujeron a establecer relaciones entre la electricidad y la luz.

La labor de Faraday no es sólo la de un eminente físico sino que debe considerarse como el más grande constructor de la ciencia moderna.



trario, el valor estético de un cuadro es algo subjetivo y no encontraremos un medio que entre dos opiniones distintas nos permita decidir con certeza la preferible. En la ciencia sí se encuentra un criterio, aunque de empleo muy difícil en ciertas ocasiones, para reconocer de qué lado está la verdad.

Los medios de que disponemos para llegar a la verdad científica son los sentidos y la inteligencia: los sentidos dan los datos, la razón los interpreta y saca las consecuencias. Pero necesariamente la razón debe estar controlada por la experiencia para que el conocimiento corresponda a la realidad objetiva.

La ciencia es además, como llamo yo, un conocimiento humano porque se vale tan sólo de la inteligencia humana controlada. Esto le diferencia de otros conocimientos que toman como base datos extra o sobrenaturales y de los que se salen de la naturaleza o arbitrarios (sistemas metafísicos).

Los datos de los sentidos interpretados son el punto de partida, pero se coordinan y generalizan mediante ciertas nociones y principios, como dice Jules Tannery en «Science et Philosophie». De esto hablaremos más adelante.

## La ciencia como una fase de la civilización

ÁREA HISTÓRICA  
DEL CENTRO DE INFORMACIÓN INTEGRAL

Tomando como base la idea general del gran filósofo francés Augusto Comte, fundador de la Sociología, podemos enunciar tres fases en el orden de los conocimientos porque no creo que el principio no sea tan absoluto como para hablar de fases de la civilización.

La primera fase corresponde a los pueblos de cultura rudimentaria, representa un primer intento de explicación de la naturaleza atribuyendo como causa inmediata de todos los fenómenos a una divinidad. Digo como causa inmediata porque como causa primera existe en la religión de los pueblos cultos. Empieza desde las formas más grotescas como la adoración a objetos inanimados y animales hasta las más perfectas de un Dios inmaterial y único.

La naturaleza no obedece a leyes sino a una voluntad. Desde la mitología pagana hasta el cristianismo vemos siempre la creencia en dioses de pasiones humanas y todo fenómeno natural se explica como una manifestación de su cólera



o de su aprobación. A quien me argumente en contra le pediría simplemente cambiar de la consideración de fenómenos que nos afectan directamente a fenómenos indiferentes. Por ejemplo, resultaría ridículo, aún para el más fervoroso creyente, el afirmar que en el voltámetro de agua se producen hidrógeno y oxígeno porque así lo quiere Dios o que las corrientes de alta frecuencia son inofensivas para el organismo por la bondad de Dios. Valiéndome del vocabulario escolástico diría yo que lo que prueba mucho no prueba nada. Sin embargo, en la Edad Media se encontraba la razón de los siete colores del espectro y de las siete notas de la escala musical en la divinidad del número siete revelada en las siete órdenes de arcángeles, en los siete brazos del candelabro de oro de los israelitas y en los siete sacramentos.

La primera fase es evidentemente sentimental, se funda sobre la fe y se sostiene por el temor. No llama a la razón, pero hay que tomar en cuenta que en la vida de los individuos y de las sociedades juega un papel importantísimo el sentimiento. Además, entra en el campo de las primeras causas que escapan en mi concepto del terreno netamente científico.

Los principios religiosos (intuición religiosa llamada por W. James experiencia religiosa), dependen del ambiente, de la educación, del sentimiento: en una palabra de la fe.

Segunda fase.—La Metafísica es un razonamiento que se hace a partir de ciertas proposiciones consideradas como evidentes prescindiendo de la observación y de la experimentación de los hechos naturales. Tiene una base especialmente intuitiva.

La Metafísica clásica no ha traído ningún progreso, pero sí creo que al llegar a las primeras causas o a conceptos como el infinito que escapan a la razón, hay derecho para dar libre vuelo al pensamiento. Es más, en todas las ciencias encontramos postulados que no son evidentes. Son sugeridos por la experiencia pero se ha necesitado de la intuición para verlos en toda su generalidad. Esto hace que sean tan diversas las teorías científicas como los sistemas filosóficos y que no se pueda oponer la certeza de la ciencia a la indeterminación de éstos como observa Nordmann, el astrónomo de París.



Mas no es menos cierto que la Filosofía de las ciencias, la Energética, la teoría relativista han hecho que objetos peculiares de la Metafísica clásica, como las nociones de espacio y de tiempo, entren ahora, como dice Le Corps, dentro del dominio de la ciencia. Por esto, a estas altas concepciones de la Física relativista, tomando en cuenta que la Energética parte de bases reales, ha llamado Ingenieros, si mal no recuerdo, con frase feliz la Metafísica de la experiencia.

Algunas teorías científicas pueden tener una médula metafísica, pero partiendo de bases reales o buscando comprobaciones en la experiencia. Las equipararemos por eso a los sistemas filosóficos que tengan tintes metafísicos pero conservando un ligamento con la realidad objetiva. Y aún en sistemas metafísicos de base intuitiva se ve en el fondo al científico inquieto e insatisfecho volar con su mente por el Universo. Tal es el concepto que tengo de la Filosofía de Bergson.

En resumen, y por lo general, los sistemas metafísicos son creaciones ingeniosas, muchas veces geniales, pero en los que la inteligencia vuela sin ningún control y por tanto sólo en casos excepcionales coinciden con la realidad.

La tercera y más perfecta fase es la ciencia haciendo observar nuevamente que, en mi concepto, esta clasificación no tiene valor absoluto sino más bien se refiere al desarrollo histórico de los conocimientos humanos.

## Consecuencia. Carácter principal de la ciencia

Los sistemas metafísicos aceptan la crítica de la razón, mas como no hay control experimental, todos los individuos que profesan diferentes sistemas, creen estar en posesión de la verdad. Veinte siglos tiene la civilización actual y en el transcurso de este tiempo los metafísicos no sólo no han logrado ponerse de acuerdo sino que cada vez han ido aumentando la confusión. Ante esta gran divergencia de opiniones en que cada cual se cree poseedor de la verdad, lo humano es, evidentemente, dejar una completa libertad de pensamiento.

Justifiquemos la Metafísica por esa sed insaciable de especular fuera de los campos que alcanza la ciencia. El origen primero de las cosas y de la energía misma, la con-



cepción de un espacio infinito que contenga al universo einsteniano, saber si nuestra inteligencia nos engaña para lo cual nos valemos de la misma inteligencia convertida en juez y parte, la posibilidad y la existencia de la realidad del mundo exterior o si el universo puede existir sin ningún ser pensante, ni Dios mismo. He ahí problemas que escapan a la ciencia y que no se alcanzarán nunca, pero que el hombre se satisface en discutir. La Metafísica se justifica, como si dijéramos, con el adagio vulgar: no sólo de pan vive el hombre.

Los sistemas religiosos no aceptan la crítica de la razón. Para lograr la unidad aún dentro del cristianismo recurrió el Concilio del Vaticano al arma de dar infabilidad al Jefe de la Iglesia. Sin embargo, no se ha logrado. Y todos los mártires de la Inquisición están probando que los hombres se dejan matar a pesar de la infabilidad del Sumo Pontífice. Y es que no hay derecho de obligar a nadie que vaya al cielo a puntapiés.

## La unidad de la ciencia

La naturaleza se presenta variada, pero una observación detenida y profunda nos va revelando analogías, es decir en suma, el fondo común que se manifiesta en formas diversas. La labor de la ciencia es precisamente, según la expresión de Abel Rey, la reducción de lo plural a lo singular, de lo complejo a lo simple para llegar al establecimiento de las leyes que rigen el Universo.

Día a día va poniéndose más en evidencia la unidad de la naturaleza, pasando este concepto tan precioso y sugestivo, del campo de la Filosofía al campo de la comprobación experimental directa. La idea de la unidad de composición de los cuerpos del Universo que condujo al martirio al célebre apóstata dominico Giordano Bruno, ha recibido, si bien dentro de un marco netamente científico, comprobaciones magníficas con el análisis espectral, el análisis de las meteoritas y aún con observaciones directas telescópicas. Parece que los cambios de coloración en las zonas ecuatoriales de Marte, en coincidencia con los cambios de estaciones, se deben a la existencia de una exuberante vegetación.

