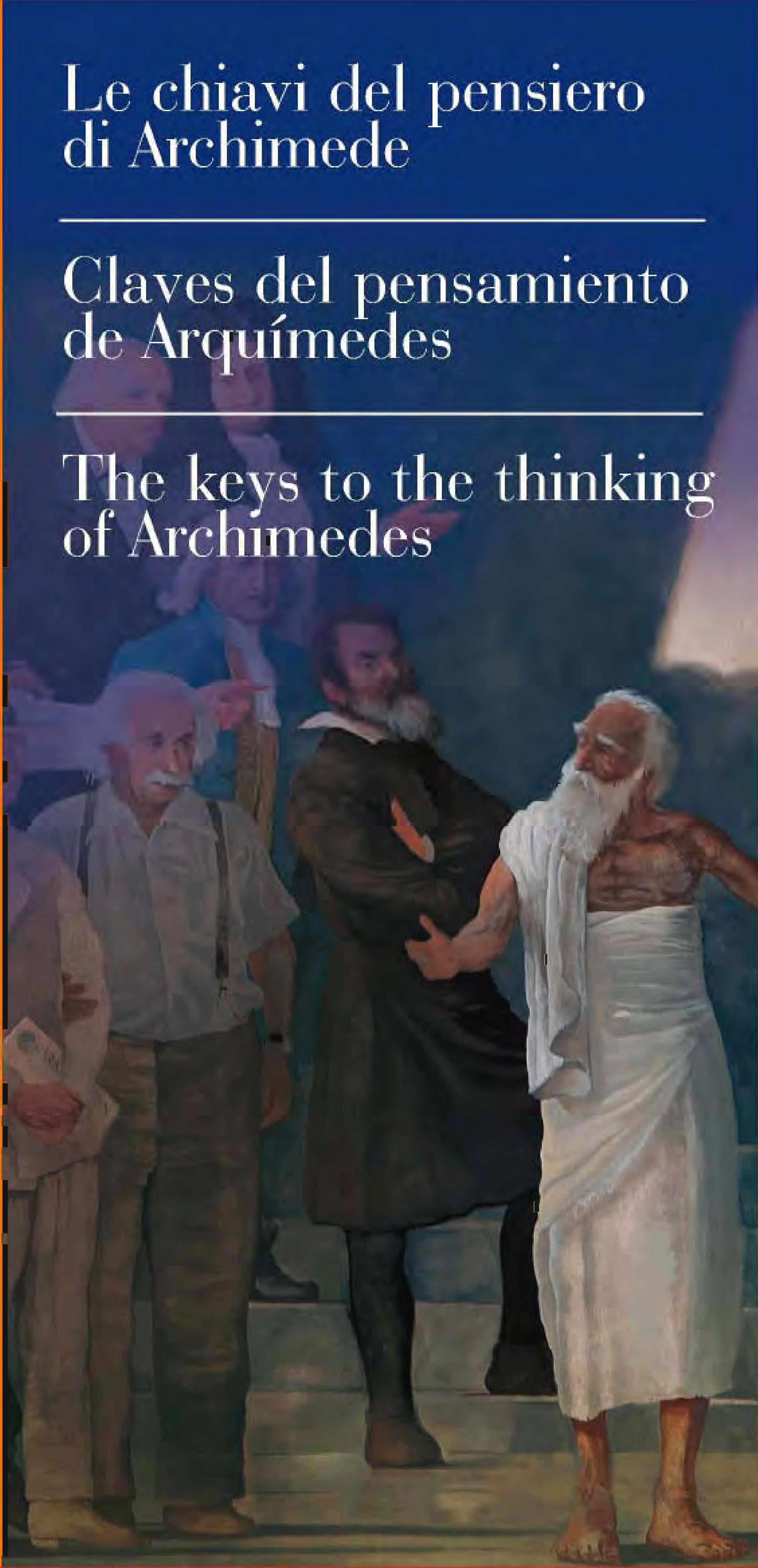
Le chiavi del pensiero di Archimede

Claves del pensamiento de Arquímedes

The keys to the thinking of Archimedes



Le chiavi del pensiero di Archimede - Claves del pensamiento de Arquímedes - The keys to the thinking of Archimedes

ARKIMEDEION Agorasophia

con

Consiglio Nazionale delle Ricerche

Obra Social "la Caixa"

MUSEO NAZIONALE DELLA SCIENZA E DELLA TECNOLOGIA LEONARDO DA VINCI

ed itinera

thesauron

archimede_catalogo2011_17_DEF_interno_175 1 01-DEC-11 10:45:59

Le chiavi del pensiero di Archimede

Exhibit dall'arkimedeion di Siracusa

Claves del pensamiento de Arquímedes

Exposición de Arquímedes de Siracusa

The keys to the thinking of Archimedes

Exhibits from the Arkimedeion of Syracuse

ARKIMEDEION
Agorasophia

11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio1_W1_F

Promotori
Agorasophia s.r.l. (società mista tra Consiglio Nazionale delle Ricerche - CNR e Novamusa s.p.a.);
Fundació "la Caixa", Barcelona;
MUST Museo della Scienza e della Tecnologia “Leonardo da Vinci”, Milano.

Autori dei contenuti scientifici e museologici
Marco Bianucci, Primo ricercatore CNR – ISMAR La Spezia;
Roberto Fieschi, Professore Emerito Dipartimento di Fisica Università di Parma;
Silvia Merlino, Ricercatore CNR – ISMAR La Spezia;
Prof. Pier Daniele Napolitani, Dipartimento di Matematica Università di Pisa;
Luca Reduzzi, Curatore del Museo Nazionale della Scienza e della Tecnologia Leonardo da Vinci - MUST;
Jorge Wagensberg, Direttore Scientifico della Fondazione "la Caixa", Fisico, professore all'Università di Barcellona.

Progettazione degli exhibit e degli allestimenti museografici
Hernan Crespo Bermejo, Eugenio Coppo, Elena Giangiulio, Claudia Garzon, Ida Morisetti,
Stefano Quarateri, Elena Sironi.

Produzione degli Exhibit e degli allestimenti museografici
Arkematica s.r.l. (Automation - Communication for Cultural Heritage);
Laboratori CNR;
Stylokros s.p.a.;
Studio Eugenio Coppo.

Impianti tecnologici e multimediali
Arkematica s.r.l. Automation - Communication for Cultural Heritage;
Riccardo Messina.

Contributi al catalogo:
Marco Bianucci, Roberto Fieschi, Silvia Merlino, Luca Reduzzi, Jorge Wagensberg.

Editing
Alessandra Calabrò (Grafica);
Valerio Mori (Testi);
Alfredo Radiconcini (Coordinamento).

Fotografie
Archivio Syremont; Mibac - SSPSAE Polo Museale Città di Firenze; Federco Langone;
Elena Maria Pennisi.
Si ringrazia lo Studio Eugenio Coppo per la gentile concessione delle illustrazioni e dei rendering degli exhibit nel catalogo.
Con gli autori di alcune opere fotografiche qui pubblicate, irreperibili nonostante diligenti ricerche, l'Editore si dichiara disponibile a riconoscere eventuali competenze.

Traduzioni
Inglese: Traduzioni Madrelingua;
Castigliano: Linguafranca Serveis Lingüístics.

ISBN 978-88-8393-116-1

Indice Summary Resumen

Indice Summary Resumen

L'ARKIMEDEION

Il Museo di Archimede

Marco Bianucci CNR- ISMAR
Roberto Fieschi Professore emerito di fisica Università di Parma
Silvia Merlino CNR- ISMAR

L'Arkimedeion è un museo scientifico e tecnologico dedicato al grande matematico e fisico greco vissuto a Siracusa fra il 287 e il 212 avanti Cristo: Archimede fu realmente un vero genio, uno dei massimi scienziati dell'antichità classica, ed è importante che la sua città natale gli dedichi un museo.
I vari argomenti scientifici affrontati da Archimede, e anche le invenzioni a lui attribuite dalle leggende che hanno circondato la sua grande immagine nei secoli successivi – ad esempio i famosi specchi ustori che avrebbero incendiato le navi romane che assediavano Siracusa - sono illustrati attraverso 24 originali exhibits interattivi capaci di catturare l'interesse dei visitatori grandi e piccini. Ogni exhibit è accompagnato da supporti multimediali che consentono al visitatore una comprensione delle grandi scoperte matematiche (misure di superfici e di volumi, quadratura del cerchio, calcolo del baricentro dei corpi) e fisiche (principio della leva, galleggiamento dei corpi).
Le spiegazioni, spesso affidate a stimolanti simulazioni, sono accompagnate da note storiche, informazioni sull'opera di Archimede, aneddoti, bibliografia, in modo da guidare il visitatore nel periodo storico nel quale Archimede è vissuto e nel cuore delle sue grandi scoperte.
I vari temi illustrati sono raggruppati secondo tre linee principali: macchine per la guerra e la pace, matematica e geometria, fisica statica e idrostatica, oltre a un planetario.

The Arkimedeion is a science and technology museum dedicated to the great Greek mathematician and physicist who lived in Syracuse between 287 and 212 BC. Archimedes was a true genius, one of the leading scientists of classical antiquity, and it is important that the city of his birth has dedicated a museum to him.
A total of 24 original interactive exhibits designed to capture the imagination of visitors of all ages illustrate the various scientific topics addressed by Archimedes, as well as the inventions that have been attributed to him by the centuries-old legends that surrounded this great figure, including the famous burning mirrors said to have set fire to the Roman ships that besieged Syracuse. Each exhibit is accompanied by multimedia support allowing visitors to learn about the great discoveries of mathematics (measurements of surfaces and volumes, squaring the circle, calculating the barycentre of bodies) and physics (principle of the lever, floating bodies).
The interpretation is often designed around exciting simulations, and is accompanied by historical notes, information on the work of Archimedes, anecdotes, and a bibliography, in order to take visitors on a tour through the period in history when Archimedes lived – straight to the heart of his great discoveries.
The various illustrated themes are grouped according to three main threads: machines for

ARKIMEDEION

El Museo de Arquímedes

Marco Bianucci CNR- ISMAR
Roberto Fieschi Profesor emérito de física Universidad de Parma
Silvia Merlino CNR- ISMAR

A*rkimedeion* es un museo científico dedicado al gran matemático y físico griego, que vivió en Siracusa entre el 287 y el 212 antes de Cristo. Arquímedes fue realmente un auténtico genio, uno de los científicos más importantes de la Antigüedad clásica y es importante que su ciudad natal le dedique un museo. Los diferentes argumentos científicos a los que se enfrentó Arquímedes, al igual que los inventos que las leyendas le han atribuido durante siglos – como por ejemplo los famosos espejos ustorios que habrían incendiado los barcos romanos que asediaban Siracusa – quedan ilustrados en 24 exposiciones originales e interactivas capaces de capturar el interés de todo visitante, tanto de mayores como de los más pequeños. Todas las exposiciones cuentan con material de apoyo multimedia, que ofrece al visitante una mejor comprensión de los grandes descubrimientos tanto matemáticos (medidas de superficies y volúmenes, cuadratura del círculo, cálculo del baricentro de los cuerpos) como físicos (principio de la leva, flotación de los cuerpos).
Las explicaciones, a menudo complementadas con estimulantes simulaciones, se acompañan de notas históricas, información sobre la obra de Arquímedes,

Marco Bianucci CNR- ISMAR
Roberto Fieschi Professor Emeritus of Physics
University of Parma
Silvia Merlino CNR- ISMAR

ARKIMEDEION

The Museum of Archimedes

Exhibits, testi, spiegazioni e simulazioni sono frutto di una attenta lettura delle opere di Archimede che, a volte fortunosamente, e con molte lacune sono giunte fino a noi.
Un team di esperti in fisica e in scienza delle comunicazioni del CNR e dell'Università, in collaborazione con studiosi di Archimede ha coordinato l'elaborazione e la realizzazione delle finalità scientifiche di tutto il materiale presentato.
Il principio che ha ispirato gli autori, al di là del rigore e della correttezza, è stata l'esigenza di una buona strategia didattica e divulgativa. E' infatti noto che non è semplice insegnare o divulgare scienze "dure" come la matematica e la fisica. La struttura a exhibits con i quali il visitatore può interagire stimola la partecipazione; la disponibilità di supporti multimediali ricchi di animazioni coinvolge i visitatori, favorisce un primo approccio intuitivo ai concetti più astratti di matematica e di fisica e incoraggia a una comprensione più profonda.
Il supporto multimediale, è strutturato su differenti livelli di difficoltà, così da consentirne l'accesso a persone di diversa preparazione. Si tratta di uno sforzo notevole da parte degli autori per tradurre in modo scorrevole e comprensibile anche in chiave moderna parte del corpus archimedeo vero e proprio che può anche essere correttamente fruito da chi abbia una buona disposizione a tenere alta l'attenzione seguendo passaggi matematici complessi.

war and peace, mathematics and geometry, and statics and hydrostatics, as well as a planetarium.
Exhibits, texts, interpretation and simulations are the result of the careful reading of the works of Archimedes which by good fortune have survived, albeit reaching us with many gaps.
A team of experts in physics and communication science from the Italian National Research Council (CNR - *Consiglio Nazionale delle Ricerche*) and the University, in collaboration with scholars of Archimedes have coordinated the development and production of the scientific objectives of all the material presented.
For the authors, the principle that inspired them, beyond rigorousness and accuracy, was the need for a good educational and accessible approach. It is well known that teaching or involving people in "hard" sciences such as maths and physics is difficult. The structure of exhibits that visitors can interact with stimulates participation, and the availability of animation-rich multimedia support involves visitors, fosters an initial intuitive approach to the most abstract concepts of maths and physics, and encourages a more in-depth understanding.
The multimedia support is structured around various levels of difficulty, which enables access by people with diverse backgrounds. The authors have strived to interpret part of Archimedes' original writings in a flowing and easy-to-understand way in a modern style for appropriate use by those willing to concentrate on following the complex mathematical passages.

anécdotas y bibliografía con el único propósito de guiar al visitante por el período histórico en el que Arquímedes vivió, además de por el corazón de sus grandes descubrimientos.
Los diferentes temas expuestos se agrupan en tres líneas principales: máquinas para la guerra y la paz, matemática y geometría, y física estática e hidrostática, además de un planetario. Exposiciones, textos, explicaciones y simulaciones son el fruto de una atenta lectura de las obras de Arquímedes que, a veces por azar y con muchas lagunas, han llegado hasta nuestros días.
Un equipo de expertos en física y en ciencias de la comunicación del Consejo Nacional para la Investigación (CNR) y de la Universidad, en colaboración con expertos en Arquímedes, han coordinado la elaboración y la realización de todo el material científico que se presenta.
Además del rigor y la corrección, el principio que ha inspirado a los autores ha sido el de la exigencia de una buena estrategia didáctica y divulgativa. Y es verdad que percibo que no resulta fácil enseñar o divulgar ciencias "duras" como las matemáticas o la física. La estructura en modo de exposiciones con las que el visitante puede interactuar estimula la participación; la disponibilidad de material multimedia rico en animaciones hace que los visitantes se sientan implicados, favorece una primera aproximación intuitiva a los conceptos más abstractos de las matemáticas y la física e invita a una comprensión más profunda.
El material multimedia está dividido según el nivel de dificultad con el objetivo de que personas con diferente preparación puedan tener acceso. Se trata de un notable esfuerzo por parte de los autores para traducir de manera ágil y comprensible, además de en clave moderna, parte del auténtico corpus arquimediano del cual toda persona con una buena disposición y ganas de seguir pasajes matemáticos complejos puede disfrutar.

11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio1_W1_B

Archimede e Siracusa

Archimede è una delle grandi figure della storia della scienza e del genio umano di tutti i tempi. Fu fisico, matematico, ingegnere, inventore e astronomo. Poche le notizie certe riguardanti la sua vita: si ritiene sia nato e vissuto a Siracusa tra il 287 ed il 212 avanti Cristo. Soggiornò ad Alessandria, dove probabilmente ebbe contatti con gli euclidei, ma visse prevalentemente nella sua città. Le notizie circa la famiglia dello scienziato sono contrastanti: alcune fonti lo vorrebbero imparentato con il monarca siracusano Gerone II (circa 308 a.C. – 216 a.C.), altre lo descrivono di umili origini. Sembra che suo padre fosse un astronomo, di nome Fidia. Comunque sia, la storia dello scienziato più importante dell'antichità, è legata intimamente a quella della città in cui nacque e visse. Siracusa sin dall'anno della sua fondazione, nel 734 a.C., aveva recepito e reinterpretato gli elementi

Archimedes is one of the all-time greatest figures of the history of science and of human genius. He was a physicist, mathematician, engineer, inventor and astronomer. However, little information exists regarding his life. It is known that he was born and lived in Syracuse between 287 and 212 BC. He stayed in Alexandria, where he probably came into contact with the Euclideans, but mainly he lived in his home city. There is conflicting information about his family as certain sources suggest he was related to the Syracusan King Hieron II (c. 308 – 216 BC), while others describe his humble origins. His father seems to have been an astronomer called Fidia. In any event, the story of the most important scientist of antiquity is closely linked to that of the city in which he was born and lived. From its foundation in 734 BC, Syracuse assimilated and reinterpreted the fundamental elements of Greek culture, and as a centre of important political and cultural hubs, the city enjoyed its prosperity. Athenian philosopher Plato, in his *Seventh Letter*, tells of the splendour of the lifestyle enjoyed in the court of Dionysius, and even chose the Sicilian Polis, or city-state, to attempt to achieve his model of "philosophical government", a design that Plato bitterly recounts as having failed. Furthermore, in the last phase of the Peloponnesian War (413 BC), an account by Thucydides reveals that

Arquímedes y Siracusa

Arquímedes es una de las grandes figuras de la historia de la ciencia y del genio humano de todos los tiempos. Fue físico, matemático, ingeniero, inventor y astrónomo. Son pocas las noticias ciertas sobre su vida: se cree que nació y vivió en Siracusa entre el año 287 y el 212 antes de Cristo. Residió en Alejandría, donde probablemente tuvo contacto con los euclídeos, aunque vivió sobre todo en su ciudad. La información en torno a la familia del científico no está clara: mientras que algunas fuentes lo emparentan con el monarca de Siracusa Herón II (alrededor del 308 a.C-216 a.C.) otras lo adscriben a unos orígenes humildes. Parece que su padre era astrónomo, de nombre Fidias. Sea como fuere, la historia del científico más importante de la Antigüedad está estrechamente vinculada a la de la ciudad en la que nació y vivió. Desde el año de su fundación, en el 735 a.C., Siracusa había acogido e reinterpretado los elementos fundamentales de la cultura *griega*. Centro de importantes actividades políticas y culturales, la ciudad gozaba de cierta prosperidad. Platón, en su *Séptima Carta*, relata el boato de la vida en la corte de Dionisio. El filósofo ateniense eligió la *polis* siciliana para intentar llevar a cabo su modelo de "gobierno filosófico", una idea posteriormente fracasada, como recuerda amargamente el propio Platón. Además, en la última fase de la guerra del Peloponeso (413 a.C.), como se desprende del relato de de Tucídides, Atenas sufrió una derrota por parte de Siracusa, decisiva para el transcurso del conflicto.

Archimedes and Syracuse

fondamentali della cultura greca. Centro di importanti snodi politici e culturali, la città godeva di una certa prosperità. Platone, nella *Settima Lettera*, racconta lo sfarzo della vita che si conduce alla corte di Dionisio; il filosofo ateniese aveva scelto proprio la polis siciliana per tentare di realizzare i suo modello di "governo filosofico": disegno poi fallito, come lo stesso Platone, amaramente, ricorda. Inoltre, nell'ultima fase della guerra del Peloponneso (413 a.C.), come emerge dal racconto di Tucidide, Siracusa inferse ad Atene una sconfitta decisiva per il corso del conflitto.

Nel III secolo a.C., la città manteneva ancora intatto il suo prestigio. Gerone II, stipulando una pace separata con Roma e mantenendosi in una posizione sostanzialmente neutrale durante il corso delle guerre puniche, era riuscito ad assicurare a Siracusa un lungo periodo di pace, dedicato alla realizzazione di grandi riforme e di importanti monumenti. Dalle fonti si evince la presenza nella città di un vasto arsenale e di cantieri navali all'avanguardia, tali da rendere possibile la costruzione dell'imponente Sirakosia, la nave realizzata sotto la supervisione di

Syracuse inflicted a decisive defeat on Athens during the course of the conflict.

In the 3rd century BC, the city continued to maintain its prestige intact. Hieron II, stipulating a separate peace with Rome and maintaining a substantially neutral position throughout the Punic Wars, was able to ensure a long period of peace for Syracuse, dedicated to the achievement of significant reforms and important buildings. Sources indicate the presence in the city of a vast arsenal of state-of-the-art shipyards capable of constructing the imposing ship the *Syracusia*, built under the supervision of Archimedes and which Plutarch tells us Hieron II gave to his friend Ptolemy of Alexandria. An intense bond united Syracuse and Alexandria, and Callimachus of Cyrene, the famous Alexandrian poet had married a Syracusan during a trip to the island. Also living in Alexandria were Herodas and the great Theocritus, a poet who was simultaneously "Egyptian" and Syracusan, linked both to Ptolemy and Hieron.

From 215 BC, after the death of Hieron II and with the succession to the throne of the young Hieronymus, Syracusan policy towards Rome changed. After the defeat at Cannae (216 BC) the party that favoured an alliance with the Carthaginians took control of Syracusan politics. The very young Hieronymus assumed a hostile attitude towards Rome. The new king – who seems to have taken the throne as a mere 15 year

En el siglo III a.C., la ciudad continuaba manteniendo intacto su prestigio. Herón II, al acordar una paz separada con Roma y mantenerse en una posición sustancialmente neutra durante el curso de las guerras púnicas, logró asegurar para Siracusa un largo período de paz, dedicado a la realización de grandes reformas e importantes monumentos. De las fuentes se desprende la presencia en la ciudad de un gran arsenal y de canteras navales de vanguardia, hasta el punto de llevar a cabo la construcción del imponente *Siracusia*, un navío construido bajo la supervisión de Arquímedes que, como cuenta Plutarco, Herón II donó al amigo Tolomeo de Alejandría. Un estrecho vínculo unía Siracusa y Alejandría: Calímaco de Cirene, el famoso poeta "alejandrino" se había casado con una siracusana durante una estancia en la isla; en Alejandría vivían Herodas y el gran Teócrito, poeta "egipcio" y siracusano simultáneamente, vinculado tanto a Tolomeo como a Herón.

A partir del año 215 a.C., tras la muerte de Herón II y con la sucesión al trono del joven Jerónimo, la política de Siracusa respecto a Roma cambió: tras la derrota de Cannas (216 a.C.), el partido que se inclinaba por la alianza con los cartagineses tomó las riendas de la política siracusana: el joven Jerónimo adoptó un comportamiento hostil hacia Roma. El nuevo rey – que al parecer había ascendido al trono con apenas 15 años – fue asesinado en vísperas de la guerra por aquellos que se inclinaban a mantener la proximidad política con Roma. Por ello, Siracusa fue asediada,

Archimede e Siracusa

Archimede che, come racconta Plutarco, Gerone II donò all'amico Tolomeo di Alessandria. Un intenso legame univa Siracusa ed Alessandria: Callimaco di Cirene, il famoso poeta "alessandrino" aveva sposato una siracusana durante un suo soggiorno nell'isola; ad Alessandria vivevano Eroda e il grande Teocrito, poeta contemporaneamente "egizio" e siracusano, legato sia a Tolemeo che a Gerone.
A partire dal 215 a.C., dopo la morte di Gerone II e con la successione al trono del giovane Geronimo, la politica di Siracusa nei confronti di Roma era mutata: dopo la disfatta di Canne (216 a.C) il partito che propendeva per l'alleanza con i cartaginesi prese in pugno la politica siracusana: il giovanissimo Geronimo assunse un atteggiamento ostile verso Roma. Il nuovo Re – salito al trono, sembra, appena quindicenne – fu assassinato alla vigilia della guerra da coloro che propendevano a mantenere la vicinanza politica con Roma; e Siracusa fu assediata, espugnata e sottoposta a saccheggio dalle forze romane, comandate da Marco Claudio Marcello. Le fonti antiche concordano nell'inquadrare la fine di Archimede in quel frangente
Il ruolo di Archimede nelle vicende dell'assedio di Siracusa è un fatto storico, che con ragionevole certezza esce dalle vaghezze leggendarie che circondano la figura dello scienziato: a darne testimonianza è Polibio, che data la vicinanza cronologica ai fatti, rappresenta una fonte privilegiata. La flotta romana, non appena si avvicinò alle mura della città, fu accolta da catapulte di varie dimensioni e capacità di tiro. Alle truppe di terra non toccò sorte migliore. Inoltre, Archimede aveva fatto costruire gru

old – was assassinated the night before the war by those seeking to retain close political ties with Rome. Syracuse was then besieged, conquered and sacked by the Roman forces under the command of Marcus Claudius Marcellus. Classical sources agree that the setting of Archimedes' demise was at this juncture.
The role Archimedes played in the events of the siege of Syracuse is a historic fact that emerges with reasonable certainty from the vagueness of the legends that surround him. It was recorded by Polybius who represents a preferred source given his chronological proximity to the facts. As soon as it approached the city walls, the Roman fleet was met with catapults of various sizes and firing capacities. The ground troops had no better luck. Furthermore, Archimedes had revolving cranes built that dropped enormous boulders on the ships trying to approach. He also provided the *manus ferrea* (iron hand), a type of claw that grabbed the ships' bows, causing them to fall back into the water. In 212 BC Marcellus managed to seize a good opportunity (possibly a betrayal, although this is uncertain) to successfully conquer and then sack the city.
If up until this point the facts are generally accepted with few marginal discrepancies among sources, the precise circumstances regarding the death of Archimedes belong to the realm of legend. According to an early version from Livy (Titus Livius), a Roman soldier would not have recognised Archimedes, and would have killed

Arquímedes y Siracusa

expugnada y sometida al saqueo por parte de las fuerzas romanas, encabezadas por Marco Claudio Marcelo. Las fuentes más antiguas enmarcan el fin de Arquímedes en aquella época complicada.

El rol de Arquímedes en el asedio de Siracusa es un hecho histórico, que con certeza razonable emana de las imprecisiones legendarias que rodean la figura del científico. Para dar fe de ello está Polibio, que dada la proximidad cronológica de los hechos, representa una fuente privilegiada. Cuando la flota romana se acercó a las murallas de la ciudad, fue recibida por catapultas de varias dimensiones y capacidad de tiro. Las tropas terrestres no corrieron mejor suerte. Asimismo, Arquímedes había mandado construir grúas rotatorias, que dejaban caer enormes masas sobre los barcos que intentaban acercarse. Además, comenzó a utilizar la *manus ferrea* (mano de hierro), una especie de "zarpa" que agarraba la proa de los barcos, haciéndolos volcar al agua. En el año 212 a.C., aprovechando una ocasión favorable (posiblemente una traición, aunque no existe certeza absoluta), Marcelo logró conquistar la ciudad que fue saqueada.

