

AA.WV.



**200 conceptos clave
para leer en 5 minutos**

Vincent Jullien • Dominique Meier • Olivier Dautel • Jean-Yves Nogret
Jean-Louis Izbicki • Roland Lehoucq • André Deiber • Daniel Husson



Edición publicada mediante acuerdo con Wiley Publishing, Inc.
...For Dummies, el señor Dummy y los logos de Wiley Publishing, Inc.
son marcas registradas utilizadas con licencia exclusiva de Wiley Publishing, Inc.

Título original: *Les Sciences pour les nuls*
Publicado por Éditions First, un sello de Edi8, París, 2017

© John Wiley & Sons, Inc., 2019

© de la traducción: Paula González, 2019

© Centro Libros PAPP, SLU, 2019
Grupo Planeta
Avda. Diagonal, 662-664
08034 – Barcelona

No se permite la reproducción total o parcial de este libro, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio, sea éste electrónico, mecánico, por fotocopia, por grabación u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito del editor. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (Art. 270 y siguientes del Código Penal).

Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra. Puede contactar con CEDRO a través de la web www.conlicencia.com o por teléfono en el 91 702 19 70 / 93 272 04 47.

ISBN: 978-84-329-0557-5
Depósito legal: B. 15.817-2019

Primera edición: septiembre de 2019
Preimpresión: Toni Clapés
Impresión: Artes Gráficas Huertas, S.A.

Impreso en España - Printed in Spain
www.dummies.es
www.planetadelibros.com

ÍNDICE

Acerca de los autores	13
Tales de Mileto	15
Pitágoras	17
Aristarco de Samos	18
Los <i>Elementos</i> de Euclides	20
La palanca de Arquímedes	22
El empuje de Arquímedes	25
Ptolomeo	26
El atomismo antiguo	28
El astrolabio	31
La óptica según Alhazen	33
Las lentes en la óptica	34
La reflexión de la luz	36
La refracción de la luz	39
La luz blanca	40
El ojo	43
Los colores	44
El éter	46
La aberración cromática	49
Los primeros microscopios	50
Fermat y los caminos de la luz	52

Thomas Young y las ondas de luz.....	55
La difracción de la luz.....	56
La polarización.....	58
El nacimiento de la fotografía.....	61
La velocidad de la luz.....	62
La bombilla de Edison.....	65
Fluorescencia y fosforescencia.....	66
Los cristales líquidos.....	68
La alquimia.....	71
Ciencia y religión en la Edad Media.....	72
La ciencia en el Renacimiento.....	74
Las matemáticas árabes.....	76
La sucesión de Fibonacci.....	79
Las máquinas calculadoras.....	80
La aparición de los símbolos matemáticos.....	83
La aparición de los números decimales.....	84
Los números complejos.....	86
El álgebra moderna.....	89
La geometría no euclidiana.....	90
La forma y el tamaño de la Tierra.....	92
El cálculo de las longitudes.....	95
La ciencia de la navegación.....	96
Nicolás Copérnico y el heliocentrismo.....	98
Leonardo da Vinci, artista y erudito.....	100
William Gilbert y el magnetismo.....	102
El telescopio de Galileo.....	104
Y, sin embargo, ¡se mueve!.....	106
Las leyes de Kepler.....	109

La inercia antes de Newton.....	110
La geometría algebraica de Descartes	112
El teorema de Fermat	114
Los <i>principios matemáticos</i> de Newton	116
Los vectores.....	119
Las leyes del movimiento de Isaac Newton.....	120
La gravitación universal.....	123
Masa <i>versus</i> peso.....	124
La fuerza centrífuga.....	127
La presión.....	128
Las máquinas de vapor	130
Los cuatro principios de la termodinámica.....	132
El cuerpo negro.....	134
El cero absoluto.....	136
La <i>Enciclopedia</i>	137
El pararrayos de Benjamin Franklin	139
Las fuerzas eléctricas.....	140
La botella de Leiden, antepasado del condensador	142
El telégrafo de Morse.....	145
El teléfono	146
Las antenas de radio	148
Las ondas sonoras.....	151
Ultrasonido y medicina.....	152
La ciencia del calor	154
El termómetro de Celsius.....	157
Los tres estados de la materia	158
El péndulo de Foucault	161
El descubrimiento de Neptuno	162