La materia y la energía, consideradas hasta el siglo pa-



sado como dos entidades independientes presentan sin embargo ciertos fenómenos análogos observados desde aquel tiempo. El aumento de rigidez con la velocidad que se ha utilizado en máquinas de cortar acero con viento artificial, la inercia de la corriente eléctrica que se manifiesta en las chispas y en la self-inducción, hacían presumir que la inercia es una propiedad de la energía que debe traducirse también en la existencia de masa. En este siglo, la Físico-Química, la Atomística han llegado a la conclusión de que la materia es una forma de energía. Planck con su teoría de los quanta prueba la discontinuidad de la energía y por fin Einstein, con su generalización de los fenómenos de las masas electromagnéticas a las masas mecánicas, deja bien establecido el principio de la inercia de la energía.

Tenemos, pues, en la actualidad que así como la Termodinámica, base primera de la Energética, nos da el equivalente mecánico del calor, la teoría relativista nos conduce al establecimiento de una fórmula que nos da el equivalente material del calor. De aquí debemos concluir, como nos sugiere Darrow en su «A new world of Physical discovery», que los principios de la conservación de la energía y de la materia se funden en uno solo.

Esto refuerza también la teoría de la unidad de la materia en Química que desde muy antiguo había lanzado intuitivamente Prout. En efecto, todos los átomos de los cuerpos simples están formados por agrupaciones de átomos de hidrógeno y el que las masas atómicas no sean múltiplos exactos de la masa del hidrógeno se explica por la masa correspondiente al calor desarrollado en la formación del átomo. La afinidad no es sino un fenómeno de intercambio eléctrico y así queda la Química comprendida directamente dentro de la Física.

Las geniales ideas intuitivas de Faraday sobre la misma naturaleza de la luz y la electricidad que Maxwell comprobó matemáticamente, nos han conducido al descubrimiento de una escala continua e ininterrumpida de las radiaciones de naturaleza electromagnética: ondas largas de T. S. H. hasta las ultracortas de la radiotelefonía que permiten preveer la posibilidad de producir luz fría, ondas infrarrojas, ondas luminosas, rayos ultravioletas, rayos X de Holweck, rayos X de Röntgen. Por último, los rayos cósmicos de Millikan en conexión íntima con los rayos mitogénicos de Nodon y



Gurwitch que abren nuevos campos de acción a la Física biológica.

Entre otras comprobaciones de la unidad de las radiaciones, que sería muy largo enumerar ahora, se cuentan la difracción y reflexión de los rayos X a través de los cristales. Estos funcionan como verdaderas redes de difracción y provocan fenómenos que hasta hace algún tiempo se creía que no se operaban con los rayos X.

Podríamos seguir citando otros ejemplos de esta unidad de plan que existe en la naturaleza tan bien condensada en la hermosa frase con que comienza Stanislas Meunier su obra de Geología. «Hay sólo una ciencia: es el conocimiento de todo lo que existe».

Históricamente hablando la ciencia nació única. Aristóteles conocía de todas las ciencias de la época. Pico de la Mirandola en la Edad Media pudo abarcar en 600 tesis todos los conocimientos científicos de entonces.

Pero, la profundización en el estudio de los grupos de seres o fenómenos afines, con ese espíritu descriptivo y analítico que tiene todo conocimiento científico al nacer, formó diversas ramas con sus objetos peculiares. Así nacieron los grupos de ciencias matemáticas, ciencias físicas y ciencias naturales. A su vez, cada uno de éstos se subdividió en nuevas ramas: Geología, Botánica, Zoología, Física, Astronomía, Química, etc. Además, se crearon nuevas ciencias como la Mecánica, la Paleontología, la Histología y la subdivisión ha llegado hasta a erigir los capítulos de las ciencias en verdaderas ciencias especializadas como acontece con la Entomología.

La corriente actual es, en cambio, de regreso lo que se manifiesta en este siglo por la aparición de las ciencias mixtas que nos hacen ver claro las ligazones. Por ejemplo: Físico-Química, Física biológica, Química biológica. Con mucha razón titula Max Born el último capítulo de su obra «La Constitución de la materia»; con la frase «El paso de la Química a la Física».

Las especializaciones quedan verdaderamente sin un valor de división natural y solamente se imponen en el campo de las profesiones. Y aún el profesional especializado debe entender su especialización en el sentido de que orienta conocimientos de diversas ciencias para sus actividades. Tomemos el caso de la Medicina: la Terapéutica, la Elec-



trocardiografía, la Radiología, la Endoscopia, los trabajos histológicos y bacteriológicos, la Cirujía, la Diatermia, la aplicación de ondas cortas, la medida de la ionización de los líquidos orgánicos, etc., necesitan del auxilio de la Química y de la Física especialmente.

El mismo auxilio mutuo de las ciencias se observa en el campo de la investigación pura especializada. La Física, ciencia de la energía y sus propiedades, es por tanto la ciencia más amplia y la que da las leyes generales del Universo. En un sentido limitado, como tiene toda ciencia por su objeto peculiar inmediato, viene a ser la ciencia de la materia inorganizada según algunos autores, y en un concepto amplio filosófico viene a confundirse con la «ciencia de la naturaleza».

## De cuántas maneras se estudia la Física

La Física se puede estudiar bajo diferentes puntos de vista.

Física experimental, la que se refiere a los conocimientos científicos que pueden adquirirse por medio de la experiencia. La Física teórica, o sea, una deducción de los hechos estudiados por la Física experimental partiendo de hipótesis o de leyes. La Física matemática que se funda sobre hechos experimentales y expresa con relaciones matemáticas (análisis matemático) la interdependencia que existe entre los fenómenos.

## Crítica

La Física teórica tiene una enorme importancia porque unifica los fenómenos y como busca las relaciones de causa a efecto puede predecir los fenómenos, o en otras palabras, abre nuevos campos a la investigación científica. En efecto, la Física teórica es, entre las tres, la más fecunda en descubrimientos científicos.

Lo que caracteriza a la Física teórica es la audacia de las concepciones. En ella juega gran papel la intuición, pero



las proposiciones intuitivas que escapan a todo control que no sea el de la conciencia que les produjo, quedan subjetivas. Por esto se explica perfectamente bien que haya tenido fracasos así como ha tenido grandes éxitos. Es como el caso de los individuos que estudian y trabajan, aunque se expongan a errar y rectificarse, en contraposición a los hombres negativos que todo lo critican y nunca hacen cosa de provecho.

Sin embargo, hay que observar, como lo hace Poincaré, que las teorías científicas no son lanzadas al azar sino que cumplen con ciertas condiciones. Toda teoría científica tiene algo que representa una conquista definitiva y algo que está sujeto a cambios.

La Física teórica no debe ir sola porque puede llegar a concepciones talvez muy hermosas, pero que expliquen los fenómenos de una manera artificial, acumulando hipótesis. Entonces no corresponden ya a la realidad objetiva y por consiguiente a la verdad científica. Tal aconteció con el éter, genial concepción del sabio Huyghens, protegido de Luís XIV. Este grande hombre, cuyo carácter cándido y tímido le llevó a apasionarse de una mujer de la corte a pesar de sus infidelidades y que creó la relojería por sólo el afán de instruirle y agradarle, expone por primera vez en el salón de Ninon de Lenclos, la idea de que el mundo está lleno de un medio que vibra aún con mayor facilidad que el aire y en el cual se trasmite la luz.

Con el éter se explicaron infinidad de fenómenos atribuyéndole cada vez nuevas propiedades hasta que, a fines del siglo XIX, era ya un medio absurdo dotado de las propiedades de los sólidos, líquidos y gases. Posteriormente la doctrina relativista encontró que la existencia del éter es inútil para la Física. A pesar de todo, la teoría del éter, ha sido quizá la más fecunda de las teorías físicas y salvo la discusión bastante especulativa de su existencia real o de otra entidad menos material, aunque más compatible con el conocimiento actual del Universo, quedan en pie los gigantescos progresos y el empuje científico que con ella se alcanzaron.