Si hasta aquí la información está generalmente aceptada y son pocas y marginales las discrepancias entre las fuentes, las circunstancias precisas de la muerte de Arquímedes entran en el terreno de la leyenda. Una primera versión, procedente de Tito Livio, apunta a que un soldado romano no habría reconocido a Arquímedes, matándolo por error. Una

Archimedes and Syracuse

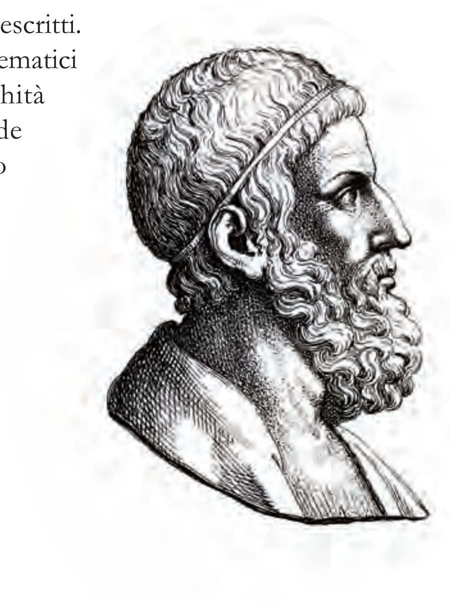
girevoli, che lasciavano cadere enormi massi sulle navi che tentavano di avvicinarsi, aveva inoltre fatto predisporre la manus ferrea (mano di ferro): una sorta di "artiglio" che afferrava la prua delle navi, facendole ricadere in acqua. Nel 212 a.C. Marcello riuscendo a cogliere un'occasione favorevole (forse un tradimento, ma non si hanno certezze in proposito) riuscì a conquistare la città che fu saccheggiata.
Se fin qui le notizie sono generalmente accettate, e poche e marginali sono le discrepanze fra le fonti, le circostanze precise della morte di Archimede rientrano nella leggenda. Secondo una prima versione, dovuta a Tito Livio, un soldato romano non avrebbe riconosciuto Archimede, e lo avrebbe ucciso per errore. Una seconda versione vuole che il soldato, trovato Archimede, gli avrebbe ordinato di seguirlo dal comandante Marcello, ma Archimede si sarebbe rifiutato di muoversi finché non avesse risolto il problema che stava studiando. La tradizione riporta anche una frase che Archimede avrebbe in quel frangente pronunciato: «Noli turbare circulos meos» (non rovinare i miei cerchi), al che il soldato, seccato, l'avrebbe ucciso (si tratta del racconto di Plutarco). Infine, una terza versione narra che Archimede stava recandosi da Marcello con le sue macchine ed i suoi strumenti, ma alcuni soldati, credendo che portasse oro per ingraziarsi il comandante, l'avrebbero ucciso per impadronirsene.

him by mistake. Another version claims that the soldier, on finding Archimedes, ordered him to follow him to Commander Marcellus, but Archimedes refused to move until he had resolved the problem that he was studying. According to legend, during the siege Archimedes is even thought to have uttered the words: "*Noli turbare circulos meos*" (a Latin phrase meaning "Do not disturb my circles!"), upon which the soldier snapped and killed him (from the account by Plutarch). Finally, a third version claims that Archimedes was going to see Marcellus with his machines and equipment, but a group of soldiers, believing that he was taking gold to gain favour with the commander killed him in order to steal it.

segunda versión indica que el soldado, al encontrar a Arquímedes, habría dado órdenes de ir a ver al comandante Marcelo, pero Arquímedes se habría negado a ir hasta no resolver el problema que estaba estudiando. La tradición atribuye a Arquímedes una frase, que se habría pronunciado en aquel período: «*Noli turbare circulos meos*» (No toque mis círculos), a lo que el soldado, iracundo, lo habría asesinado (se trata de la historia de Plutarco). Existe también una tercera versión, que cuenta que Arquímedes iba a visitar a Marcelo con sus máquinas e instrumentos cuando algunos soldados, al creer que llevaba oro para congraciarse con el comandante, lo habrían asesinado para apropiárselo

Archimede ci parla

Archimede, massimo scienziato dell'antichità, non rispondeva al prototipo dell'erudito lontano dalla sua società, in dorato isolamento intellettuale nella "torre d'avorio": fu un genio nell'esercizio delle sue funzioni. Il rigore dei suoi ragionamenti e delle sue dimostrazioni non lo costrinse nelle catene della rigidità metodologica. Dai suoi scritti si deduce che, per risolvere le numerose e complesse questioni che si trovava ad affrontare, ricorreva non di rado ad acquisizioni intuitive, spesso di carattere misto fra matematica e meccanica: tratto di sorprendente modernità. Questo atteggiamento aperto dimostra in modo esemplare la straordinaria flessibilità che caratterizzava la mente di Archimede, capace di spaziare fra campi che all'epoca non erano ancora concepiti come "confinanti", e ci fa comprendere quale fosse la sua idea di ricerca: una materia viva, non certo un ammasso di nozioni vincolato a canoni prescritti.
Fra i matematici dell'antichità Archimede fu quello



Archimedes, the greatest scientist of antiquity, did not conform to the prototype of the scholar removed from society living in golden intellectual isolation in an "ivory tower". He was a genius in carrying out his work. The rigour of his arguments and demonstrations were not constrained by the chains of methodological rigidity. From his writings we can gather that in order to resolve the many complex questions he found himself facing, he frequently resorted to intuitive acquisitions, often of a mixed character between maths and mechanics - a feature of astonishing modernity. This open attitude clearly demonstrates in an exemplary way the extraordinary flexibility that characterised the mind of Archimedes, whose abilities ranged between fields which were not yet even thought of as "neighbouring" during that era. This offers an insight into his own particular idea of research - a living matter, far removed from a cluster of notions tied to prescribed rules. Among the mathematicians of antiquity, it was Archimedes who knew more than any other how to exercise freedom of thought, and, thanks to his prodigious intellectual vitality, was the first to truly combine science and technology. His engineering output – which amazed contemporaries and future generations, fellow citizens and adversaries alike – was founded on the progress he accomplished in theoretical studies, which he certainly preferred, and at the same time the achievements that he was making in mechanics and physics were stimuli for his mathematical activities.
To read Archimedes is to engage with the work of a giant. The dizzy heights of his insights and the

Arquímedes nos habla

Arquímedes, exponente científico de la Antigüedad, no respondía al prototipo de erudito alejado de su sociedad, en dorado aislamiento intelectual de su "torre de marfil". Fue un genio en el ejercicio de sus funciones. El rigor de sus razonamientos y sus demostraciones no lo encadenaron a la rigidez metodológica. De sus escritos se desprende que para resolver las numerosas y complejas cuestiones a las que se enfrentaba, a menudo recurría a sus experiencias intuitivas, de carácter mixto entre la matemática y la mecánica, un comportamiento de una modernidad sorprendente. Esta actitud abierta demuestra de manera ejemplar la extraordinaria flexibilidad que caracterizaba la mente de Arquímedes, capaz de caminar entre campos que en aquella época aún no se concebían como campos "colindantes", y nos hace comprender cuál era su idea de búsqueda: una materia viva, no un cúmulo de nociones vinculados a cánones prescritos. Entre los matemáticos de la Antigüedad, Arquímedes fue el que más supo ejercitar la libertad de pensamiento. Gracias a esta prodigiosa vitalidad intelectual, fue el primero en amalgamar verdaderamente ciencia y técnica. Sus obras de ingeniería, que asombran a contemporáneos y antiguos, a conciudadanos y enemigos por igual, se basaban en los progresos derivados de los estudios teóricos, que ciertamente prefería, y al mismo tiempo las obras que realizaba en el campo de la mecánica y física fueron estímulos para su actividad de matemático.

Archimedes speaks

che seppe più di tutti esercitare la libertà del pensiero e, grazie a questa sua prodigiosa vitalità intellettuale, il primo a fondere veramente scienza e tecnica.
Le sue realizzazioni ingegneristiche – che sbalordirono contemporanei e posteri, concittadini e nemici – si basavano sui progressi che raggiungeva negli studi teorici; che certo prediligeva, e allo stesso tempo le realizzazioni che andava compiendo in meccanica e fisica furono stimoli per la sua attività di matematico.
Leggere Archimede significa cimentarsi con l'opera di un gigante. L'altezza vertiginosa delle sue intuizioni e lo sviluppo serrato dei passaggi dimostrativi delle sue opere matematiche rendono l'incontro con il testo archimedeo spesso difficoltoso per gli stessi specialisti. Ma, per nostra fortuna, lo scienziato siracusano spesso premetteva ai suoi trattati lettere di presentazione, rivolte ai sapienti cui i suoi lavori erano destinati e – nel caso dell'*Arenario* – a Gelone, Sovrano di Siracusa. Questi passaggi introduttivi sono leggibili e addirittura godibili per freschezza di stile.
I passi che seguono sono tratti dal *Corpus* delle opere del siracusano. Nella lettera di accompagnamento al *Metodo*, Archimede si rivolge ad Eratostene, allora direttore della Biblioteca alessandrina e dunque altissima autorità culturale; a Dositeo, matematico alessandrino che il nostro siracusano tratta a volte con malcelata sufficienza (e forse con un po' di ironia) indirizza i trattati *Sui conoidi e gli sferoidi* e *Le Spirali*; a Gelone – monarca siracusano di allora – indirizza una fra le sue opere più singolari: l'*Arenario*.

dense development of the demonstrative passages of his mathematical works often make an encounter with Archimedean texts full of difficulty even for specialists. Yet fortunately the Syracusan scientist often prefaced his treatises with letters of presentation directed at the scholars to whom his work was addressed and, in the case of The Sand Reckoner, to Gelon, King of Syracuse. These introductory passages are well-written and even enjoyable for their fresh style.
The passages that follow are taken from the body of works by the Syracusan. The letter that accompanies the *Method* is addressed to Eratosthenes, who at the time was director of the Library of Alexandria and therefore of the highest cultural authority; to Dositheus, an Alexandrian mathematician that our Syracusan sometimes treats with ill-concealed condescension (and perhaps some irony), he addresses the treatises *On Conoids and Spheroids and On Spirals*; and he dedicates one of his most unusual works, *The Sand Reckoner*, to Gelon, who was at that time King of Syracuse.

The Method

Archimedes to Eratosthenes greeting.

Since I see, however, as I have said, that you are a diligent and distinguished teacher of philosophy, with an appreciation for mathematical theory as the occasion arises, I decided to write to you and set out in this same book the characteristics of a certain method, through which it will be possible for you to consider certain mathematical questions by mechanical means. And I am convinced that this [method] is no less useful in demonstrating the theorems themselves. In fact some of the [properties] that first presented themselves to me by means of mechanics, I later

Leer a Arquímedes significa empaparse de la obra de un gigante. La vertiginosa altitud de sus intuiciones y el desarrollo preciso de los pasajes demostrativos de sus obras matemáticas hacen que sus textos resulten dificultosos para los propios especialistas. Sin embargo, por fortuna, el científico siracusano a menudo incluía en sus tratados algunas notas de presentación, dirigidas a todos aquellos a los que sus trabajos iban destinados y, en el caso de *El Arenario*, a Gelón, soberano de Siracusa. Estos pasajes introductorios son de fácil lectura, además de placenteros, por la frescura de su estilo.

Los pasos que siguen proceden del corpus de las obras del siracusano. En la carta de acompañamiento de *El Método*, Arquímedes se dirige a Eratóstenes, el entonces director de la Biblioteca de Alejandría y, por lo tanto, una alta autoridad cultural; a Dositeo, matemático alejandrino que nuestro siracusano a veces trata con cierta ironía, y escribe los tratados *Sobre conoides y Esferoides y La Espiral*; a Gelón, monarca siracusano de entonces, y escribe una de sus obras más singulares: *El Arenario*.

El método

Arquímedes a Eratóstenes

Reconociendo, como digo, tu celo y tu excelente dominio en materia de filosofía, amén de que sabes apreciar, llegado el caso, la investigación de cuestiones matemáticas, he creído oportuno confiarte, por escrito, y

11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio1_W1_F

archimede_catalogo2011_17_DEF_interno_175 14 01-DEC-11 10:45:59

Archimede ci parla

Il Metodo

Archimede ad Eratostene salute.

Vedendoti poi, come ho detto, diligente ed egregio maestro di filosofia, e tale da apprezzare anche nelle matematiche la teoria che [ti] accada [di considerare], decisi di scriverti e di esporti nello stesso libro le caratteristiche di un certo metodo, mediante il quale ti sarà data la possibilità di considerare questioni matematiche per mezzo della meccanica. E sono persuaso che questo [metodo] sia non meno utile anche per la dimostrazione degli stessi teoremi. E infatti alcune delle [proprietà] che a me dapprima si sono presentate per via meccanica sono state più tardi [da me] dimostrate per via geometrica, poiché la ricerca [compiuta] per mezzo di questo metodo non è una [vera] dimostrazione: è poi più facile, avendo già ottenuto con

demonstrated through geometry, because research [carried out] using this method is not a [true] demonstration. For it is easier to carry out the demonstration having already obtained with [this] method some knowledge of that sought, rather than to look for it without any prior knowledge […].

Overcome the difficulties

Archimedes to Dositheus greeting,

I have written in this book that I am sending you [On Conoids and Spheroids], the demonstrations of the remaining theorems that you did not receive in the previously sent [books], and of other [theorems] found later, which, having investigated them myself and having appeared as though they contained some difficulties, had placed me in a quandary. This was because the said propositions were not published with the others. Yet later, having applied myself to them with greater diligence, I found [and demonstrated] the [propositions] that had embarrassed me. The remaining theorems were proposed around the rectangular conoid [= paraboloid of rotation], while those found later were around the obtuse angle conoid [= hyperboloid of rotation] and around spheroidal shapes [= ellipsoids of rotation] that I call [respectively] lengthened or flattened [depending on whether the rotation occurs around the minor or major axis of the generating ellipse].
[…].

A brilliant hoax?

Archimedes to Dositheus greeting,

Of the theorems already sent to Conon, and of which you often ask me to write the demonstrations, you have most of these written in the books that Heraclides brought you. Some [others] I am sending you written in this book. Do not be surprised that I waited such a long time to send you the demonstrations, I actually wanted to present them first to scholars of mathematics, who preferred to study them

Arquímedes nos habla

explicar en este mismo libro, las características propias de un método según el cual será posible abordar la investigación de ciertas cuestiones matemáticas por medio de la mecánica. Algo que, por lo demás, estoy convencido de que no es en absoluto menos útil en orden a la demostración de los teoremas mismos, pues algunos de los que primero se me hicieron patentes por la mecánica, recibieron luego demostración por geometría, habida cuenta de que la investigación por ese método queda lejos de una demostración, como que es más fácil construir la demostración después de haber adquirido por ese método cierto conocimiento de los problemas, que buscarla sin la menor idea al respecto [ ]

Superar las dificultades

Arquímedes a Dositeo

Habiéndolas escrito en este libro [De Conoides y Esferoides], te envío las demostraciones de los teoremas restantes que no has recibido en los [libros] enviados anteriormente, y de otros [teoremas] descubiertos posteriormente que, habiendo indagado al respecto, y al percibir que presentaban cierta dificultad, me habían puesto en una situación embarazosa. Por ello, tales propuestas no fueron publicadas con el resto. Sin embargo, posteriormente, al aplicarme con mayor diligencia, encontré [y demostré] las [propuestas] que me habían causado cierto embarazo. El resto de teoremas giraban alrededor del conoide rectángulo [=paraboloide de

11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio1_W1_B

[questo] metodo qualche conoscenza delle cose ricercate, compiere la dimostrazione, piuttosto che ricercare senza alcuna nozione preventiva […].

Superare le difficoltà

Archimede a Dositeo salute,

Ti mando, avendole scritte in questo libro [Sui conoidi e gli sferoidi], le dimostrazioni dei restanti teoremi che non hai avuto nei [libri] precedentemente inviati, e di altri [teoremi] in seguito trovati, i quali, avendo io stesso indagato su di essi, ed essendomi sembrato che essi contenessero una qualche difficoltà, mi avevano posto in imbarazzo: perciò dette proposizioni non sono state pubblicate insieme con le altre. Ma più tardi, essendomi applicato ad esse con maggiore diligenza, ho trovato [e dimostrato] le [proposizioni] che mi avevano imbarazzato. I restanti teoremi erano proposti intorno al conoide rettangolo [= paraboloide di rotazione], mentre quelli trovati dopo [sono] intorno al conoide ottusangolo [= iperboloide di rotazione] e alle figure sferoidali [= ellissoidi di rotazione] che chiamo [rispettivamente] allungate o appiattite [a seconda che la rotazione avvenga intorno all'asse maggiore o a quello minore dell'ellisse generatrice].
[…].

Una burla geniale?

Archimede a Dositeo salute,

Dei teoremi già inviati a Conone, e dei quali sempre mi chiedi di scrivere le dimostrazioni, hai, la maggior parte di queste, scritte nei libri che ti ha portato Eraclide: alcune [altre] di esse te le mando scritte in questo libro. Non meravigliarti se gran tempo ho lasciato trascorrere prima di inviarti le dimostrazioni: infatti è accaduto che io ho voluto prima presentarle a studiosi di matematica, che preferivano ricercare essi stessi [le dimostrazioni]. Infatti, quanti teoremi di geometria che non apparivano facili in principio

written out [the demonstrations]. Indeed, how many geometry theorems that seemed difficult in principle were then brought to completion? Then Conon passed away before he had enough time to examine them, otherwise he would have found and highlighted these things […]. And as many years have passed since Conon's death, we do not know that any of the problems have been resolved by a single person. I therefore wish to review them one by one, especially since it happens that two of them have been added, which I was not able to complete successfully, so that those that say they [know] how to find everything, but produce no demonstration, remain confounded. This time they have found an impossible demonstration.

Archimedes shows respect in his letters for only one Alexandrian mathematician, Conon. Others he seems to treat with a degree of condescension. In the letter to Dositheus that accompanied the treatise on the spirals, he confirms his wish to show his theorems first to mathematicians capable of finding the proofs themselves. He also added the confutation of two incorrect statements to the demonstration of these theorems. This could suggest that he may have maliciously done this on purpose, imagining that Dositheus would not have realised. Archimedes' use of adjectives such as "evident", "overt" and similar, hints that he sought to highlight his superior mathematical ability when compared to his Alexandrian colleagues.

Challenge to infinity

Many think, King Gelon, that the number [of grains] of sand is quantitatively infinite. This includes not only those in Syracuse and the rest of Sicily, but also those grains of sand in every region, whether inhabited or desolate. There are others who think that the number is not infinite, but

rotación], mientras que aquello descubierto posteriormente gira en torno al conoide obtusángulo [hiperboloide de rotación] y en torno a las figuras esferoidales [=elipsoides de rotación] que denomino [respectivamente] alargadas o achatadas [según si la rotación sucede alrededor del eje mayor o al eje menor de la elipse generadora].
[ ].

Una burla genial?

Arquímedes a Dositeo

De los teoremas ya enviados a Conón, sobre los que siempre me pides que escriba las demostraciones, los tienes escritos en los libros que te ha llevado Heráclides: otras te las mando escritas en este libro. No te sorprendas por el hecho de que haya dejado transcurrir el tiempo antes de enviártelas. De hecho, lo que ha sucedido es que he querido presentárselas a estudiosos en matemáticas, que preferían investigarlas ellos mismos [las demostraciones]. De hecho, ¿cuántos teoremas de geometría que no resultaban fáciles en un principio se han resuelto más tarde? Posteriormente, Conón, antes de haber tenido el tiempo suficiente para su examen, pasó a otra vida. De lo contrario habría encontrado y evidenciado estas cosas [ ]. Y al haber pasado tantos años del fallecimiento de Conón, desconocemos si se ha resuelto alguno de los problemas. Deseo por lo tanto reportarlos uno a uno. Tal es mi empeño que se han sumado dos problemas a los que no he podido dar respuesta, con lo que aquellos

Archimede ci parla

sono stai poi portati a compimento? Conone poi, prima che avesse avuto il tempo sufficiente per il loro esame, è passato ad altra vita: altrimenti egli avrebbe trovato e reso evidenti queste cose […]. Ed essendo passati molti anni dalla morte di Conone, non sappiamo che da alcuno sia stato risolto nessuno dei problemi. Voglio quindi qui uno per uno riportarli, tanto più che accade che sono stati aggiunti due di essi, che non ho potuto portare a buon fine, sicché color che dicono di [saper] trovare tutto, senza però fare vedere alcuna dimostrazione, restino confusi: questa volta hanno trovato una dimostrazione impossibile.

Nelle sue lettere Archimede mostra rispetto per un solo matematico alessandrino: Conone, altri sembra invece trattarli con una certa sufficienza. In questa lettera a Dositeo, che accompagna il trattato sulle Spirali, afferma di aver voluto far vedere i suoi teoremi prima a dei matematici in grado di trovare da soli le dimostrazioni. Alla dimostrazione di questi teoremi aggiungeva la confutazione di due enunciati sbagliati: si potrebbe – malignamente – pensare che lo abbia fatto di proposito, pensando che Dositeo non se ne sarebbe accorto. L'uso da parte di Archimede di aggettivi come "evidente" , "manifesto" e simili lascia intendere che con ciò voglia sottolineare la sua superiore abilità di matematico nei confronti dei suoi colleghi alessandrini.

Sfida all'infinito

Molti pensano, o Re Gelone, che il numero [dei granelli] della sabbia sia quantitativamente infinito: dico non solo di quelli che stanno a Siracusa e nel resto della Sicilia, ma anche di quello [dei granelli di sabbia] in ogni regione, abitata o disabitata. Vi sono poi alcuni che pensano che quel numero non sia infinito, ma che non si potrà

that a number could not be named that exceeds its quantity. It is clear that if those who think that this represented a mass of sand as large as the size of the Earth, having filled all the oceans and valleys and reaching as far as the height of the most imposing mountains, many more would understand that it is not possible to name a number that exceeds that quantity. But I will try to show you, by means of geometric demonstrations that you can follow, that of the number named and stated in the writings sent to Zeuxippus, some exceed not only the number [of grains] of sand amounting to a mass equal to that of the Earth filled as described, but also of a magnitude equal to the universe. You are aware that the universe is described by most astronomers as a sphere with the Earth at the centre, whose radius is equal to the straight line that lies between the centre of the Earth and that of the sun […]. Aristarchus of Samos believes that the fixed stars and the sun do not move, but that the Earth revolves on a circumference around the sun, which is positioned in the middle of the orbit; that the sphere of the fixed stars, located around the same centre of the sun, is so large that the circle in which he believes the Earth to revolve, has - in terms of distance of the fixed stars - the same proportion that the centre of the sphere has in relation to the surface. It is obvious that this is impossible

Arquímedes nos habla

que afirman [saber] encontrar todo, sin ofrecer ninguna demostración, han quedado confundidos: esta vez se han topado con una demostración imposible.

En sus cartas, Arquímedes sólo muestra respeto por un matemático alejandrino: Conón, al que parece tratarle con cierta suficiencia. En esta carta a Dositeo, que acompaña al tratado sobre las Espirales, afirma haber querido mostrar sus teoremas primero a matemáticos para intentar resolver los problemas de manera autónoma. A las demostraciones de estos teoremas añadía las refutaciones de dos enunciados erróneos: se podría malpensar que lo hizo a propósito, pensando que Dositeo no se habría percatado. El uso por parte de Arquímedes de adjetivos como "evidente", "manifiesto" u otros similares da a entender que con ello quería poner de manifiesto su capacidad superior de matemático ante sus colegas alejandrinos.

Desafío al infinito

Muchos piensan, o rey Gelón, que el número [de granos] de arena es cuantitativamente infinito. No me refiero solo a los que se encuentran en Siracusa y en el resto de Sicilia, sino a todos [los granos de arena] que existen en las diferentes regiones, habitadas o deshabitadas. También hay otros que piensan que el número no es infinito, aunque no se podrá ofrecer un número que supere esta cantidad. Está claro que si aquellos que piensan de esta manera consideran que existe un volumen de arena tan grande como el de la Tierra, llenando todos los mares y depresiones hasta alcanzar la

11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio1_W1_F

nominare un numero che superi la sua quantità. È chiaro che se coloro che così pensano si rappresentassero un volume di sabbia di grandezza tale quale quella della Terra, avendo riempito tutti i mari e tutte le depressioni fino a raggiungere l'altezza delle più imponenti montagne, molto meno comprenderebbero che si può nominare un numero che superi quella quantità. Ma io tenterò di mostrarti, per mezzo di dimostrazioni geometriche che potrai seguire, che, dei numeri da noi denominati ed esposti negli scritti inviati a Zeusippo, alcuni superano non solo il numero [di granelli] della sabbia aventi grandezza uguale a quella della Terra riempita come abbiamo detto, ma anche grandezza uguale al cosmo. Tu sai che il cosmo è descritto dalla maggior parte degli astronomi come una sfera, con al centro la terra, il cui raggio è uguale alla retta posta tra il centro della terra e quello del sole [...]. Aristarco di Samo suppone che le stelle fisse ed il sole non si muovano, ma che la terra ruoti su una circonferenza intorno al sole, che si trova nel mezzo dell'orbita; che la sfera delle stelle fisse, situata intorno allo stesso centro del sole, sia così grande che il cerchio, in cui si suppone ruoti la terra, ha rispetto alla distanza delle stelle fisse lo stesso rapporto che il centro della sfera ha rispetto alla superficie. È ovvio che ciò è impossibile: poiché il centro della terra non ha grandezza, non si può pensare che abbia alcun rapporto con la superficie della sfera. È, in ogni caso, probabile che Aristarco intendesse dire questo: poiché noi concepiamo la terra come se fosse il centro dell'universo, il rapporto che la terra ha rispetto a quello che chiamiamo cosmo è lo stesso di quello che la sfera contenente il cerchio su cui si suppone che la terra ruoti, ha rispetto alla sfera delle stelle fisse [...].

Archimedes speaks

because since the centre of the earth has no magnitude, we cannot think that it bears any relation to the surface of the sphere. It is, in any case, probable that Aristarchus intended to say this: because we consider the Earth as though it were the centre of the universe, the relationship that the Earth has with that which we call the universe is the same as that which the sphere containing the circle on which he believes the Earth revolves, has in relation to the sphere of the fixed stars [...].

altura de las más imponentes montañas, difícilmente podrán comprender que se puede ofrecer una cifra superior a esa cantidad. Sin embargo, yo intentaré mostrarte, a través de demostraciones geométricas que podrás comprender, que de los números que nosotros hemos denominado y hemos expuesto en los escritos enviados a Zeusipo, algunos superan no sólo el número [de granos] de arena que tiene la Tierra, como hemos dicho, sino también el cosmos. Sabes que la mayoría de astrónomos describen el cosmos como una esfera, con el centro en la Tierra, cuyo radio es igual a la recta entre el centro de la Tierra y el del Sol [ ] Aristarco de Samos supone que las estrellas fijas y el sol no se mueven sino que la Tierra rota en una circunferencia alrededor del Sol, que se encuentra en el medio de la órbita. Afirma además la esfera de las estrellas fijas, situada alrededor del mismo centro del Sol, es de tal magnitud que el círculo sobre el cual se supone que rota la tierra tiene la misma distancia respecto a las estrellas que el centro de la esfera respecto a las superficie. Es obvio que esto es imposible. Puesto que el centro de la Tierra no tiene tamaño, no se puede pensar que exista alguna relación con la superficie de la esfera. En cualquier caso, es probable que Aristarco quisiese decir esto: puesto que concebimos la Tierra como si fuese el centro del universo, la relación de la Tierra con lo que denominamos cosmos es la misma que la esfera que contiene el círculo sobre el que se supone que la Tierra rota respecto a la esfera de las estrellas fijas [ ].

11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio2_W1_F

IL PERCORSO ESPOSITIVO

Con la cultura ellenistica la "scienza" assume una connotazione del tutto nuova. Non si limita più a descrivere i fenomeni naturali in modo preciso ma tenta di spiegare il perché-fisico delle cose, capire perché esse accadono come accadono, possibilmente utilizzando poche leggi fondamentali. Per la prima volta, grazie alla potenza della matematica, diventa concepibile poter comprendere i meccanismi che regolano l'Universo fornendo una spiegazione consistente dei fatti naturali.

Lo scienziato, o meglio il filosofo naturalista, diviene allo stesso tempo sempre più consapevole della necessità di rendere conto della stretta correlazione esistente fra esperienza e teoria.

Le conoscenze di matematica e geometria vengono applicate nella progettazione di macchine utili al lavoro dell'uomo o di complessi apparati in grado di illustrare leggi fondamentali; a volte tali realizzazioni sono finalizzate alla soluzione di problemi bellici, altre sono a mero scopo ludico. Con procedimento opposto, però, la costruzione di macchine di grande sofisticatezza, appositamente ideate e realizzate, può essere una via attraverso cui arrivare a dedurre "verità" matematiche.

Questo profondo legame non è mai stato biunivoco o necessario ma, spesso, traendo reciproco sostegno, ha contribuito allo sviluppo di teorie da un lato e applicazioni dall'altro.

Archimede, massimo esempio di scienziato/inventore dell'epoca, incarna questo metodo elaborando e tramandando un patrimonio culturale al quale ancora oggi il mondo moderno fa riferimento essendo ad esso profondamente debitore.

In Hellenistic culture, "science" took on an entirely new connotation. Natural phenomena were no longer limited to being described in a precise way but instead explanation for the physical reason for things was sought; to understand why things happen as they do, possibly using few basic laws. For the first time, thanks to the power of mathematics, it became conceivable to comprehend the mechanisms that rule the universe, providing a consistent explanation for the facts of nature.

At this time scientists, or rather natural philosophers, became increasingly knowledgeable about the need to acknowledge the close correlation between experience and theory.

The disciplines of mathematics and geometry began to be applied in the designing of machines useful for work carried out manually or complex apparatus capable of setting out basic laws. Often these achievements were aimed at the solution of problems of war, while others were purely for recreational purposes. With the opposite process however, the construction of highly sophisticated machines, specifically designed and manufactured, offered the means with which to arrive at the deduction of mathematical "truths".

This profound relationship was never biunique or necessary, yet was often mutually supportive and contributed to the development of theories on the one hand, and applications on the other.

Archimedes was an outstanding example of a scientist/inventor at that time, who embodied this method, processing and handling a cultural heritage to which the modern world still refers and to which it is deeply indebted.

EL RECORRIDO EXPOSITIVO

Con la cultura helenística, la "ciencia" adquiere una connotación completamente nueva. Deja de limitarse a describir los fenómenos naturales de manera precisa y pasa a intentar explicar el por qué físico de las cosas, comprender por qué suceden como suceden, posiblemente utilizando pocas leyes fundamentales. Por primera vez, gracias a la potencia de las matemáticas, resulta concebible poder comprender los mecanismos que regulan el Universo, proporcionando así una explicación consistente de los hechos naturales.

El científico, o mejor dicho el filósofo naturalista, se percata cada vez más de la necesidad de explicar la estrecha correlación entre experiencia y teoría.

Los conocimientos de matemáticas y geometría se aplican en los proyectos de herramientas útiles en el trabajo del hombre o de complejos aparatos capaces de ilustrar leyes fundamentales. A veces, tales realizaciones acaban utilizándose para problemas bélicos mientras que otras veces se usan para cuestiones más lúdicas. En el proceso opuesto, sin embargo, la construcción de máquinas altamente sofisticadas, debidamente ideadas y realizadas, puede suponer una vía a través de la que deducir "verdades" matemáticas.

Este estrecho vínculo nunca ha sido biunívoco o necesario sino que, a menudo, con dicha reciprocidad, ha contribuido al desarrollo de teorías, por una parte, y de aplicaciones por otra. Arquímedes, máximo ejemplo de científico/inventor de la época, encarna este

THE EXHIBITION ROUTE

(Ri)scoprire Archimede

I visitatori avranno la possibilità di scoprire quali e quanti sono i campi del sapere in cui Archimede si è mosso - idrostatica, geometria, meccanica, aritmetica e persino astronomia - sperimentando in prima persona, attraverso exhibit interattivi, i fenomeni alla base di molte sue formulazioni teoriche.

Il percorso nel museo si concentra da un lato sugli studi relativi alla meccanica e all'idrostatica (che oggi potremmo dire più in generale di fisica) mentre dall'altro presenta soluzioni famose applicate alla realizzazione di macchine concepite per facilitare il lavoro dell'uomo o per alleviarne la fatica.

Per non trascurare altri importanti ambiti in cui si mosse Archimede, viene presentata anche la sua attività di astronomo/costruttore, approfondendo inoltre alcuni dei fondamentali contributi da lui dati alla matematica.

Nella realizzazione sono stati considerati fondamentali gli aspetti interattivi. Gli exhibit di cui si compone il percorso permettono al visitatore di toccare con mano il fenomeno sperimentando in maniera diretta la relazione tra causa ed effetto. È così possibile apprendere dall'osservazione diretta di ciò che accade, quali sono le regole, i comportamenti, le "leggi" alla base di quanto osservato.

Una serie di apparati multimediali consentono al visitatore di approfondire i temi affrontati in mostra secondo percorsi virtuali personali.

(Re)discover Archimedes

Visitors will have the chance to discover which and how many fields of learning Archimedes was involved in – hydrostatics, geometry, mechanics, arithmetic and even astronomy – with hands-on experiments through interactive exhibits on the phenomena at the core of many of his theoretical formulations.

The museum exhibition is focused partly on study relating to mechanics and hydrostatics (now generally referred to as physics), while also presenting famous solutions applied to the creation of machines conceived to facilitate the work of humans or to alleviate fatigue.

So as not to neglect the other important areas in which Archimedes worked, his activities as astronomer/builder are also represented, which furthermore delve into several of the fundamental contributions he made to mathematics.

Interactive features are regarded as fundamental to the production. The exhibits that form the exhibition allow visitors to experience the phenomenon first-hand, directly testing the relationship between cause and effect. This makes it possible to learn through direct observation what happens, what the rules are, the behaviours, and the "laws" at the base of that observed.

