

*Desde mi aldea veo cuanto desde la tierra se puede ver del Universo. Por eso mi aldea es tan grande como cualquier otra tierra. Porque yo soy del tamaño de lo que veo y no del tamaño de mi altura...*

Fernando Pessoa

#### CONTENIDOS

- Historia de la física
- Características de la ciencia
- Ciencia y tecnología
- Modelos y teorías
- El lenguaje de la física

# 1 LA FÍSICA Y EL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

Parece existir un amplio acuerdo entre las personas acerca de que hay algo especial y valioso en torno a la ciencia, sus enunciados y sus métodos. También es cierto que frecuentemente se le adjudica la responsabilidad de algunas consecuencias negativas que ha traído a las sociedades la aplicación de sus desarrollos.

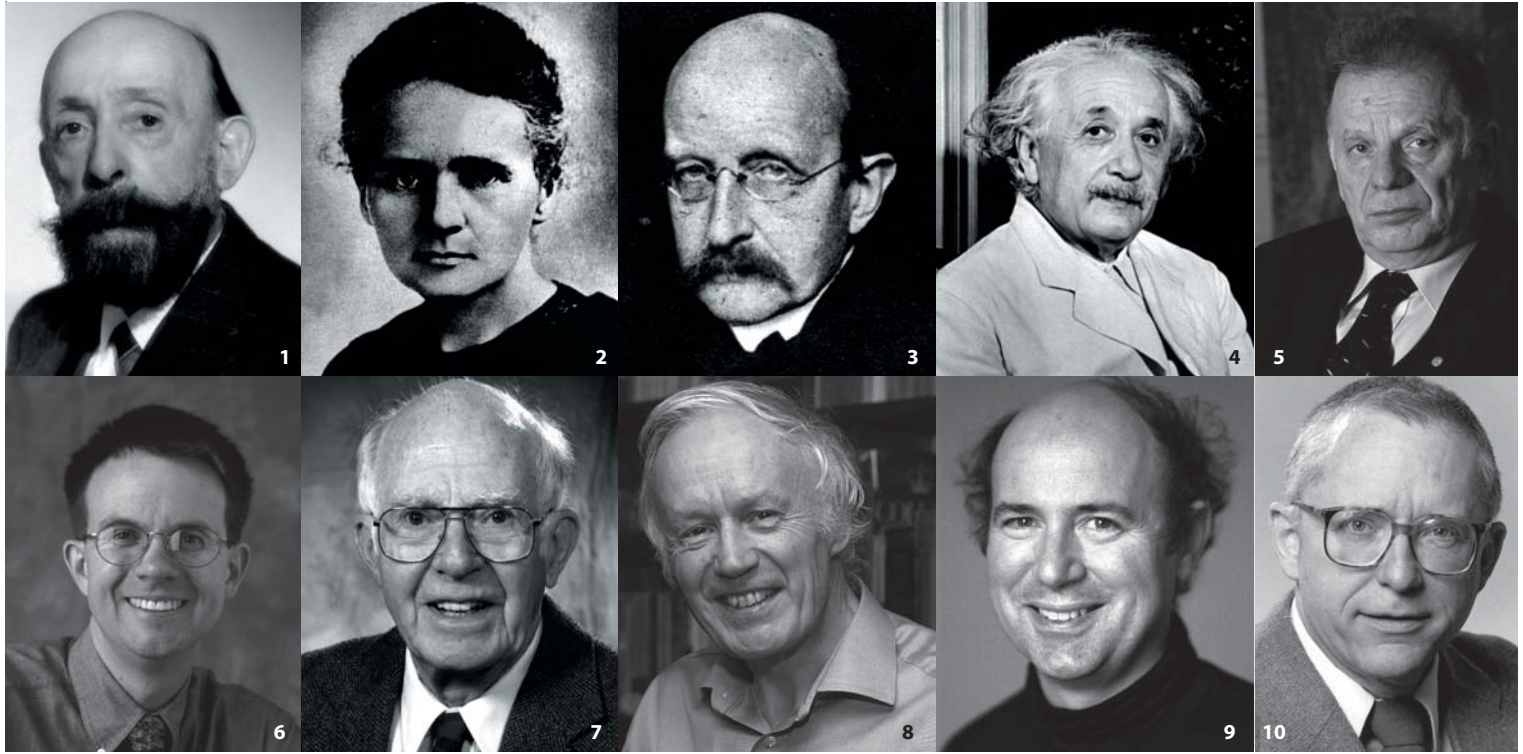
En este capítulo se realizará un recorrido por algunos aspectos que caracterizan esta práctica social particular, dentro de la cual se encuadra la física.

Einstein, en uno de sus libros, define la física como una aventura del pensamiento. Lo aventurado está, por lo menos, en algunas suposiciones de base, como su seguridad respecto a la existencia de una realidad regida por leyes y la confianza en la capacidad de la razón humana para interpretarla. Lo cierto es que la inquietud por conocer el entorno natural parece haber acompañado al hombre de todos los tiempos y de todas las culturas. Este interés podría explicarse por distintas razones: la necesidad de anticipar los cambios de la naturaleza para asegurar la supervivencia, el temor hacia lo desconocido, o la simple curiosidad natural que puede llevarlo, en un plano más trascendental, a interrogarse acerca de su existencia y la del mundo que lo rodea.

Probablemente, también cada uno de nosotros haya participado de esta búsqueda de respuestas, aunque no lo hayamos hecho de manera sistemática.

El ser humano de todas las épocas buscó comprender su entorno para volverlo más confiable. Este relieve representa un aspecto de las antiguas culturas de Asia Menor.





## Historia de la física

### Ordenando el desorden

Desde que nace, el ser humano experimenta necesidades, satisfacciones, frustraciones, éxitos y fracasos. El conocimiento le ofrece algunas seguridades en la vida cotidiana dentro del entorno natural y en la relación con las otras personas. El camino de volver seguro su entorno descansa en la convicción de que está sujeto a leyes que lo ordenan, y que es posible conocerlas para, eventualmente y mediante la técnica adecuada, controlar los cambios. Este emprendimiento no es solitario. La historia personal de cada individuo se ve enmarcada por la historia colectiva, presente, anterior y futura.

El lenguaje es el vehículo principal a través del cual continúa esta historia colectiva que asigna significados a la realidad percibida.

La palabra **cosmos** con la que se designa frecuentemente al universo, tiene origen griego y significa orden. **Caos**, otra palabra del mismo origen, tiene el significado opuesto: desorden. Probablemente, toda la ciencia se basa en transformar el caos en cosmos, en el intento necesariamente colectivo de mejorar la vida.