La materia oscura.....	164
La pila eléctrica de Volta.....	167
El electromagnetismo de Ampère.....	168
La intensidad eléctrica.....	170
Corriente continua y corriente alterna.....	172
La conductividad.....	174
Los superconductores.....	176
Imanes y campos magnéticos.....	178
La ley de Ohm.....	179
El efecto Joule.....	181
Los diferentes tipos de energía.....	182
La transmisión de la energía.....	184
Calor y trabajo.....	187
El almacenamiento de la energía.....	188
La energía útil.....	190
Frecuencia y período.....	192
La longitud de onda.....	195
Las ondas electromagnéticas.....	196
El nacimiento de la radio.....	198
Los radares.....	200
El láser.....	202
La fibra óptica.....	204
Michael Faraday y la inducción.....	207
La piezoelectricidad.....	209
El transformador eléctrico.....	211
El diodo de vacío.....	212
Los primeros transistores.....	214
El microprocesador.....	217

El diodo emisor de luz.....	218
Las partículas cósmicas.....	220
Las ecuaciones de Maxwell.....	222
El electrón.....	224
El tubo de Crookes.....	227
Los rayos X.....	229
La radiactividad.....	230
Marie Curie.....	233
Los iones.....	234
Protones y neutrones.....	236
Los neutrinos.....	238
Niels Bohr, padre de la mecánica cuántica.....	241
Albert Einstein.....	242
La relatividad restringida.....	244
La relatividad general.....	246
La física cuántica.....	248
El efecto Doppler.....	251
La antimateria.....	252
La tabla periódica de los elementos.....	254
Los aceleradores de partículas.....	255
Las partículas elementales.....	257
El bosón de Higgs.....	258
La edad de la Tierra.....	260
La deriva de los continentes.....	262
Los telescopios gigantes.....	265
Las estrellas.....	266
El Sol.....	269
Las supernovas.....	270

La luz fósil.....	272
La expansión del Universo	274
La duración del día	276
La duración de las estaciones	279
Las mareas	280
La medición del tiempo	282
El reloj de cuarzo.....	284
El reloj atómico	286
¿Cuánto mide un metro?.....	289
La atmósfera terrestre	290
Las cinco grandes crisis biológicas	292
La aparición de la vida: la sopa primitiva.....	294
Aminoácidos y enzimas	297
La fotosíntesis.....	298
Las bacterias.....	300
Las mitocondrias	303
Mendel, el padre de la genética	304
La doble hélice del ADN.....	307
La genética	308
El código genético.....	310
El cariotipo humano.....	313
La mitosis	314
La meiosis.....	316
Las glaciaciones	318
Los arrecifes oceánicos	320
Los anélidos.....	322
Los moluscos.....	324
Los cefalópodos.....	327

Los crustáceos	328
Las algas.....	330
Los primeros vertebrados.....	333
Los peces.....	334
Los miriápodos.....	336
Los arácnidos	339
Los insectos	340
Los anfibios.....	342
Los reptiles.....	345
Los dinosaurios	346
La desaparición de los dinosaurios.....	348
Los animales de sangre caliente	350
Los marsupiales	353
La gestación en los mamíferos con placenta.....	354
Las aves.....	356
La mosca de la fruta.....	358
El Carbonífero.....	361
Los hongos.....	363
Morfología de una flor	365
La polinización	366
Fertilización y germinación	368
La clasificación de Linneo	371
Las coníferas	373
La <i>Historia Natural</i> de Plinio el Viejo.....	374
Darwin y la evolución.....	377
Los primates.....	378
Lucy, la <i>Australopithecus</i>	380
Nuestros antepasados <i>Homo</i>	382