A series of multimedia facilities enable visitors to explore the themes featured in the exhibition based around virtual personal routes.

método, elaborando y trasmitiendo un patrimonio cultural al que aún hoy en día el mundo moderno se refiere y al que le es profundamente deudor.

(Re)descubrir a Arquímedes

El visitante tendrá la posibilidad de descubrir cuáles y cuántos son los campos del saber en los que Arquímedes se introdujo – hidrostática, geometría, mecánica, aritmética e incluso la astronomía – experimentando en primera persona y a través de exposiciones interactivas los fenómenos que son la base de sus formulaciones teóricas.

El recorrido del museo se concentra, por una parte, en los estudios relativos a la mecánica y la hidrostática (que hoy en día podríamos denominar más en general la física) y, por otra, presenta soluciones famosas aplicadas a la realización de máquinas concebidas para facilitar el trabajo del hombre o para aliviar su fatiga.

Para no descuidar otros ámbitos en los que también se adentró Arquímedes, se expone también su actividad de astrónomo/constructor, profundizando en algunas de sus contribuciones a las matemáticas.

En la realización se han considerado fundamentalmente los aspectos interactivos. Las exposiciones que forman el recorrido permiten al visitante vivir de primera mano el fenómeno, experimentando de manera directa la relación entre causa y efecto. De este modo resulta posible aprender de las observaciones directas de lo que sucede, cuáles son las reglas, los comportamientos, las "leyes" base de lo que se observa.

Gracias a una serie de elementos multimedia, el visitante puede profundizar sobre algunos temas y realizar un recorrido virtual personal.

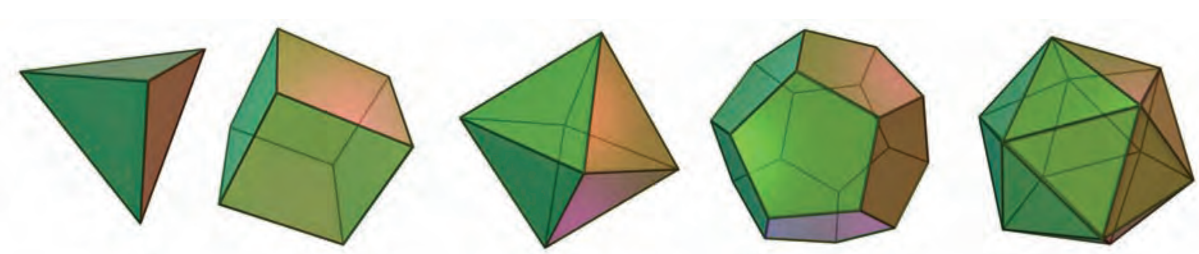
archimede_catalogo2011_17_DEF_interno_175 20 01-DEC-11 10:45:59

"il genio siracusano lavorò sulle troncature possibili delle figure platoniche"

SOLIDI DI ARCHIMEDE

Archimedean Solids

LOS SÓLIDOS DE ARQUÍMEDES



11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio2_W1_F

SOLIDI DI ARCHIMEDE

Platone, nel *Timeo*, dialogo che influenzò molto le concezioni cosmogoniche dell'antichità, descrive i solidi cosiddetti "regolari", poiché le loro facce sono formate da poligoni regolari congruenti (cioè sovrapponibili esattamente) e che hanno tutti gli spigoli e i vertici equivalenti. Ne consegue che anche i loro angoloidi hanno la stessa ampiezza. I solidi platonici sono, per tanto, cinque: il *cubo* (formato da sei quadrati), il *tetraedro* (formato da quattro triangoli equilateri), l'*ottaedro* (formato da otto triangoli equilateri), il *dodecaedro* (formato da dodici pentagoni regolari) e l'*icosaedro* (formato da venti triangoli equilateri). Il filosofo associavo a queste figure un valore particolarmente importante: nel *Timeo*, associò ad ognuno di essi un elemento: al tetraedro il fuoco, al cubo la terra, all'ottaedro l'aria, all'icosaedro l'acqua, mentre nel *Fedone* ritenne che il dodecaedro fosse la forma dell'universo.

Archimede fece progredire il sapere dei greci anche in questo campo: con lo studio dei solidi geometrici o stereometria. Col suo rigoroso metodo scientifico, che pur vedendo nel mondo una tessitura geometrica, rifuggiva misticisimi di sapore pitagorico, studiò i poliedri quasi perfetti come quelli platonici. In particolare il genio siracusano lavorò sulle troncature possibili delle figure platoniche.

Ne derivarono tredici diversi elementi geometrici, e sette di loro si ottengono troncando gli angoli dei solidi platonici: *tetraedro troncato* (formato da quattro triangoli e quattro esagoni), *cubottaedro* (formato da otto triangoli e sei quadrati), *icosidodecaedro* (formato da venti triangoli e dodici pentagoni), *cubo troncato* [o esaedro troncato] (formato da otto triangoli e sei ottagoni), *ottaedro troncato* (formato da sei quadrati e otto esagoni), *dodecaedro troncato* (formato da venti triangoli e dodici decagoni), *icosaedro troncato* (formato da dodici pentagoni e venti esagoni), *rombicubottaedro* (formato da otto triangoli e diciotto quadrati), *cubottaedro troncato* (formato da dodici quadrati, otto esagoni, sei ottagoni), *rombicosidodecaedro* (formato da venti triangoli, trenta quadrati, dodici pentagoni), icosidodecaedro troncato (formato da trenta quadrati, venti esagoni, dodici decagoni), *cubo ottusangolo*, o *cubottaedro ottusangolo* (formato da trentadue triangoli e sei quadrati), *dodecaedro ottusangolo* o *icosidodecaedro ottusangolo* (formato da ottanta triangoli e dodici pentagoni).

Il solido più popolare di Archimede è senza dubbio il classico pallone da calcio: una superficie quasi sferica composta da pentagoni, circondata da cinque esagoni (icosaedro troncato).

ARCHIMEDEAN SOLIDS

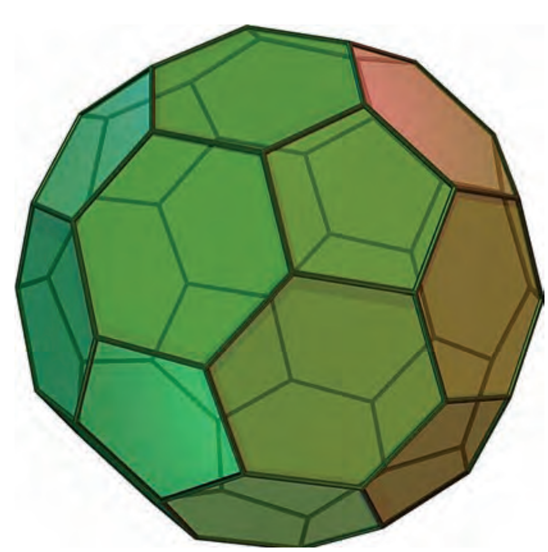
"the Syracusan genius worked on the possible truncations of Platonic figures"

Plato, in his *Timaeus* dialogue which so strongly influenced the cosmogonic conceptions of antiquity, described the solids as "regular" because their faces are formed by congruent regular polygons (that is to say exactly superimposable) and their edges and vertices are all equal. It follows that their polyhedral angles are also the same size. There are five Platonic solids: cube (formed by six squares), tetrahedron (formed by four equilateral triangles), octahedron (formed by eight equilateral triangles), dodecahedron (formed by 12 regular pentagons) and icosahedron (formed by 20 equilateral triangles). Plato associated a particularly important value with these figures. In *Timaeus* he associated an element to each one: fire to the tetrahedron, earth to the cube, air to the octahedron, and water to the icosahedron, while in *Phaedo* he considers the dodecahedron to be the shape of the universe.

Archimedes advanced the knowledge of the Greeks in this field as well with his study of geometric solids or stereometry. With his rigorous scientific method and seeing as he did the geometric texture of the world, he avoided mysticism of the Pythagorean type, and studied almost perfect polyhedrons such as those of Plato. In particular, the Syracusan genius worked on the possible truncations of Platonic figures.

The result was to derive 13 different geometric elements, with seven of these obtained by truncating the angles of the Platonic solids: *truncated tetrahedron* (formed by four triangles and four hexagons), *cuboctahedron* (formed by eight triangles and six squares), *icosidodecahedron* (formed by 20 triangles and 12 pentagons), *truncated cube* [or truncated hexahedron] (formed by eight triangles and six octagons), *truncated octahedron* (formed by six squares and eight hexagons), *truncated dodecahedron* (formed by 20 triangles and 12 decagons), *truncated icosahedron* (formed by 12 pentagons and 20 hexagons), *rhombicuboctahedron* (formed by eight triangles and 18 squares), *truncated cuboctahedron* (formed by 12 squares, eight hexagons, six octagons), *rhombicosidodecahedron* (formed by 20 triangles, 30 squares, 12 pentagons), *truncated icosidodecahedron* (formed by 30 squares, 20 hexagons, 12 decagons), obtuse angle cube, or obtuse angle cuboctahedron (formed by 32 triangles and six squares), *obtuse angle dodecahedron* or obtuse angle icosidodecahedron (formed by 80 triangles and 12 pentagons).

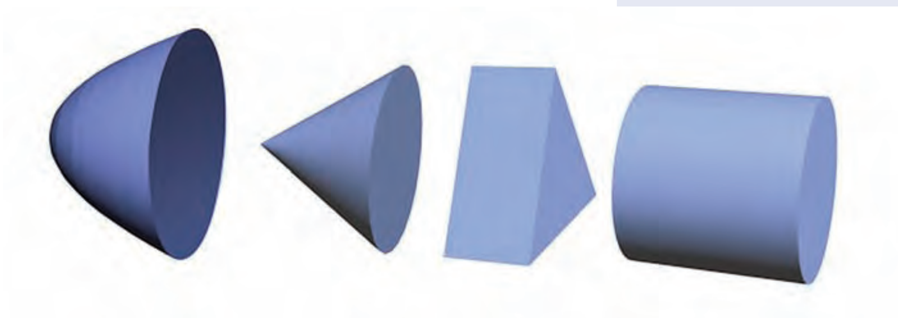
The most popular Archimedes solid is without doubt the classic football: an almost spherical surface composed of pentagons, surrounded by five hexagons (truncated icosahedron).



archimede_catalogo2011_17_DEF_interno_175 23 01-DEC-11 10:45:59

ARQUÍMEDES DE SÓLIDOS

"el genio siracusano trabajó las diferentes posibilidades de truncar las figuras platónicas"



Platón, en el *Timeo*, diálogo que influyó las concepciones cosmogónicas de la Antigüedad, describe los sólidos denominados "regulares", ya que sus lados están formados por polígonos regulares congruentes (es decir, que se sobreponen de manera exacta) y que tienen todas las aristas y vértices equivalentes. Igualmente, sus anguloides presentan la misma anchura. Los sólidos platónicos son, por lo tanto, cinco: el *cubo* (formado por seis cuadrados), el tetraedro (formado por cuatro triángulos equiláteros), el *octaedro* (formado por ocho triángulos equiláteros), el *dodecaedro* (formado por doce pentágonos regulares) y el *icosaedro* (formado por veinte triángulos equiláteros). El filósofo asociaba a estas figuras un valor particularmente importante. En el *Timeo*, asoció a cada uno de ellos un elemento: al tetraedro el fuego, al cubo la tierra, al octaedro el aire, al icosaedro el agua, mientras que en el *Fedón* afirma que el dodecaedro es la forma del universo.

Arquímedes también hizo avanzar el saber de los griegos en este campo, con el estudio de los sólidos geométricos o estereometría. Con su riguroso método científico que, percibiendo en el mundo una tesitura geométrica, huía de los misticismos de carácter pitagórico, estudió los poliedros casi perfectos como los platónicos. Concretamente, el genio siracusano trabajó sobre las diversas formas de truncar las figuras platónicas.

De ello surgen trece elementos geométricos diversos, siete de los cuales obtenidos truncando los ángulos de los sólidos platónicos: *tetraedro truncado* (formado por cuatro triángulos y cuatro hexágonos), *cuboctaedro* (formado por ocho triángulos y seis cuadrados) *icosidodecaedro* (formado por veinte triángulos y doce pentágonos), *cubo truncado* [o hexaedro truncado] (formado por ocho triángulos y seis octágonos), *octaedro truncado* (formado por seis cuadrados y ocho hexágonos), *dodecaedro truncado* (formado por veinte triángulos y doce decágonos), *icosaedro truncado* (formado por doce pentágonos y veinte hexágonos), *rombicuboctaedro* (formado por ocho triángulos y dieciocho cuadrados), *cuboctaedro truncado* (formado por doce cuadrados, ocho hexágonos y seis octágonos) *rombicosidodecaedro* (formado por veinte triángulos, treinta cuadrados y doce pentágonos), *icosidodecaedro truncado* (formado por treinta cuadrados, veinte hexágonos y doce decágonos), *cubo obtusángulo*, o *cuboctaedro obtusángulo* (formado por treinta y dos triángulos y seis cuadrados), *dodecaedro obtusángulo* o *icosidodecaedro obtusángulo* (formado por ochenta triángulos y doce pentágonos).

El sólido más conocido de Arquímedes es, sin duda, la clásica pelota de fútbol: una superficie casi esférica formada por pentágonos y rodeada por cinco hexágonos (icosaedro truncado).

11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio2_W1_B

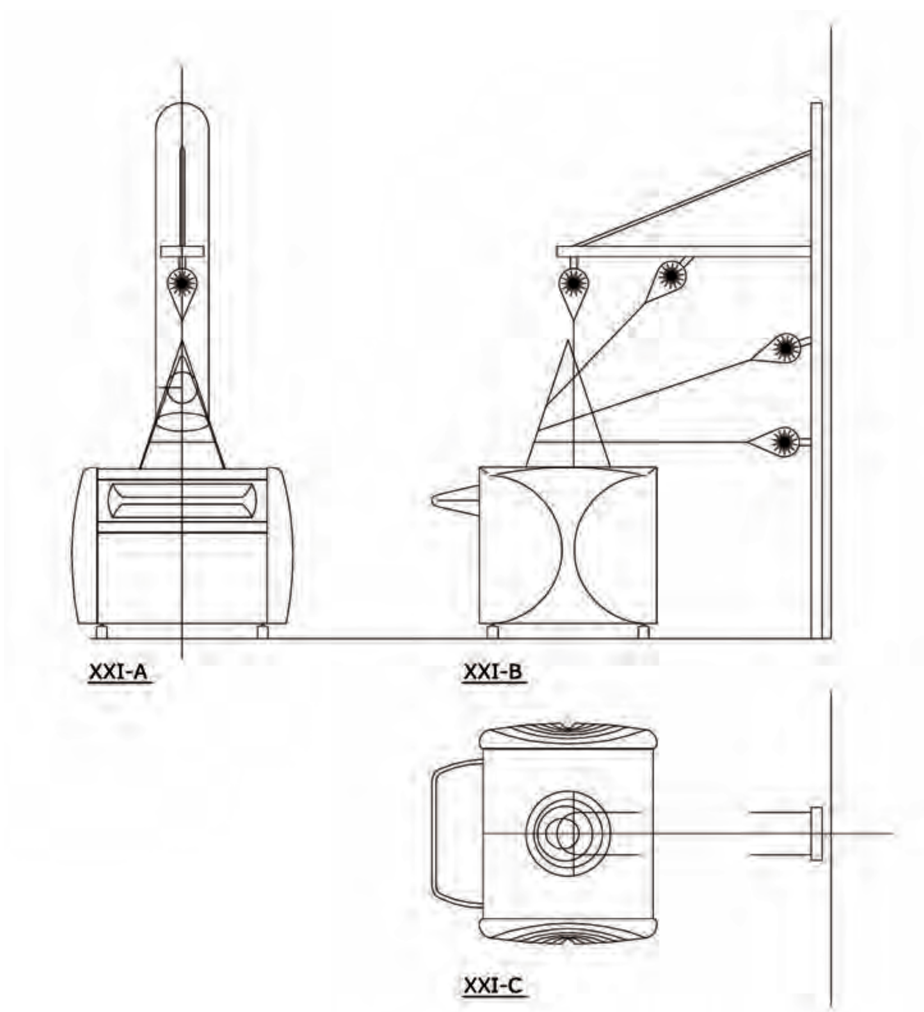
archimede_catalogo2011_17_DEF_interno_175 24 01-DEC-11 10:45:59

"come 'mettere' un ordine intelligibile (cosmos) nel caos"

SEZIONI CONICHE

Conic Sections

SECCIONES CÓNICAS



11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio2_W1_F

SEZIONI CONICHE

A differenza di quanto accadeva per i cinesi, i babilonesi, gli egizi, gli indiani, per i greci fare matematica significava dimostrare. La concezione della matematica come "scienza dimostrativa" è uno dei lasciti fondamentali dei greci alla civiltà occidentale. La matematica greca conosceva il concetto di "assioma" (ossia di principio) e quelli di "postulato" e "definizione" e procedeva per teoremi, lemmi ed argomentazioni rigorosamente deduttive. Lasciando sullo sfondo figure i cui connotati restano per noi indeterminati e spesso leggendari, come quella di Pitagora di Samo, sappiamo con ragionevole certezza che già ai tempi di Platone circolavano delle opere matematiche intitolate Elementi. Sfortunatamente di quelle opere sono giunti fino a noi solo dei frammenti; la scarsità di testi genuini complica notevolmente il lavoro degli studiosi. Sappiamo però che, nella matematica greca, verosimilmente in ambiente pitagorico, si produsse un trauma culturale: la scoperta delle grandezze irrazionali. Uno fra i casi più famosi dell'antichità è rappresentato dalla incommensurabilità tra la diagonale e il lato del quadrato. Scoprire che il rapporto intercorrente fra il lato e la diagonale del quadrato non è esprimibile con un numero razionale, gettò nello scompiglio le prime concezioni geometriche del mondo, ed aprì una profonda ferita nella visione greca della realtà. Quella che oggi può sembrare una semplice curiosità erudita, fu invece un fatto di notevole importanza, e testi come il *Menone* di Platone, solo per fare un illustre esempio, mostrano quanto profonda fosse la ferita inferta dalla scoperta dei numeri non razionali nel seno delle matematiche. I greci dell'epoca classica, così costantemente alla ricerca delle ragioni e delle spiegazioni dei fenomeni, e dominati dal concetto di armonia e di proporzione, concepivano la loro ricerca sulle cause come "mettere" un ordine intelligibile (*cosmos*) nel caos. Consideravano la matematica la più razionale delle discipline. La scoperta di un "assurdo" che riguardava proprio i concetti di *proporzione ed armonia*, e dunque di ordine in senso generale, accese dibattiti e spinse alla ricerca di soluzioni.

La geometria euclidea afferma l'esistenza di rette e cerchi; una procedura implicita è rappresentata dalla possibilità di tagliare un determinato cono con un determinato piano, il che dà origine all'esistenza di uno dei principali interessi matematici di Archimede: le sezioni coniche. Le sezioni di cono rappresentavano all'epoca d'Archimede un campo di studio assai frequentato: era un nuovo argomento, una nuova frontiera della ricerca geometrica. Attraverso l'intersezione tra un cono ed un piano, si possono ottenere tutta una serie di forme geometriche chiamate sezioni coniche o semplicemente coniche. A seconda dell'angolo di sezione del piano rispetto alla base, la forma di una sezione conica sarà un cerchio (0°), un'ellisse (tra 0° e l'angolo del cono), una parabola (tra l'angolo di apertura del cono e un angolo retto) e un iperbole (un angolo retto).

Archimede si occupa delle sezioni coniche nel trattato sugli *Sferoidi e i Conoidi*, suddiviso in trentaquattro proposizioni, attraverso le quali dimostra numerose proprietà di queste figure. Basandosi sui suoi risultati, la trattazione delle coniche maturò ulteriormente grazie ad Apollonio di Perga (262 a.C. – 190 a.C.), con esiti che rimasero sostanzialmente insuperati per diversi secoli. Gli studi archimedei su queste figure sono alla base dello sviluppo di successive tecnologie quali, per fare solo degli esempi, le antenne ed il telescopio.

archimede_catalogo2011_17_DEF_interno_175 26 01-DEC-11 10:45:59

CONIC SECTIONS

"impose an intelligible order (cosmos) on chaos"

Unlike the experience of the Chinese, Babylonians, Egyptians and Indians, for the Greeks, to do mathematics meant to demonstrate. The idea of mathematics as a "demonstrative science" is a fundamental legacy that the Greeks gave to western civilization. Greek mathematics recognised the concept of "axiom" (or rather of principle) and those of "postulate" and "definition" and proceeded through theorems, lemmas and rigorously deductive arguments. Leaving in the background figures of whom only vague description and legend remain, such as that of Pythagoras of Samos, we do know with reasonable certainty that already in the time of Plato mathematical works entitled Elements were in circulation. Unfortunately only fragments of these have survived, and the scarcity of genuine texts notably complicates the work of scholars. However, we know that in Greek mathematics, most likely in a Pythagorean environment, a cultural trauma was produced: the discovery of irrational magnitudes. One of the most famous cases of antiquity is represented by the immeasurability between the diagonal and the side of the square. To discover that the relationship which exists between the side and the diagonal of a square cannot be expressed by a rational number threw into turmoil the world's first geometric concepts, and opened a deep wound in the Greek vision of reality. That which today seems a simple scholarly curiosity was instead a fact of considerable importance, and a text such as the illustrious *Meno* by Plato demonstrates how deep the wound inflicted by the discovery of the non-rational numbers was to the heart of mathematics. In the classical period the Greeks, who were continually in search of the reasons and explanations for phenomena, and were dominated by the concept of harmony and proportion, designed their research around the causes as though "to impose" an intelligible order (cosmos) on chaos. They considered mathematics the most rational of the disciplines. The discovery of an "absurdity" that concerned the very concepts of *proportion and harmony*, and therefore of order in a general sense, sparked debates and led to the research of solutions.

Euclidean geometry confirmed the existence of straight lines and circles. An implicit procedure is represented by the possibility of cutting a given cone with a given plane, which brings into being one of the main mathematical interests of Archimedes: conic sections. During the time of Archimedes, conic sections represented a very popular field of study. It was a new argument; a new frontier of geometry research. By intersecting a cone with a plane, an entire series of geometric shapes called conic sections or simply conics could be obtained. Depending on the angle of section of the plane in relation to the base, the shape of the conic section will be a circle (0°), an ellipse (between 0° and the angle of the cone), a parabola (between the angle of the opening of the cone and a right angle) and a hyperbola (a right angle).

Archimedes focused on conic sections in his treatise on *Spheroids and Conoids*, subdivided into 34 propositions, through which he demonstrated numerous properties of these figures. Based on these results, discussion of conics was further developed thanks to Apollonius of Perga (262 – 190 BC), with results that remained substantially unequalled for many centuries. The studies of Archimedes on these figures are at the base of the development of successive technologies including antennas and the telescope, to name but a few.

11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio2_W1_B

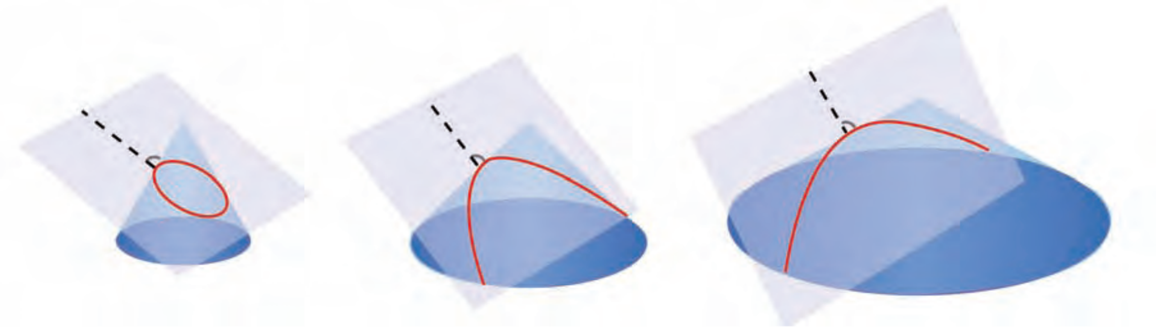
SECCIONES CÓNICAS

"establecer un orden inteligible (cosmos) en el caos"

A diferencia de chinos, babilonios, egipcios o indios, para los griegos hacer matemáticas significaba demostrar. L a concepción de las matemáticas como "ciencia demostrativa" es una de las herencias fundamentales griegas a la civilización occidental. Las matemáticas griegas conocían el concepto de "axioma", además de los de "postulado" y "definición", y procedía por teoremas, lemas y argumentaciones rigurosamente deductivas. Dejando de lado algunas figuras que son a nuestros ojos indeterminadas o, a menudo, legendarias, como la de Pitágoras de Samos, sabemos con cierta certeza que ya en los tiempos de Platón circulaban algunas obras matemáticas denominadas Elementos. Desafortunadamente, hasta nuestros días sólo han llegado algunos fragmentos de aquellas obras. La falta de textos auténticos complica notablemente el trabajo de los expertos. Sabemos, sin embargo, que en las matemáticas griegas, probablemente en el contexto pitagórico se produjo un trauma cultural: el descubrimiento de las grandezas irracionales. Uno de los más famosos de la Antigüedad está representado por la inconmensurabilidad entre la diagonal y el lado del cuadrado. El descubrimiento de que la relación intercurrente entre el lado y la diagonal del cuadrado no se puede expresar con un número racional supuso un auténtico desconcierto en las primeras concesiones geométricas del mundo y abrió una profunda herida en la visión griega de de la realidad. Lo que hoy en día puede parecer una simple curiosidad erudita fue en su momento un hecho de gran importancia. A modo de ejemplo, textos como el *Menón* de Platón muestran la profundidad de la herida causada por el descubrimiento de los números no racionales en las matemáticas. Los griegos de la época clásica, en constante búsqueda de la razón y la explicación de los fenómenos, y dominados por el concepto de armonía y proporción, concebían su investigación sobre las causas como "establecer" un orden inteligible (cosmos) en el caos. Consideraban que la matemática era la más racional de las disciplinas. El descubrimiento de un "absurdo" sobre los propios conceptos de *proporción y armonía* y, por lo tanto en el sentido general provocó un auténtico debate y obligó a la búsqueda de soluciones.

La geometría euclídea defiende la existencia de *rectas y círculos*. Un procedimiento implícito viene representado por la posibilidad de cortar un determinado cono con un determinado plano, lo que da origen a uno de los principales intereses matemáticos de Arquímedes: las secciones cónicas. Dichas secciones representaban en la época de Arquímedes un campo de estudio bastante discurrido. Suponía un nuevo argumento, una nueva frontera de la investigación geométrica. A través de las intersecciones entre un cono y un plano, se puede obtener toda una serie de formas geométricas denominadas secciones cónicas o, simplemente, cónicas. Según el ángulo de sección del plano respecto a la base, la forma de una sección cónica será un círculo (0º) una elipse (entre 0º y el ángulo del cono), una parábola (entre el ángulo de apertura del cono y un ángulo recto) y una hipérbole (un ángulo recto.

Arquímedes trata sobre las secciones cónicas en el tratado sobre *Esferoides y Conoides*, formado por 34 propuestas en las que demuestra numerosas propiedades de dichas figuras. Basándose en sus resultados, la investigación sobre conoides la continuó posteriormente Apolonio de Perga (262 a.C. – 190 a.C.), con unos hallazgos que durante varios siglos fueron insuperables. Los estudios de Arquímedes sobre estas figuras son la base del desarrollo de tecnologías sucesivas, como por ejemplo las antenas o el telescopio, entre muchos otros instrumentos.

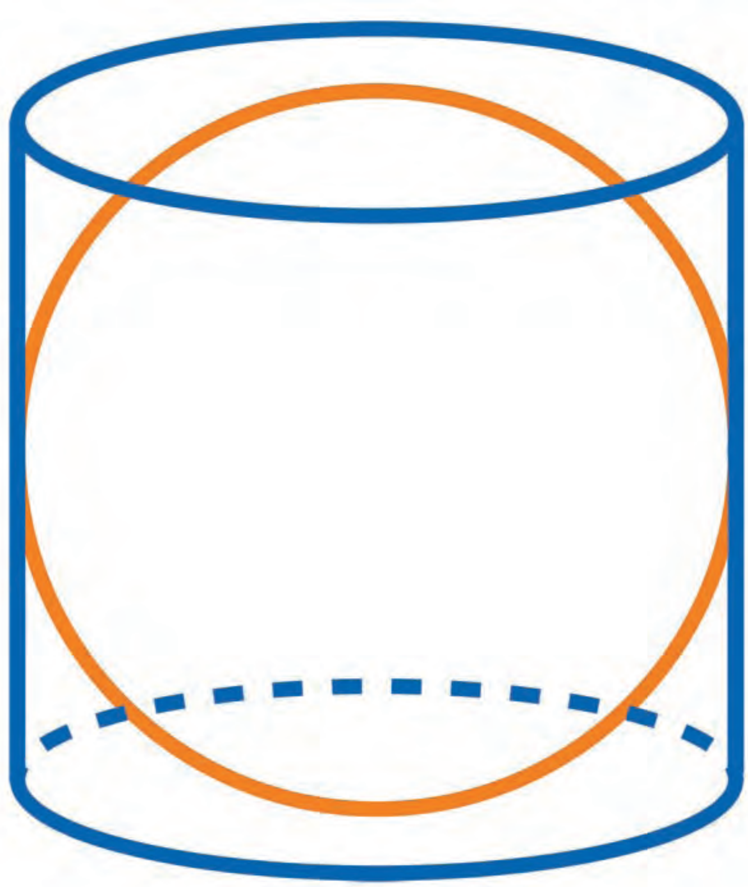


"una sfera ha un volume pari ai 2/3 di quello del cilindro in cui è inscritta"

SFERA E CILINDRO

Sphere and Cylinder

ESFERA Y CILINDRO

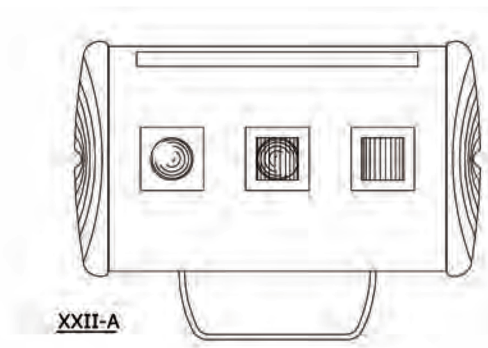


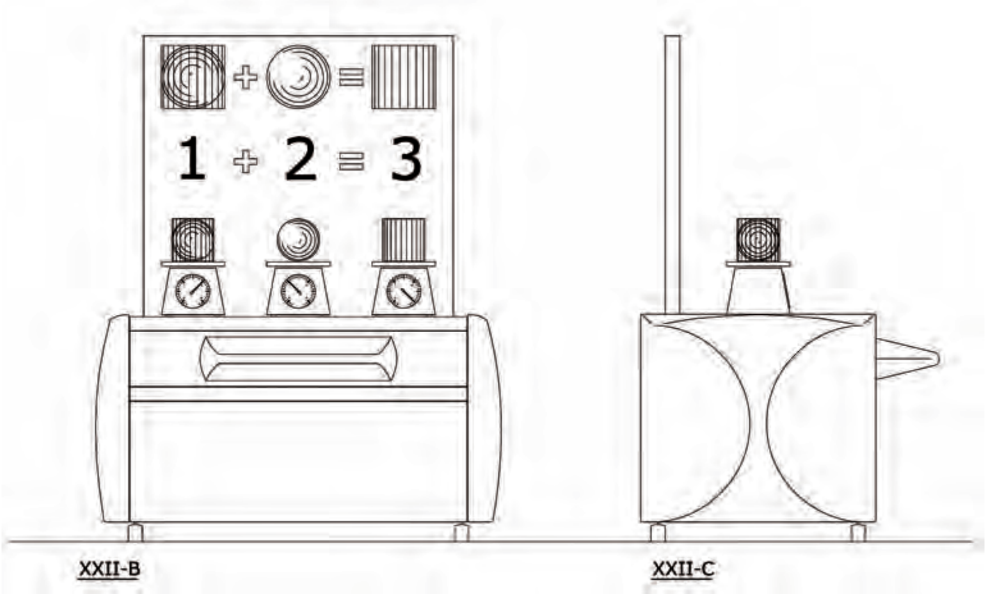
11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio2_W1_F

SFERA E CILINDRO

"Quando ero questore in Sicilia mi misi a cercare la sua tomba invasa dalle erbe e dagli sterpi, che i siracusani non conoscevano e anzi negavano che esistesse. Avevo infatti sentito parlare di alcuni versi incisi sulla tomba che spiegavano perché essa fosse sormontata da una sfera e da un cilindro. Fuori da Porta Agrigentina c'è un gran numero di sepolture, e a forza di cercare e di guardare notai finalmente una piccola colona che a pena superava la boscaglia di sterpi, e su di essa erano raffigurati una sfera e un cilindro».