Otro par de términos de origen griego, **física** y **metafísica**, también resultan significativos para este análisis. El primero alude a la realidad concreta que impresiona los sentidos, el mundo material del cual el orden humano participa. Por su parte, la metafísica hace referencia a lo que está más allá de esta realidad inmediata. Refiere a otra realidad, la trascendente, la que permanece detrás de la pluralidad de los seres y de los cambios que se manifiestan a la percepción sensorial.

**1. Wilhelm Conrad Röntgen** (1845-1923)

Primer Premio Nobel de Física en 1901.

**2. Marie Curie** (1867-1934) Premio

Nobel de Física en 1903.

**3. Max Karl Ernst Ludwig Planck**

(1858-1947) Premio Nobel de Física en 1918.

**4. Albert Einstein** (1879-1955) Premio

Nobel de Física en 1918.

**5. Zhores Alferov** (1925) Premio Nobel

de Física en 2000.

**6. Wolfgang Ketterle** (1957) Premio

Nobel de Física en 2001.

**7. Raymond Davis** (1917) Premio Nobel

de Física en 2002.

**8. Alexei A. Abrikosov** (1928) Premio

Nobel de Física en 2003.

**9. David Gross** (1941) Premio Nobel de

Física en 2004.

**10. John L. Hall** (1934) Premio Nobel

de Física en 2005.

## Celestial versus terrenal

A lo largo de la historia, los pueblos han desarrollado sistemas de creencias o **cosmologías** con distintos fundamentos y grados de elaboración, para responder a la pregunta de cuáles son las leyes que explican el universo.

Aristóteles (384-322 a.C.), utilizando las ideas de otros pensadores, diseñó la cosmología más completa de la antigüedad. En ella explicaba la diversidad de seres y cosas que percibimos en el cielo y en la Tierra, y también sus cambios.

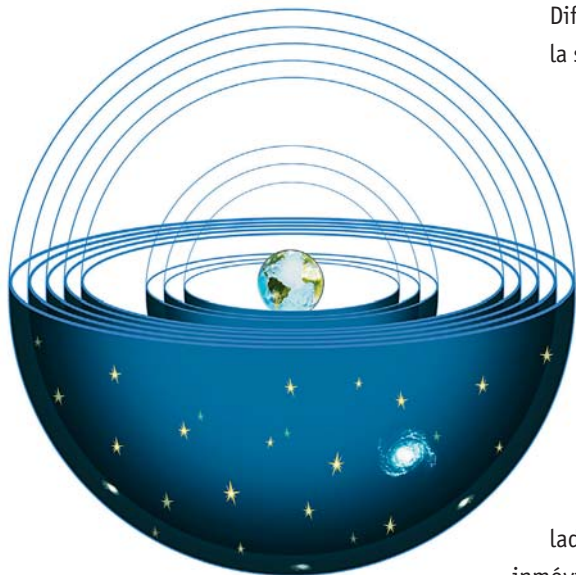


Imagen del cosmos, según Aristóteles.

Diferenció lo que podrían llamarse dos regiones de la realidad: la celestial y la sublunar. En la **región celestial** no se admiten cambios de ningún tipo.

En ella adquieren sentido palabras como eternidad y perfección. Está constituida por una sustancia a la que denominó **éter**. No hay lugar en este cielo para la aparición o desaparición de astros, manchas en el Sol o agujeros negros. Estos fenómenos, conocidos hoy en día, no habían sido registrados, por lo que el modelo cosmológico daba cuenta de una regularidad percibida en el cielo y asumida como inmutable.

La **región sublunar** formada por la Tierra y sus proximidades, se caracteriza por el cambio permanente y variado, la generación, la descomposición y la muerte. En suma, la finitud y no la eternidad.

Parecía clara la necesidad de definir dos grupos de explicaciones para lo observado: uno, en relación con la región celestial, y otro vinculado con los fenómenos terrestres. El modelo requería, además, una Tierra inmóvil, ubicada en el centro del universo.

Para Aristóteles, a través de los sentidos se accede a los accidentes particulares, como la cantidad, cualidad o ubicación espacial de algo o alguien. Para arribar al verdadero ser de las cosas (sustancia), es necesaria la razón. Esto se logra por una generalización a partir de las experiencias sensoriales que el intelecto puede realizar. Por otra parte, el conocimiento no es completo si no se enuncia alguna clase de finalidad o meta preestablecida dentro del plan universal.

Los enunciados de Aristóteles acerca del mundo natural ordenan la experiencia cotidiana desde un sistema teórico coherente, lo cual explica, entre otros motivos, su alto grado de aceptación a lo largo de varios siglos.



Esta escultura representa a **Aristóteles** (384-322 a.C.)

En su juventud se unió a la Academia, célebre centro cultural de la antigüedad. La abandonó en el año 347 a.C., a la muerte de Platón, quien fue su maestro. El rey Filipo de Macedonia lo requirió para que fuese tutor de su hijo, el célebre Alejandro Magno. Cuando éste inició la conquista de Persia, Aristóteles se instaló en Atenas y fundó su propia escuela, el Liceo.





1



2

## Aleandría: concierto de musas

Después de la muerte de Aristóteles, como resultado de la expansión griega, creció Alejandría, una ciudad fundada en Egipto por Alejandro Magno. Allí nació y se desarrolló el **Museo**, que era un lugar destinado al culto de las musas, deidades griegas que presidían las ciencias y las artes, y que fue célebre por su biblioteca. En este museo se fueron congregando los pensadores más importantes de la época, que incorporaron a la ciencia griega conocimientos de origen egipcio y mesopotámico.

La actividad científica de estos pensadores estaba más relacionada a problemas prácticos que a cuestiones filosóficas.

En este período se destacó, entre otras, la obra de Arquímedes (287-212 a.C.), un notable matemático e inventor griego. Entre sus trabajos está la ley que explica el funcionamiento de la palanca, la polea compuesta, el tornillo sin fin para elevar el agua de nivel, y la famosa ley de la hidrostática, llamada, justamente, principio de Arquímedes.

Los astrónomos alejandrinos pudieron describir con más precisión los movimientos planetarios, dado que disponían de los registros astronómicos babilónicos, egipcios y caldeos. Los avances en esta ciencia se vieron altamente influidos por un factor sociocultural de gran importancia: la difusión de la astrología en Alejandría y en todo el mundo antiguo, aun después del dominio del Imperio Romano en la región.

En la decadencia de la cultura alejandrina, Ptolomeo, astrónomo y astrólogo que vivió en el siglo II d.C., realizó un amplio registro de los conocimientos astronómicos en su libro *Almagesto* o *La gran síntesis matemática*. Esta obra tuvo vigencia hasta los tiempos de Galileo, dada la aceptable concordancia entre las predicciones de los movimientos de los astros y las mediciones, que, en esa época, tenían limitada precisión. Sus enunciados, además de corresponderse con las observaciones del sentido común, legitimaron las ideas filosóficas y religiosas, predominantemente cristianas, a lo largo de la Edad Media.