La Física teórica ayuda a la experimental como una guía en los experimentos. Proceder sin esta guía o idea directiva en la experimentación sería confiar en la casualidad. Recíprocamente, la Física experimental controla a la teórica para que se amolde a la realidad de los hechos.





Isaac Newton

Nació en 1642 y murió en 1729. Este ilustre sabio inglés, matemático, físico y astrónomo, descubrió y formuló la ley de la gravitación universal que rige los movimientos de los cuerpos celestes.

Estudiando las series y las diversas clases de exponentes llegó a establecer la célebre fórmula conocida con el nombre de «binomio de Newton», puso las bases del Cálculo infinitesimal, estableció muchos principios de Óptica que constan en todos los tratados, probó la causa del flujo y reflujo del mar, que la rotación de la Tierra ha debido aplastarle en los polos, la precesión de los equinoccios, etc., etc. Entre sus obras se destacan los libros publicados con el título Principios de Filosofía natural.

La labor de Newton en la ciencia física es fundamental y de enorme trascendencia histórica. La Mecánica de Newton es válida y sigue aplicándose en casi todas las actividades de la ciencia, de la técnica y de la industria, aunque para las grandes velocidades, en Atomística por ejemplo, haya debido sufrir las correcciones de la Física relativista.





## René Descartes

Este eminentísimo filósofo y sabio, cuya magna labor marca una época en la civilización, nació en 1596 y murió en 1650 en Suecia. Sus restos reposan actualmente en el «Panteón» de París. El gran Descartes, con su famosa duda metódica, sacudió a la humanidad del letargo medievo y si su método no siempre condujo a la verdad, abrió, sin duda, caminos al vuelo del pensamiento libre y a la investigación fecunda. Él dio el paso del dogma religioso y del dogmatismo de la Filosofía teológica al racionalismo y al dogmatismo filosófico, en una época en que dudar de Aristóteles era algo así como un crimen.

Los trabajos de Descartes pueden agruparse así:

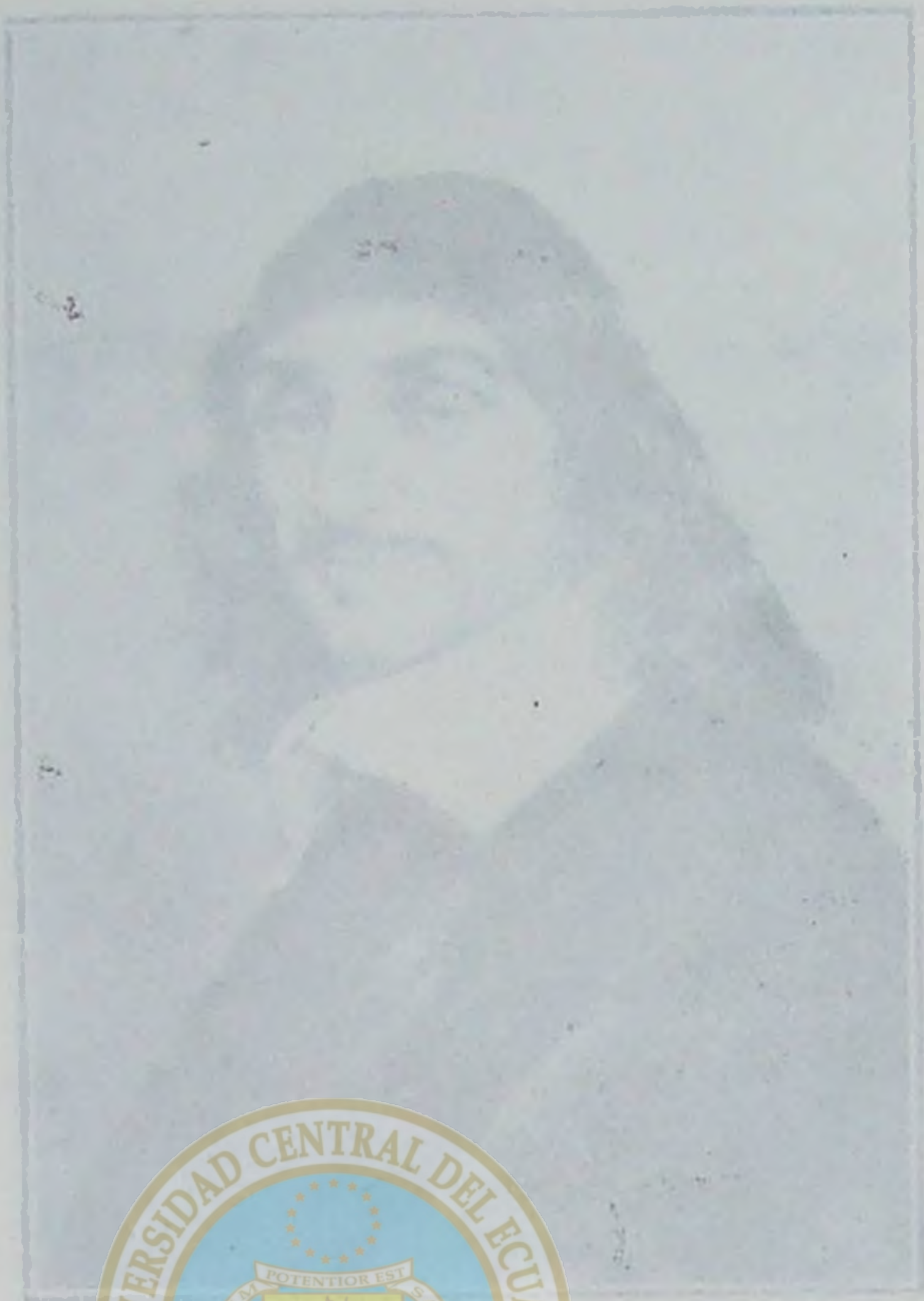
1.—Sobre filosofía racional o metafísica —Meditaciones, Discurso sobre el método—. Al preconizar el abandono de todo conocimiento anterior, para que el entendimiento trabaje y no acepte sino aquello que aparezca demostrado por el razonamiento y la experiencia, puso los fundamentos para el desarrollo de las ciencias positivas.

2.—Trabajos matemáticos. Encontró la resolución de las ecuaciones de segundo, tercero y cuarto grados, inventó los exponentes y creó la geometría analítica.

3.—Trabajos sobre Física. Descubrió la ley de la refracción, estudió la dispersión en los prismas y estudió también los meteoros, escribió sobre asuntos de Mecánica, calor y óptica, sugirió la idea del experimento que Pascal llevó a cabo con el barómetro, etc., etc.

Con razón escribió Charles Nordmann en una publicación sobre «La huella de Descartes en la ciencia moderna»: «Descartes no fue un héroe como ha dicho el filósofo alemán, fue un Prometeo, y si fracasó en su intento de arrancar a los dioses el secreto de las cosas, nadie estuvo más cerca que él de esa meta inaccesible».





Este eminentísimo filósofo y matemático, nacido en la civilización, nació en 1629 en Suiza. Sus restos reposan actualmente en la ciudad de París. El gran filósofo, con su famosa duda metódica, sacó a la humanidad del letargo medieval y su método no siempre condujo a la verdad, sino a la duda, caminos al vuelo del pensamiento libre y a la investigación fecunda. Él dio el paso del dogma religioso y del dogmatismo a la filosofía teológica al racionalismo y al dogmatismo filosófico, es una época en que dudar de Aristóteles era algo así como un crimen. Los trabajos de Descartes pueden agruparse así:

- 1.- Sobre filosofía racional o metafísica - Meditaciones, Discurso sobre el método. Al preconizar el abandono de todo conocimiento anterior para que el entendimiento trabaje y no acepte sino aquello que aparece demostrado por el razonamiento y la experiencia, puso los fundamentos para el desarrollo de las ciencias positivas.
- 2.- Trabajos matemáticos. Encontró la resolución de las ecuaciones de segundo, tercero y cuarto grados, inventó los exponentes y creó la geometría analítica.
- 3.- Trabajos sobre física. Descubrió la ley de la refracción, estudió la dispersión en los prismas y estudió también los meteoros, escribió sobre asuntos de Mecánica, calor y óptica, sugirió la idea del experimento que Pascal llevó a cabo con el barómetro, etc., etc.