El hombre de Neandertal	385
El hombre de Cromañón	386
Hipócrates: el nacimiento de la medicina	389
Galeno, el otro médico de la Antigüedad	390
Vesalio, el médico del Renacimiento	392
Pasteur y los microbios.....	395
Fleming y la penicilina.....	396
Claude Bernard.....	398
El sistema respiratorio.....	400
El cerebro.....	402
El corazón.....	404
Los disruptores endocrinos.....	405

ACERCA DE LOS AUTORES

Olivier Dautel es profesor asociado de Ciencias de la Vida y de la Tierra. Desde hace doce años trabaja como profesor titular en las clases preparatorias de ingreso en Veterinaria en el instituto Henri Poincaré de Nancy (Francia); además, es instructor para la preparación del examen de profesor de secundaria.

André Deiber es catedrático de Física. Imparte clases preparatorias en el instituto Kléber de Estrasburgo, y es autor de varias obras científicas, así como de numerosos artículos científicos sobre la enseñanza superior.

Daniel Husson es doctor en Física de partículas y catedrático de Física. Trabaja como profesor de la Universidad de Estrasburgo (Universidad Louis-Pasteur). Es autor de la obra de divulgación *Les Quarks, histoire d'une découverte*, de la editorial Ellipses.

Jean-Louis Izbicki es catedrático de Física (1978) y doctor (1986). Entre 1991 y el 2015, ejerció como profesor de la Universidad de Havre (Francia), donde investigó sobre las ondas acústicas. Actualmente está realizando un doctorado en la Universidad Paul Sabatier Toulouse 3 sobre un tema multidisciplinar que asocia la pintura y la luz eléctrica.

Vincent Jullien es profesor de Historia y Filosofía de las Ciencias de la Universidad de Nantes (Francia); ha estudiado Matemáticas y Filosofía. Es autor de libros sobre René Descartes, Gilles Personne de Roberval y también sobre las ciencias en la época clásica. Asimismo ha publicado un ensayo titulado *Sciences agents doubles* (Stock, 2002), así como diferentes obras y fascículos de divulgación.

Roland Lehoucq es doctor en Astrofísica y catedrático de Física. Trabaja para el servicio de astrofísica del centro CEA en Saclay. Es uno de los especialistas franceses en topología cósmica. Fue redactor de la sección «Idées de physique» de la revista *Pour la science*. Es autor de numerosas obras de divulgación, como *D'où viennent les pouvoirs de Superman?* (EDP Sciences, 2003) y *SF: la science mène l'enquête* (Le Pommier, 2007).

Dominique Meier es doctor y catedrático y comparte su pasión con los estudiantes de las clases preparatorias del instituto Kléber de Estrasburgo. Anteriormente, impartía clases en la universidad de dicha ciudad. Ha publicado numerosas obras sobre física en las editoriales Ellipses, Masson y Dunod.

Jean-Yves Nogret es profesor asociado de Ciencias de la Vida y de la Tierra. Enseña en el instituto Poincaré de Nancy. Autor de varias obras técnicas y no académicas para la editorial Foucher, es un apasionado de la entomología, rama de la zoología que estudia los insectos.