Ptolomeo fue también autor del célebre tratado de astrología, muy consultado durante el Renacimiento: *Tetrabiblos* o los *Cuatro libros*. Además, se conservan sus escritos sobre técnicas para construir relojes de sol, y sobre teoría musical y geografía.

1. Ptolomeo (siglo II d. C.).

2. Muro exterior de la Biblioteca de Alejandría, que podría considerarse la primera universidad de la historia. Allí se conservaban registros de toda la actividad cultural de la época; al mismo tiempo, se realizaban investigaciones y producciones técnicas. Lamentablemente, gran parte de estos trabajos se perdieron ya que la biblioteca fue reiteradamente atacada por quienes veían en ella un peligro para el orden social.



Mosaico que representa a Arquímedes de Siracusa (287-212 a.C.). Cuenta una leyenda que Arquímedes fue asesinado por un soldado, ofendido porque el sabio no respondió a sus requerimientos, ya que trabajaba absorto sobre la arena de la costa.





Ciudad de La Meca.

### El quiebre de un orden

La decadencia de Roma y la invasión bárbara a Europa iniciaron un proceso irreversible de cambio que instaló la sociedad feudal. La mayoría de los textos griegos y alejandrinos se perdieron en esta época. Ptolomeo era entonces desconocido y de Aristóteles solo habían sobrevivido algunos escritos de lógica.

El pensamiento cristiano feudal manifestaba poco interés por el estudio de los fenómenos naturales, preocupado solamente por la salvación del alma.

Algunas opiniones señalan al pensamiento religioso oficial cristiano como el principal responsable del estancamiento cultural europeo. Su manifiesta hostilidad hacia la ciencia y la filosofía natural se fundamentaba en su identificación con el paganismo de los antiguos.

La expansión del Imperio Árabe por el oeste de Asia y el norte de África permitió el contacto de la herencia cultural griega en Persia y en Egipto. Además, los intercambios de la cultura árabe con la de India y China favorecieron el desarrollo cultural, del cual emergieron importantes avances en el conocimiento, en particular, de la matemática, la astronomía y la física.

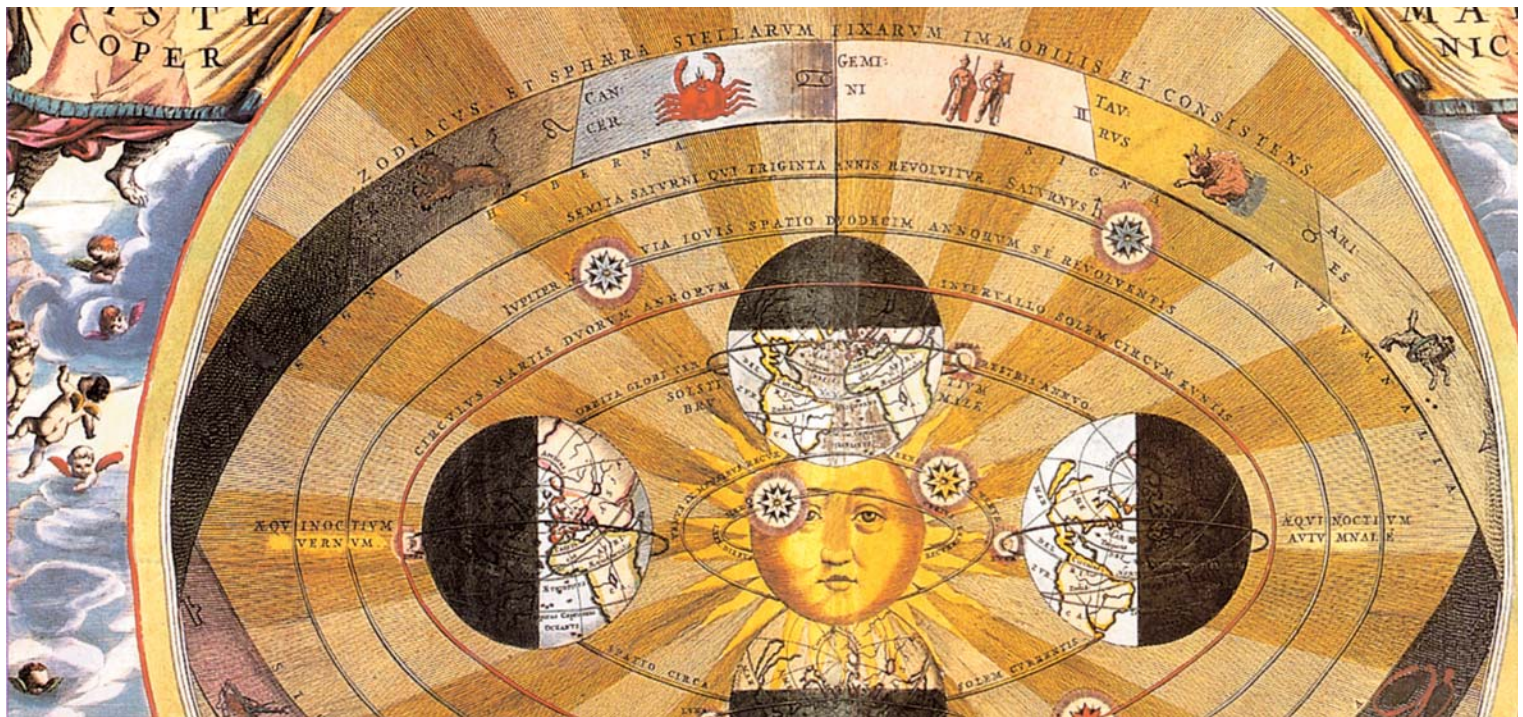
A partir del siglo X, consolidada la cristiandad europea, la gradual recuperación de los territorios ocupados por los árabes permitió el reingreso de los antiguos textos a Europa.

Imperio Árabe – Islámico.



Varios de los libros importantes del saber antiguo fueron rescatados para Occidente gracias al movimiento de traducción que se desarrolló a partir de la reconquista de la ciudad de Toledo, en 1085, por el rey Alfonso VI. El interés por las ciencias fue creciendo a medida que el cristianismo, en constante expansión, tomaba posesión de los grandes centros de la cultura musulmana.





## La Tierra ingresa al cosmos

En la segunda mitad del siglo XII, el cosmos aristotélico, tan conveniente para el pensamiento cristiano, porque separaba claramente el orden celestial del terrenal, comienza a ser criticado directamente a partir de las obras de su autor, leído ahora en traducciones árabes.