Con razón escribió Charles Nordmann en una publicación sobre «la huella de Descartes en la ciencia moderna»: «Descartes no fue un filósofo como ha dicho el filósofo alemán, fue un Prometeo, y al fracasó en un intento de arrancar a los dioses el secreto de las cosas, nadie estuvo más cerca que él de esa meta inaccesible».



La Física matemática pura ha sido relativamente pobre en descubrimientos científicos. El ideal sería que se agote un estudio por las tres físicas y que los resultados experimentales coincidan con la teoría y con las previsiones numéricas extraídas de las fórmulas. En el estado actual de la Física se produce esta coincidencia por todos los caminos como demostraré más adelante.

Hay que tener siempre presente, para no caer en explicaciones artificiales de hipótesis complicadas, que la naturaleza es lo más simple en sus procesos. Es cierto que la primera observación da la idea de una suma complejidad. La impresión que recibimos es igual a la admiración que se siente ante una maquinaria o instalación muy complicada cuando está en funciones, pero que se la ve más simple cuando se asiste desde el comienzo de su manufactura. Es también como la nerviosidad que siente una persona con quien se ha cometido una injusticia, que ve enemigos por todas partes y busca las explicaciones más complicadas.

Por esto debemos acostumbrarnos a buscar siempre la máxima simplicidad de la expresión. Y la forma más simple de expresión es la expresión matemática. No quiero decir con esto que la Física matemática sea fácil. Tiene sus dificultades y grandes, pero sí opongo lo simple a lo complicado, a lo que no se precisa en nuestro pensamiento. Entre dos individuos que quieren explicar un asunto, el que tenga una comprensión clara y convencimiento hará una explicación simple, el otro dará complicada.

Por otro lado, el análisis matemático sigue perfectamente la ordenación de nuestro razonamiento amoldándose a las condiciones reales hasta que encuentre en una fórmula simple todas las leyes de un fenómeno.

En resumen, el ideal de la Física matemática es expresar las leyes físicas por ecuaciones diferenciales. Esta tendencia, que primitivamente fué sólo de la Física, se está extendiendo en tal forma que se puede decir que cuando una ciencia llega a precisar bien un concepto, lo expresa en ley matemática.

Esto ha traspasado ya el límite de las ciencias propiamente físicas para entrar aún en el campo de la Psicología que trata de la conciencia. Se ha objetado, es cierto, que tratándose de desarrollar la fórmula de Weber y Fechner, por ejemplo, el análisis matemático no corresponde a la rea-



lidad porque no tiene sentido el hablar de diferenciales de una excitación o sensación. La razón es porque en cierto límite no son cantidades sino cualidades y si es verdad que podemos considerar variaciones en la intensidad de una excitación, no podemos tener una idea ni una representación de lo que pudiera ser una excitación reducida al estado de infinitamente pequeño.

Las leyes sacadas del cálculo matemático no son, pues, en este caso, sino meras aproximaciones y no puede ser de otra manera. Pero tenemos el campo abierto para toda la teoría de las probabilidades.

Nos queda un último problema: son las matemáticas de una necesidad absoluta en Física? A esta pregunta debemos responder que no son absolutamente imprescindibles tanto que históricamente tenemos el caso de Miguel Faraday que por las condiciones económicas de su juventud no tuvo la oportunidad de poner las bases para llegar a ser un físico matemático. A pesar de esto, sus maravillosos trabajos experimentales y el genio puesto al servicio de la Física teórica han hecho de Faraday, en mi concepto, el físico más eminente de todos los tiempos, superior a Newton y a Einstein inclusive.

Sus trabajos experimentales han dado la clave de la solución de muchos altos problemas físicos que ya fueron industrializados por él mismo o recibieron aplicaciones posteriormente. Tan grande es la obra de Faraday que de ella derivan casi todas las aplicaciones de la electricidad y de la electro-química, desde las más antiguas hasta las más modernas sin excluir ni siquiera la televisión. En el campo de la ciencia pura su huella es tan colosal que, según creo, apoya el desarrollo de la Energética y es quizá el precursor de la Física relativista de este siglo. La gloria de Maxwell se debe en parte a haber encontrado los desarrollos matemáticos correspondientes a las ideas de Faraday.

Si el genio de Faraday no necesitó de una manera imprescindible de las matemáticas, no se debe concluir la inutilidad de ellas en la Física. Al contrario, la obra de Faraday hubiera sido más fácil y más sólida con las matemáticas y por esto su nombre va siempre unido al nombre Maxwell. Las matemáticas aclaran, precisan y metodizan un estudio. Por fin, las condiciones de evolución de la ciencia física han



cambiado y la Física matemática actual tiene otro sentido y mayor amplitud que la Física matemática clásica.

## Desarrollo histórico de la Física

En mi concepto esta ciencia ha pasado por tres etapas tomando en cuenta que la evolución de la Física se ha hecho hacia la Energética. Ya en el siglo XIX se hablaba del futuro de la Física refiriéndose a esta rama del saber humano y para dar la debida importancia a este tema reproduciré algunas frases del gran Tratado de Chowlson respecto de la Termodinámica que junto con la Electrodinámica constituían a principios de este siglo lo que llamamos Energética:

«La Termodinámica ocupa en la Física un dominio muy vasto. Por su carácter especial, por la diversidad de sus aplicaciones y por el alcance de las nociones y proposiciones fundamentales en que se basa, constituye una de las partes más importantes e interesantes de la filosofía natural. *Desechando toda hipótesis*, se funda en bases absolutamente seguras, a pesar de estar establecidas *empíricamente*, y forma el *único* elemento de la física *teórica* en el cual, sean los que sean los ulteriores adelantos de la ciencia, no podrán introducirse modificaciones esenciales. Las proposiciones que le sirven de punto de partida, son la expresión de las primeras propiedades del mundo de fenómenos que nos rodea y los principios directores de todo lo que acontece en el universo, en lo que alcanza nuestra observación, sin excluir ni siquiera los fenómenos de la vida, que aunque están regidos por otras leyes, desconocidas hasta ahora, están sin embargo sometidas siempre a las reglas de la Termodinámica. Enseñándonos el camino que conduce a una comprensión más completa de la naturaleza íntima de los fenómenos físicos, la Termodinámica resuelve, de un modo incomparablemente más amplio que cualquier otra rama de la Física, el problema fundamental de esta ciencia; permite encontrar las leyes de dependencia de los fenómenos físicos y por lo mismo nos explica las propiedades de las sustancias de que se compone el mundo. Por la certeza y la realidad de sus deducciones, aventaja a la mayor parte de las demás ramas de la Física teórica, que, como la teoría de la conducción del calor, por



ejemplo, están establecidas sobre principios muy sencillos, pero que no corresponden completamente a la realidad efectiva; sobrepuja a la mecánica celeste, obra magistral del ingenio humano, basada únicamente en una sola ley empírica, cuyas dos mitades no son quizás exactas...» «Interesando la Termodinámica todos los dominios de la Física podría tratarse como una parte independiente, fundamental por así decirlo, de la Filosofía natural y designarse con el nombre de *Energética*.»

Las tres etapas de la evolución de la Física serían:

1ª. Física clásica. Representante Isaac Newton (1642-1729).

2ª. Etapa de transición. Representante Miguel Faraday (1791-1867).

3ª. Teoría electrónica (Lorentz). Física relativista. Representante Alberto Einstein (1879-.....).