Il racconto di Cicerone – tratto dalle Tusculanae Disputationes – è ritenuto dubbio e aggiunge un altro tassello al mosaico di aneddoti che contribuiscono a costruire la leggendaria personalità del grande scienziato siracusano. Certa è invece l'attribuzione ad Archimede del trattato *Sulla sfera e sul cilindro*, che affronta il problema del rapporto tra i volumi e le aree delle due figure geometriche: uno dei risultati che diede ad Archimede maggiore soddisfazione fu dimostrare che una sfera ha un volume pari ai 2/3 di quello del cilindro in cui è inscritta. Dedurre il rapporto fu un'altra delle intuizioni anticipatrici del genio di Siracusa, che Newton e Leibniz metteranno in discussione molti secoli dopo, perfezionando il calcolo infinitesimale, che analizza le figure solide suddividendole in rette e circoli di estrema sottigliezza. Il fascino che la sfera ha sempre esercitato nell'immaginario greco è forse legato anche al valore astronomico: i pianeti sono sfere, e fino ad un certo tempo, nel mondo greco, sono stati considerati divinità. Il trattato Sulla sfera e sul cilindro, suddiviso in due libri, forse in origine pensati come opere distinte, fu commentato e studiato per secoli dopo la morte di Archimede, fra gli altri da Antemio di Tralles e da Isidoro di Mileto, architetti del VI secolo d. C. entrambi impegnati nei lavori di ricostruzione di Santa Sofia a Costantinopoli.





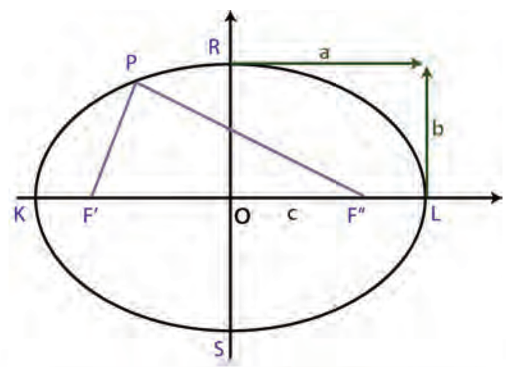
SPHERE AND CYLINDER

"a sphere has a volume equal to 2/3 that of the cylinder in which it is inscribed"

"When I was quaestor in Sicily I took it upon myself to find his grave. This was so overrun by grass and bushes that the Syracusans did not know it was there and even denied that it existed. I had heard of certain lines of verse inscribed on the tomb that explained why it had been topped by a sphere and a cylinder. A number of tombs stand near the Agrigentine Gate, and after searching for a while I eventually noticed a small column poking above the vegetation, on top of which stood a sphere and a cylinder".

This story by Cicero – taken from the *Tusculan Disputations* – is considered doubtful and adds another tile to the mosaic of anecdotes that help to construct the legendary personality of the great Syracusan scientist. Of course it is instead the attribution to Archimedes of the treatise *On the Sphere and Cylinder*, which tackles the problem of the relationship between the volumes and areas of the two geometric figures. One of the results that gave Archimedes the greatest satisfaction was demonstrating that a sphere has a volume equal to 2/3 that of the cylinder in which it is inscribed. To deduce the relationship was another of the advanced insights of the genius of Syracuse, that Newton and Leibniz would examine many centuries later; the infinitesimal calculation, which analyses the solid figures, subdividing them in straight lines and circles of extreme subtlety.

The fascination that the sphere has always inspired in the Greek imagination is perhaps partly linked to its astronomic value. The planets are spherical, and at one time in the Greek world, they were considered to be divine. The treatise *On the Sphere and Cylinder*, subdivided into two books and possibly once thought of as separate works, was discussed and studied for centuries after the death of Archimedes by figures including Anthemius of Tralles and Isidore of Miletus, architects from the 6th century who both worked on the rebuilding of Hagia Sofia in Constantinople.

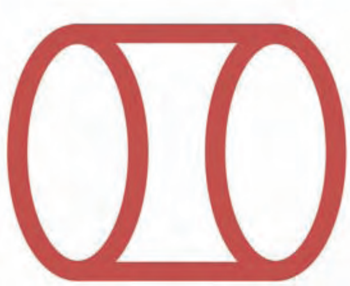


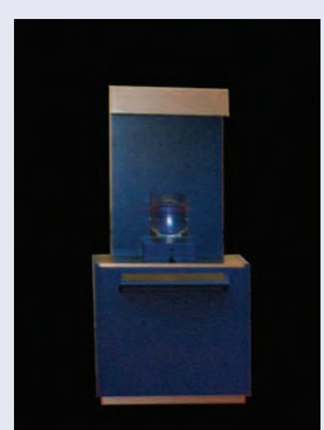
ESFERA Y CILINDRO

“el volumen de la esfera es igual a dos tercios del volumen circunscrito”

“Cuando era cuestor en Sicilia, me puse a buscar su tumba invadida de zarzales, que los siracusanos desconocían e incluso negaban su existencia. Habían oído hablar de algunos versos inscritos en su tumba que explicaban una historia sobre una esfera y un cilindro. Fuera de la Puerta de Agrigentina existe un gran número de sepulturas. A fuerza de buscar, descubrí una pequeña columna que apenas sobresalía el matojo de zarzales y sobre la que reposaba una esfera y un cilindro”.

El relato de Cicerón – extraído de *Tusculanae Disputationes* – añade otro elemento de duda al gran número de anécdotas que contribuyen a construir la legendaria personalidad del gran científico siracusano. Es cierta, sin embargo, la atribución a Arquímedes del tratado *Sobre la Esfera y el Cilindro*, que trata el problema de la relación entre los volúmenes y las áreas de las dos figuras geométricas. Uno de los resultados que mayor satisfacción da a Arquímedes fue demostrar que el volumen de la esfera es igual a dos tercios del volumen circunscrito. Deducir la relación fue otra de las intuiciones que anticipó el genio de Siracusa, que muchos siglos después Newton y Leibniz se encargarán de poner en duda. El cálculo infinitésimo que analiza las figuras sólidas, subdividiéndolas en rectas y círculos de una gran sutileza. La fascinación que la esfera siempre ha causado en el imaginario griego está probablemente vinculado al valor astronómico: los planetas son esferas y, hasta cierto período, éstos fueron considerados divinidades. El tratado *Sobre la Esfera y el Cilindro*, dividido en dos libros, posiblemente pensados como dos obras distintas, fue comentado y estudiado durante siglos tras la muerte de Arquímedes, entre otros por Antemio de Tralles e Isidoro de Mileto, arquitectos del siglo VI d.C., ambos dedicados a los trabajos de reconstrucción de Santa Sofía en Constantinopla.



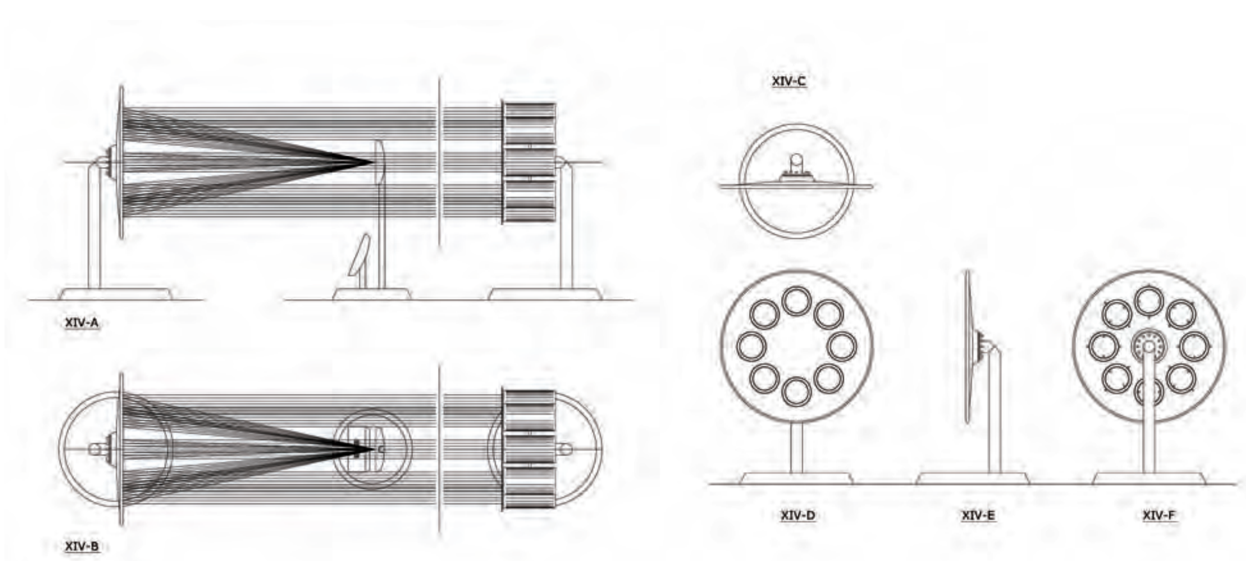


 "di un grande specchio parabolico capace di sfruttare l'energia solare "

PARABOLOIDI: SPECCHI USTORI

Paraboloids: burning mirrors

PARABOLOIDES: ESPEJOS USTORIOS



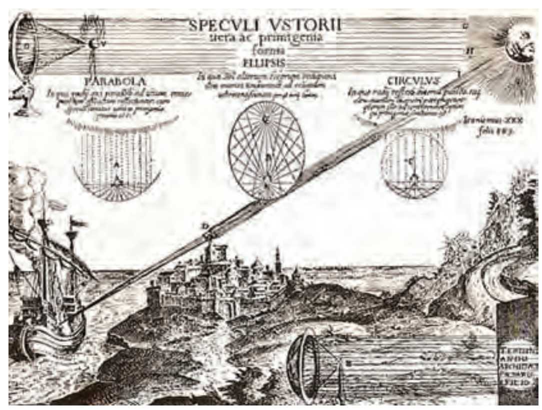
11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio2_W1_F

corr_archimede_catalogo_DEF_pag33_175 1 01-DEC-11 15:07:59

PARABOLOIDI: SPECCHI USTORI

Archimede prese parte all'epica difesa di Siracusa. A darcene notizia numerose fonti antiche. Archimede fu una vera e propria "arma segreta": con le sue straordinarie macchine belliche mise in grande difficoltà le preponderanti forze romane, che dovettero faticare molto più del previsto per piegare la resistenza siracusana.

Legata alla vicenda dell'assedio è la leggenda che vorrebbe le mura della città difese, dalla parte del mare, anche da colossali costruzioni di specchi parabolici, che catturando e concentrando i raggi solari, li avrebbero riflessi direttamente sulle navi romane, provocando numerosi incendi. Non si può dare credito a questa suggestiva versione, sia perché le fonti più antiche non menzionano gli specchi ustori, sia perché in epoca contemporanea i fisici hanno effettuato esperimenti e calcoli, dimostrando l'impossibilità degli effetti che la tradizione attribuisce all'azione degli specchi incendiari.



Questa leggenda è comunque il sintomo della visione che di Archimede si aveva nel Medioevo sia in area cristiana che musulmana: lo scienziato siracusano appariva un simbolo del potere della tecnica e del sapere. Il principio scoperto da Archimede afferma che uno specchio a parabola riflette tutti i raggi che arrivano paralleli all'asse della parabola verso un punto ben preciso, dove si concentra il fascio di radiazione: il fuoco della parabola.

A raccogliere il testimone della sua opera saranno poi i veri protagonisti della nuova scienza del Rinascimento: Galileo, Leonardo e Newton. Il foglio 1103 v. del Codice Atlantico, disegnato da Leonardo da Vinci nel 1513 durante l'ultima permanenza a Roma, è interamente dedicato a macchine per la lavorazione degli specchi: sei figure di macchine per la lavorazione di specchi piani e concavi. In particolare, Leonardo accenna a un avveniristico progetto consistente nella costruzione di un grande specchio parabolico capace di sfruttare l'energia solare per far bollire l'acqua delle caldaie di una grande tintoria.

Anche Galileo toccherà lo stesso tema nella prima giornata dei *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze* facendo esplicito riferimento agli specchi d'Archimede.

La tecnologia degli specchi ustori, dagli studi di Archimede sulla parabola, è arrivata sino a noi; e proprio nella terra che Archimede non volle abbandonare, ha trovato una sua espressione straordinariamente efficace e promettente: la centrale solare termodinamica "Archimede" di Priolo Gargallo, prima al mondo a utilizzare la tecnologia dei sali fusi, integrata con un impianto a ciclo combinato. Il funzionamento di questo modernissimo impianto ad elevata tecnologia è caratterizzato dall'utilizzo di specchi parabolici lineari per concentrare e riflettere la luce solare su tubi in cui scorre olio minerale. L'olio si riscalda e - incanalato in una caldaia – produce dall'acqua vapore al alta pressione, che fa muovere le turbine dalle quali si produce energia elettrica. La centrale "Archimede", grazie alla sofisticata tecnologia che impiega, è in grado di mantenere il calore per diverse ore, e quindi di non interrompere la produzione anche di notte o in condizioni di scarso irradiamento solare. Archimede, che amava la scienza e Siracusa, ne sarebbe certo soddisfatto.

11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio3_W1_F

PARABOLOIDS: BURNING MIRRORS

"a large parabolic mirror capable of making use of solar energy"

Archimedes took part in the epic defence of Syracuse according to numerous sources from antiquity. He was undoubtedly a "secret weapon" with his extraordinary war machines that created enormous difficulty for the prevailing Roman forces, which were constrained to use much more effort than they had anticipated to bend the Syracusan resistance.

A legend that surrounds the events of the siege describes how the city walls were defended on the coastal side by colossal structures of parabolic mirrors that captured and concentrated the rays of the sun, reflecting them directly onto the Roman ships, causing many fires. Yet credit cannot be given to this evocative version as there is no mention in the oldest sources of the burning mirrors, and modern-day physicists have carried out experiments and calculations, demonstrating the impossibility of the effects that the legend attributed to the action of the fire-incendiary mirrors.

However, the legend is a sign of the view of Archimedes that existed in the Middle Ages both in Christian and Muslim areas. The Syracusan scientist appeared as a symbol of the power of technology and knowledge. The principle discovered by Archimedes stated that a parabolic mirror reflects all the rays that arrive parallel to the axis of the parabola towards a precise point, where the radiation beam is concentrated: the focus of the parabola.

Picking up the baton of his work were the true protagonists of the new science of the Renaissance, Galileo, Leonardo and Newton. Sheet 1103 verso of the Codex Atlanticus, designed by Leonardo da Vinci in 1513 during his last stay in Rome, is entirely dedicated to machines for producing mirrors featuring six illustrations for flat and concave mirrors. In particular, Leonardo outlines a futuristic project involving the construction of a large parabolic mirror capable of using solar energy for boiling the water in large dye factory boilers.

Galileo also touches upon the same subject in the first day of the *Discourses and Mathematical Demonstrations Relating to Two New Sciences*, making explicit reference to Archimedes' mirrors.

From the studies of Archimedes on the parabola, the technology of the burning mirrors has reached a modern day setting in the very area that Archimedes could not abandon, manifesting itself in the efficient and promising "Archimede" thermodynamic solar power plant in Priolo Gargallo in Sicily. This is the first in the world to use molten salt technology integrated with a combined-cycle power plant. This extremely modern plant with advanced technology is characterised by its use of linear parabolic mirrors to concentrate and reflect sunlight onto pipes in which mineral oil flows. The oil heats up and is channelled into a boiler to produce high pressure steam to run turbines for electricity generation. The "Archimede" power plant, thanks to the sophisticated technology it uses, is able to store the heat for several hours, and therefore avoid interrupting production even at night or in conditions of low solar radiation. Archimedes, who loved science and Syracuse, would certainly have been very pleased.

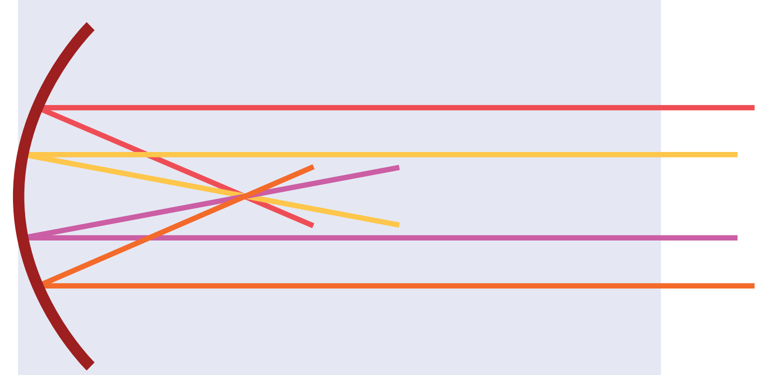
archimede_catalogo2011_17_DEF_interno_175 35 01-DEC-11 10:45:59

PARABOLOIDES: ESPEJOS USTORIOS

“un gran espejo parabólico capaz de concentrar la energía solar”

Arquímedes tomó parte en la épica defensa de Siracusa. Son numerosas las fuentes antiguas que lo atestiguan. Arquímedes fue una verdadera “arma secreta”. Con sus extraordinarias armas bélicas puso en grandes apuros a las preponderantes fuerzas romanas, que sufrieron mucho más de lo previsto para luchar contra la resistencia siracusana.
Existe la historia del y asedio y a la leyenda que afirma que se defendían las murallas de la ciudad, del lado del mar, gracias a colosales construcciones de espejos parabólicos que, al capturar y concentrar los rayos solares, los habrían reflejado directamente en los barcos romanos, provocando numerosos incendios. No se puede dar crédito a esta sugerente versión, o bien porque las fuentes antiguas no mencionan los espejos ustorios o bien porque en la época contemporánea, los físicos han realizado experimentos y cálculos, demostrando la imposibilidad de los efectos que la tradición atribuye a la acción de los espejos incendiarios. Esta leyenda es, sin embargo, el exponente de la visión que se tenía de Arquímedes en el Medievo, tanto en el mundo cristiano como en el musulmán. El científico siracusano aparentaba un símbolo de poder y de la técnica del saber. El principio descubierto por Arquímedes afirma que un espejo de parábola refleja todos los rayos que llegan en paralelo al eje de la parábola hacia un punto muy preciso, en el que se concentra el cúmulo de radiaciones: el foco de la parábola.

Otros protagonistas de la nueva ciencia del Renacimiento, como Galileo, Leonardo y Newton recogerían el testimonio de la obra de Arquímedes. La hoja 1103 v. del Código Atlántico, diseñado por Leonardo da Vinci en el 1513 durante su última estancia en Roma, está completamente dedicada a la elaboración de los espejos: seis figuras de herramientas para la elaboración de espejos planos y cóncavos. En particular, Leonardo apunta hacia la creación de un aventurado proyecto consistente en la construcción de un gran espejo parabólico capaz de concentrar la energía solar para hacer hervir el agua de las calderas de una gran tintorería.
Galileo también tratará el mismo tema en la primera jornada de los *Discurso y Demostración Matemática, en torno a dos nuevas ciencias*, explicitando la referencia a los espejos de Arquímedes.
La tecnología de los espejos ustorios, de los estudios de Arquímedes sobre la parábola, ha llegado hasta nuestros días. Incluso en la tierra de Arquímedes ha encontrado una expresión extraordinariamente eficaz y prometedora: la central solar termodinámica “Arquímedes” de Priolo Gargallo, la primera del mundo en utilizar la tecnología de las sales diluidas e integrando un ciclo combinado. El funcionamiento de esta moderna instalación de alta tecnología se caracteriza por el uso de espejos parabólicos lineares para concentrar y reflejar la luz solar en los tubos por los que fluye el aceite mineral. El aceite se calienta y – encauzado por una caldera – produce agua vapor a alta presión, que hace que se muevan las turbinas que, a su vez, producen energía eléctrica. Gracias a la sofisticada tecnología que utiliza, la central “Arquímedes” es capaz de mantener el calor durante varias horas, sin interrumpir la producción ni siquiera durante la noche ni en condiciones de radiaciones solares escasas. Seguro que Arquímedes, que amaba la ciencia y a Siracusa, estaría muy orgulloso.



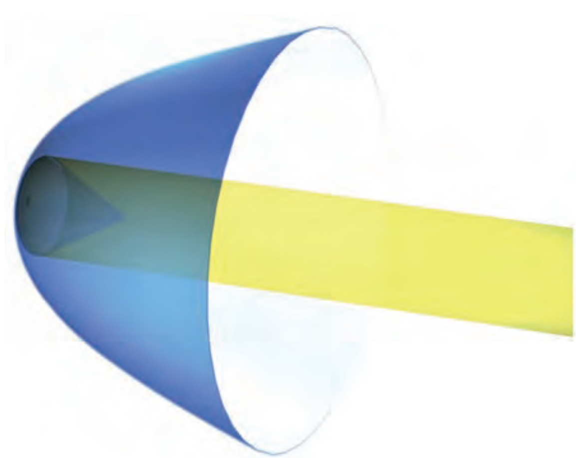
11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio3_W1_B

*"concentrare le onde di propagazione acustica
da un determinato punto prestabilito ad un altro"*

PARABOLOIDI: MICROFONO PARABOLICO

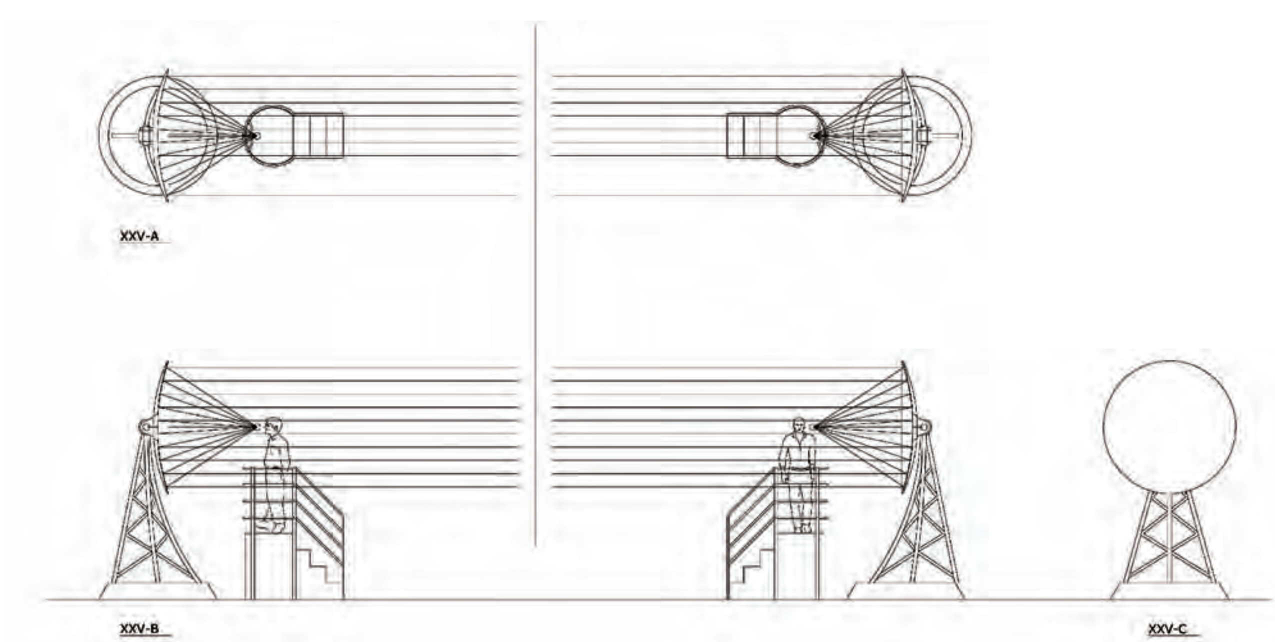
Paraboloids: Parabolic Microphone

PARABOLOIDES: MICRÓFONO PARABÓLICO



PARABOLOIDI: MICROFONO PARABOLICO

Le proprietà geometriche della parabola possono essere sfruttate per concentrare le onde di propagazione acustica da un determinato punto prestabilito ad un altro, analogamente al fenomeno che si verifica negli specchi ustori con l'irradiamento solare. Si dice che questo straordinario effetto acustico si verifichi in alcune cattedrali tra nicchie distanti, permettendo a due persone molto lontane tra loro di sussurrare l'un l'altro in mezzo al rumore dell'ambiente circostante: due paraboloidi posti uno di fronte all'altro, distanti oltre un centinaio di metri, rendono possibile questo effetto particolarmente suggestivo. Sussurrando nel fuoco di uno si può essere sentiti chiaramente al centro del fuoco dell'altro paraboloide. Questo fenomeno si manifesta grazie al paraboloide di rotazione, curva in tre dimensioni, ampiamente studiata da Archimede, che si ottiene facendo ruotare una parabola attorno al suo asse principale. Un semplice esperimento ci aiuta a comprendere a pieno le proprietà acustiche dei paraboloidi, e la validità delle loro applicazioni tecniche. Si deve considerare che, provenendo da una certa distanza, le onde sonore si possono considerare parallele all'asse del paraboloide, perciò si concentrano nel fuoco del paraboloide. Se applichiamo su di esso un microfono, proprio grazie a questa sua collocazione, potrà cogliere anche suoni estremamente tenui, così da amplificarli e renderli udibili anche all'orecchio umano. Gli studi di Archimede sulle proprietà geometriche della parabola sono da considerarsi alla base di numerose realizzazioni della tecnologia odierna: le antenne paraboliche, con le quali riceviamo la televisione satellitare, sfruttano precisamente le proprietà della parabola. Allo stesso modo i grandi radiotelescopi funzionano con lo stesso principio.

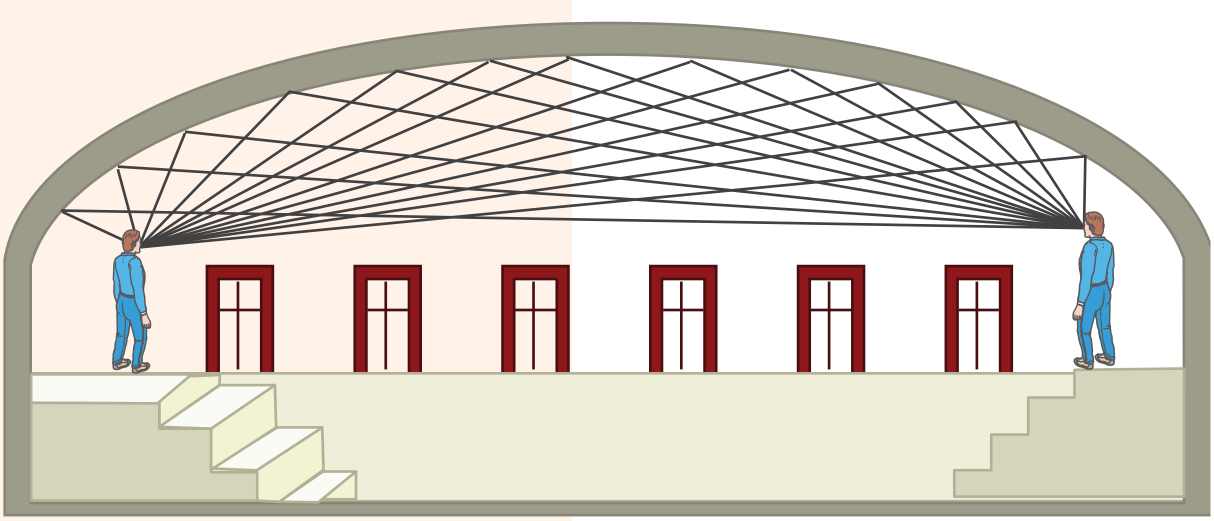


11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio3_W1_F

PARABOLOIDS: PARABOLIC MICROPHONE

"to concentrate acoustic wave propagation from one fixed point to another"

The geometric properties of the parabola can be used to concentrate acoustic wave propagation from one prearranged fixed point to another, similar to the phenomenon that occurs in the burning mirrors with solar radiation. It is said that this extraordinary acoustic effect takes place in certain cathedrals between distant niches, allowing two people standing some distance apart other to whisper to each other in the midst of the noise of the surrounding environment. This particularly fascinating effect can be created by two paraboloids positioned one in front of the other, over a hundred metres apart. Whispering in the focus of one paraboloid can be clearly heard in the focus of the other paraboloid. This phenomenon manifests itself thanks to the revolving paraboloid with a 3-dimensional curvature, widely studied by Archimedes and obtained by rotating a parabola around its principle axis. A simple experiment helps us to fully understand the acoustic properties of paraboloids, and the validity of their technical applications. It must be remembered that, coming from a certain distance, the sound waves may be considered parallel to the axis of the paraboloid, and therefore concentrated in the focus of the paraboloid. As a direct result of its location, if a microphone is applied to this it can collect even extremely tenuous sounds, which it can amplify and make them audible to the human ear. The studies of Archimedes on the geometric properties of the parabola may be considered the basis for numerous achievements of today's technology. Parabolic antennas, with which we receive satellite television, exploit precisely the properties of the parabola. Similarly, large radio telescopes work on the same principle.