También, en esta época, llegaron a Europa textos antiguos desconocidos hasta entonces. Fueron llevados por algunos eruditos griegos del Imperio Bizantino que huían de la amenaza de los turcos, quienes finalmente tomaron Constantinopla en 1453.

A los textos antiguos traducidos se sumaron otros accesibles directamente en lengua original que versaban sobre cuestiones literarias, artísticas y arquitectónicas.

Gracias al invento de la imprenta, en el siglo XV, estas obras llegaron a muchos más lectores. Su influencia dio lugar al movimiento humanista, que se halla en los orígenes mismos del importante desarrollo cultural conocido como Renacimiento.

Este movimiento del siglo XVI supuso un retorno a las fuentes del arte y la literatura de la antigüedad grecolatina clásica, entregada a la exaltación de los valores terrenales. En este contexto se ubicó la llamada **revolución científica**, cuyo producto fue la ciencia moderna. Algunos autores la encuadraron en un período de un siglo y medio que se extendió entre la obra de Nicolás Copérnico, *De revolutionibus orbium caelestium* (Sobre la revolución de las esferas celestes), en 1543, hasta la publicación en 1687 de *Philosophiae naturalis principia matemática* (Principios matemáticos de filosofía natural) de Isaac Newton.

## Tres visiones del mundo

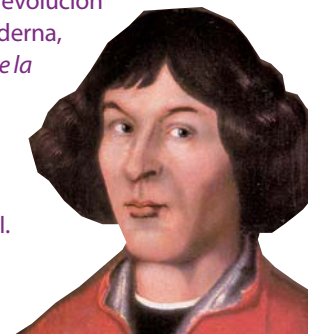
En el Renacimiento, período fructífero desde el punto de vista del conocimiento, coexistieron tres visiones del mundo o tradiciones científicas: el **organicismo**, el **neoplatonismo** y el **mecanicismo**.

### Organicismo

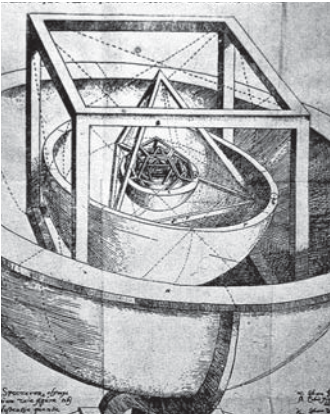
En el organicismo, lo que permite el conocimiento de lo real son las cualidades concretas de las cosas y de los seres vivos, que perciben los sentidos. La matemática no desempeña un papel relevante en la investigación de la naturaleza, ya que sus abstracciones no pueden reemplazar a la experiencia inmediata ni hallar las causas de los fenómenos. Esta visión supone la continuación en el Renacimiento del pensamiento escolástico medieval.

El nuevo orden universal copernicano, finalmente aceptado, puso a la Tierra en órbita alrededor del Sol y formando parte del universo. La división entre la física del cielo y la de la Tierra desapareció al unificarse en un mismo modelo explicativo.


**Nicolás Copérnico** nació en Thorn, Polonia, en 1473. Fue educado en la religión católica por su tío. Estudió matemática, leyes, medicina y astronomía en Italia, centro de la actividad cultural de la época. De regreso a Polonia, en 1505, se instaló en Frauenberg, una ciudad prusiana. Muy pocos días antes de su muerte, ocurrida en 1543, había publicado un libro clave para la revolución científica moderna, llamado *Sobre la revolución de las esferas celestes*, dedicado al papa Pablo III.







Modelo platónico del sistema solar presentado por J. Kepler en su obra *Mysterium Cosmographicum*, en 1596.

**Galileo Galilei (1564-1642)** se interesó por la investigación de temas como la caída de los cuerpos y la topografía. Inventó una máquina para elevar agua y el termoscopio. Realizó las primeras observaciones de la Luna, donde registró la presencia de montañas y cráteres, lo cual suponía una refutación de las tesis aristotélicas acerca de la perfección del mundo celeste. Se enfrentó con el Santo Oficio, quien le prohibió la enseñanza del sistema copernicano por considerarlo falso y opuesto a las Sagradas Escrituras, y lo obligó a abjurar de sus enunciados. Fue condenado al retiro, donde completó su texto más importante:

*Los Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze*, destinado a convertirse en la piedra angular de la ciencia de la mecánica, que Newton completaría más adelante.



En cambio, para las otras dos tradiciones, la matemática es el lenguaje en el que están cifrados los secretos de la naturaleza.

### Neoplatonismo

El neoplatonismo, con innegables referencias a escuelas antiguas y paganas, como la pitagórica y la hermética, planteaba que quien pretendiera develar los secretos de la naturaleza debía actuar como un mago. La fuente de conocimiento era, desde este punto de vista, **la contemplación mística del mundo**.

Las ideas de Copérnico fueron aceptadas con fervor por los neoplatónicos representados por Giordano Bruno (1548-1600) y Johannes Kepler (1571-1630). Precisamente, fue Kepler, copernicano convencido, quien llevó la astronomía a un nivel bien fundamentado al enunciar sus famosas leyes del movimiento de los cuerpos celestes.

### Mecanicismo

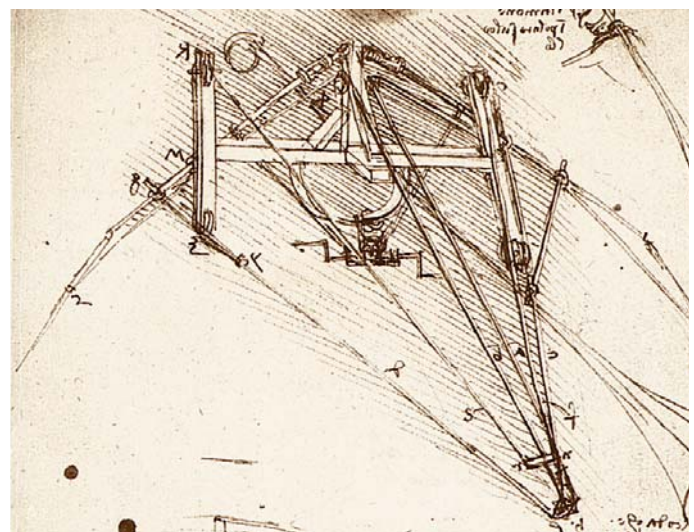
La visión mecanicista del mundo, por otra parte, floreció en los talleres en los cuales hombres de distintas artes debatían temas de interés técnico relacionados con las necesidades productivas de la época.