## Física clásica y Física relativista

Sentemos unas bases previas sobre el valor inflexible de las Matemáticas. Hay partes en las Matemáticas, según Nordmann, como la Aritmética, el Algebra y el análisis infinitesimal que son pura y exclusivamente dialécticas y lógicas. Se fundan tan sólo en la naturaleza de nuestro pensamiento y en principios iniciales sin los que éste no sería posible. Constituyen la expresión de un lenguaje sintético y de las categorías de nuestra razón; por esto, son comunes a todos los hombres como los principios del lenguaje.

Las otras partes constituyen el «grupo geométrico» y estudian ya figuras, es decir, seres que ideal o realmente son objetos concretos. En tiempo de Descartes (descubridor de la Geometría Analítica, puente artificial pero prodigioso entre la Geometría y el cálculo), y hace todavía un siglo, creíase que sólo hay una Geometría como hay una sola Aritmética. Se conocen hoy muchas geometrías no euclidianas, diferentes entre ellas, perfectamente coherentes con tanto derecho a llamarse verdaderas como la Geometría de Euclides en el campo de las figuras que nuestro pensamiento imagina. Algunas están hasta más de acuerdo con la realidad tratándose de distancias grandes.



Hay, pues, continúa Nordmann, tantas geometrías como sistemas filosóficos. Un hombre nacido sordo, mudo, ciego, paralítico y que no tuviera contacto con el exterior, podría crear fenómenos algebraicos; pero no podría crear fenómenos geométricos, o por lo menos, no podemos imaginar qué clase de Geometría crearía.

Se dice ordinariamente que las nociones geométricas son concepciones de nuestro espíritu que han pasado de los umbrales de la experiencia. La realidad es otra: en el desarrollo de una noción hay que considerar el individuo y la raza, así como en el desarrollo de un órgano debemos considerar la ontogenia y la filogenia. Aún admitiendo que en un individuo dado, la noción parezca desarrollarse sin la sugestión de los sentidos, no tenemos el derecho de concluir que la experiencia es extraña al desarrollo filogenético.

La Física clásica es la aplicación de las Matemáticas a los fenómenos naturales. Está fundada en la Mecánica, es decir, en una Geometría que toma en cuenta al tiempo, pero aclarando que es el tiempo psicológico que depende de la apreciación de nuestros sentidos. Los simples datos de los sentidos pueden engañarnos. De acuerdo con los sentidos la Tierra se nos presenta como si fuera plana. Después que se hubo demostrado que es esférica por el razonamiento y comprobaciones experimentales, y que tiene además un movimiento de rotación, las palabras arriba y abajo dejaron de tener sentido en el espacio. Ya no se podía hablar del absurdo que tanto preocupó a los que creían con el sentido común de que hubiera hombres en las antípodas que estuvieran con la cabeza para abajo.

Considera el movimiento de los cuerpos como si hubiera un sistema de referencia absoluto moviéndose en el espacio y tiempo tomadas como dos entidades independientes. En cambio, la Física relativista concibe la existencia de un continuo o entidad física espacio-tiempo de cuatro dimensiones. De ahí que la velocidad intervenga en el tamaño de los cuerpos.

Se funda en axiomas o sea proposiciones que se imponen con la fuerza de la evidencia, pero en los que podemos encontrar al fondo la experiencia, y en principios o postulados que se dicen imponerse por la evidencia aunque son indemostrables. En realidad no se imponen a nuestra razón sino que con ellos viene toda la fuerza de una tradición



ancestral y la imposibilidad de concebir otras maneras desacostumbradas.

El conflicto comienza a suscitarse en la Física clásica por la teoría electrónica que encontró ciertos fenómenos especiales debido a la enorme velocidad de esas partículas eléctricas. Entonces se vió que las fórmulas de la Física clásica, si bien satisfacen perfectamente las necesidades de la práctica, no son sino meras aproximaciones a la verdad. La Astronomía descubrió después que en planetas más rápidos que la Tierra se puede apreciar ya un cierto desplazamiento de las órbitas semejante a la que se observa en los electrones. Tal es el desplazamiento del perihelio de la órbita de Mercurio.

Lorentz (1853 - 1928) a quien se debe casi toda la teoría electrónica, había demostrado que para todos los sistemas de coordenadas para los que las ecuaciones mecánicas son válidas, las leyes electrodinámicas y ópticas guardan igualmente su valor. Esto para las magnitudes de primer orden. Einstein dice en la introducción de la obra «Electrodinámica de los cuerpos en movimiento» con la cual presentó su célebre teoría el año 1905: «Deseamos elevar esta conjetura (cuyo contenido se llamará en adelante principio de relatividad) al rango de una hipótesis e introducir la suposición, que no es más que en apariencia incompatible con ese principio, que la luz se propaga siempre en el vacío con una cierta velocidad  $c$  independiente del estado de movimiento de la fuente luminosa».

El sabio experimentador de Chicago, Michelson, había realizado un famoso experimento que motivó una explicación de Lorentz y sirvió de motivo para la justificación de la teoría relativista. Había hecho un experimento que alcanzaba hasta las magnitudes de segundo orden y del cual resultaba que no se producía viento en el éter por el movimiento de la Tierra. Era una comprobación experimental del principio de la constancia de la velocidad en contraposición con lo que el principio experimental de la relatividad clásica de Galileo enseña para los movimientos relativos.

Ante este conflicto de dos principios experimentales, Einstein resuelve la cuestión probando que el éter luminoso es superfluo lo que trae como consecuencia la negación del espacio absoluto.

En defensa de la Física clásica se levantaron la Lógica,



las teorías del conocimiento, en especial la del sentido común, y las matemáticas del grupo geométrico. Qué hacer? Lo inesperado: revisar la Lógica y las Matemáticas con lo cual la teoría del conocimiento queda en un conflicto insalvable. Y el sentido común que condenó a Galileo y al inventor de la bicicleta no pudo en esta vez salir airoso; fué tan sólo, como siempre, el eterno argumento de los que se sienten derrotados.

No debe considerarse tampoco el advenimiento de la Teoría relativista como una completa revolución de las ciencias. Ya Newton se dió cuenta de ciertas fallas al establecer la Mecánica, pero en aquella época no se podía hacer más. Para la Física ordinaria que se aplica en las profesiones no hace falta la corrección de la relatividad porque, como queda dicho, las divergencias son notables tan sólo tratándose de grandes velocidades. En fin, la Física clásica es una fase necesaria de la evolución: sin ella no habría nacido la Física relativista.

Qué posición debemos adoptar entre estas situaciones del logicismo puro y del relativismo puro?

Pongamos un ejemplo para mayor claridad. Para la teoría de la relatividad general no hay formas sencillas y complicadas de las leyes naturales sino que únicamente los valores numéricos pueden ser más o menos sencillos. Ahora bien, adoptando los sistemas de Copérnico y de Ptolomeo se llega a las mismas leyes. Como escribía Henri Poincaré, el insigne pensador y matemático francés: «estas dos proposiciones, la Tierra gira, y, es más cómodo suponer que la Tierra gire, tienen un solo y mismo sentido». O sea, no hay cómo decir que la una sea verdadera y la otra falsa. Estamos en el caso, dice Poincaré, comparando la Geometría de Euclides con la de Lobatschewsky no eucladiana, que no se puede decir que la una sea verdadera y la otra falsa así como no se puede decir que el sistema métrico sea verdadero y el de toesa, pie y pulgada falso.

Poincaré mismo nos saca del atolladero asegurando que una teoría física es tanto más verdadera cuanto más relaciones verdaderas ponga en evidencia. Esto es lo que pasa con la teoría de Copérnico: al afirmar que la Tierra gira afirma que el aplastamiento de la Tierra, la rotación del péndulo de Foucault, la rotación de los ciclones, los vientos



alisios, etc., tienen la misma causa y esto es verdadero sea que haya espacio absoluto o que no haya.

Esta posición de Henri Poincaré que pudiéramos llamar intermedia parece ser la que deba adoptarse.

La evolución hacia la Física relativista nos aparece muy clara en el desarrollo de la Óptica porque es la forma de energía radiante que más se prestaba a la experimentación en el siglo pasado. Esto es tan cierto que poco a poco se han ido descubriendo los mismos fenómenos que se estudian en la Óptica física en las demás radiaciones.