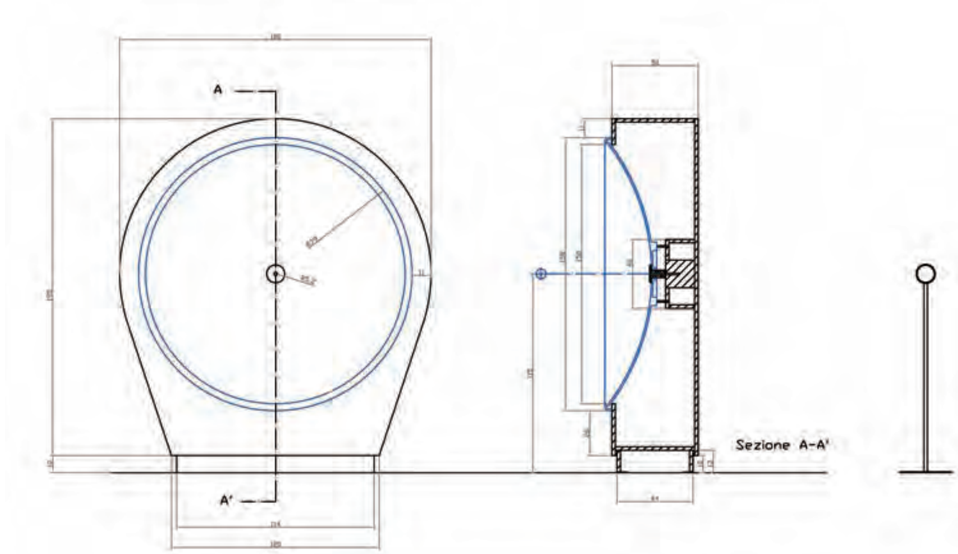


PARABOLOIDES: MICRÓFONO PARABÓLICO

"concentrar las ondas de propagación acústica de un determinado punto preestablecido a otro"

Se pueden utilizar las propiedades geométricas de la parábola para concentrar las ondas de propagación acústica desde un punto preestablecido predeterminado a otro, análogamente al fenómeno que se verifica en los espejos ustorios con la radiación solar. Se dice que este extraordinario efecto acústico puede verificarse en algunas catedrales, entre nichos distantes, permitiendo a dos personas lejanas entre sí susurrarse la una a la otra rodeadas de un ruido ambiental. Dos paraboloides ubicados uno delante del otro, distantes en un centenar de metros, hacen posible este efecto particularmente sugerente. Susurrando al foco, a uno se le puede oír claramente en el centro del foco del otro paraboloide. Este fenómeno se manifiesta gracias al paraboloide de rotación, curva en tres dimensiones, ampliamente estudiada por Arquímedes, que se obtiene rotando una parábola alrededor de su eje principal.

Un experimento simple que nos ayuda a comprender plenamente las propiedades acústicas de los paraboloides, además de comprobar la validez de sus aplicaciones técnicas. Se debe considerar que, al proceder de cierta distancia, las ondas sonoras se pueden considerar paralelas al eje del paraboloide y por esta razón se concentran en el foco del paraboloide. Si a ello le aplicamos un micrófono, gracias a esta disposición de los elementos, se podrán obtener sonidos eminentemente tenues, pudiéndose además amplificar y hace audibles incluso al oído humano. Los estudios de Arquímedes sobre las propiedades geométricas de la parábola deben considerarse la base de numerosos inventos de la tecnología moderna. Por ejemplo, las antenas parabólicas, con las que captamos la televisión por satélite, utilizan precisamente las propiedades de la parábola. Del mismo modo, los grandes radiotelescopios funcionan con el mismo principio.



archimede_catalogo2011_17_DEF_interno_175 40 01-DEC-11 10:45:59

ARITMETICA DI SABBIA

Arithmetic of sand

ARITMÉTICA DE ARENA

11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio3_W1_F

archimede_catalogo2011_17_DEF_interno_175 41 01-DEC-11 10:45:59

ARITMETICA DI SABBIA

Il sistema numerico elaborato da Archimede nell'*Arenario* permise al genio siracusano di ottenere risultati mai immaginati prima di lui. Egli sfidò le convinzioni comuni del suo tempo, anche quelle più ardite sul piano filosofico. Il trattato, essenzialmente, si occupa di combattere alcune radicate opinioni circa l'infinito, concetto di straordinaria importanza, tanto matematica che filosofica, e che aveva dato, prima del suo intervento, luogo a numerosi paradossi; fra tutti vale la pena ricordare quelli del filosofo di Zenone Elea ed in particolare il paradosso della freccia e del bersaglio: poiché infiniti sono i punti che una freccia deve percorrere per raggiungere il bersaglio, la freccia – per quanta possa essere la forza che l'arciere impiega nel tendere l'arma – il bersaglio non lo raggiungerà mai.
Questa, che alla nostra mentalità può apparire una bislacca forzatura, è invece indice di un problema che il pensiero greco ha vissuto, sino ad Aristotele compreso, con estremo imbarazzo: negli scritti dei più grandi filosofi greci si constata una certa difficoltà nel rapportarsi al concetto di infinito, e – più particolarmente, sul piano filosofico – di "indeterminato". La mentalità greca, costantemente alla ricerca dei perché dei fenomeni, delle proporzioni fra elementi del reale e delle segrete armonie che reggono il cosmo, viveva la possibilità di un il-limite, di un che di non determinabile, con autentico terrore: una forma acuta di *horror vacui*.
Archimede, forte del suo metodo e della sua ardimentosa concezione del mondo, affermò che persino il numero dei granelli di sabbia necessari a riempire l'universo, per quanto enorme sia, è comunque identificabile con un numero finito, una volta individuato il modo di indicare i grandi numeri necessari ad esprimerlo. Archimede riuscì a calcolare il numero di grani di sabbia necessari per riempire, dapprima, una sfera del diametro di un dito, successivamente di cento, poi di uno stadio, di diecimila stadi e così via, giungendo al risultato finale che l'universo (ristretto allora al sistema solare) per essere riempito per intero necessiterebbe di "appena" 10^{63} granelli di sabbia: il calcolo matematico assicurava così la sua superiorità su qualsiasi realtà fisica.

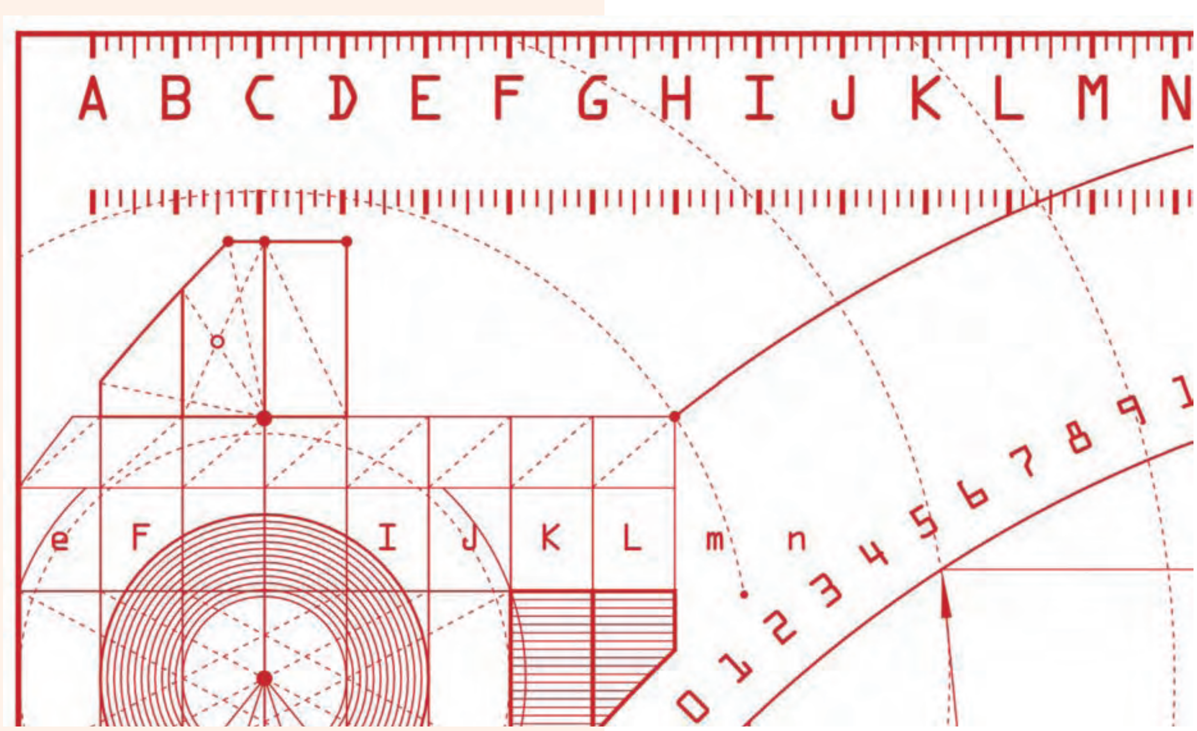
11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio3_W1_F

archimede_catalogo2011_17_DEF_interno_175 42 01-DEC-11 10:45:59

ARITHMETIC OF SAND

"the secret harmonies that govern the cosmos"

The system of numeration developed by Archimedes in *The Sand Reckoner* allowed the Syracusan genius to obtain never-before imagined results. He challenged the common beliefs of the time, even the bolder, philosophical ones. The treatise is essentially occupied with combatting certain strong beliefs about infinity, a concept of extraordinary importance - as much mathematical as philosophical - that had given rise to numerous paradoxes before his paper. Of these, the most worthy of note are those by philosopher Zeno of Elea and in particular the paradox of the arrow and the target. Since the points that an arrow must travel to reach the target are infinite, the arrow – despite the force employed by the archer to shoot the weapon – will never reach the target.
To us this may seem a curious distortion, but it is an indication of a problem that Greek thinking had encountered with extreme embarrassment from the time of Aristotle. The writings of the greatest Greek philosophers demonstrated some difficulty in relating to the concept of the infinite, and – particularly on a philosophical level – of "indefinite". Greek mentality, continually in search of the reasons for phenomena and of the proportions between elements of the real and secret harmonies that govern the cosmos, lived with the possibility of illimitation, of something that cannot be determined, with real terror, an acute form of *horror vacui*.
Archimedes, who had strong methods and a daring concept of the world, claimed that even the number of grains of sand necessary to fill the universe, however enormous it is, is nevertheless identifiable with a finite number, once the way to indicate the large numbers required to express this had been identified. First Archimedes succeeded in calculating the number of grains of sand needed to fill a sphere with the diameter of a finger, then of 100, then of a stadium, of 10,000 stadiums, and so on, finally reaching the result that to completely fill the universe (at the time confined to the solar system) would require "no more than" 10^{63} grains of sand. In this way the mathematical calculation ensured his superiority on any physical reality.



11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio3_W1_B

ARITMÉTICA DE ARENA

"sobre las secretas armonías que rigen el cosmos"

El sistema numérico elaborado por Arquímedes en *El Arenario* permitió al genio siracusano obtener resultados nunca hasta entonces imaginados. Supuso un desafío a las convicciones comunes de aquella época, incluso las más osadas en el terreno filosófico. El tratado trata de combatir básicamente algunas opiniones muy arraigadas sobre el infinito, un concepto de extraordinaria importancia, tanto filosófica como matemática, y que había dado lugar – antes de su intervención – a numerosas paradojas. Entre todas vale la pena recordar las paradojas del filósofo Zenón de Elea, particularmente la de la flecha: puesto que son infinitos los puntos que una flecha deber recorrer para alcanzar el blanco , la flecha – por mucha que sea la fuerza con la que el arquero usa el arma – nunca alcanzará el blanco.

Esto, que para nuestra manera de pensar puede ser algo estrafalario, es sin embargo un problema que el pensamiento griego ha vivido con gran embarazo. En los escritos de los más grandes filósofos griegos se evidencia cierta dificultad para entender el concepto del infinito y, sobre todo en el campo filosófico, de lo "indeterminado". La mentalidad griega, en constante búsqueda del por qué de los fenómenos, de las proporciones entre los elementos de la armonía real y secreta que rige el cosmos, vivía la posibilidad de que hubiese algo ilimitado, algo no determinable, con auténtico pavor, una forma aguda de *horror vacui*.

Arquímedes, seguro de su método y de su atrevida concepción del mundo, afirmó que por muy grande que sea el número de granos de arena necesarios para llenar el universo, por enorme que sea, se puede identificar con un número finito, una vez descubierta la manera de indicar los grandes números necesarios para expresarlo. Arquímedes logro calcular el número de granos de arena necesarios para llenar, para comenzar, una esfera del diámetro de un dedo, posteriormente de cien, después un estadio, de diez mil estadios y así sucesivamente, llegando al resultado final que el universo (por aquel entonces restringido al sistema solar), para ser llenado completamente "apenas" necesitaría 10^{63} granos de arena. El cálculo matemático aseguraba de este modo su superioridad sobre cualquier realidad física.

archimede_catalogo2011_17_DEF_interno_175 44 01-DEC-11 10:45:59

"la formula essenziale della vita è scritta in una spirale"

SPIRALE DI SABBIA

Sand Spiral

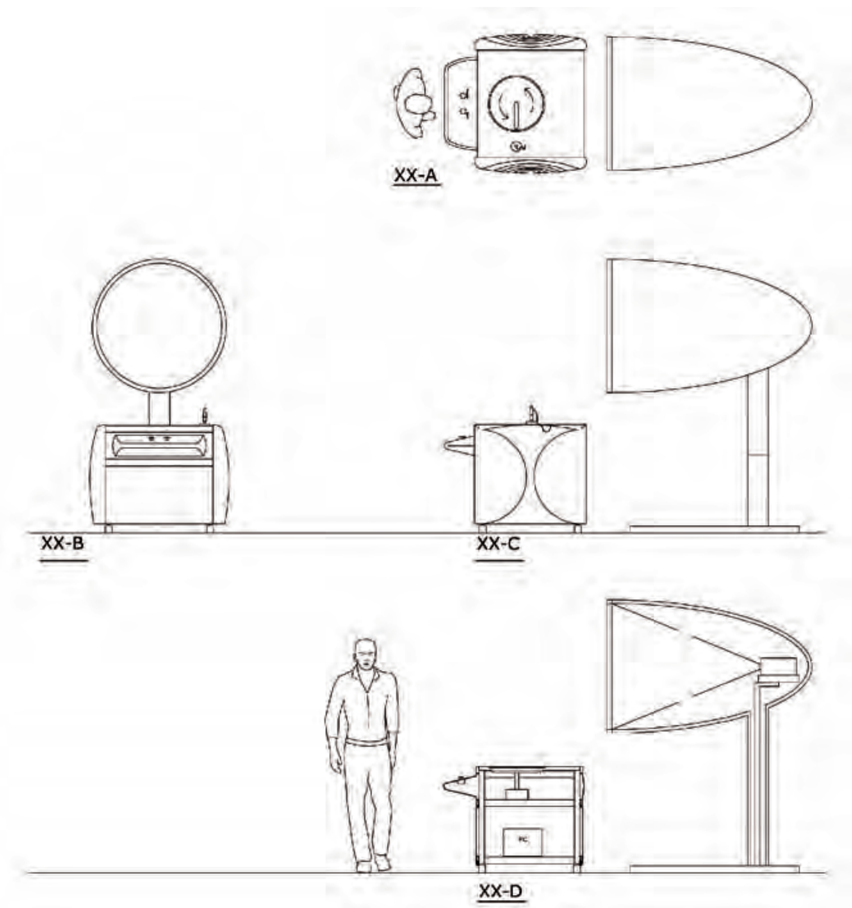
ESPIRALES DE ARENA

11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio3_W1_F

SPIRALE DI SABBIA

Una spirale è una curva che si sviluppa, a partire da un punto, sul piano che la contiene. Se la velocità radiale di allontanamento o avvicinamento al punto di partenza è costante, la forma viene chiamata "spirale di Archimede". La spirale è un modo di occupare uno spazio minimo mentre si cresce, si aumenta di grandezza. Archimede dedica a questa figura un trattato - *Le Spirali* - nel quale riesce, per primo, a trovare la dimostrazione dell'area del primo anello della spirale. I metodi che Archimede impiegò per ottenere questo risultato, precorrono la moderna geometria differenziale. Fu una sfida affascinante per il genio siracusano e per moltissimi altri matematici dopo di lui: Galileo Galilei in modo particolare. Le prime due proposizioni delle Spirali trattano appunto del moto uniforme attraverso cui si ottiene la cosiddetta "Spirale di Archimede"; e Galileo dedicò quasi interamente le sue ricerche al problema della costruzione di un modello geometrico del moto. L'esempio di Archimede costituì un punto di riferimento fondamentale per il lavoro del grande fisico pisano.

Questa forma dinamica ha da sempre affascinato gli esseri umani. Simboli a forma di spirale si trovano in quasi tutte le culture, indipendentemente dalle epoche e dalle latitudini. In natura ne incontriamo diverse: uragani, tornado, vortici, trombe d'aria, la Grande Macchia Rossa di Giove. La galassia in cui il nostro pianeta è contenuto è essa stessa una spirale. Molte altre manifestazioni naturali simili sono spirali che si formano spontaneamente nella materia inerte. È una spirale il guscio di una lumaca, e forme a spirale sono state rinvenute anche in fossili di centinaia di milioni di anni. Solo da qualche decennio siamo arrivati a scoprire che la formula essenziale della vita è scritto in una spirale: il DNA che racchiude il codice genetico di un individuo è una catena a forma di spirale.

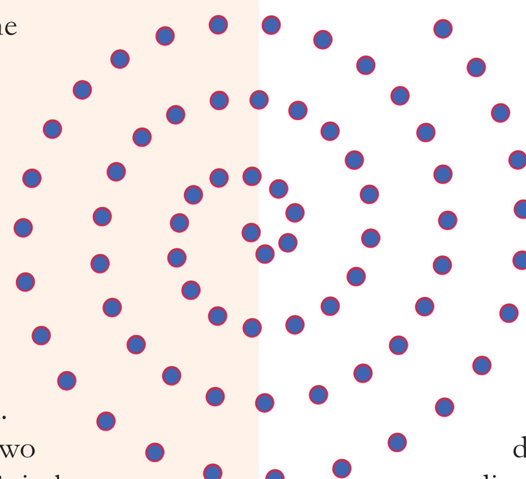


archimede_catalogo2011_17_DEF_interno_175 46 01-DEC-11 10:45:59

SAND SPIRAL

“the essential formula of life is written in a spiral”

A spiral is a curve that develops starting from a point on the plane that contains it. If the radial velocity of recession or approach at the starting point is constant, the shape is called an “Archimedean Spiral”. The spiral is a way to occupy minimal space while growing and increasing in size. Archimedes dedicated a treatise, *On Spirals*, to this figure in which he is the first to succeed in finding the proof of the area of the first ring of the spiral. The methods employed by Archimedes to obtain this result are the forerunners of modern differential geometry. It was a captivating challenge for the Syracusan genius and for many other mathematicians after him, in particular Galileo Galilei. In fact the first two propositions of On Spirals discussed the uniform motion through which the so-called “Archimedean Spiral” is obtained. Galileo dedicated almost all his research on the problem of the construction of a geometric model of motion. The example of Archimedes constituted a key benchmark for the work of the great Pisan physicist.



This dynamic form has always fascinated humans. Symbols in the shape of spirals are found in almost all cultures, regardless of era or location. We meet many in nature, with hurricanes, tornados, vortexes, whirlwinds, and Jupiter’s Great Red Spot. Even the galaxy in which our own planet is contained is a spiral. Many other similar natural manifestations are spirals that form spontaneously in inert matter. The shell of a snail is a spiral, and spiral shapes have been discovered in fossils dating back hundreds of millions of years. It is only since a few decades we have begun to discover that the essential formula of life is written in a spiral: the DNA that contains the genetic code of every individual is a spiral-shaped chain.

11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio3_W1_B

ESPIRALES DE ARENA

"la formula esencial de la vida está escrita en una espiral"

Una espiral es una curva que se desarrolla a partir de un punto sobre el plano que sustenta. Si la velocidad radial de alejamiento o acercamiento al punto de partida es constante, a la forma se le denomina "espiral de Arquímedes". La espiral es un modo de ocupar un espacio mínimo mientras crece o aumenta de tamaño. Arquímedes le dedica a esta figura un tratado – *Las Espirales* – en el que por primera vez es capaz de encontrar las demostraciones del área del primer anillo de la espiral. Los métodos que utilizó Arquímedes para obtener este resultado se adelantaron a la geometría diferencial moderna. Fue un desafío fascinante para el genio siracusano y para muchos otros matemáticos que le siguieron, particularmente para Galileo Galilei. Las dos primeras propuestas de Las Espirales tratan sobre el movimiento uniforme por el que se obtiene la denominada "espiral de Arquímedes". Galileo Galilei dedicó sus investigaciones casi en exclusiva al problema de la construcción de un modelo geométrico del movimiento. El ejemplo de Arquímedes supuso un punto de referencia fundamental para el gran físico de Pisa.

Esta forma dinámica siempre ha fascinado al ser humano. En casi todas las culturas encontramos símbolos con forma de espiral, independientemente de la época o de la latitud. En la naturaleza encontramos varias: huracanes, tornados, remolinos, ráfagas de aire, la Gran Mancha Roja de Júpiter. La galaxia en la que se ubica nuestro planeta es igualmente una espiral. También son espirales muchas manifestaciones naturales que se forman espontáneamente en la materia inerte. Tiene forma de espiral la cáscara de un caracol y los fósiles de centenares de millones de años también han tomado esa forma. No ha sido hasta hace pocas décadas cuando hemos podido descubrir que la fórmula esencial de la vida está escrita en una espiral: el ADN que contiene el código genético de un individuo es una cadena en forma de espiral.

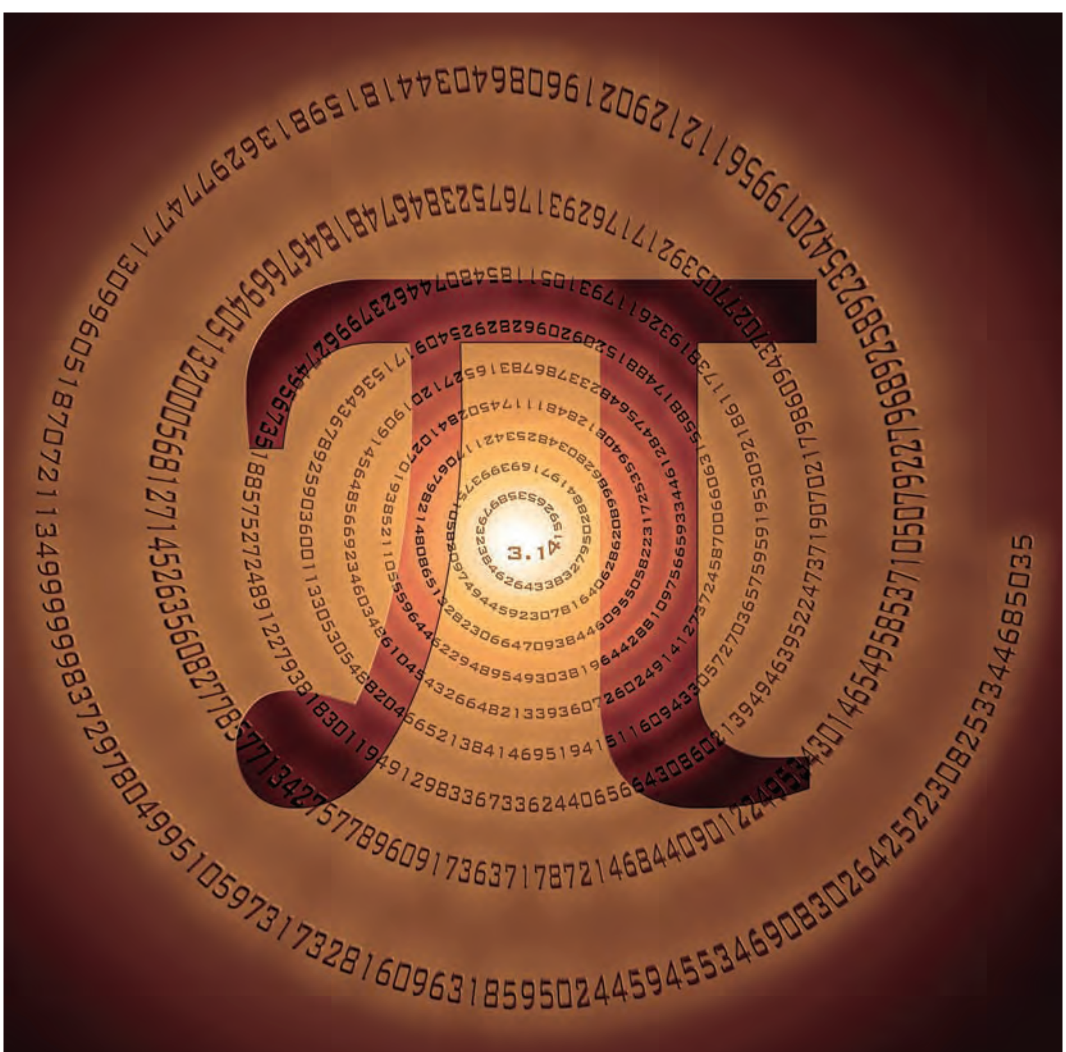
archimede_catalogo2011_17_DEF_interno_175 48 01-DEC-11 10:45:59

"ridurre una difficoltà che appare elevata a problemi la cui soluzione è invece già nota"

QUADRATURA DEL CERCHIO

Squaring the Circle

CUADRATURA DEL CÍRCULO



11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio3_W1_F

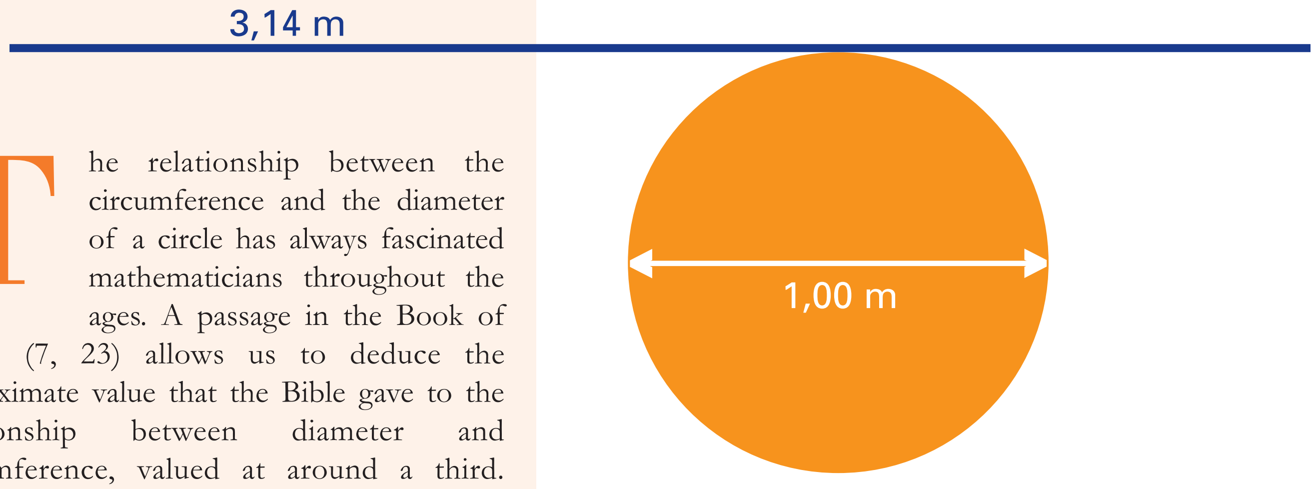
QUADRATURA DEL CERCHIO

Il rapporto tra la circonferenza ed il diametro di un cerchio ha da sempre affascinato i matematici di tutti i tempi. Già un passo del primo Libro dei Re (7, 23) consente di dedurre il valore approssimativo che la Bibbia dava al rapporto fra diametro e circonferenza, valutato approssimativamente ad un terzo. Le matematiche dell'antichità hanno raggiunto risultati sempre più prossimi ad una stima della cifra che esprime quel misterioso rapporto, ma il contributo decisivo ai progressi su questo terreno fu offerto da Archimede. L'importanza dell'intervento del matematico siracusano non risiede solamente nella precisione del risultato ottenuto, ma anche nel metodo impiegato per raggiungerlo. Archimede si mosse attenendosi ad un principio: ridurre una difficoltà che appare elevata a problemi la cui soluzione è invece già nota; in sostanza confrontò la circonferenza al perimetro di poligoni regolari; di qui *Pi* greco (π), iniziale della parola greca che significa perimetro. Prese due esagoni: l'uno circoscritto, l'altro inscritto alla stessa circonferenza. Raddoppiò progressivamente i lati dei due poligoni, fino ad ottenere due figure di novantasei lati. Calcolò il perimetro di entrambi sommando la lunghezza dei rispettivi lati; in ultimo, considerò la lunghezza della circonferenza rispetto ai due perimetri che aveva già calcolato: questa risultò pari a tre volte il diametro, più una frazione compresa fra 10/71, e 10/70. Giunse quindi alla conclusione che il valore di "*pi greco*" era compreso fra 3,140 e 3,142.