Tales de Mileto

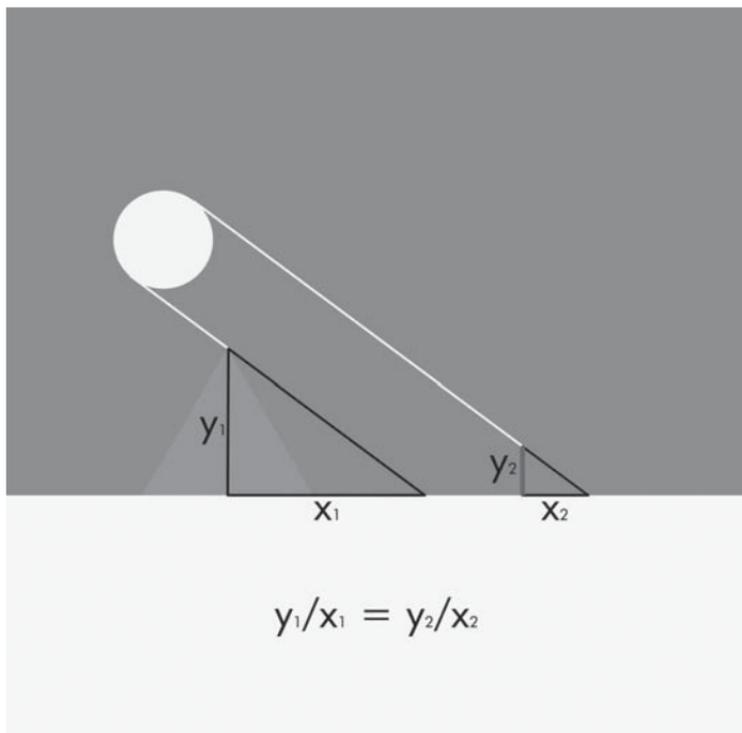
Tales de Mileto (c. 625 a. C.–c. 547 a. C.) es el más conocido de los filósofos jónicos. Su aporte a las matemáticas es a la vez humilde y grandioso: humilde porque los teoremas que enunció parecen evidentes; grandioso porque fue el primero en considerar que era necesario demostrar aquello que afirmaba. En geometría ya no basta con tan solo observar y manipular las figuras, sino que también hay que comprender sus propiedades desde la pura reflexión.

A Tales se le atribuye la demostración de cinco teoremas; curiosamente, ni descubrió ni demostró el teorema que lleva su nombre, el cual afirma que en un plano, si en un triángulo se traza una línea paralela a todos sus lados, se obtiene un triángulo que es semejante al triángulo dado.



Anécdota

Se cuenta que Tales fue capaz de calcular la altura de la pirámide de Keops (ubicada en la zona de Giza, en las afueras de El Cairo, Egipto) comparando su propia sombra con la de su bastón, pues se dio cuenta de que en un momento y en un lugar dados, la altura de los objetos es proporcional a la de su sombra. Estableció que medía 275 codos (es decir, 145 metros), ¡lo que supone una precisión del 2%!



El teorema de Tales.

Pitágoras

Filósofo y matemático griego, Pitágoras (c. 570 a. C.–c. 480 a. C.) es, al igual que Tales —de quien tal vez fue alumno—, una figura legendaria. Al volver de sus viajes aventureros por Egipto, donde pasó varios años, se estableció en la ciudad de Crotona, en Italia. Allí fundó una escuela, o más bien una comuna religiosa, moral y científica.

Los pitagóricos —así se los llama— consideraban que a la hora de realizar una demostración hay algo más importante que las figuras en sí: los números. Los seguidores de Pitágoras rechazaban la idea de la existencia de uno o más elementos en el origen del mundo y consideraban los números como los elementos constitutivos de la materia, de nuestro Universo. El principio fundamental del mundo hay que buscarlo en la relación que existe entre los números.



Recuerda

Pitágoras dio su nombre a un conocido teorema de la geometría euclidiana: «En todo triángulo rectángulo el cuadrado de la hipotenusa es igual a la suma de los cuadrados de los catetos».

Aristarco de Samos

El astrónomo y matemático griego Aristarco de Samos (310 a. C.-230 a. C.) es uno de los precursores de Copérnico. Al igual que su compatriota Heráclides (380 a. C.-310 a. C.), propuso que la Tierra da una vuelta completa sobre sí misma a lo largo de un día, pero fue incluso más lejos al afirmar que también giraba alrededor del Sol.