Tenemos, cronológicamente, la teoría de la emisión de Newton, luego la concepción del éter o éteres cuya historia es larga hasta Fresnel y se llega a las concepciones de Faraday de las que recordaremos como fundamental la desviación del plano de polarización de la luz por un campo magnético. Toca a Maxwell la gloria de haber encontrado las fórmulas de la onda electromagnética. Esta última fase queda bien definida por Mataix Aracil en su *Mecánica racional* cuando dice: «A la teoría ondulatoria siguió la electromagnética que consiste en identificar el vector luminoso, ya con la intensidad de un campo eléctrico o electromagnético definido por las seis ecuaciones de Maxwell-Hertz, ya con el desplazamiento eléctrico, resultando en este último caso las mismas ecuaciones de Fresnel para las ondas elásticas transversales».

Luego después asistimos al conflicto de experimentos diversos como la aberración, los de Fizeau, los de Michelson que nos conducen a resultados contradictorios sobre el reposo o el arrastre total o parcial del éter en el movimiento de un cuerpo. Por esto, y tomando en cuenta, como ya está dicho, que Michelson llegó a las magnitudes del segundo orden, Einstein demostró la inutilidad de la teoría del éter.

Con la teoría de Planck se acepta que la energía se emite o se absorbe por partículas. Esta teoría que explica bien, y sólo ella, hechos experimentales como la composición de los espectros y la radiación atómica, nos conduce a admitir que la propagación de la luz es debida a la emisión de partículas discretas: los fotones. Ahora bien, sabemos que la electricidad es un conjunto de electrones; es más, podemos hablar indiferentemente de la tensión eléctrica como de la velocidad del electrón y los fotones presentan grandes analogías con los electrones si es que en el fondo no son lo mismo.





## Galilei Galileo

1564-1642

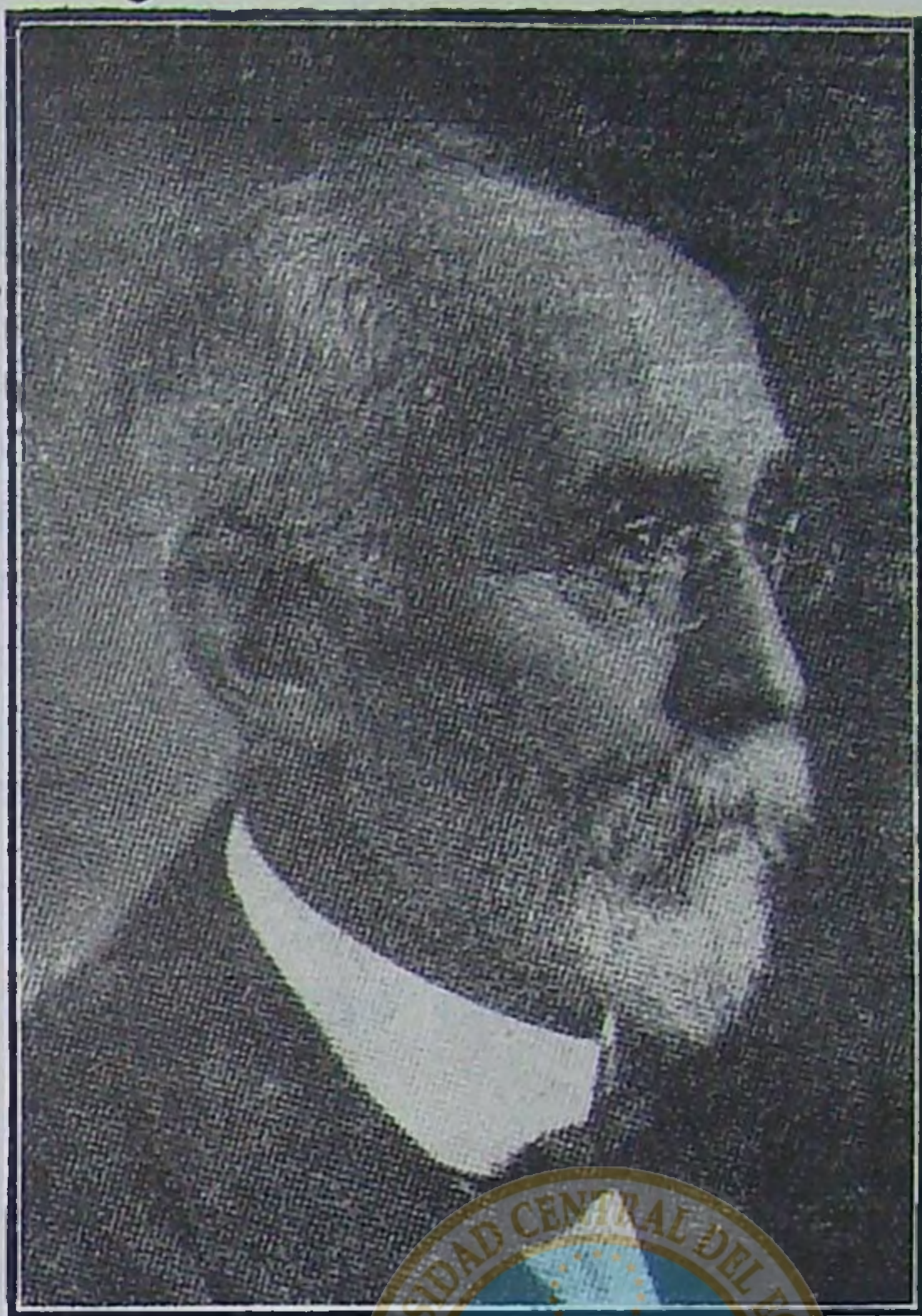
Es tan conocida la vida de Galileo que nos bastará recordar que enunció la ley de la caída de los cuerpos, la de la rotación de la Tierra y aplicó el anteojo astronómico al estudio de los astros.

Su principio experimental de relatividad y las ecuaciones de transformación son el fundamento incommovible de la Mecánica clásica.









H. A. Lorentz

Este ilustre físico holandés nació en 1853 y murió en 1928. Son notables sus trabajos sobre las teorías de la óptica y de la electricidad, habiendo establecido en 1880, una teoría sobre la propagación de las ondas eléctricas en un medio formado de partículas discontinuas. Sus estudios sobre el campo magnético y la luz polarizada fueron la base para el descubrimiento del fenómeno Zeemann. Obtuvo el premio Nobel por 1902 y es uno de los fundadores de las teorías electrónicas.

La más notable memoria se refiere a la teoría de los fenómenos eléctricos y ópticos de los cuerpos en movimiento. En ella demostró que el principio de relatividad, válido en el dominio de la mecánica ordinaria, también lo es en la electrodinámica. De este modo puso las bases de las teorías relativistas. El mismo Einstein, cuando presentó su famosa teoría de la relatividad en el libro «Sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento», se expresa así: «La memoria de H. A. Lorentz titulada *Electrodinamic phenomena in a system moving with any velocity smaller than that of light* (Proceeding Acad. Sci., Amsterdam, t. VI, 1904, p. 809) me era completamente desconocida al momento en que escribí esta memoria».



Por otra parte la teoría ondulatoria es la única que explica fenómenos como los de interferencia y difracción.

Las dos teorías son incompatibles. Entonces aparece el Dr. Louis de Broglie poseedor del premio Nobel de Física por 1929 a resolver la contradicción. Todo fenómeno de propagación electromagnética se debe a un corpúsculo inseparablemente ligado a una onda y como si la propagación de esta onda dirigiese al corpúsculo. La teoría del Dr. Broglie ha recibido después confirmaciones experimentales y nos conduce a una teoría mixta de emisión y ondulación sobre la naturaleza de la luz.

## Mecánicas clásica y estadística

La Mecánica clásica está ya definida y además se la conoce generalmente bien. Pasemos, pues, a hacer la comparación con la Mecánica estadística y para ello consideremos el caso del movimiento de las moléculas de un cuerpo.