Nei secoli successivi i matematici pervennero a risultati sempre meno approssimativi. Ludolph van Ceulen (1540-1610), considerando un poligono regolare di duecentosessantadue lati, riuscì a determinare i primi trentacinque decimali del *Pi greco*, risultato che volle inciso sulla sua tomba, forse in omaggio proprio ad Archimede, che – secondo la tradizione – chiese che fossero messi sul suo sepolcro sfera e cilindro. Oggi siamo giunti a risultati straordinariamente complessi: la questione del "*pi greco*" continua ad appassionare matematici di professione e semplici curiosi. Un valore definitivo di "*pi greco*" non è tuttavia determinabile, non essendo un numero decimale finito, e nemmeno periodico: il *Pi greco* è infatti un numero trascendente. Un numero è trascendente quando non risulta essere la radice di un polinomio algebrico (ad una sola variabile) dotato di coefficienti razionali. Tutti i numeri trascendenti sono irrazionali, mentre non vale il viceversa. In ricordo della geniale scoperta di Archimede, il 14 marzo di ogni anno si celebra il "*Pi greco day*". Nei paesi anglosassoni, infatti, le date vengono convenzionalmente scritte mettendo prima il numero che indica il mese (in questo caso 3) e successivamente il numero che indica il giorno, quindi il 14. E 3,14 è appunto il valore del *pi greco* raggiunto da Archimede. Si tratta di uno dei tanti tributi che i matematici di tutti i tempi hanno rivolto allo scienziato di Siracusa, basti pensare che i migliori matematici al mondo, sotto i quaranta anni di età, vengono onorati con la "Medaglia Fields", conferita dalla IMU (Unione Internazionale dei Matematici), che su una delle due facce porta il ritratto di Archimede.

SQUARING THE CIRCLE

"reduce an apparently heightened difficulty to problems whose solution is instead already known"



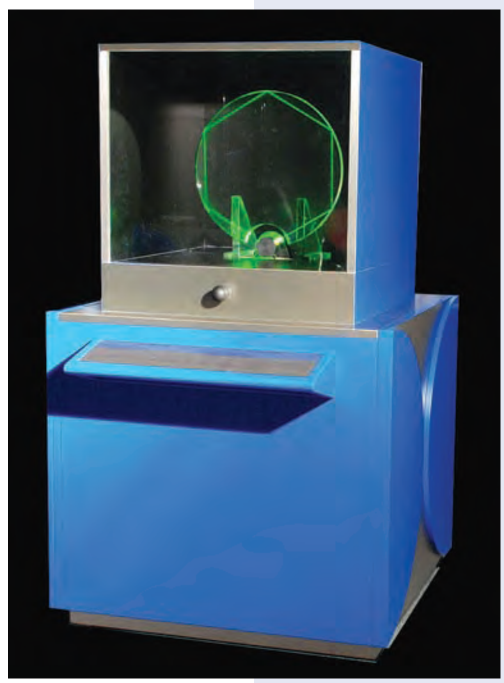
The relationship between the circumference and the diameter of a circle has always fascinated mathematicians throughout the ages. A passage in the Book of Kings (7, 23) allows us to deduce the approximate value that the Bible gave to the relationship between diameter and circumference, valued at around a third. Mathematicians of antiquity reached results ever closer to an estimation of the amount that expresses that mysterious relationship, but the decisive contribution to the progress in this territory was provided by Archimedes. The importance of the Syracusan mathematician's paper does not simply reside in the precision of the result obtained, but also in the method employed to reach it. Archimedes moved according to a principle: to reduce an apparently heightened difficulty to problems whose solution is instead already known. In substance he compared the circumference to the perimeter of regular polygons, hence *pi* (π), the initial of the Greek word meaning perimeter. He took two hexagons, one circumscribed, the other inscribed in the same circumference. He gradually doubled the sides of the two polygons, until he obtained two shapes of 96 sides. He calculated the perimeter of both adding the length of their side. Lastly, he considered the length of the circumference compared to the two perimeters that he had just calculated. This turned out to be three times the diameter plus a fraction between 10/71, and 10/70. He therefore added to the conclusion that the value of *pi* was between 3.140 and 3.142.

In the centuries that followed, mathematicians reached increasingly accurate results. Ludolph van Ceulen (1540-1610), considering a regular polygon of 262 sides succeeded in determining the first 35 decimal places of *pi*, a result that he had inscribed on his gravestone, possibly in homage to Archimedes who, according to legend, had requested that a sphere and a cylinder be placed on his tomb. Nowadays we have achieved extraordinarily complex results and the matter of *pi* continues to inspire professional mathematicians and the simply curious alike. However it is not possible to determine a definitive *pi* value, being an infinite decimal number, and not even periodic. *Pi* is actually a transcendental number. A number is transcendental when it does not appear to be the root of an algebraic polynomial (to a single variable) with rational coefficients. All transcendental numbers are irrational, while the reverse is not true. To commemorate the brilliant discovery of Archimedes, "*Pi Day*" is celebrated each year on 14 March. In some Anglo-Saxon countries in fact, dates are conventionally written putting the number that indicates the month first (in this case 3) and then the number that indicates the day, so 14, with 3.14 being precisely the value of *pi* reached by Archimedes. This is just one of the many tributes that mathematicians throughout time have paid to the scientist from Syracuse. Suffice it to think that the best mathematicians in the world under 40 years of age are honoured with the "Fields Medal", awarded by the IMU (International Mathematical Union), which features the portrait of Archimedes on one side.

CUADRATURA DEL CÍRCULO

"reducir una dificultad que parece elevada a problemas cuya solución ya está propuesta"

La relación entre la circunferencia y el diámetro de un círculo siempre ha fascinado a los matemáticos de todos los tiempos. Ya en el primer Libro de los Reyes (7,23) apunta al valor aproximado que la Biblia daba a la relación entre diámetro y circunferencia, valorado aproximadamente en un tercio. Las matemáticas de la Antigüedad siempre han dado resultados aproximados a una estimación de la cifra que expresa el misterioso documento. Cabe decir que fue Arquímedes quien contribuyó de manera decisiva en este terreno. La importancia de las conclusiones del matemático siracusano no reside sólo en las precisiones de los resultados obtenidos sino también en el método usado para llegar a ellos.



Arquímedes trabajó basándose en un principio: reducir una dificultad que parecía alta a unos problemas cuya solución está ya propuesta. Así, comparó la circunferencia al perímetro de los polígonos regulares. De aquí surgió el *Pi griego* (π), inicial de la palabra griega que significa perímetro. Cogió dos hexágonos: uno circunscrito y el otro inscrito a la propia circunferencia. Redobló progresivamente los lados de los dos polígonos hasta obtener dos figuras de 96 lados. Calculó el perímetro de ambos sumando la longitud de los lados respectivos. Finalmente, consideró la longitud de la circunferencia respecto a los dos perímetros ya calculado, que como resultado dio tres veces el diámetro más una fracción comprendida entre 10/71 y 10/70. Llegó, por lo tanto, a la conclusión de que el "*pi griego*" estaba comprendido entre 3,140 y 3,142.

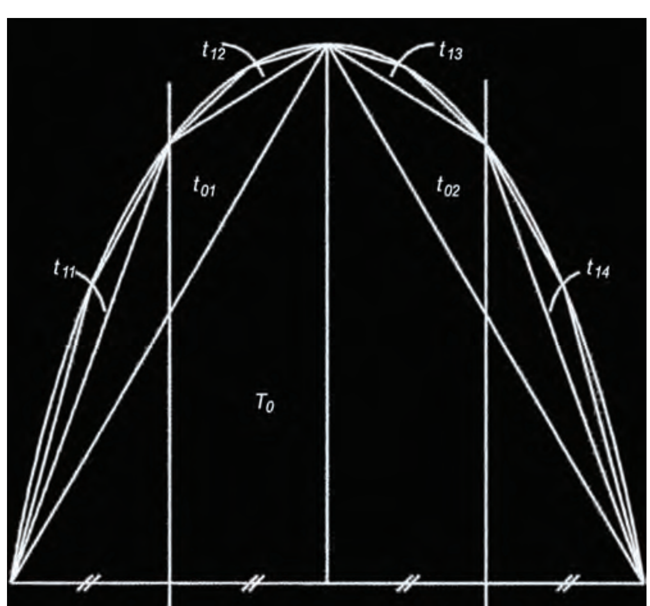
En los siglos posteriores, los matemáticos siempre alcanzaron resultados menos aproximados. Ludolph van Ceulen (1540-1610), al consideran un polígono regular de 262 lados, logró determinar los primeros 35 decimales del *pi griego*, un resultado que quiso gravar en su tumba, posiblemente como homenaje a Arquímedes quien, según la tradición, quiso que en su sepulcro se colocasen una esfera y un cilindro. En la actualidad nos encontramos ante resultados extraordinariamente complejos. El debate sobre el "*pi griego*" continua apasionando a matemáticos de profesión y a curiosos por igual. Sin embargo, sigue siendo indeterminable un valor definitivo del "*pi griego*", al no ser un número decimal ni finito ni periódico. El "*pi griego*" es, por lo tanto, un número trascendente. Un número es transcendente cuando no es la raíz de un polinomio algebraico (de una sola variable) dotado de coeficientes racionales. Todos los números trascendentales son irracionales mientras que lo contrario no es válido.
Para recordar el gran descubrimiento de Arquímedes, cada 14 de marzo se celebra el "*día del pi griego*". De hecho, en los países anglosajones, las fechas se escriben convencionalmente poniendo primero el número que indica el mes (en este caso, el 3), y posteriormente el número del día, es decir, el 14. Así, el 3,14 es el valor del "*pi griego*" que obtuvo Arquímedes. Se trata de uno de los muchos tributos que matemáticos de todos los tiempos han rendido al científico de Siracusa. A modo de ejemplo, a los mejores matemáticos del mundo de menos de 40 años se les honra con la "Medalla Fields", concedida por la IMU (Unión Internacional de Matemáticos), que lleva en una de sus caras el rostro de Arquímedes.

archimede_catalogo2011_17_DEF_interno_175 52 01-DEC-11 10:45:59

MIRAGGIO DELLE PARABOLE

Mirage of the parabolas

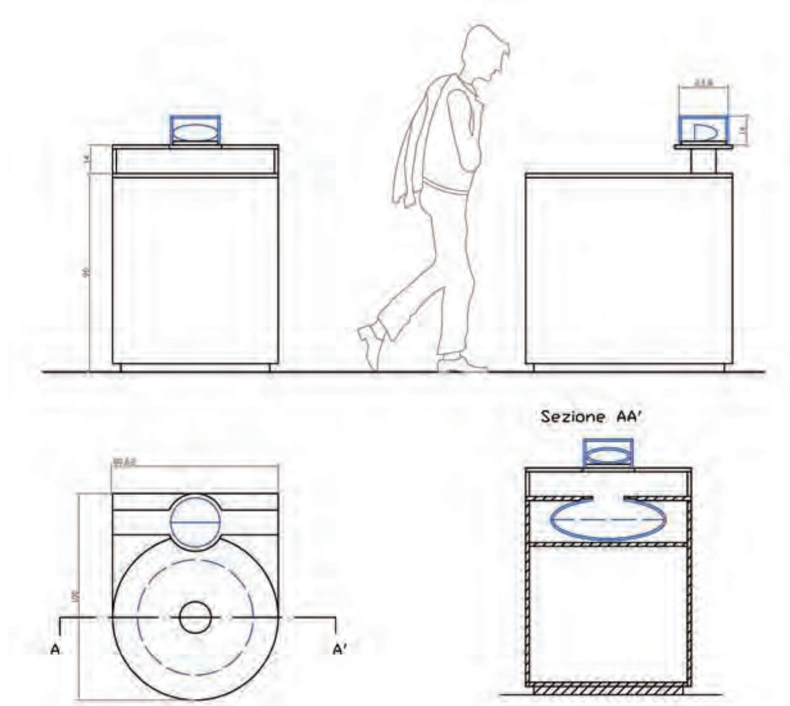
ESPEJISMO DE LAS PARÁBOLAS



11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio4_W1_F

MIRAGGIO DELLE PARABOLE

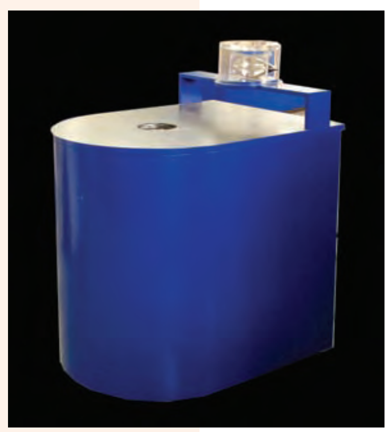
La parabola, con le sue proprietà, fu fra i principali interessi di ricerca di Archimede. Fra le numerose applicazioni che si possono ottenere, grazie alle proprietà della parabola, legate al nome dello scienziato siracusano, sono quelle riferibili all'ottica, che ai tempi di Archimede era considerata parte della matematica. Il famoso caso degli specchi ustori rese chiara l'importantissima proprietà della parabola circa la riflessione di luce, calore, suoni.
Un semplice esperimento, un'illusione ottica, dalla quale si rimane piacevolmente ingannati, riesce a mostrare praticamente le proprietà della parabola legate alla riflessione.
All'interno di una struttura vengono alloggiati due specchi parabolici (detti anche paraboloidi), posizionati con i bordi combacianti, alla maniera di una conchiglia, o proprio come si potrebbe fare con due piatti da minestra: con quello superiore utilizzato come coperchio di quello inferiore. Lo specchio parabolico superiore ha un foro circolare al centro, mentre lo specchio inferiore ha un oggettino adagiato sul fondo.
Ora, il fuoco di un paraboloide è quel punto del suo asse nel quale vanno a concentrarsi tutti i raggi che arrivano paralleli al medesimo asse. Se i raggi partono dal fuoco, e picchiano sulla superficie del paraboloide, escono poi da quel paraboloide paralleli al suo asse. L'effetto che si crea è che in uno dei due fuochi viene ad apparire l'immagine dell'oggetto che, in realtà, si trova nell'altro fuoco. Se provassimo ad afferrare l'oggetto che vediamo, resteremmo delusi: l'immagine che ci appare, infatti, è un proiezione dell'oggetto, che in realtà è in un'altra posizione.
Per capire come, sfruttando questa proprietà, sia possibile ottenere il miraggio, è sufficiente osservare i due paraboloidi tagliati da un'altra angolazione: in questo modo sarà facile rendersi conto dell'illusione ottica.



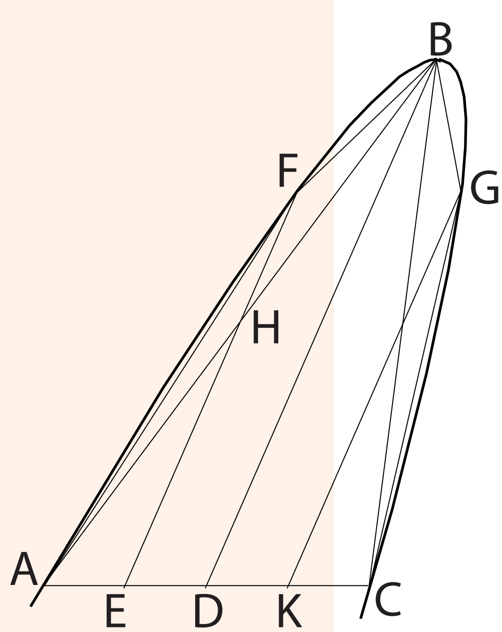
MIRAGE OF THE PARABOLAS

"parabolas reflect light, heat, and sound"

The parabola and its properties were one of the main study interests of Archimedes. Among the many applications that can be achieved thanks to these properties, the name of Archimedes is associated with those relating to optics, which at the time of the Syracusan scientist was considered part of mathematics. One example is the famous case of the parabola concerning the reflection of light, heat and sound.



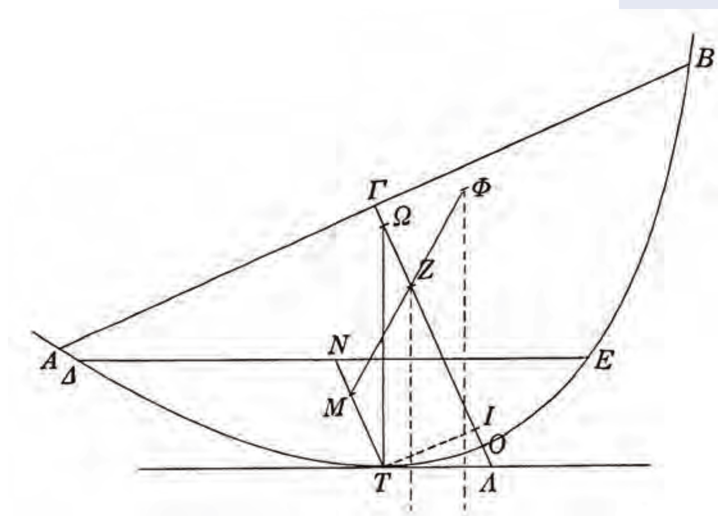
A simple experiment - an optical illusion from which we remain pleasantly deceived - provides a practical demonstration of the reflective properties of the parabola. Two parabolic mirrors (also known as paraboloids) are housed inside a structure, positioned with the edges fitting together in the form of a shell, or as you would do with two soup plates, with the upper plate used as a lid for the lower plate. The upper parabolic mirror has a circular opening in the centre, while the lower mirror has a small object lying in the base.
Now, the focus of a paraboloid is the point of its axis in which all the rays that arrive parallel to the same axis are concentrated. If the rays leave the focus and hit the surface of the paraboloid, they leave the paraboloid parallel to its axis. The effect created is that the image of the object appears in one of the two focuses, but in reality it is found in the other focus. If we should try to touch the object that we see we would be disappointed: the image that appears is in fact a projection of the object, which in reality is elsewhere.
To understand how, by using this property, it is possible to achieve a mirage, simply observe the two paraboloids cut from another angle, in this way it is easy to decipher the optical illusion.



archimede_catalogo2011_17_DEF_interno_175 55 01-DEC-11 10:45:59

ESPEJISMO DE LAS PARÁBOLAS

“la parábola refleja luz, calor, sonido”



Con sus propiedades, la parábola supuso uno de los principales temas de investigación de Arquímedes. Gracias a ellas, muy vinculadas al científico siracusano, encontramos numerosas aplicaciones, como aquellas relacionadas con la óptica, que en los tiempos de Arquímedes era considerada parte de la matemática. El famoso caso de los espejos ustorios evidenció claramente la importantísima propiedad de la parábola en torno al reflejo de la luz, el calor y el sonido.

Un simple experimento, una ilusión óptica de la que uno se queda placenteramente sorprendido, logra mostrar las propiedades de la parábola vinculadas con la reflexión.

Dentro de una estructura se ubican dos espejos parabólicos (también denominados paraboloides) puestos con bordes encajados como si fueran una concha, o como se haría con dos platos: el de arriba utilizado como tapadera del de abajo. El espejo parabólico superior posee un foro circular en el centro mientras que el espejo inferior tiene una especie de objeto recostado en el fondo.

El foco de un paraboloide es aquel punto de su eje en el que se concentran todos los rayos que llegan en paralelo al mismo eje. Si los rayos parten del foco y golpean la superficie del paraboloide, posteriormente saldrán del paraboloide de manera paralela a su eje. El efecto que se crea es que uno de los dos focos hace que aparezca la imagen del objeto que, en realidad, se encuentra en el otro foco. Si intentásemos coger el objeto que vemos, veríamos que es una ilusión: la imagen que aparece es una proyección del objeto, que en realidad está en otra posición.

Para entender cómo, a partir de esta propiedad, es posible obtener ese espejismo basta con observar dos paraboloides cortados por otra angulación. De este modo resultará más fácil darse cuenta de la ilusión óptica.

11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio4_W1_B

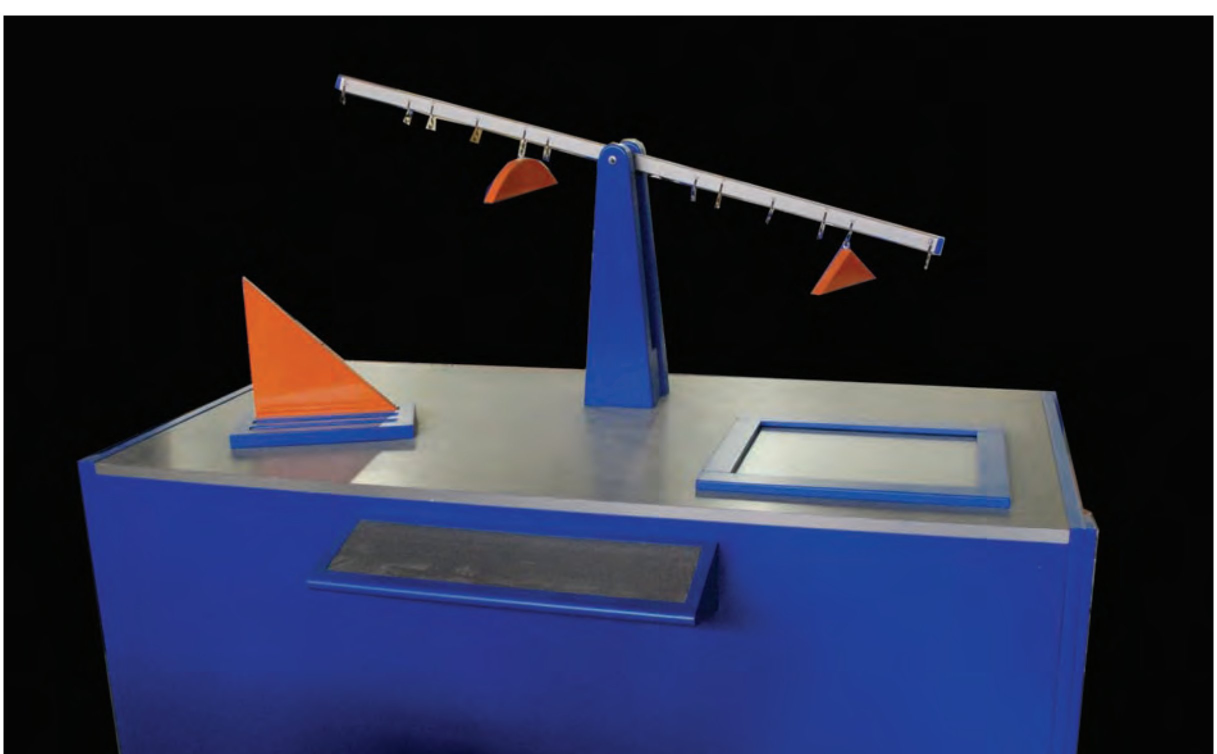
archimede_catalogo2011_17_DEF_interno_175 56 01-DEC-11 10:45:59

"la dimostrazione è svolta secondo il metodo di esaustione"

QUADRATURA DELLA PARABOLA

Quadrature of the parabola

CUADRATURA DE LA PARÁBOLA



11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio4_W1_F

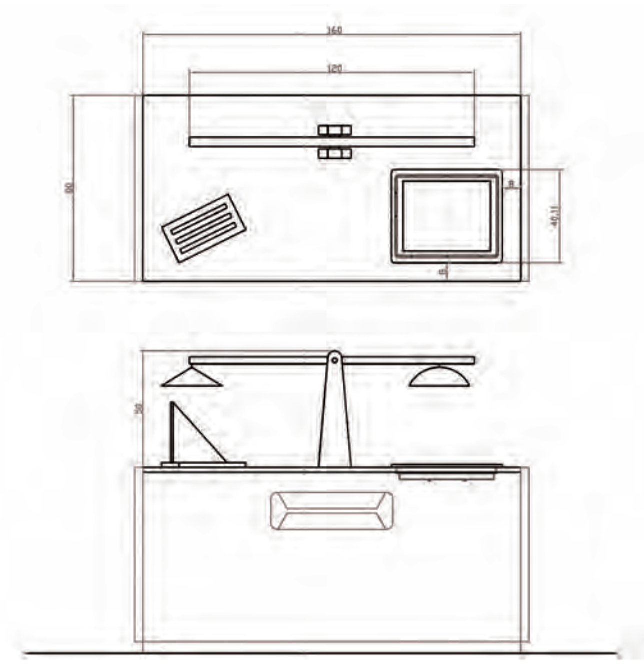
QUADRATURA DELLA PARABOLA

Nel trattato *Sulla quadratura della parabola*, Archimede dimostra che un segmento di parabola equivale come superficie ai 4/3 del triangolo inscritto di uguale base e uguale altezza

Le difficoltà legate allo studio dei trattati di Archimede, oltre a quelle conseguenti allo stato dei testi che ci sono pervenuti e che grazie alla disponibilità del cosiddetto "Codice C", oggi all'attenzione degli studiosi a Baltimora, si spera di poter superare, sono legate anche allo "stile" adottato dal nostro matematico. Archimede si rivolgeva ad un pubblico ristretto di specialisti, rispetto ai quali, se volessimo interpretare malignamente alcuni indizi, potremmo forse dire che non lesinava ironie sull'effettiva loro competenza. Per cui, dando per scontato che fossero in grado di ricostruire da soli i passaggi dimostrativi (il che, dopo la morte di Conone, non fu sempre vero …) Archimede ometteva spesso di riportarli per intero.

Il caso della *Quadratura della parabola* è uno di questi: non tutte le dimostrazioni sono svolte interamente, ed alcune proposizioni non risultano dimostrate. L'opera è divisa in due libri, nei quali si fa ricorso sia ad un approccio più strettamente geometrico, sia ad un approccio per così dire "meccanico", in cui si fa riferimento a concetti di statica. Geometricamente, la dimostrazione sull'area del segmento di parabola, è svolta secondo il metodo di esaustione, impiegato anche per il cerchio: utilizza in questo caso però una successione di triangoli da aggiungere sui lati di quello inscritto, che si avvicinano sempre di più al segmento di parabola.

Ma, in ossequio al suo originale ed efficace *metodo*, che grazie al ritrovamento del palinsesto detto "Codice C" possiamo finalmente apprezzare, sappiamo che Archimede ha affrontato molto spesso i problemi di quadratura attraverso un approccio che potremmo chiamare meccanico, utilizzando in maniera originalissima i risultati ottenuti nello studio delle leve. Archimede immagina infatti di confrontare figure geometriche, o porzioni di esse, diverse, appendendole ai bracci di una bilancia a leva.



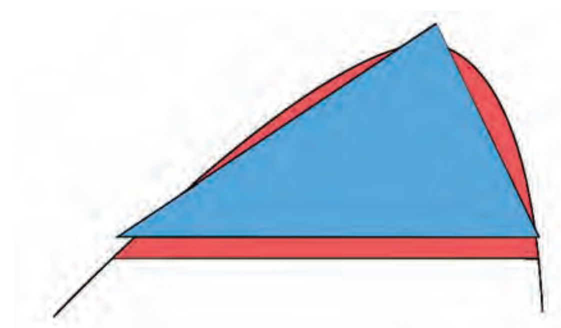
QUADRATURE OF THE PARABOLA

"the demonstration is carried out based on the method of exhaustion"

In the treatise *The Quadrature of the Parabola*, Archimedes demonstrated that the area of a parabolic segment is 4/3 that of an inscribed triangle with equal base and equal height.

Difficulties linked to the study of the Archimedes' treatises – other than those resulting from the condition of the texts received and that thanks to the availability of the so-called "Codex C", now in the care of scholars in Baltimore, which we hope to overcome – are also linked to the "style" adopted by our mathematician. Archimedes addressed an audience restricted to specialists on whose effective competencies a malign interpretation of certain clues would suggest he spared no irony. For which, assuming that they may have been capable of reconstructing on their own the demonstration passages (which, after the death of Conon, was not always the case …) Archimedes often omitted reporting them in their entirety.

This was the case for the *Quadrature of the Parabola*. Not all the demonstrations were completed and certain propositions not proved. The work was divided into two books, in which he resorted both to a more geometric approach and a "mechanical" approach so to speak, referring to concepts of statics. In the



geometric proof, the demonstration on the area of the parabolic segment was carried out using the method of exhaustion, which he also employed for the circle. Yet in this case he used a succession of triangles, adding them onto the sides of the inscribed triangle, which move closer and closer to the parabolic segment.

However, in deference to his original and effective *method*, which we are finally able to appreciate thanks to the discovery of the "Codex C" palimpsest, we know that Archimedes frequently faced problems of quadrature through an approach that we can call mechanical, using in a highly original way the results obtained in his study of levers. Archimedes devised a way of tackling geometric shapes, or portions of them, hanging several from the arms of a lever scale.

archimede_catalogo2011_17_DEF_interno_175 59 01-DEC-11 10:45:59

CUADRATURA DE LA PARÁBOLA

“la demostración se desarrolla según el método exhaustivo”

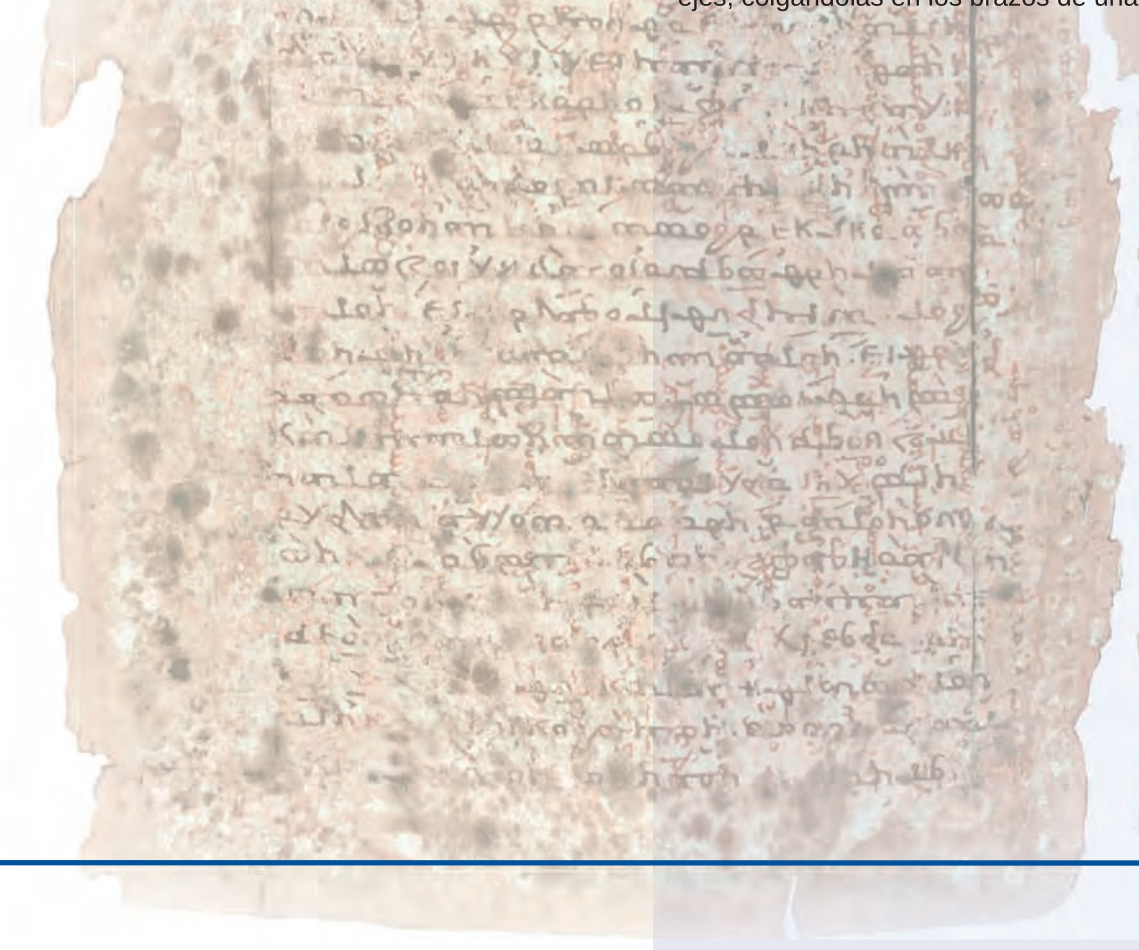
En el tratado de la *Cuadratura de la parábola*, Arquímedes demuestra que un segmento de parábola equivale como superficie a 4/3 del triángulo inscrito de igual base y altura.