En su visión, relativamente desligada de los planteos filosóficos y religiosos, el universo era concebido como una gran máquina que podía desmantelarse para analizar sus partes y comprender su funcionamiento. Para ellos, el lenguaje en que estaba escrita la naturaleza era el matemático, pero sin el sentido místico que le asignaba la tradición neoplatónica. Los métodos para acceder al conocimiento eran los procedimientos de medición, tan precisos como pudieran realizarse, y el establecimiento de relaciones cuantitativas entre las medidas obtenidas.

El primero en introducir el método matemático experimental en la física fue Galileo Galilei, y sus aportes básicos se dirigieron a la rama de la física que hoy se conoce como **mecánica**. La tradición mecanicista logró predominar sobre las otras. Las obras del inglés Francis Bacon y del francés René Descartes sentaron las bases de los aspectos metodológicos y de los fines prácticos de la ciencia moderna. En estos ámbitos trabajó el más grande de los ingenieros y artistas renacentistas: Leonardo da Vinci.

A partir de esta época, la ciencia se convirtió en una práctica de alto interés social, relacionada directamente con los problemas y la vida de las personas.

Esta nueva filosofía natural desplazó a la aristotélica del encumbrado lugar que durante siglos había ocupado.



La máquina voladora, dibujo original de Leonardo da Vinci.

## Una sola física

La ciencia experimental renacentista resultó fructífera en términos de aplicaciones técnicas inmediatas y, por ello, fue alentada y protegida por los poderes económicos del momento. Diversas industrias, como la minera y la metalúrgica, entre otras, tuvieron en esta época un desarrollo muy importante aplicando los nuevos conocimientos.

La burguesía que, como resultado de importantes procesos políticos, fue ganando progresivamente poder económico dentro del naciente modelo capitalista, vio en los nuevos conocimientos alcanzados por la ciencia moderna un potencial para acrecentar su capital.

Hacia mediados del siglo XVII, el centro de la investigación científica se había trasladado a Inglaterra. Allí Boyle, Hooke y Halley, entre otros, desarrollaron su obra, a veces en abierta polémica con algunos científicos del continente, como el holandés Huygens o el alemán Leibniz.

Merece destacarse especialmente la obra de Isaac Newton, quien logró organizar el primer resumen unificador en torno al cual se encuadra la actual ciencia física. Completando los desarrollos de otros científicos anteriores, en particular los de Galileo y Kepler, la mecánica newtoniana, como sistema teórico, se constituyó en el paradigma de toda investigación científica. Para algunos autores, esta etapa que organizó el mundo dentro del marco de significados de la revolución copernicana, terminó con una nueva revolución conceptual a partir de la teoría de la relatividad de Albert Einstein, a comienzos del siglo XX, al proponer interpretaciones nuevas para dos categorías de la realidad consideradas evidentes: el espacio y el tiempo. Cuando algunos especulaban que las bases de la física estaban definitivamente construidas, la aparición en escena de la **física cuántica** cuestionó conceptos fundamentales dentro de esta ciencia, como es el *principio de causalidad* o el mismo concepto de *realidad*.

La ciencia es una actividad humana que no tiene fin, está en permanente construcción y reconstrucción, según los vaivenes y variados intereses de las sociedades que la practican. A pesar de su índole cambiante, hay ciertos aspectos fundamentales que la caracterizan y diferencian de otras prácticas sociales. En este contexto sociopolítico se conformaron las sociedades modernas, lo que explica de alguna manera el lugar de relevancia que ocupan las ciencias en ellas.



**Johannes Kepler**  
(1571-1630) nació en Wurttemberg, Alemania. Descendía de una familia castigada por la enfermedad mental y la pobreza. Fue educado en una escuela luterana. Realizó estudios de matemática y astronomía. Adhirió a las doctrinas neoplatónicas del culto al Sol y de la armonía del mundo. Fue el autor de las célebres leyes para el movimiento planetario, que publicó en 1619 en *Harmonice mundi* (Sobre la armonía del mundo).



La máquina de vapor de James Watt, patentada en 1769.



## Características de la ciencia



### Michael Faraday

(1791–1867) fue un

prestigioso científico que, por su humilde origen, estudió de forma autónoma, gracias a su oficio de encuadernador de libros. Sin demasiada preparación en matemática, pudo ver desde un punto alternativo los fenómenos electromagnéticos, como la desviación de una brújula en las proximidades de un cable con circulación de corriente eléctrica. Hasta ese momento, las interpretaciones se basaban en la tradición newtoniana de acción a distancia. Los trabajos de Ampère y otros científicos se habían estancado al concentrar su atención en el equipo experimental: cables,

imanes, etc., y la distancia que separaba los componentes. Faraday concentró su atención en el espacio que rodeaba a los imanes y a los conductores eléctricos: había llegado a escena el fructífero concepto de campo.



*¿Qué hay de especial en esta actividad denominada ciencia, que conduce a resultados tan valorados en las sociedades modernas?*

Lo que dice la ciencia en una gran variedad de cuestiones es invocado como argumento de autoridad, llamado a discernir, de una vez y para todos, lo que debe aceptarse como cierto, es decir, la última palabra.

En la ciencia, el método de aproximación al conocimiento y la validación de sus enunciados se denominan **método científico**.

### Para “verte” mejor

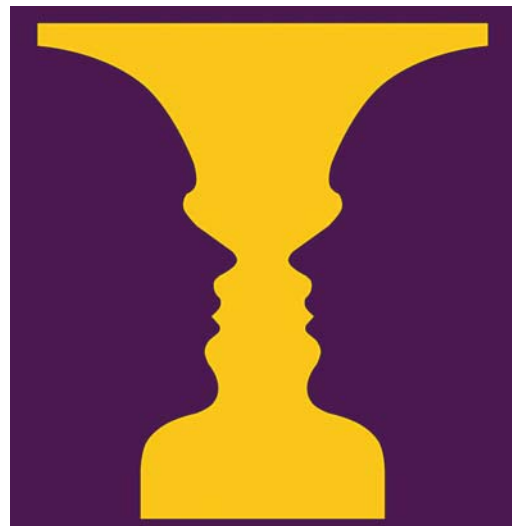
Existen muchas controversias acerca de la definición de las características de este método y del concepto de ciencia. Sin embargo, es posible enunciar algunos de sus aspectos más representativos.

Una primera idea de lo que resulta específico de la ciencia, es que se deriva de hechos. Existe la certeza de que la ciencia se fundamenta en lo que es posible ver, oír y tocar, y no en la imaginación especulativa. Sobre esta base segura y objetiva, el buen razonamiento conduciría hacia las leyes y teorías que forman el conocimiento científico. La realidad es la que pone a prueba y dictamina la veracidad de lo que sobre ella se enuncia. A una ciencia así planteada se la ha llamado **ciencia fáctica**.