Según la Mecánica clásica se admite que las cosas suceden como si la tercera parte de las moléculas se dirigiera según el eje X, la tercera parte según el eje Y la otra tercera parte según el eje Z. Por este razonamiento se llega a establecer las ecuaciones de la teoría cinética clásica de Claussius y Kröning. Esto satisface al matemático puro, pero no al físico. Lo exacto sería calcular el número de probabilidades que hay para que una molécula pase por un punto determinado o para que choque con otra.

Reproduzcamos también unos párrafos del profesor Mac Lewis de la Universidad de Liverpool que nos darán una idea más exacta de lo que es la Mecánica estadística:

«Es necesario cuando se examinan los fenómenos en los cuales intervienen las moléculas, hacer intervenir estas moléculas en el razonamiento. Pero la dificultad reside en el hecho de que, cuando un sistema está constituido por un inmenso número de partículas (por ejemplo las moléculas de un gas), es imposible seguir la trayectoria extremadamente complicada de cada molécula. Para penetrar en el conocimiento del mecanismo de los fenómenos (más íntimamente que en la teoría cinética ordinaria en la cual se ha hecho la hipótesis, falsa por cierto, de que todas las moléculas son



idénticas bajo todo punto de vista), es necesario proceder de manera muy diferente e introducir una nueva concepción que permita tratar de una manera más exacta y lógica los problemas físicos y químicos».

«Esta idea nueva, debida a Maxwell y Boltzmann, está expresada en la teoría de las probabilidades cuya aplicación a la mecánica ha recibido el nombre de «mecánica estadística».

«Colocándonos en este nuevo punto de vista podemos apreciar bien el hecho de que las moléculas no sean idénticas sino que difieren las unas de las otras por su velocidad, dirección y energía. Los resultados obtenidos son *medias*, accesibles a la experiencia, y representan la combinación de todas las acciones de las moléculas presentes habiendo tomado en cuenta la desigualdad de la acción de cada molécula considerada individualmente. Esto no quiere decir que tengamos que calcular la posición, velocidad y energía de cada molécula en diferentes instantes lo cual sería imposible. Al contrario, se apoya sobre el hecho de que el número de moléculas que constituyen los sistemas materiales estudiados es tan enorme que se puede aplicar entonces a su conjunto las leyes de las probabilidades».

En este caso, la Física que está colocada ante el hecho de que un mismo fenómeno bajo las mismas circunstancias se repite siempre idéntico, pasa a colocarse en el plano de la Psicología en la que un mismo individuo colocado en las mismas circunstancias puede reaccionar de diferentes maneras.

De aquí que la teoría cinética moderna nos conduzca a una curva de frecuencia análoga a las que se obtienen en la estadística psicológica y que representa las variaciones de los coeficientes del binomio de Newton. Por fin, nos ha aclarado los conceptos sobre el valor de las leyes naturales: hoy día se acepta que todas las leyes tienen un valor estadístico.

## Mecánicas relativista y ondulatoria

Pudiera decir que la Mecánica relativista es una corrección hecha a la Mecánica clásica para las grandes velocidades, regresando de la Energética y en especial de la Electrodinámica para la revisión de los fundamentos primeros de la



Mecánica y de la Geometría. Laue, profesor de Física teórica en la Universidad de Berlín, nos dice en su obra sobre la teoría relativista: «Las ecuaciones de transformación de Maxwell juegan en Electrodinámica el mismo papel que la transformación de Galileo en Mecánica clásica».

«El punto de partida de la Mecánica ondulatoria, según el Dr. Broglie, es considerar el punto material de las antiguas teorías, no como una entidad aislada ocupando un dominio infimo del espacio, sino como una singularidad en el seno de un fenómeno periódico extenso ocupando toda una parte del espacio».

Es tan grande esta concepción dentro de la Física moderna que el mismo Dr. Broglie dice en la página 7 de su obra «La Mecánica ondulatoria»: «Llamo antiguas dinámicas a las de Newton y de Einstein. La segunda constituye, a mi manera de ver, un progreso sobre la primera y ha recibido importantes confirmaciones experimentales. Pero tanto la una como la otra nos aparecen hoy día como aproximaciones respecto a una teoría más general que juega vis-a-vis de ellas, exactamente el papel de la óptica ondulatoria vis-a-vis de la óptica geométrica».

Pudiera argumentarse que siendo tanto Einstein como Broglie físicos matemáticos, sus teorías sean simples juegos del espíritu. Mas, la teoría de Einstein ha recibido comprobaciones experimentales como el descubrimiento del desplazamiento del perihelio de Mercurio, el corrimiento de las rayas del espectro, la desviación de un rayo de luz que pasa junto a un campo gravitatorio y la de Broglie el descubrimiento de fenómenos ondulatorios ligados a la proyección de electrones. Tanto en la una como en la otra las medidas hechas en la experimentación están de acuerdo con las fórmulas establecidas con el cálculo matemático.

## Conclusión

Después de esta ligera revisión de las trayectorias actuales de la Física, deseo terminar este trabajo con ciertas consideraciones generales, en especial relacionadas con la enseñanza de esta ciencia y de ciencias afines.