Esta idea le valió duros ataques por parte de los estoicos, otra gran escuela de filosofía griega. Aristarco fue acusado de sacrilegio por haber puesto el «centro del mundo» en movimiento. Su razonamiento se apoyaba en el tamaño relativo del Sol, de la Tierra y de la Luna, pues los más pequeños giran en torno a los más grandes; por lo tanto, la Tierra lo hace alrededor del Sol y la Luna en torno a la Tierra. Pero para elaborar un razonamiento de dicho calibre había que conocer su tamaño, ¡y Aristarco realizó este experimento 300 años a. C.! Incluso fue más allá, y determinó la distancia que separa a todos estos astros.

Gracias a las observaciones que llevó a cabo durante un eclipse total de Luna, Aristarco dedujo que el diámetro de la Tierra sería unas tres veces el de la Luna; y no se equivocó por mucho, pues las medidas actuales establecen una relación de 3,7. También aportó el primer cálculo de la distancia entre la Tierra y la Luna. Aunque muy aproximado, el cálculo es, sin embargo, algo histó-

rico, pues Aristarco comprendió también que la Luna nos reenvía la luz que recibe del Sol. Esta hipótesis se convirtió en una de sus teorías fundamentales.

Más adelante, Arquímedes retomaría el modelo heliocéntrico propuesto por Aristarco, pero hubo que esperar varios siglos para que esto ocurriese.

Los *Elementos* de Euclides

Un autor, o incluso un grupo de autores, del que poco se sabe redactó en una fecha incierta un libro que fue objeto de adoración y veneración por parte de las generaciones sucesivas de geómetras, durante siglos e incluso milenios. Y no, no se trata de la Biblia, pero casi: esta «biblia de los matemáticos» se conoce por el nombre de *Elementos*. Su autor principal fue Euclides de Alejandría, quien vivió en el siglo III antes de Cristo. Este matemático griego redactó obras de gran importancia acerca de la geometría, la música o la óptica, pero los *Elementos* es su texto más famoso.

Esta obra es un tratado matemático y geométrico conformado por trece libros organizados por temas. Los cuatro primeros libros tratan sobre las figuras más comunes de la geometría plana — triángulos, cuadriláteros, círculos y polígonos— junto con las propiedades que todos hemos tenido que estudiar en el colegio, como la intersección de las alturas o de las medianas de los triángulos, o los casos de paralelismo. Los libros V, VI y X versan sobre la teoría de las proporciones, que aborda de manera genial y técnicamente compleja. Los libros VII, VIII y IX tratan sobre la aritmética, con los grandes teoremas de los múltiplos, los divisores, los números primos, etc. En los libros XI, XII y XIII se estudian los cuerpos sólidos, como los conos, las pirámides, las esferas o los poliedros regulares.



Recuerda

En particular, en los *Elementos* encontramos el axioma de Euclides, según el cual tan solo existe una recta que pasa por un punto de un plano y que es paralela a una recta dada que no pasa por dicho punto.

La palanca de Arquímedes

La teoría de la palanca fue definida en el siglo III a. C. por el sabio griego Arquímedes. El principio de la palanca equivale al instrumento conocido como *romana*. En su forma más simple, consiste en un brazo que se puede mover alrededor de un eje (llamado fulcro). En un extremo se cuelga una masa de referencia y en el otro extremo se encuentra la masa cuyo valor queremos conocer. Si la distancia entre la masa de referencia y el eje es la misma que entre el objeto y el mismo eje, y si se produce equilibrio entre los objetos, entonces podemos afirmar que las masas son iguales. Si la distancia entre la masa de referencia con respecto al eje es el doble que la que separa el objeto, pero el equilibrio se mantiene, el objeto tendrá entonces una masa dos veces mayor que la de la referencia. La distancia entre la masa de referencia y el eje de la palanca es proporcional a la masa del objeto pesado. Por lo tanto, basta con desplazar la masa de referencia hasta alcanzar el equilibrio y medir la distancia; esto nos permitirá conocer la masa del objeto.