Las dificultades para estudiar los tratados de Arquímedes proceden de varias causas. Una, el estado de los textos que han llegado hasta nuestros días y que gracias a la disponibilidad del denominado “Código C”, actualmente estudiado por expertos en Baltimore, se espera descifrar; y la segunda, el “estilo” adoptado por nuestro matemático.

Arquímedes se dirigía a un público restringido de especialistas respecto a los que, si quisiéramos interpretar algunos indicios de manera malévola, podríamos afirmar que no escatimaba en ironía sobre las competencias efectivas de éstos. Por ello, dando por supuesto que eran capaces de reconstruir por sí mismos los pasajes demostrativos (lo que, tras la muerte de Conón, no siempre fue verdad□) Arquímedes a menudo omitía expresamente parte de la información.

El caso de la *Cuadratura de la Parábola* es un ejemplo de ello: no se desarrollaron completamente todas las demostraciones, y algunas propuestas no quedan demostradas. La obra se divide en dos tomos, en los que se recurre a un enfoque o bien más geométrico o bien más “mecánico”, por así decir, en los que se recurre a conceptos sobre la estática. Geométricamente, la demostración del área del segmento de la parábola se desarrolla siguiendo el método exhaustivo, también utilizado para el círculo. Para este último caso, sin embargo, utiliza una sucesión de triángulos a añadir sobre los lados del inscrito, que se acercan cada vez más al segmento de la parábola.

Sin embargo, por respeto a su original y eficaz *método*, que gracias al hallazgo del palimpsesto denominado “Código C” podemos apreciar, sabemos que Arquímedes a menudo afrontó los problemas de cuadratura mediante un enfoque que podemos denominar “mecánico”, utilizando de manera muy original los resultados obtenidos en el estudio de las levas. Arquímedes intentó comparar figuras geométricas o partes de los ejes, colgándolas en los brazos de una balanza.



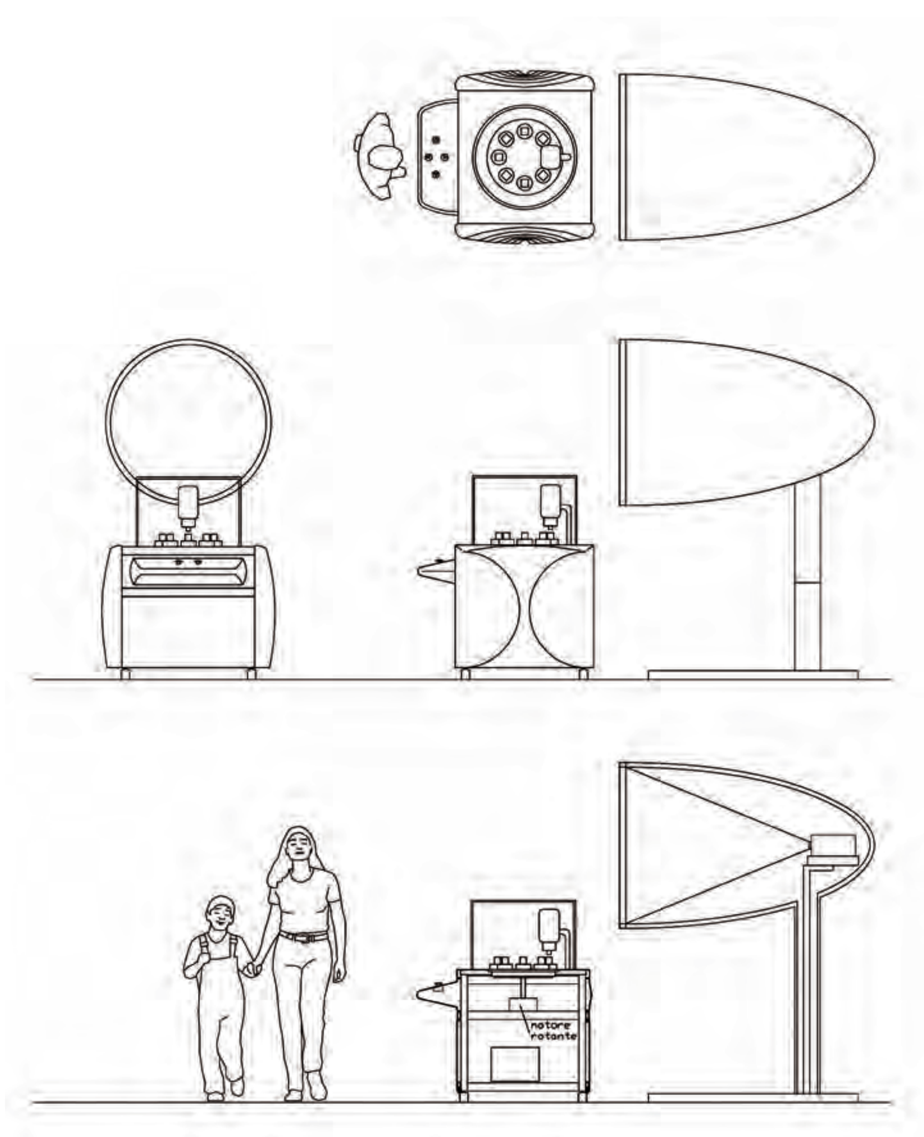
11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio4_W1_B

"una teoria della proporzione, che desse ordine al caos dell'irrazionale"

MICROSCOPIO SPECIALE

Special Microscope

MICROSCOPIO ESPECIAL



archimede_catalogo2011_17_DEF_interno_175 61 01-DEC-11 10:45:59

Il postulato di Archimede afferma che, *date due grandezze omogenee diverse, esiste sempre un opportuno numero che moltiplicato per quella minore dà come risultato quella maggiore*. Questa asserzione, che a noi suona del tutto scontata, è in realtà la risposta che lo scienziato siracusano propose alle moltissime difficoltà che la scoperta delle quantità irrazionali pose all'intelligenza matematica e filosofica dei greci.

I pitagorici, facendo sovente ricorso a forme di misticismo matematico intuitivo e - se si vuole - poetico, avevano seminato l'idea che il reale fosse esprimibile con numeri e figure geometriche, e Platone aveva fatto tesoro dell'ipotesi pitagorica; ma proprio la scoperta degli irrazionali aveva arrestato i possibili esiti di una simile intuizione, confinandola in ambiti che oggi giudicheremmo scarsamente rigorosi. Per affrontare il problema occorreva una teoria della proporzione, che rimettesse ordine nel caos dell'irrazionale. La tradizione ne attribuisce una prima stesura ad Eudosso di Cnido, e troviamo una prima vera formulazione della teoria della proporzione negli *Elementi* di Euclide. Ma è con Archimede che si raggiunge un elevato grado di sviluppo e di applicazione di questa teoria.

Il siracusano, qui come altrove, si affida al metodo di esaustione, che fu una vera e propria chiave di volta per risolvere parecchie questioni matematiche: fra tutte quelle relative all'area e al perimetro del cerchio, con l'individuazione da parte del genio siracusano del *Pi greco (π)*. Il metodo di esaustione, in estrema sintesi, è la riduzione di un problema di difficile risoluzione a problemi la cui soluzione è già nota o comunque più accessibile: riprendendo l'esempio già proposto, per studiare il cerchio, Archimede lo confrontò con poligoni regolari dei quali conosceva già le proprietà. Il metodo di esaustione comporta un certo grado di approssimazione, il che non ne sminuisce affatto l'importanza: basti pensare che esso è alla base del concetto di integrale di una funzione sviluppato nel Seicento da Newton e Leibniz.

Il postulato fu usato soprattutto per poter svolgere i calcoli con numeri molto grandi, ad esempio per l'astronomia, ed è un prototipo pionieristico della moderna teoria della misura, in quanto afferma che ogni quantità arbitrariamente grande (o piccola) può essere misurata a partire da una unità di misura qualsiasi. Grazie a questo principio sappiamo che qualsiasi misurazione può essere stimata in termini di unità di misura a noi familiari.

11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio4_W1_F

SPECIAL MICROSCOPE

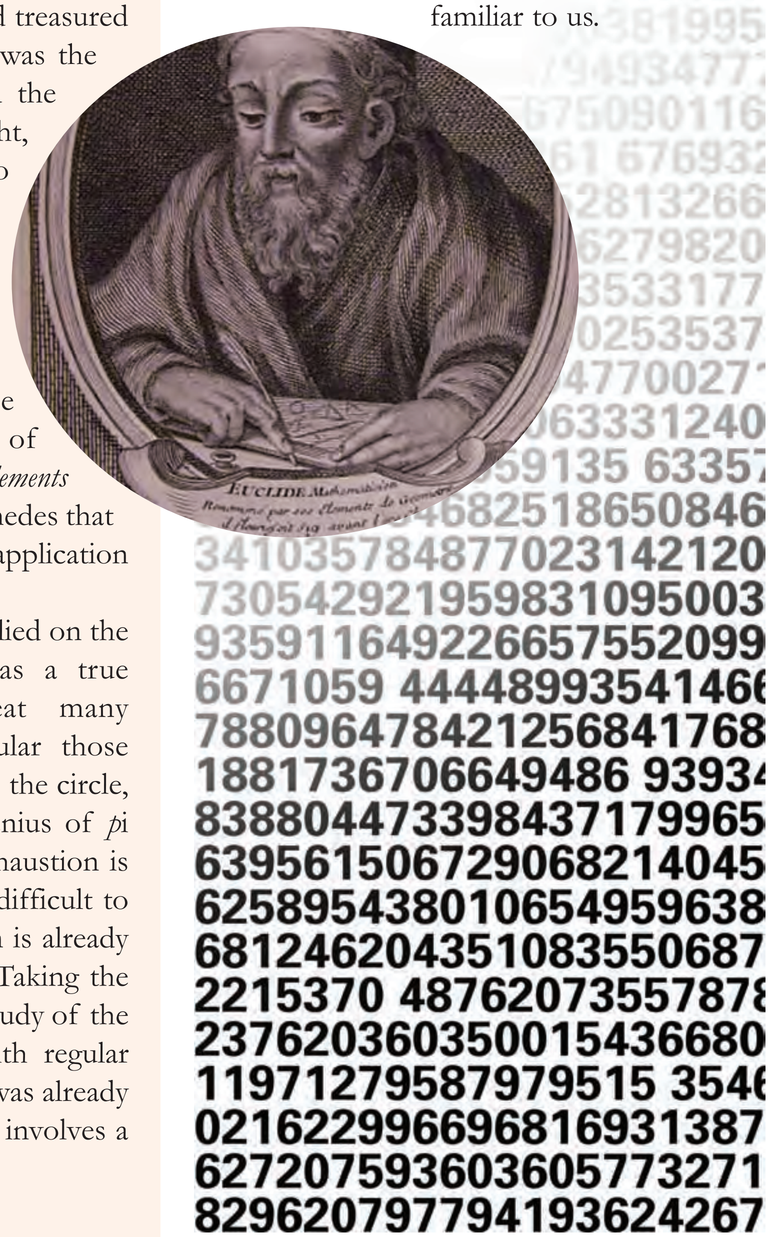
"a theory of proportion, that gave order to the chaos of the irrational"

Archimedes' postulate confirms that, *given two different homogeneous quantities, there is always an appropriate number that multiplied by the smaller results in the larger*. This assertion sounds quite obvious to us, but is in fact the response that the Syracusan scientist proposed to the many difficulties that the discovery of irrational numbers posed to the mathematical and philosophical intelligence of the Greeks.

The Pythagoreans, often making use of intuitive and even poetic forms of mathematical mysticism, had sown the seed that reality could be explained with numbers and geometric figures, and Plato had treasured the Pythagorean hypothesis. Yet it was the discovery of irrationals that halted the possible outcomes of such an insight, confining it to areas now judged to be weak. To address the problem required a theory of proportion that returned order to the chaos of the irrational. Traditionally, an initial draft has been attributed to Eudoxus of Cnidus, and the first true formulation of the theory of proportion is to be found in the *Elements* by Euclid. However it is with Archimedes that a high degree of development and application of this theory is reached.

The Syracusan, here as elsewhere, relied on the method of exhaustion, which was a true keystone for resolving a great many mathematical questions; in particular those relating to the area and perimeter of the circle, with detection by the Syracusan genius of *pi* (π). In summary, the method of exhaustion is the reduction of a problem that is difficult to resolve, to problems whose solution is already known or at least more accessible. Taking the example already mentioned of the study of the circle, Archimedes compared it with regular polygons with whose properties he was already familiar. The method of exhaustion involves a certain amount of approximation, which does not at all diminish its importance. Suffice it to say that this underlies the concept of the integration of a function developed in the 17th century by Newton and Leibniz.

The postulate was mainly used for performing calculations with very large numbers, including for astronomy, and was a pioneering prototype of the modern theory of measurement, in that it stated that every arbitrarily large (or small) amount can be measured starting from any unit of measurement. Thanks to this principle we know that any measuring can be gauged in terms of units of measurements that are familiar to us.

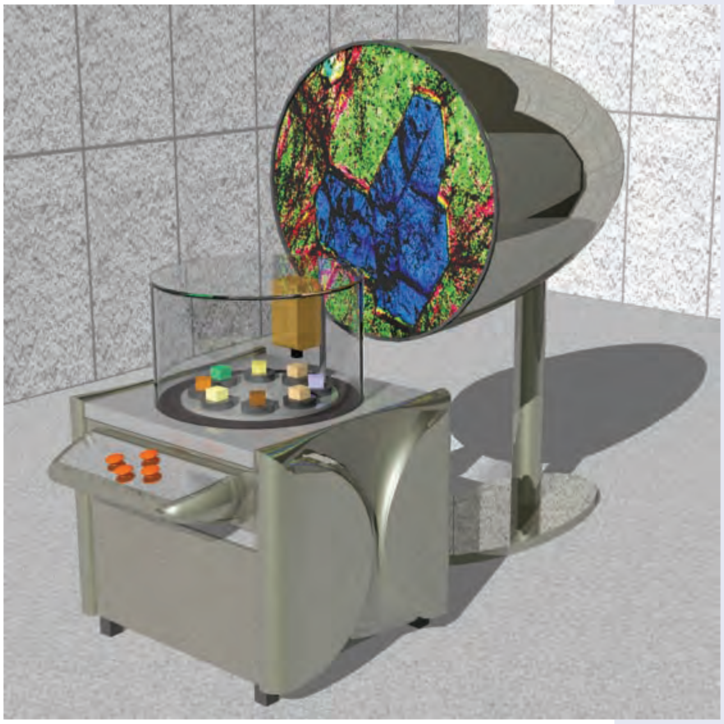


MICROSCOPIO ESPECIAL

"una teoría de la proporción que ponga orden al caos de lo irracional"

El postulado de Arquímedes afirma que, *dados dos tamaños homogéneos varios, existe siempre un número que multiplicado por uno menor da como resultado uno mayor*. Esta afirmación, que nos parece del todo común, es en realidad la respuesta que el científico siracusano propuso ante las grandes dificultades que significó el descubrimiento de las cantidades irracionales a la inteligencia matemática y filosófica de los griegos.

Los pitagóricos, recurriendo a menudo a formas de misticismo matemático intuitivo y, si se quiere, poético, habían sembrado la idea de que lo real se podía expresar con los números y figuras geométricas. Platón se habría utilizado las hipótesis pitagóricas. Sin embargo, el descubrimiento de los números irracionales habría detenido los posibles éxitos de una intuición semejante, confinándola a unos ámbitos que hoy no consideraríamos muy rigurosos. Para afrontar el problema se necesitaba una teoría de las proporciones que pusiera orden al caos de lo irracional. La tradición atribuye un primer intento a Eudoso de Cnidos y encontramos la primera formulación de la teoría de la proporción en *Los Elementos* de Euclides. Sin embargo, fue con Arquímedes con quien se alcanza un gran desarrollo en la aplicación de esta teoría.



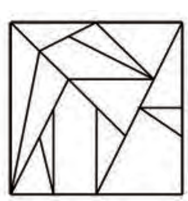
El siracusano, que como otros confía en el método exhaustivo, que fue un auténtico revulsivo para resolver también cuestiones matemáticas: entre todas, aquellas relacionadas con el área y el perímetro del círculo, con la individuación del genio siracusano del "*pi griego*" (π). El método exhaustivo, de manera muy sintética, consiste en la reducción de un problema difícil de resolver a un problema cuya solución ya existe o es, por lo menos, más accesible. Retomando el ejemplo ya propuesto, para estudiar el círculo, Arquímedes lo comparó a los polígonos regulares sobre los que ya conocía las propiedades. El método exhaustivo comporta cierto grado de aproximación, algo que no lo hace menos importante. Basta con pensar que esta es la base de las integrales de una función desarrolladas en el Seiscientos por Newton y Leibniz.

El postulado se utilizó sobre todo para poder desarrollar los cálculos con números muy elevados, como por ejemplo en la astronomía, y es un prototipo pionero de la moderna teoría de la medida, ya que afirma que toda cantidad arbitrariamente grande (o pequeña) se puede medir a partir de cualquier medida. Gracias a este principio sabemos que cualquier medición se puede estimar en términos de unidad de medida familiares para nuestros ojos.

STOMACHION

Ostomachion

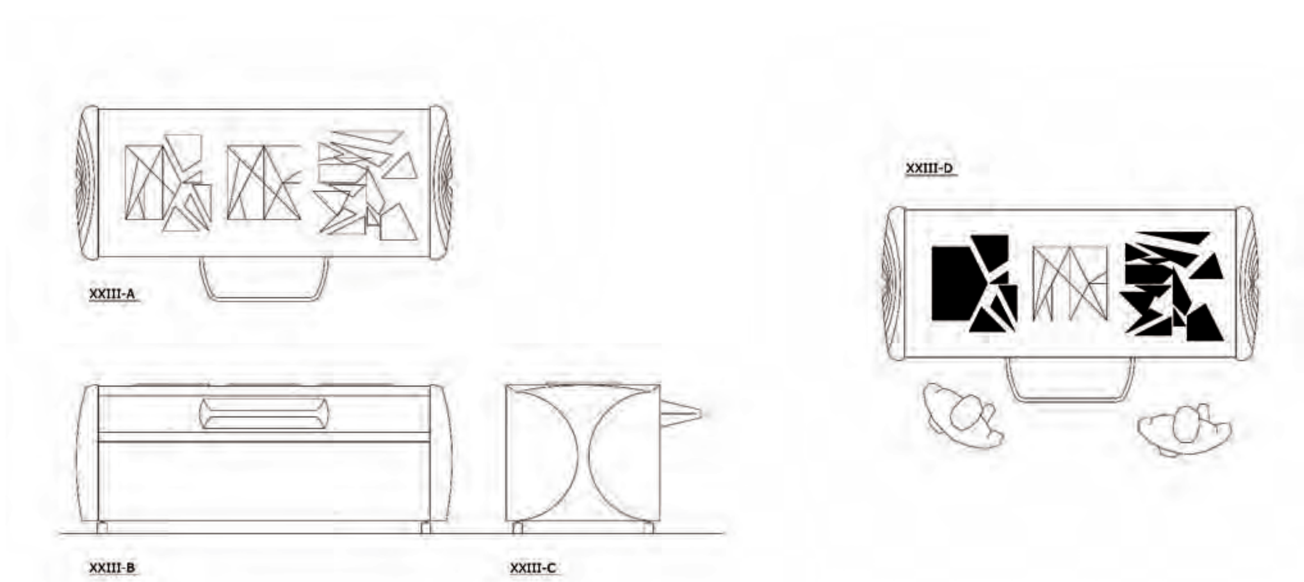
STOMACHION



archimede_catalogo2011_17_DEF_interno_175 65 01-DEC-11 10:45:59

Il ritrovamento e lo studio del "Codice C" ha riportato l'attenzione su un antico gioco greco: lo *Stomachion*. Il nome deriva da Stomachos, che significa "irritazione". Nel codice rinvenuto e studiato da Heiberg, troviamo alcune pagine dedicate a questo curioso puzzle, composto da quattordici pezzi, tagliati in forme geometriche (undici triangoli, due quadrilateri e un pentagono) le cui possibili combinazioni rappresentano immagini di vario genere, che differiscono in base all'abilità del giocatore. Lo *Stomachion* presenta notevolissime affinità con un antico gioco cinese, il *Tangram*, che significa "gioco delle sette saggezze", composta appunto di sette tasselli di diversa forma geometrica.

Quel che Heiberg poté leggere in proposito, con il solo ausilio di una lente di ingrandimento, di fronte ad una pergamena deteriorata, sulla quale, per di più, erano state in epoca medievale trascritte preghiere, offrì pochi indizi sull'interesse di Archimede per l'enigma. Apparentemente si trattava di un semplice passatempo colto, il che indusse gli studiosi a non dare troppa importanza alle pagine sullo *Stomachion*. Tuttavia, con il riapparire del Codice C, nel 1998, e con il progredire delle tecniche applicate alla decifrazione degli antichi manoscritti, gli studi sullo *Stomachion* stanno progressivamente rettificando il punto di vista che lo considera semplicemente un arguto "rompicapo". Non c'è certezza che sia stato proprio il geniale siracusano ad inventare lo *Stomachion*, ed anzi, si tende a ritenere che il supporto esistesse già prima che se ne occupasse Archimede. Tuttavia, il punto d'interesse non è stabilire o meno se Archimede sia stato l'ideatore dello *Stomachion*: è ben più rilevante comprendere a che scopo se ne servisse. In effetti, gli studi che attualmente si stanno conducendo sul Codice C stanno offrendo importanti novità, in particolare relative alle tecniche di calcolo. Una nuova lettura del codice, dimostrerebbe che Archimede si interessava di calcolo combinatorio, un ramo della matematica che prende in considerazione le combinazioni e le sistemazioni degli oggetti, e che ha trovato riconoscimento negli ambienti accademici solo negli ultimi cinquanta anni. Si tratta di capire se Archimede fu in grado di calcolare il numero dei diversi quadrati che si sarebbero potuti creare con i pezzi del puzzle. Un gruppo di studiosi è attualmente all'opera sullo *Stomachion*, alcuni rilevano che vi sono degli indizi che farebbero pensare che Archimede avesse studiato i suoi teoremi geometrici proprio grazie allo *Stomachion*.



11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio5_W1_F

archimede_catalogo2011_17_DEF_interno_175 66 01-DEC-11 10:45:59

OSTOMACHION

“advances in combinatorial analysis”

The discovery and study of “Codex C” has focused attention on an ancient Greek game known as *Ostomachion*. The name derives from stomachos, meaning “irritation”. In the codex uncovered and researched by Heiberg, we find certain pages dedicated to this curious puzzle, composed of 14 pieces cut into geometric shapes (11 triangles, two quadrilaterals and a pentagon) whose possible combinations represent images of various kinds, which differ according to the skill of the player. The *Ostomachion* is very similar to an ancient Chinese game called *Tangram*, which means “game of the seven wisdoms”, and is again composed of seven pieces of different geometric shapes.

What Heiberg was able to read of this, aided only by a magnifying glass and faced with a damaged parchment on which the Middle Ages had subsequently brought the transcription of prayers, offered few clues as to Archimedes’ interest in the riddle. It seemed to be a simple cultural pastime, which led scholars to attribute little importance to the pages of the *Ostomachion*. Nevertheless, with the reappearance of Codex C in 1998, and the advance of techniques applied to deciphering ancient manuscripts, studies on the *Ostomachion* are gradually rectifying the opinion that this was simply a “witty” puzzle. It is not certain that it was Archimedes who invented the *Ostomachion* and in fact, it is generally accepted that the media already existed before he became involved with it. However, the point of interest is not to establish whether or not Archimedes was the originator of the *Ostomachion*, as it is more significant to understand the purpose it served for him. In fact, studies currently in progress on Codex C offer important new findings, particularly relating to calculation techniques. A new reading of the codex would show that Archimedes was interested in combinatorial analysis, a branch of mathematics that takes into account the combinations and arrangements of objects, and which has found recognition in academic circles only in the last 50 years. The question is whether Archimedes would have been able to calculate the number of different squares that could be created with the pieces of the puzzle. A group of scholars currently working on the *Ostomachion* have indicated that there are clues to suggest that Archimedes had indeed prepared his geometric theorems thanks to the *Ostomachion*.

TANGRAM

11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio5_W1_B

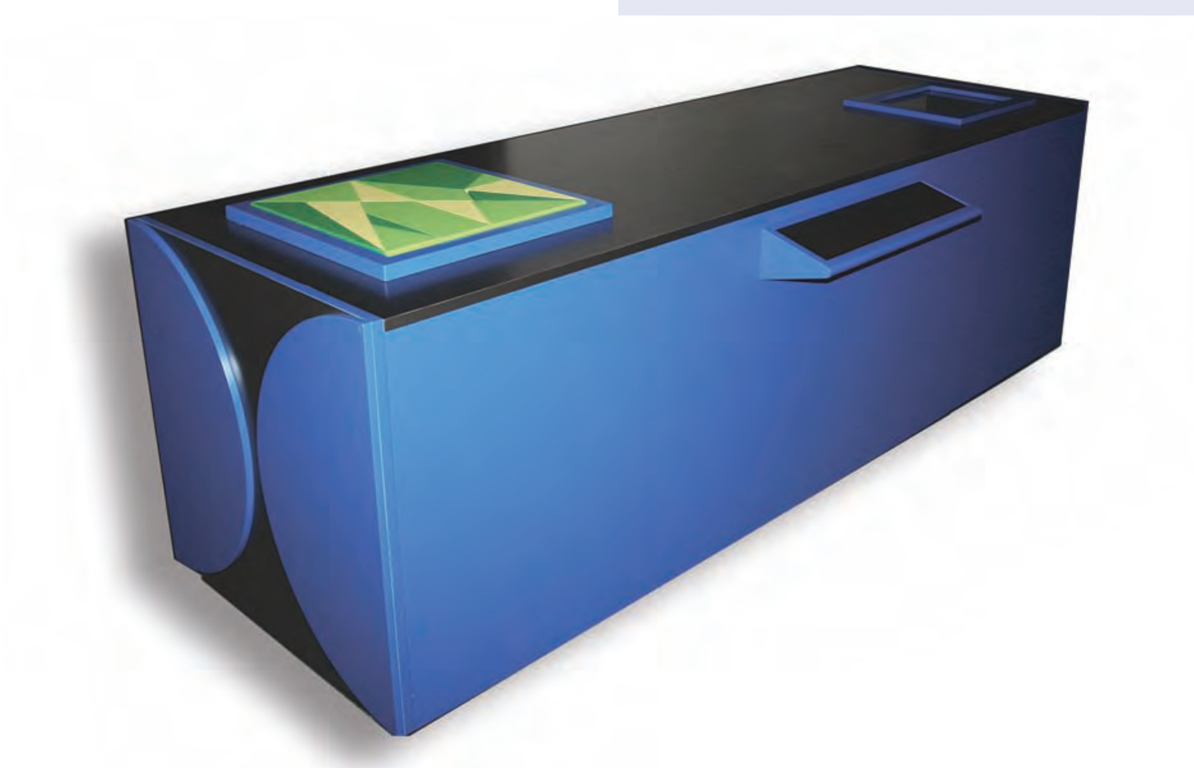
STOMACHION

“anticipaciones del cálculo combinatorio”

El hallazgo y estudio del “Código C” ha sacado a la luz un antiguo juego griego: el *Stomachion*. El nombre proviene de la palabra stomachos que significa “irritación”. En el código encontrado y estudiado por Heiberg, encontramos algunas páginas dedicadas a este curioso puzle, formado por 14 piezas, cortadas en formas geométricas (11 triángulos, 2 cuadriláteros y 1 pentágono) cuyas posibles combinaciones representan imágenes de varios tipos, que cambiarán según la habilidad del jugador. El *Stomachion* presenta muchas semejanzas con un antiguo juego chino, el Tangram, que significa “juego de las 7 sabidurías”, compuesto por 7 piezas de diferente forma geométrica.

Lo que Heiberg pudo leer al respecto, con la única ayuda de una lupa y ante un pergamino deteriorado en el que, además, se habían inscrito rezos de la época medieval, ofrecía pocos indicios sobre el interés de Arquímedes en el enigma. Aparentemente se trataba de un simple pasatiempo culto, lo que hizo que los eruditos no dieran demasiada importancia a las páginas dedicadas al *Stomachion*. Sin embargo, con el descubrimiento del Código C, en 1998, y con el progreso de las técnicas aplicadas a descifrar los antiguos manuscritos, los estudios sobre el *Stomachion* están cambiando progresivamente el punto de vista que lo considera un simple “rompecabezas”. No se sabe a ciencia cierta si fue el genial siracusano el inventor del *Stomachion*, incluso se cree que existía antes de que Arquímedes se interesara por el mismo.