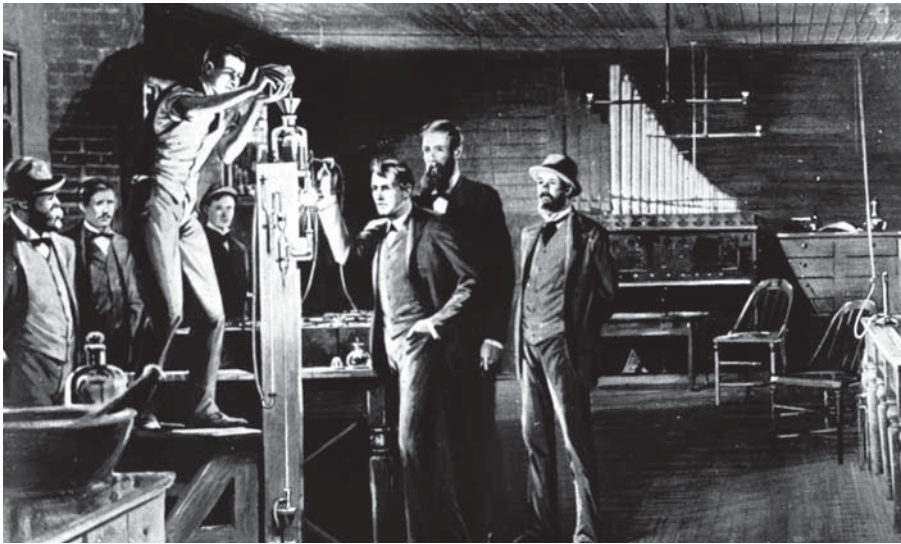
Sin embargo, está probado que cada uno percibe de manera diferente cuando observa un objeto o una escena. Las experiencias subjetivas no están determinadas únicamente por las imágenes formadas en las retinas sino que dependen también de la experiencia. Esta observación no está nunca desprovista de teoría. Frente a una misma situación, un observador que acepta cierta teoría no tiene experiencias perceptuales idénticas a las de otro que no la acepta. Por ejemplo, lo que un médico puede ver en una radiografía no es algo accesible a cualquiera que mire la misma placa.

Las observaciones dependen de la teoría que sustente quien observa, a lo que comúnmente se llama **marco teórico**. Por este motivo, los hechos en los que indudablemente se basa la ciencia moderna quedan mejor definidos como **enunciados observacionales**.

Por lo tanto, la confirmación o negación de un enunciado por una prueba experimental no puede ser definitiva, como no lo es la teoría con la que se interpretan estas observaciones. En las ciencias como la física, no se habla de conocimientos *verdaderos*, sino de conocimientos *válidos*, para resaltar el hecho de la provisionalidad de este saber.



Por ejemplo, en la siguiente imagen, podrían verse un jarrón o dos perfiles de rostros. Una vez que se han descubierto otras perspectivas, probablemente no se pueda volver a la impresión original: lo que se sabe condiciona ahora lo que se ve.



Esta imagen muestra el laboratorio del centro de investigación y desarrollo que Thomas Alba Edison construyó en 1876 en Menlo Park, una pequeña villa cercana a Nueva York. Aquí, Edison, acompañado por numerosos asistentes científicos, desarrolló importantes inventos, desde el fonógrafo hasta la lámpara incandescente que abrió paso a un nuevo sistema de alumbrado sobre la base de la energía eléctrica.

## La objetividad como construcción colectiva

La correcta observación no implica el abandono de toda actividad, un dejarse estar contemplativo, para evitar la contaminación de nuestra subjetividad hacia la percepción de nuestros sentidos. La observación está muy lejos de ser pasiva, ya que hay una cantidad de acciones que se llevan a cabo, aun en las observaciones cotidianas: acomodarse para ver, iluminar mejor, etc. Para mejorar la observación en las ciencias, es posible, por ejemplo, actualizar el instrumental o buscar más alcance para los telescopios.

Otro aspecto que mejora la objetividad de los enunciados observacionales es hacer público y accesible el desarrollo que permitió construirlos. Los hechos observables en ciencia suceden dentro de un proceso activo y público.

Se desprende de esta definición que las deducciones derivadas de los hechos observables son **falibles**, ya que están permanentemente sujetas a revisión.

El invento de la imprenta resultó uno de los movilizadores más importantes de la revolución científica, ya que facilitó la difusión de las ideas entre los muchos lectores que podían acceder a los textos impresos.

Hoy en día, los desarrollos científicos se hacen públicos en congresos disciplinares y en distintas revistas especializadas, donde los científicos publican las metodologías y conclusiones de sus investigaciones.

Por otra parte, los hechos observables se dan dentro del entorno de un **experimento**. En él no se observa la totalidad de lo que sucede, sino un cierto recorte relacionado con la intención del experimento. Es decir, toda observación se encuadra en una problemática que le da significado.

Los intereses sociales y particulares y el sistema de creencias tienen una influencia decisiva en la elección de estas problemáticas y en la definición de sus términos.

Por lo tanto, no es posible esperar que la mera observación de un fenómeno produzca algún tipo de conocimiento por la propia fuerza de su realidad.

Por ejemplo, en la antigüedad, se consideraba que los cometas estaban entre la Luna y la Tierra, o sea en el mundo sublunar. Su figura cambiante no era propia de un mundo inmutable como el del cielo. Eran interpretados, además, como un mal augurio.

*¿Será entonces que los experimentos son inútiles para conocer la realidad ya que dependen tan fuertemente de las teorías e intereses?*

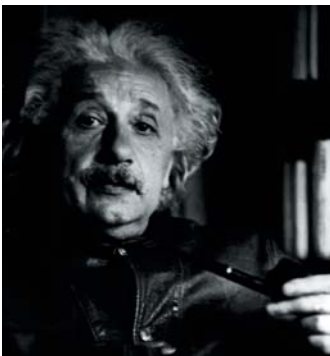
Obviamente, la respuesta es negativa. Los resultados de un experimento son determinados por el funcionamiento del mundo y no por las visiones teóricas sobre él. Por lo tanto, una característica prioritaria del pensamiento científico es que concede fundamental importancia, dentro del contexto de un problema que ha definido, a la **formulación de hipótesis** y su **contrastación** dentro del marco de un experimento.



En 1911, el industrial belga **Ernest Solvay** patrocinó el primero de los famosos Congresos Solvay en Bruselas, Bélgica. Durante este congreso, muy importante en la historia de la física, la comunidad de científicos más relevantes renunció explícitamente a la validez universal de la física desarrollada hasta fines del siglo XIX, sostenida, en esencia, por la mecánica de Newton y el electromagnetismo de Maxwell. Las representaciones cuánticas y las ideas sobre la naturaleza dual de la luz y las partículas invadirían, desde entonces, el pensamiento físico.