**Información
técnica**

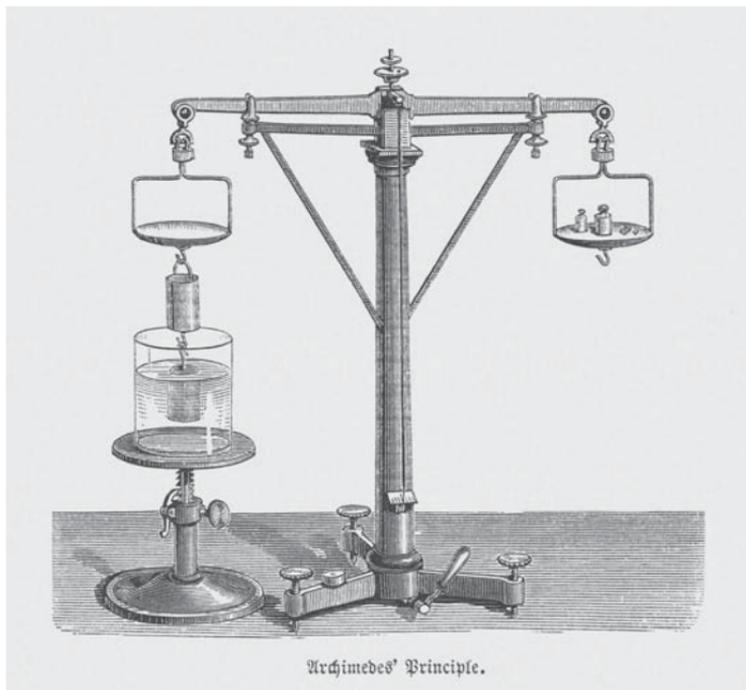
El principio de la palanca establece que dos masas M y m equilibran una balanza alrededor de un punto fijo A , cuando las distancias L y l y el punto A son tales que $M \times L = m \times l$. Si M es tres veces superior a m , la distancia L deberá ser tres veces menor que l para que haya equilibrio.

El principio de la palanca también se utiliza para levantar masas de gran tamaño, dado que una masa pequeña puede equilibrar una grande siempre y cuando esté situada a la distancia correcta del eje de rotación de la palanca.



Anécdota

Para demostrar al rey de Siracusa que el efecto de un brazo de palanca podría ser considerable, Arquímedes, a quien se atribuye la frase «Dadme una palanca y moveré el mundo», le propuso mover una galera llena. Cuenta la leyenda que lo hizo con una mano y que incluso se sentó encima.



El principio de Arquímedes.

El empuje de Arquímedes

¡Eureka! Todos conocemos la simpática anécdota del científico Arquímedes (287 a. C.-212 a. C.), quien salió corriendo de la bañera al grito de «¡Lo he descubierto!». Esta historia tal vez sea falsa, pero la invención del principio no lo es. El tratado *Sobre los cuerpos flotantes* es el certificado de nacimiento de la hidrostática y —desde el comienzo— llevó a esta disciplina muy lejos.

Arquímedes estableció los cimientos de la mecánica de fluidos al estudiar las leyes del empuje que ejerce el agua sobre un cuerpo completamente sumergido. Estableció dos principios para la experimentación:

1. El primero afirma que la presión en un fluido está determinada por el peso de la columna vertical sobre la superficie que sufre dicha presión.
2. El segundo dice que la fuerza de presión se ejerce perpendicularmente al centro de gravedad.

Este es el origen del famoso principio: «Todo cuerpo sumergido en un líquido experimenta un empuje vertical y hacia arriba igual al peso de líquido desalojado».

Ptolomeo

El griego Claudio Ptolomeo (c. 90–c. 170) escribió en Alejandría el más importante de todos los tratados de astronomía jamás concebidos, el *Almagesto*, el gran tratado escrito en el siglo II. Este texto es, ante todo, una obra maestra de la geometría, ya que el autor inventó y desarrolló la trigonometría esférica (el estudio de ángulos y triángulos construidos sobre una esfera), por lo que es apropiado para el estudio de la bóveda estrellada y las esferas planetarias.