La historia del progreso científico, además de aclarar los

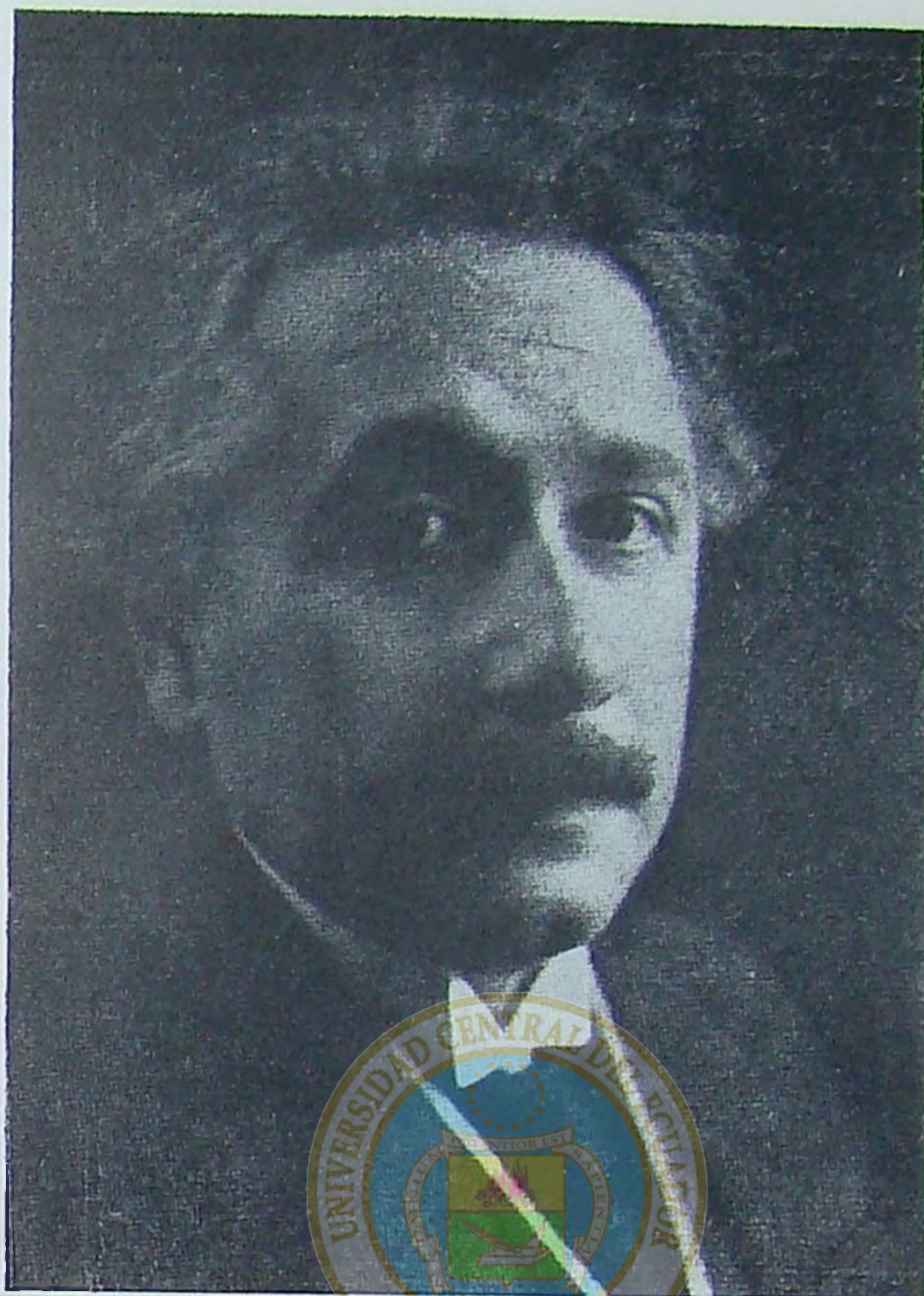


conceptos producirá una cultura científica en los Institutos de educación si va acompañada de una crítica sobre el ambiente de cada época. Es seguro que si a un alumno inteligente y laborioso se le pone a trabajar sobre determinada disciplina científica, sin sugerirle ningún concepto previo, irá reproduciendo la escala de progresos que la humanidad ha hecho a través del tiempo. La demostración de esta tesis tenemos en la vida del gran Pascal quien en su niñez, impedido de leer obras de matemáticas, creó con una nomenclatura especial los dieciseis primeros teoremas de la Geometría de Euclides. Pero, como ya he expresado, la ciencia crea nuevas culturas y en ocasiones no conviene hacer caer a los discípulos en ciertos errores históricos que pueden crear prejuicios difíciles de destruir. En estos casos conviene que resuelvan o resolver de acuerdo con los adelantos actuales y simplemente dar después una noticia histórica del asunto para hacer resaltar los esfuerzos de la humanidad pensante. Es suma, no conviene, aunque desgraciadamente es muy común, crear un culto irrazonado a la tradición.

Cabe observar también que una enseñanza meramente descriptiva o netamente experimental, sin la crítica de la teoría sería una enseñanza empírica o recreativa; con la teoría sería ya razonada aunque elemental y una enseñanza exclusivamente matemática satisface sólo al matemático puro y sería convertir la clase de Física en una como sucursal de la clase de Matemáticas. Desentrañar el contenido real de las expresiones matemáticas es un punto de vista primordial que da a la Física hermosura y amenidad. Pongo por caso que se va a resolver una integración para lo cual necesitamos hacer un cambio de variable. El matemático puro está como ante un anaquel donde estan coleccionadas las variables buscando por tanteos cuál es la que le conviene. Para el Físico, en cambio, las variables son las condiciones experimentales del fenómeno de modo que las fórmulas adquieren vida y colorido.

En la enseñanza universitaria debería combinarse todo cuidando de la profundidad del estudio y de la exactitud científica más que de la parte pedagógica, pues en este último aspecto el éxito reside en la capacitación para el trabajo propio que la práctica del profesorado afirma con lo que la Pedagogía pueda extraer de la Filosofía. Toda enseñanza científica será de hecho pedagógica y la capacitación del





**Albert Einstein**

Nació en Ulm en marzo de 1879. En 1905 presentó la teoría de la relatividad restringida con el folleto titulado «Sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento». Es también autor de brillantes trabajos sobre movimiento browniano y los quanta. La Universidad de Zúrich, ciudad en que hizo sus estudios superiores, le nombró doctor en Filosofía y en 1907 profesor de Filosofía.

Después de las famosas discusiones en el Colegio de Francia, en que tomaron parte Painlevé y Hadamard, salió airoso con su teoría relativista que comprendía ya la Relatividad generalizada. En 1915 trabajó en la Universidad de Berlín y en 1921 ganó el premio Nobel que lo cedió íntegramente para fines de caridad. Su nombre constó en el Comité Internacional de redacción del periódico «Le Monde» que Barbusse publicara en París.

Su teoría, llamada de la relatividad con alguna impropiedad, está considerada como la obra magna del siglo XX y su nombre representa, seguramente, la más alta autoridad mundial en la Física y sus proyecciones filosóficas.





ÁREA HISTÓRICA  
DEL CENTRO DE INFORMACIÓN INTEGRAL





Louis de Broglie

Obtuvo el premio Nobel de Física por 1929. Su nombre se reveló al mundo científico por su Tesis al doctorado, presentada en 1924. En ella se sientan las bases de una teoría que está revolucionando la Física moderna. La Mecánica ondulatoria ha recibido concluyentes confirmaciones experimentales con el descubrimiento de fenómenos ondulatorios ligados a la proyección de electrones, y cuyas medidas están en perfecto acuerdo con las fórmulas deducidas por M. Louis de Broglie.

Nació en Dieppe en 1892 y actualmente ocupa una cátedra en la Universidad de París.



individuo para el trabajo personal viene a ser para el universitario no sólo un ideal pedagógico sino una necesidad profesional.

Recordaré, en efecto, que los tipos psicológicos pueden reducirse a sensitivo, imitativo, intuitivo y racional, y pongamos por caso un profesor que da enseñanza dogmática que obligue a repetir mas no a sugerir. El estudiante de tipo racional, que es el más perfecto, se encontrará coartado, aplastado, inconforme y su pensamiento volará aún sobre las concepciones del profesor. En estas condiciones la enseñanza ha fracasado. A una Universidad se supone que han llegado casi exclusivamente los tipos intuitivo y racional por lo que el profesor será la ayuda, el guía, el que da orientaciones siendo a su vez respecto de sus obras de consulta y de su práctica de laboratorio un individuo del tipo racional. El interés se despertará por la teoría que satisface el espíritu, y la práctica que satisface, estimula y capacita para el trabajo e iniciativas personales.

La Pedagogía no deriva sino de la Filosofía, de la capacidad del profesor y de su entusiasmo. No se hacen profesores con sólo aprender Pedagogía así como no se hacen músicos con sólo aprender música y en cuanto a la Universidad no debe producir sólo estudiosos sino sobre todo investigadores. Sembrar hondas inquietudes espirituales, plantear problemas técnicos, científicos y filosóficos, enseñar a contemplar y concebir el Universo, provocar ansia de investigar y de saber, crear aspiraciones, ambiciones e ideales es dar campo abierto para el vuelo de la inteligencia, formar personalidades propias, el espíritu crítico y es dar fuerzas para la lucha por la vida.

En cuanto a las modalidades de la Física por sus proyecciones filosóficas, conviene sugerirlas aún en la Física técnica como una base de cultura, pero con mayor o menor intensidad según sea Física especialmente matemática o de otra índole según la Facultad. Así este aspecto tomará mayor incremento en una Facultad de Filosofía hasta culminar con la enseñanza de Filosofía de las Ciencias. En la enseñanza de Física general los alumnos de todas las Facultades deberían recibir con más o menos profundidad todos los asuntos que atañen a esta ciencia, pero siempre guardando un plan de unidad y de conjunto porque todos los conocimientos se auxilian, se armonizan y no pueden marchar



desconectados. De esta enseñanza general se aprovecharán las diversas Facultades para desprender materias especiales que vienen a ser como especializaciones de diferentes ramas de la Física. Enseñanza teórica y matemática que guíe la experiencia, confirmación de los resultados previstos por las fórmulas en las salas de experimentación, aptitud de aplicar la Física ya a la profesión, ya a la vida práctica en general por esfuerzo propio y con iniciativas propias: he ahí un plan de acción. Impropio sería por un lado una enseñanza técnica exclusivamente porque la Física no es profesión sino ciencia de la cual aprovechan las profesiones, así como una enseñanza teórica exclusivamente daría el espectáculo lamentable de un estudiante cargado de teorías y cálculos, pero que se encuentra al mismo nivel que un profano ante un radio, una electrola, el cine parlante o la televisión.



ÁREA HISTÓRICA  
DEL CENTRO DE INFORMACIÓN INTEGRAL