■ **Albert Einstein** nació el 14 de marzo de 1879 en Ulm, Alemania. Posteriormente viajó con su familia, de religión judía, a Suiza. Allí, tras fallar en el examen de ingreso a la Escuela Técnica Federal de Zurich, logró finalmente completar sus estudios secundarios en la Escuela de Argovia. Luego, volvió a la Escuela Técnica Federal de Zurich y finalizó su licenciatura en 1900. En 1905, publicó su tesis doctoral sobre el efecto fotoeléctrico, por lo que recibió, en 1921, el Premio Nobel. A partir de 1907, comenzó a publicar una serie de trabajos relacionados con su famosa teoría de la relatividad, formulada de manera definitiva en 1953. En 1941, en el contexto de la Segunda Guerra Mundial, obtuvo la nacionalidad estadounidense. Aunque militante de la paz, junto con otros científicos colaboró en el diseño de las bombas atómicas que explotaron sobre Hiroshima y Nagasaki en agosto de 1945. Murió el 18 de abril de 1955. Por su propia decisión, se desconoce el lugar donde están sus restos. El científico quería evitar convertir el lugar en un santuario.



## Modelos y teorías

Un relato muy conocido refiere que cuando se le preguntó a Albert Einstein en qué consistía la tarea de un científico, contestó que se parecía a lo que hace un hombre que, habiendo encontrado por casualidad un artefacto en la calle, por curiosidad, intenta descubrir su funcionamiento. Sin romperlo, primero prueba abrirlo. Como le resulta imposible, inventa un mecanismo que aparenta el mismo funcionamiento que observó en el artefacto encontrado. Finalmente, queda bastante conforme con el resultado como para decir: *Lo más probable es que esto que hallé tenga en su interior algo muy parecido a lo que yo hice. Pero no puedo asegurarlo.*

De este relato se desprende que la creatividad también tiene un lugar en el pensamiento científico. La racionalidad científica se basa en datos tomados en el marco de un experimento, pero la manera especial de otorgarles significado tiene mucho de personal. Se debe estar alerta respecto de los límites de aplicación de esta imaginación creativa.

En principio, cabría suponer que la observación objetiva de muchos casos particulares dan, en algún momento, la posibilidad de generalizar y enunciar leyes que expliquen y predigan procesos. Esto es lo que se conoce como **inducción lógica**.

Ya se ha cuestionado la observación objetiva, en términos de considerarla como desprovista de teoría. Por lo tanto, se debe aceptar que en los experimentos se conjetura la ley que se supone aplicable y se predicen las observaciones en el marco de experimentos controlados. Este **método** se llama **hipotético-deductivo**.

La ley conjeturada debe explicar lo ya observado, estar de acuerdo con otras leyes e hipótesis, integrándose a ellas como un sistema coherente, y predecir nuevas observaciones aún no realizadas que, en caso de resultar favorables, le darán mayor validez. Una ley así obtenida se llama **ley empírica**.

Por ejemplo, a través de observaciones de las apariciones y desapariciones de una de las lunas de Júpiter, Galileo intentó probar la teoría copernicana. Lo que veía era muestra evidente para él de que algo estaba orbitando a un objeto que se movía. Por lo tanto, también era posible que la Luna orbitara a una Tierra en movimiento. Algunos desestimaron el modelo copernicano por esta falla en la explicación de lo observado. La mecánica de Newton, como sistema teórico general, vendría a solucionar estos inconvenientes.

Las **teorías** son leyes más generales que las empíricas. Explican y predicen algunas leyes empíricas y, obviamente, también las observaciones singulares. Existe consenso acerca de que no surgen de un reordenamiento por acumulación de leyes empíricas, como un resumen o simplificación, sino de una especie de salto creativo que solo algunos son capaces de dar. La ventaja de estas leyes teóricas no es solamente su mayor simplicidad y generalidad. Deben explicar y predecir lo que ya explicaban y predecían las leyes empíricas y aún más: se espera que de ellas se deduzcan consecuencias que, probablemente, no se hayan podido enunciar todavía en otras leyes más particulares.

El objetivo de los científicos es producir un conocimiento verdadero de la realidad a partir de sus teorías. Sin embargo, ellas nunca dejan de ser conjeturas sobre lo real, a la vez que herramientas para predecir y calcular. Por eso, se suele hablar de modelos teóricos para resaltar tanto su provisionalidad como su valor instrumental para producir explicaciones y predicciones de fenómenos reales.

## Ciencia y tecnología

A lo largo de la historia, la ciencia y la tecnología tuvieron un marcado parentesco.

La importancia del experimento para la actividad científica necesita, hoy en día, tanto las herramientas y las máquinas como las propias tecnologías.

El término **tecnociencia** trata de expresar la íntima dependencia entre estas actividades.

El informe de UNESCO del proyecto 2000+, citado por Gerard De Fourez en su libro *Alfabetización científica y tecnológica*, explica la diferencia en estos términos:

*La distinción [entre cultura científica y cultura tecnológica] resulta del hecho de que la ciencia se preocupa esencialmente de comprender los fenómenos y de arribar a probar verdades científicas (conocimiento válido), mientras que el fin de la tecnología es el de aportar soluciones a problemas concretos.*

Tanto para la ciencia como para la tecnología, la preocupación es alcanzar enunciados teóricos o prácticos que pasen la prueba de la verificación experimental. Dicho de otra manera, ambas especulan con que las cosas funcionen como se espera que funcionen.

Al respecto, dice De Fourez:

*Tanto las unas como las otras tendrán como objetivo la búsqueda de invenciones-descubrimientos. Y la verdad de las ciencias como la de las tecnologías se fundaría en su posibilidad de acción controlada en el mundo: su diferencia no sería entonces tan grande.*

*Después de todo, ¿qué hay de diferente entre la ciencia y la tecnología?*

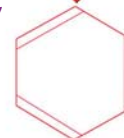
*Una posible respuesta es que los productos de la tecnología están destinados a probarse dentro y frente a toda la complejidad de lo real. En cambio, lo específico de la ciencia sería su manera de reducir y simplificar la complejidad de la realidad, para producir modelos simples e interpretativos de la misma desde algún enfoque particular.*



El químico **Kekulé von Stradonitz**,

afirmó en 1865, haber soñado la estructura teórica del benceno.