Basándose en la obra de Hiparco, Ptolomeo expone en este libro una astronomía geocéntrica circular para describir los movimientos de los planetas, la Luna y el Sol. Su sistema planetario se puede comparar con una sucesión muy compleja de círculos que representan las trayectorias de los planetas. Para cada planeta se desarrolla con precisión un modelo con varios círculos. Esta ingeniosa, compleja y tremendamente precisa astronomía permitió describir con éxito los movimientos del cielo.

En el ámbito matemático, no tiene parangón lo alcanzado en esta obra. Consideremos en particular el problema de las latitudes de los planetas: los círculos de los modelos no son realmente coplanarios, sino que tienen una cierta inclinación que varía de unos a otros (el círculo que representa el epíclis presenta una ligera inclinación con respecto al deferente y este último tam-

bién está inclinado con respecto a la eclíptica). La geometría y la trigonometría deben ser capaces de reproducir estos movimientos relativos tal y como se producen en el espacio ¡y no solo en un plano! Ptolomeo abordó todas estas dificultades y aportó soluciones. Hubo que esperar hasta la obra de Copérnico para encontrar un rival de la misma talla que el *Almagesto* en términos de virtuosismo geométrico.



Recuerda

La obra astronómica de Ptolomeo fue criticada y modificada, pero aportó una imagen del mundo prácticamente universal durante quince siglos, aceptada tanto en los países cuya lengua es el árabe como en el mundo latino.

El atomismo antiguo

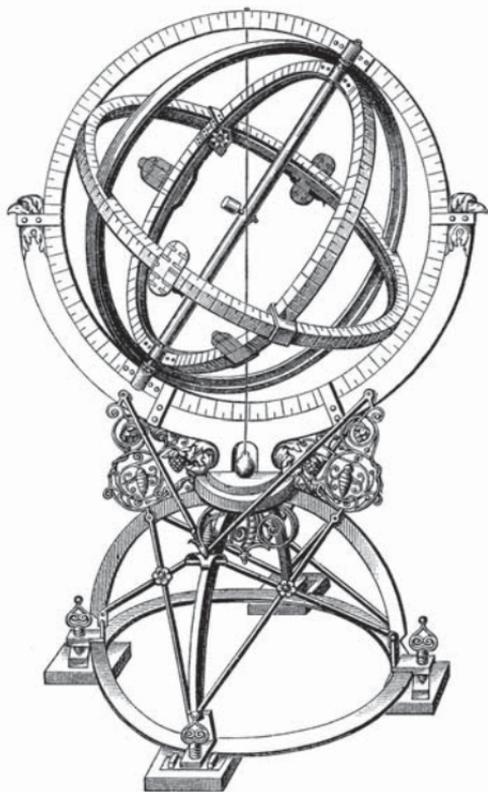
El atomismo contemporáneo reconoce a Leucipo, Demócrito, Epicuro y Lucrecio como sus lejanos pero verdaderos ancestros. De hecho, las teorías atómicas de la Antigüedad tuvieron una gran influencia y marcaron la historia de la ciencia, especialmente de la física.

Primero fue Leucipo (460 a. C.-370 a. C.), del que no sabemos nada con certeza, excepto que fue el maestro de Demócrito el Abderita (460 a. C.-370 a. C.), el verdadero fundador del atomismo. La teoría de este último se basaba en una proposición esencial: el Universo está compuesto por átomos y por vacío. De dimensiones y formas variables, los átomos son infinitos en número. Son indestructibles, indivisibles, no tienen partes y son todos de la misma sustancia. No se ven, no se sienten; tan solo se sabe que existen. Epicuro (341 a. C.-270 a. C.) y Lucrecio en el siglo I a. C. asumieron esta doctrina atomista.

La cosmología de los atomistas era a la vez magnífica y deficiente: magnífica porque no dudaron a la hora de afirmar que el Universo es infinito y que no tiene centro; en el seno de este Universo vacío, los átomos chocan en todas direcciones, y cuando un gran número de ellos se une en un vasto torbellino, queda rodeado por una suerte de envoltura que se convierte en la frontera de un mundo en formación. Los átomos de dicho mundo se organizan:

los más pesados se sitúan hacia el centro para dar lugar a una Tierra similar a la nuestra, parecida a un disco plano; los más ligeros permanecen en el exterior y forman la atmósfera y los cielos. Luego llega un momento en que los átomos se separan de nuevo y el mundo se dispersa, mientras que otros, en diferentes partes del Universo, nacen y mueren de igual manera.

Sin embargo, el atomismo antiguo también era deficiente y no tiene punto de comparación con la poderosa maquinaria intelectual del aristotelismo, que la sofocó y silenció casi de inmediato. Platón la ignoró de forma consciente y Aristóteles la criticó con severidad.

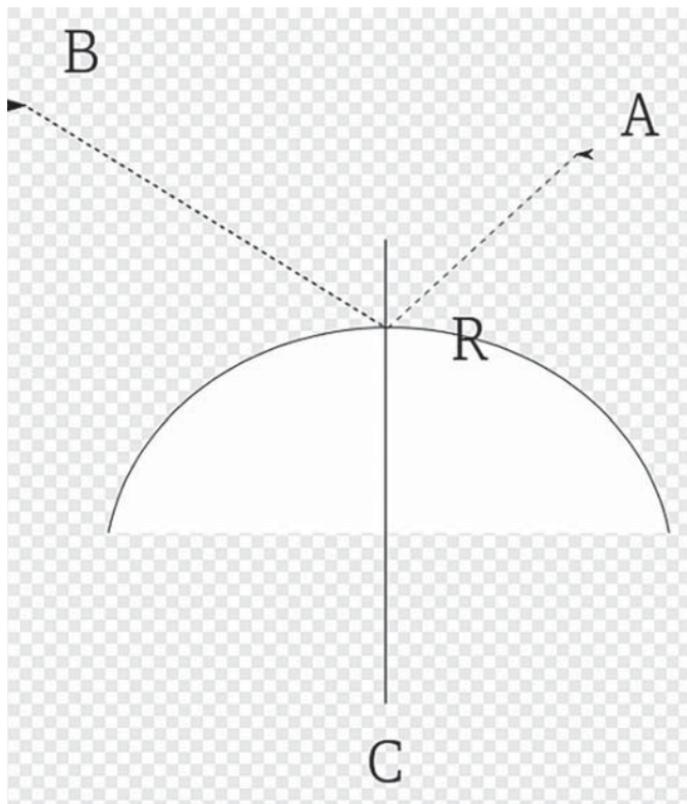


El astrolabio.

El astrolabio

En la Edad Media, el astrolabio era el rey de los instrumentos astronómicos. Los griegos conocían el principio, y los astrónomos árabes llevaron a cabo mejoras decisivas, en particular Al-Fazarí (siglo VIII) y el matemático Al-Juarismi (siglo IX).

Este instrumento de medición ofrecía una representación geocéntrica del cosmos. La idea básica era hacer una proyección de la esfera celeste, para luego asociar discos que pudiesen girar y representasen los movimientos de los planetas. Contaba con una aguja con un punto de mira móvil; otras partes ajustables del instrumento determinaban las características del lugar de observación. Permitía, por tanto, hacer unas cuantas mediciones: el ángulo de altura del Sol o de una estrella daba la hora, el momento de la salida del Sol daba la duración del día, la orientación respecto a los puntos cardinales, la evaluación de las distancias y la posición de los astros. También permitía, entre otras cosas, conocer el signo del zodiaco en el horizonte. El enorme éxito del astrolabio no se puso en entredicho hasta el siglo XVII.



Alhazen descubrió varias propiedades de la luz a partir de la ley aquí ilustrada.