"Mi ojo mental, agudizado por repetidas visiones de esta clase, distinguía ahora estructuras más grandes, de formas diversas. Largas filas, a veces estrechamente unidas, todas en movimiento, retorciéndose como serpientes. Pero veamos, ¿qué es esto? Una de las serpientes había asido su propia cola, y la forma se movía en torbellino y burlonamente ante mis ojos. Desperté, como sacudido por un relámpago (...). Si aprendiéramos a soñar, señores, entonces quizás encontraríamos la verdad. Debemos tener cuidado, sin embargo, de no publicar nuestros sueños antes de someterlos a prueba con la mente despierta."



Citado por Mario Bunge en *Intuición y ciencia*  
Buenos Aires, Eudeba, 1973.





## El lenguaje de la física

**Ernesto Sabato** nació en Rojas, provincia de Buenos Aires, en 1911. Hizo su doctorado en Física y cursos de Filosofía en la Universidad de La Plata. Trabajó en el laboratorio Curie, de gran prestigio mundial, y abandonó definitivamente la ciencia en 1945, para dedicarse a la literatura.



Los tiempos de la posmodernidad han traído cuestionamientos muy profundos en cuanto a las posibilidades de la ciencia para contribuir efectivamente al progreso de las sociedades. Se la responsabiliza directamente de algunos problemas ambientales y se critica su vinculación con la construcción de armas de destrucción masiva. Supuestamente, las ciencias naturales, como la física, herederas de la tradición mecanicista, tendrían la osadía de pretender operar y reparar la naturaleza, como si fuera un mecanismo.

Las sociedades actuales critican a la ciencia y a la tecnología, negándoles aun la disculpa de la ingenuidad, por su proclamada confianza acerca de que el progreso en ellas conlleva una natural y consecuente mejora en la calidad de vida del hombre, al resolver sus problemas y necesidades a través de la tecnología adecuada. Esta visión crítica de la empresa científica de la modernidad no desconoce que cualquiera de las preocupaciones globales actuales necesita integrar a la ciencia y a la tecnología en la búsqueda de soluciones.

También es cierto que se admira de ellas su método, en particular su apego al lenguaje matemático, con el cual conviene enunciar las leyes de la naturaleza. Otras ciencias han visto en el método de las ciencias naturales el ideal a alcanzar en sus propios campos disciplinares, ya que dirige sus esfuerzos a garantizar la objetividad.

Su pretensión de objetividad se basa en la medida, la cual busca obtener por el uso de instrumental adecuado, cada vez más sensible para captar esa realidad que sabe de antemano que le es esquiva.

A partir de las mediciones, el lenguaje matemático resulta el código adecuado no sólo para representar claramente los enunciados, sino también para realizar deducciones lógicas que, siempre respetando su contrastación empírica, pueden convertirse en instrumento de indagación y avance en el conocimiento teórico.

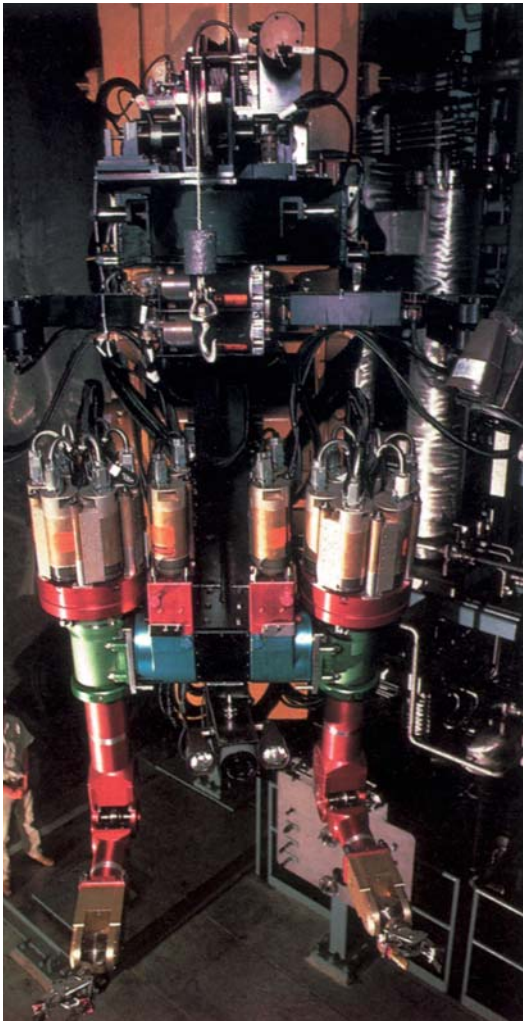
Quizás, haya llegado el momento de volver, junto con el péndulo de la historia, a rescatar lo que la ciencia de la modernidad perdió en algún momento en su camino.

Ernesto Sabato, escritor y físico argentino, en su libro *Antes del fin*, reconoce, citando a Urs Von Baltasar, que:

*Hemos fracasado sobre los bancos de arena del racionalismo, demos un paso atrás y volvamos a tocar la roca abrupta del misterio.*

Sin embargo, elige finalizar su "carta a los jóvenes" con esta frase:

*Solo quienes sean capaces de encarnar la utopía serán aptos para el combate decisivo, el de recuperar cuanto de humanidad hayamos perdido.*



Este robot fue diseñado para trabajar dentro de zonas altamente radiactivas, hostiles a la vida humana, de una central nuclear.

El término "robot" fue utilizado por primera vez por el escritor Karel Capek, para describir a los trabajadores mecánicos de su obra *Rossum's Universal robots*, escrita en 1921.

# IDEAS BÁSICAS DE LA UNIDAD

■ La **ciencia** es una práctica social de larga historia, que trata de encontrar regularidades en la diversidad de fenómenos del mundo.

■ Las **leyes científicas** pretenden predecir y, eventualmente, controlar los fenómenos con el objeto de solucionar problemas.

■ La **construcción social** de las leyes científicas no es un proceso lineal, y se encuentra sujeto a permanente revisión.

■ La **actividad científica** está muy influida por el momento histórico en el que se desarrolla, y se encuentra impregnada por sus valores.

■ La **ciencia moderna** es fruto de la revolución cultural del Renacimiento. Las conclusiones, a las que se llega luego de un experimento, prevalecen sobre las observaciones del sentido común.

En el Renacimiento aparecieron tres visiones del mundo: el **organicismo**, el **neoplatonismo** y el **mecanicismo**.

■ No existe una observación objetiva y neutra, ya que siempre está mediada por la teoría y los intereses que rigen la investigación científica.

■ Lo básico del pensamiento científico es la formulación de **hipótesis** y su contrastación.

■ La **creatividad** tiene un lugar fundamental en la formulación de teorías generales.

■ El **código matemático** es el lenguaje en el cual se enuncian las leyes físicas.

■ En la actualidad, las sociedades reclaman a las ciencias experimentales posturas más humanistas.