Sea como fuere, el interés no yace en saber si Arquímedes fue el que ideó el *Stomachion*. Resulta más relevante comprender cuál fue su verdadero objetivo. En efecto, los estudios que actualmente se están llevando a cabo sobre el Código C ofrecen importantes novedades, sobre todo relativas a las técnicas de cálculo. Una nueva lectura del código demostraría que Arquímedes estaba interesado en el cálculo combinatorio, una rama de la matemática que considera las combinaciones y la sistematización de los objetos, y que ha encontrado reconocimiento en los ámbitos académicos en los últimos 50 años. Se trata de saber si Arquímedes fue capaz de calcular el número de los diferentes cuadrados que se podrían haber creado con las piezas del puzle. Existe un grupo de expertos sobre la obra del *Stomachion*, y algunos estudios revelan que existen indicios para pensar que Arquímedes podría haber estudiado sus teoremas geométricos gracias al mismo



11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio5_W1_B

archimede_catalogo2011_17_DEF_interno_175 68 01-DEC-11 10:45:59

IL PLANETARIO

The Planetarium

EL PLANETARIO

11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio5_W1_F

IL PLANETARIO

Il nome di Archimede è indelebilmente legato anche all'astronomia. Nell'*Arenario*, il genio di Siracusa sviluppa una teoria sulla distanza dei pianeti, si cimenta con il calcolo del diametro apparente della luna e del sole, e delle dimensioni della terra. Archimede dichiara di avere tentato di misurare l'angolo che comprende il Sole e che ha al suo vertice l'occhio dell'osservatore, ma lamenta anche l'imperfezione degli strumenti a sua disposizione. Gli studi astronomici di Archimede – del resto – sono strettamente connessi alle sue intuizioni sui grandi numeri, e proprio nell'Arenario trovano la loro sede.

Ma il nome di Archimede, a dispetto del ritratto che ne fa Plutarco, che lo vuole interessato solamente alla pura teoria, stupì il mondo di allora con la realizzazione di una macchina: il *Planetario*. Di questa meraviglia archimedea abbiamo solamente testimonianze letterarie: «*Piccola imago dell'immenso polo*», lo definisce Ovidio nei Fasti, mentre Lattanzio Firmiano parla di una sfera concava di metallo. Cicerone menziona due volte il planetario, e vale la pena riportare questo breve passo tratto dal libro I delle *Tusculanae Disputationes*: «*Archimede insomma, rappresentando in una sfera il corso della luna, del sole e dei cinque pianeti ha fatto quello che fece il dio di Platone; il quale nel suo Timeo costruisce l'universo, e con una sola rotazione regola il moto degli astri, lento in alcuni celere in altri. Se la sola potenza di un dio può eseguire questi movimenti nel mondo, Archimede li ha potuto imitare in una sfera perché dotato di genio divino […]*». Di Archimede astronomo parlano anche Plutarco, Ammiano Marcellino, Macrobio, Proclo. Dalle testimonianze si evince che Archimede riprodusse una rotazione sintetica, comprendente il moto del sole, della luna e delle stelle: facendo muovere questa sfera, si vedeva la luna alternarsi al sole nell'orizzonte terrestre.

L'archeologia ci viene qui in aiuto: nel 1900, grazie alla segnalazione di un gruppo di pescatori, al largo dell'isola di Antikythera, vicina a Creta, alla profondità di circa quarantatre metri, fu scoperto il relitto di un'enorme nave affondata, risalente all'87 a.C. Il ritrovamento fu particolarmente fortunato, perché dal relitto della nave emerse un meccanismo, in precario stato di conservazione, che agli studi degli archeologi si rivelò essere un planetario: il più antico calcolatore meccanico conosciuto, mosso da ruote dentate, che serviva per calcolare il sorgere del sole, le fasi lunari, i movimenti dei cinque pianeti allora conosciuti, gli equinozi, i mesi, i giorni della settimana e – secondo la conclusione di un recente studio – anche la data delle Olimpiadi: quel meccanismo è oggi noto come *Macchina di Antikythera*.

Il ritrovamento greco non è tuttavia l'unico, e forse nemmeno il più importante: nel 2006, ad Olbia, è stato rinvenuto un antico ingranaggio. Il restauro del reperto ha riservato straordinarie sorprese: la Soprintendenza per i Beni Archeologici, ha stabilito che sia da datarsi fra fine del III e la metà del II secolo a.C. I denti presentano una curvatura che li rende incredibilmente simili a quelli degli ingranaggi che impieghiamo attualmente, anche la composizione è sorprendente: ottone e, benché sia il più antico fra i reperti di questa natura, è senza dubbio il più evoluto. La datazione, le caratteristiche uniche hanno convinto alcuni che si tratti proprio del planetario di Archimede.

THE PLANETARIUM

"A small image of the vast vault of heaven"

The name Archimedes is indelibly linked to astronomy.
In *The Sand Reckoner*, the Syracusan genius developed a theory on the distance of the planets, and attempted the calculation of the apparent diameter of the moon and sun, and the dimensions of the Earth. Archimedes claimed to have tried to measure the angle that includes the sun and that has at its summit the eye of the observer, but complained of the failings of the equipment at his disposal. Astronomical studies on Archimedes, on the other hand, are closely linked to his insights on large numbers and it is in *The Sand Reckoner* that they find their place.
Yet the name of Archimedes, despite the portrait painted of him by Plutarch who wanted his interest focused entirely on pure theory, amazed the world of the time by creating a machine called the Planetarium. Only written testimony remains of this Archimedean wonder, defined by Ovid in Fasti as, "*A small image of the vast vault of heaven*", while Lactantius spoke of a concave metal sphere. Cicero mentioned the planetarium twice, and it is worth noting this short passage taken from Book 1 of the *Tusculan Disputations*: "*Archimedes therefore, using a sphere to represent the course of the moon, the sun and the five planets, did that which Plato's god had done in the Timaeus, to build the universe, and with one single revolution regulate the motion of the stars, slow in some, swift in others. If it takes the power of a god to perform these movements in the world, Archimedes was able to imitate them in a sphere because he is equipped with divine genius […]*". Archimedes the astronomer was also discussed by Plutarch, Ammianus Marcellinus, Macrobius, and Proclus. The evidence shows that Archimedes reproduced a synthetic revolution, including the motion of the sun, the moon and the stars, and as the sphere was made to move, the moon could be seen alternating with the sun on the Earth's horizon. At this point archaeology helps us, as in 1900, thanks to a group of fishermen who reported the discovery of the wreck of an enormous sunken ship dating back to 87 BC at a depth of around 43 metres off the island of Antikythera near Crete. The find was particularly fortunate as from the wreck of the ship emerged a mechanism in a precarious state of decay, which archaeological study revealed to be a planetarium - the oldest mechanical calculator known, moved by toothed wheels, that served to calculate the rising of the sun, lunar phases, the movements of the five planets known about at the time, equinoxes, months, days of the week, and, according to the results of a recent study, even the date of the Olympic Games. This mechanism is today known as the *Antikythera Mechanism*.
Yet the Greek discovery is not the only one, and perhaps not even the most important. In 2006, an ancient gear was found in Olbia in Sardinia, and restoration of the find produced an extraordinary surprise. The Superintendence for Archaeological Heritage established that it dates from between the end of the 3rd and the middle of the 2nd century BC. The teeth present a curve that makes them incredibly similar to those on gears that we use today. Even its composition of brass is astounding, and although it is the oldest amongst the finds of this nature, it is undoubtedly the most evolved. The dating and unique characteristics have convinced some that this is actually from the planetarium of Archimedes.

archimede_catalogo2011_17_DEF_interno_175 71 01-DEC-11 10:45:59

EL PLANETARIO

“Pequeño punto de la inmensidad del polo”

El nombre de Arquímedes está indeleblemente vinculado al de la astronomía. En El Arenario, el genio de Siracusa desarrolla una teoría sobre la distancia de los planetas que se atreve con el cálculo del diámetro aparente de la Luna y el Sol, además de las dimensiones de la Tierra. Arquímedes afirma haber intentado medir el ángulo que comprende el Sol, que tiene en su vértice el ojo del observador, aunque también se queja de la imperfección de los instrumentos que tiene a su disposición. El resto de estudios astronómicos de Arquímedes están estrechamente vinculados a sus intuiciones sobre los grandes números y es en *El Arenario* donde encuentran su sitio.

El nombre de Arquímedes, a pesar del despecho por parte de Plutarco, que lo considera únicamente interesado en la teoría, conmocionó al mundo de entonces con la realización de un instrumento: el *Planetario*. De esta maravilla arquimediana solo existen testimonios literarios: “Pequeño punto de la inmensidad del polo”, lo define Ovidio en Los Fastos, mientras que Lactancio Firmiano habla de una esfera cóncava de metal. Cicerón menciona el planetario dos veces. Vale la pena resaltar este breve pasaje extraído del libre I de las *Tusculanae Disputationes*: «*Arquímedes, representando en una esfera el curso de la Luna, del Sol y de los cinco planetas ha hecho lo que hizo el dios de Platón, quien en su Timeo construye el Universo, y con una sola rotación regula el movimiento de los astros, lento a veces y veloz en otras. Si la sola potencia de un dios puede seguir estos movimientos en el mundo, Arquímedes los ha podido reproducir porque está dotado de un genio divino [ ]*”.

Del Arquímedes astrónomo también hablan Plutarco, Amiano Marcelino, Macrobio y Proclo. De los testimonios queda patente que Arquímedes reprodujo una rotación sintética, que comprendía el movimiento del Sol, de la Luna y de las estrellas. Al mover esta esfera, se observaba una alternancia de la Luna y el Sol en el horizonte terrestre. La arqueología puede sernos de gran ayuda: en el año 1900, gracias a las indicaciones de un grupo de pescadores de la isla de Antikythera, cercana a Creta, y a una profundidad de unos 40 metros, se descubrieron los restos de un gran barco hundido que se remonta al año 87 d.C. El hallazgo fue particularmente positivo, ya que de los restos del barco surgió un mecanismo, en precario estado de conservación, que para arqueólogos resulto ser un planetario: la calculadora mecánica más antigua jamás conocida, formada por ruedas dentadas, que servía para calcular la salida del sol, las fases lunares, los movimientos de los cinco planetas conocidos en aquella época, los equinoccios, los meses, los días de la semana y, según la conclusión de un estudio reciente , la fecha de las Olimpiadas. Aquel mecanismo se conoce actualmente como *Máquina de Antikythera*.

El hallazgo griego no es, sin embargo, el único, ni siquiera el más importante. En 2006, en Olbia, se encontró un antiguo engranaje. La restauración del mismo reservó extraordinarias sorpresas: la Autoridad para los Bienes Arqueológicos ha estimado que data entre finales del III y mitades del siglo II a.C. Los dientes presentan una curvatura que los hace increíblemente parecidos a los de los engranajes que se utilizan hoy en día. Igualmente, la composición es muy sorprendente: el latón, si bien es el más antiguo que existe de este tipo, es sin lugar a dudas el más evolucionado. La fecha y las características únicas del mismo hacen creer a muchos que se trata del mismo planetario de Arquímedes.

11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio5_W1_B

archimede_catalogo2011_17_DEF_interno_175 72 01-DEC-11 10:45:59

IL TEMPIO

The Temple

EL TEMPLO

11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio5_W1_F

IL TEMPIO

Le colonne rappresentano le intuizioni di Archimede che sostengono le maggiori discipline della moderna matematica.
La Scienza, così come la conosciamo noi oggi, cominciò con Galileo e Newton come metodo per conoscere la realtà. Tuttavia, ci fu una mente brillante a Siracusa che, oltre 2000 anni prima, intuì la maggior parte dei pilastri che sostengono la matematica e la scienza odierne.

STUDI DI ARCHIMEDE	DISCIPLINE BASATE SULLE MATEMATICHE
Equilibrio della leva, centro di gravità dei poligoni	MECCANICA
Quadratura della parabola	STATICA GEOMETRICA
Approssimazione poligonale delle curve	CALCOLO INTEGRALE
Calcolo del numero *Pi greco*	*PI GRECO*, NUMERI IRRAZIONALI
Somma di progressioni geometriche	SERIE NUMERICHE
Metodo di esaustione e “reductio ad absurdum”	LOGICA MATEMATICA
Calcolo delle superfici e dei volumi	TEORIA DELLA MISURA
Studio della sfera, cilindro, cono	GEOMETRIA PROIETTIVA
Spirale di Archimede	CINEMATICA DELLE CURVE
Quadratura del cerchio e trisezione dell’angolo mediante spirale	GEOMETRIA EUCLIDEA
Corpi galleggianti	IDROSTATICA
Poliedri non regolari	TEORIA DEI POLIEDRI
Potenze di 10 ed esponenti	TEORIA DEI LOGARITMI
Angoli di incidenza e riflessione degli specchi	OTTICA, ENERGIA SOLARE
La vite di Archimede e dispositivi meccanici	INGEGNERIA
Stomachion	COMBINATORIA
Arenario	LOGARITMI, ESPONENTI

archimede_catalogo2011_17_DEF_interno_175 74 01-DEC-11 10:45:59

THE TEMPLE

The columns of the temple represent Archimedes' perceptions sustaining the major disciplines of modern mathematics.

Science, as we know it today, began with Galileo and Newton as a method for understanding reality. However, there was a brilliant mind in Syracuse that, over 2,000 years beforehand, had intuited most of the pillars that support today's mathematics and science.

ARCHIMEDES WORKS MATHEMATICS	SUBJECTS BASED ON
Lever balance, center of gravity of polygons	MECHANICS
Quadrature of the parabola	GEOMETRIC STATICS
Polygonal approximations of curves	INTEGRAL CALCULUS
Calculating the number π	π IRRATIONAL NUMBERS
Sum of geometric progressions	NUMERICAL SERIES
Method of exhaustion and "reductio ad absurdum"	MATHEMATICAL LOGIC
Calculating areas and volumes	THEORY OF MEASURE
Study of the sphere, cylinder, cone	PROJECTIVE GEOMETRY
Archimedean spiral	CURVES KINEMATICS
Squaring the circle and angle trisection by spirals	EUCLIDIAN GEOMETRY
Geometric floating bodies	HYDROSTATICS
Non-regular polyhedra	PROJECTIVE GEOMETRY
Powers of 10 and exponents	THEORY OF LOGARITHMS
Incidence and reflection on mirror	OPTICS, SOLAR ENERGY
Archimedes screw and mechanical devices	ENGINEERING TOOLS
Stomachion	COMBINATORY
Arenarium	LOGARITHMS, EXPONENTS

11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio5_W1_B

archimede_catalogo2011_17_DEF_interno_175 75 01-DEC-11 10:45:59

EL TEMPLO

Las columnas de este templo representan las percepciones de Arquímedes sustentando las grandes disciplinas de las matemáticas modernas.
La ciencia, tal como hoy la conocemos, arranca como método para comprender la realidad con Galileo y Newton. Sin embargo hubo una mente maravillosa en Siracusa que intuyó con más de dos mil años de antelación buena parte de las columnas que sostienen la matemática y la ciencia de hoy. Uno de los objetivos de este museo es ilustrarlo y demostrarlo.

TRABAJOS DE ARQUÍMEDES	DISCIPLINAS MATEMÁTICAS
Equilibrio de la palanca, centro de gravedad de poligonos	MECÁNICA
Cuadratura de la parábola	ESTÁTICA GEOMÉTRICA
Aproximaciones poligonales de curvas	CÁLCULO INTEGRAL
Cálculo del número π	π NÚMEROS IRRACIONALES
Suma de progresiones geométricas	SERIES NUMÉRICAS
Método de exhaución con reducción al absurdo	LÓGICA MATEMÁTICA
Cálculo de áreas y volúmenes	TEORÍA DE LA MEDIDA
Estudio de la esfera, cilindro, cono	GEOMETRÍA PROYECTIVA
Espiral de Arquímedes	CINEMÁTICA DE CURVAS
Cuadratura del círculo y trisección del ángulo con espirales	GEOMETRÍA EUCLÍDEA
Cuerpos geométricos flotantes	HIDROSTÁTICA
Poliedros irregulares	TEORÍA DE POLIEDROS
Potencias de 10 y exponentes	TEORÍA DE LOGARITMOS
Incidencia y reflexión en espejos	ÓPTICA, ENERGÍA SOLAR
Tornillo de Arquímedes y máquinas	INGENIERÍA
Stomachion	COMBINATORIA
Arenarium	LOGARÍTMOS, EXPONENTES

11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio5_W1_B

archimede_catalogo2011_17_DEF_interno_175 76 01-DEC-11 10:45:59

IL PERCORSO ESPOSITIVO

Seconda parte

Il Museo Nazionale della Scienza e della Tecnologia Leonardo da Vinci di Milano ha collaborato con Agorasophia ad un progetto di mostra che, a partire dagli exhibit realizzati dal CNR, si è configurato come un percorso condiviso di confronto, che ha visto la partecipazione di diverse e molteplici professionalità. La mostra di Milano dedicata ad Archimede si è trasformata da evento temporaneo in sezione permanente dell'Arkimedeion di Siracusa. Il percorso è suddiviso in quattro aree tematiche entro le quali sono collocati, secondo una logica di aggregazione tipologica e concettuale, dodici exhibit interattivi a libera disposizione del visitatore. Un'ulteriore area di approfondimento è dedicata alla fruizione di apparati multimediali integrativi appositamente realizzati per l'occasione.

Prima area tematica - Le macchine di Archimede

L'area presenta alcuni tra i più famosi esempi di macchine d'uso comune la cui progettazione è tradizionalmente attribuita ad Archimede. Le macchine presentate in questa sezione sono caratterizzate da un denominatore comune essendo tutte derivate dall'applicazione ingegneristica di principi geometrici e meccanici fondamentali. Sfruttano infatti leve, viti infinite, traiettorie paraboliche. Gli exhibit presenti in questa area sono: Solleva il mondo con una leva, Vite infnita e ruote dentate, Coclea, Catapulta, Proiettili simultanei.

Luca Reduzzi (Curatore del Museo Nazionale della Scienza e della Tecnologia Leonardo da Vinci – MUST)

The *Museo Nazionale della Scienza e della Tecnologia Leonardo da Vinci* in Milan has joined forces with Agorasophia on an exhibition project that - starting out from the exhibits created by the CNR – was conceived as a means to share and compare concepts, involving the participation of a wide range of different professional figures. The Milan exhibition, which began life as a temporary event, has now taken up residence as a permanent section of the Arkimedeion in Syracuse. The exhibition route is divided up into four thematic areas, which comprise twelve interactive exhibits freely available for visitors to engage with, arranged according to type and to concept. A further area for study is devoted to the use of integrative multimedia devices created specifically for the occasion.

Luca Reduzzi (comisario del Museo Nacional de Ciencia y Tecnología Leonardo da Vinci – MUST)

RECORRIDO EXPOSITIVO – SEGUNDA PARTE

El Museo Nacional de la Ciencia y la Tecnología Leonardo da Vinci de Milán ha colaborado con Agorasophia en un proyecto piloto que, a partir de las exposiciones realizadas por el CNR, se ha concebido como un recorrido compartido y comparado, que cuenta con la participación de múltiples ámbitos del saber. La muestra de Milán dedicada a Arquímedes se ha transformado en un evento temporal con secciones permanentes del museo Arkimedeion de Siracusa.
El recorrido está formado por cuatro áreas temáticas en las que, siguiendo una lógica tipológica y conceptual, se han creado doce exposiciones interactivas que pueden ser visitadas independientemente. Se dedica, además, una última área zona en la que el visitante podrá disfrutar de los instrumentos multimedia integrados especialmente para la ocasión

Primera área temática: las máquinas de Arquímedes

Esta área presenta algunos de los ejemplos más conocidos de máquinas de uso común, cuya invención se atribuye a Arquímedes. Las máquinas que se

11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio5_W1_F

Luca Reduzzi
(Curator of the Museo Nazionale della Scienza e della Tecnologia Leonardo da Vinci – MUST)

Seconda area tematica - Archimede e la fisica dei corpi solidi e liquidi

Nella sezione sono esposti esempi di macchine il cui funzionamento si basa sull'applicazione di principi fondamentali della fisica dei solidi e dei fluidi (statica e idrostatica). Dai principi che Archimede espose nel suo testo "I Galleggianti" nacque la moderna idrostatica e lo sviluppo di alcuni principi fondamentali della fisica classica moderna come il Principio dei vasi comunicanti, il Principio di Pascal, la Legge di Stevin.
Gli exhibit di questa area sono: Paradosso meccanico, Corona del Re Gerone, Spinta di Archimede, Punta dell'iceberg, Pesce saliscendi.

Terza area tematica - Archimede e la matematica dei grandi numeri

Gli exhibit presenti nella terza area sono legati a uno dei temi che più affascinano Archimede, quello dei grandi numeri dei quali tratta in una delle sue opere più importanti, l'"Arenario". Archimede, considerato il più grande matematico dell'antichità insieme ad Euclide, contribuisce a porre ordine nell'intricato sistema di numerazione greco basato sull'uso delle lettere dell'alfabeto e su regole molto complesse. I numeri usati oggi, di origine araba, erano infatti sconosciuti al mondo ellenistico. Le installazioni mostrano alcuni dei sorprendenti aspetti della matematica dei grandi numeri. E' possibile apprezzare quanto possa essere davvero relativa l'idea di "grande quantità" ma anche rimanere stupiti nel constatare come anche i solidi, in particolari condizioni, possano essere caratterizzati da comportamento generale

EXHIBITION ROUTE

Second part

Thematic Area I - The machines of Archimedes

This area presents some of the most famous examples of commonly used machines whose design is traditionally attributed to Archimedes. The machines presented in this section all share a common denominator, in that each derives from the engineering application of fundamental principles of geometry and mechanics, and indeed all of them use levers, endless screws, parabolic trajectories. The exhibits present in this area are: *Solleva il mondo con una leva* (Lift the world with a lever), *Vite infinita e ruote dentate* (The endless screw and toothed wheels), *Coclea* (Cochlias), *Catapulta* (Catapult), *Proiettili simultanei* (Simultaneous projectiles).

Thematic Area II - Archimedes and the physics of solid and liquid bodies

Displayed in this section are a number of examples of machines whose workings depend on the application of fundamental principles of the physics of solids and of fluids (statics and hydrostatics). The principles set forth by Archimedes in "On Floating Bodies" gave rise to modern hydrostatics, as well as the development of a number of fundamental principles of modern classical physics, such as the Principle of Communicating Vessels, Pascal's Law and Stevin's Law.
The exhibits in this area are: *Paradosso meccanico* (Mechanical paradox), *Corona del Re Gerone* (King Hieron's crown), *Spinta di Archimede* (Archimedes' buoyancy principle), *Punta dell'iceberg* (Tip of the iceberg), *Pesce saliscendi* (Like a fish in water).

presentan en esta sección tienen un denominador común: todas derivan de las aplicaciones ingenieras de los principios geométricos y mecánicos fundamentales. Se exponen levas, tornillos sin fin, trayectorias parabólicas. Las exposiciones presentes en esta área son las siguientes: *Llévate el mundo con una leva*, *Tornillos sin fin y ruedas dentadas*, *Cóclea*, *Catapulta*, *Proyectiles simultáneos*.

Segunda área temática – Arquímedes y la física de los cuerpos sólidos y líquidos

En esta sección se exponen muestras de máquinas cuyo funcionamiento se basa en la aplicación de los principios fundamentales de la física de los sólidos y los líquidos (estática e hidrostática). De los principios que Arquímedes expuso en su texto *Los Cuerpos Flotantes* nació la hidrostática moderna y se desarrollaron algunos de los principios fundamentales de la física clásica moderna como el *Principio de los vasos comunicantes*, el *Principio de Pascal* o la *Ley de Stevin*. Las exposiciones de esta área son las siguientes: *Paradoja mecánica*, *Corona del rey Herón*, *Empuje de Arquímedes*, *Punta del Iceberg*, *Pez que sube y baja*.

IL PERCORSO ESPOSITIVO

Seconda parte

simile a quello di un fluido: l'elemento discreto lascia il posto all'elemento continuo, un concetto avanzatissimo fatto proprio dalla matematica e dalla fisica moderna. Gli exhibit presentati in questa area sono: Una miriade, Sabbia e acqua.

Quarta area tematica – Archimede e l'astronomia
L'astronomia ellenistica raggiunge un altissimo livello di conoscenze offrendo una descrizione dell'Universo che rimane per duemila anni l'unico modello accettato. Solo nel XVII secolo con l'opera di Copernico, Galileo e Keplero si afferma una teoria diversa che sposta la centralità del Creato, per lo meno quella fisica, dalla Terra al Sole. La cosmologia greca poggia

Thematic Area III – Archimedes and the mathematics of large numbers
The exhibits present in this third area are linked to one of the themes Archimedes found most fascinating: large numbers, a question he dealt with in one of his most important works, "*The Sand Reckoner*". Regarded as the greatest mathematician in antiquity, together with Euclid, Archimedes helped bring order to the intricate Greek system of numeration, which was based on the use of the letters of the alphabet and on a series of extremely complex rules. The numbers we use today, of Arab origin, were unknown to the Hellenistic world. The installations illustrate a number of the surprising aspects of the mathematics of large numbers. Visitors to this area are given the opportunity not only to appreciate just how relative the concept of a "large amount" is, but also to marvel at the demonstration that solids - in particular conditions - can display a general behaviour similar to that of fluids: the discrete element gives way to the continuous element, an extremely advanced concept made by modern physics and mathematics. The exhibits present in this area are: *Una miriade* (A myriad), *Sabbia e acqua* (Sand and water).

Thematic area - Archimedes and astronomy
Hellenistic astronomy reached exceptional heights of knowledge, so much so that the description it provided of the Universe remained the only accepted model for two thousand years. It was not until the 17th century, with the works of Copernicus, Galileo and Kepler, that a different theory took hold, which shifted the central focus

RECORRIDO EXPOSITIVO – SEGUNDA PARTE

Tercera área temática – Arquímedes y las matemáticas de los grandes números
Las exposiciones presentes en la tercera área temática tratan sobre uno de los temas que más fascinaba a Arquímedes, el de los grandes números. Un tema tratado en una de sus obras más importantes, *El Arenario*. Arquímedes, considerado el matemático más importante de la Antigüedad junto con Euclides, contribuyó a poner orden en el complejo sistema de numeración basado en el uso de las letras del alfabeto y en sus complicadas reglas. Los números que se utilizan hoy en día, de origen árabe, resultaban desconocidos para el mundo griego. Esta área muestra algunos de los aspectos más sorprendentes de las matemáticas de los grandes números. Es posible apreciar lo relativo que puede llegar a ser la idea de "gran cantidad", además de sorprenderse al comprobar cómo los sólidos, en determinadas condiciones, pueden reaccionar de manera parecida a los fluidos. El elemento discreto cede lugar al elemento continuo, un concepto muy avanzado de las matemáticas y de la física moderna. Las exposiciones que se presentan en esta área son las siguientes: *Una miríada*, *Arena y agua*.

EXHIBITION ROUTE

Second part

su teorie che nascono dall'ambiente culturale cui Archimede dà un contributo essenziale. Senza quelle costruzioni matematiche e filosofiche, Tolomeo non avrebbe potuto perfezionare la più importante rappresentazione del Cosmo sviluppata nell'antichità. Questa è dovuta soprattutto alla realizzazione di una macchina che stupisce il mondo antico ma della quale abbiamo solo vaghe testimonianze scritte. È il Planetario di Archimede, considerato il primo calcolatore meccanico della storia può descrivere i moti della volta celeste e dei pianeti e prevedere le eclissi di Sole.

of Creation – at least in terms of physics – from the Earth to the Sun. Greek cosmology was based on theories that were derived from a cultural environment to which Archimedes made an essential contribution. Without such mathematical and physical constructs, Ptolemy would have been unable to perfect the most important representation of the Cosmos developed during antiquity. This is due, above all, to the construction of a machine that astounded the ancients, but of which only vague written references are available to us: the Planetarium of Archimedes, considered the first mechanical calculator in history and able to describe the movements of the celestial vault and the planets, as well as predicting solar eclipses.

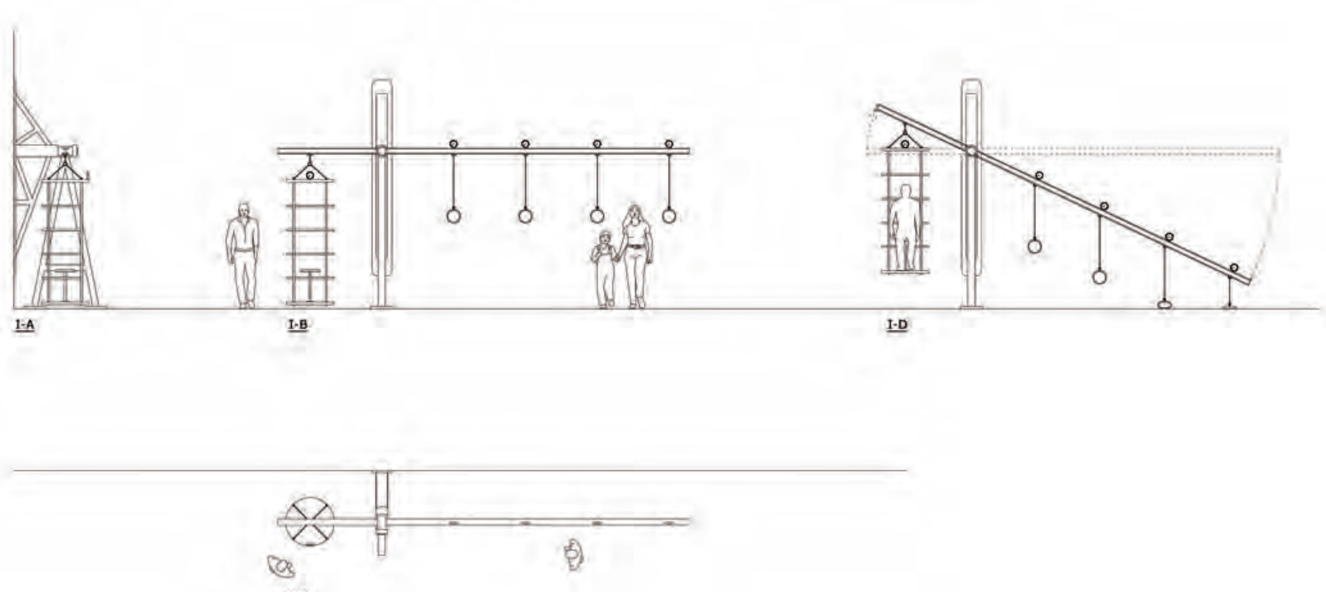
Cuarta área temática – Arquímedes y la astronomía
La astronomía griega posee un altísimo grado de conocimiento y ofrece una descripción del Universo que, durante dos mil años, ha permanecido como el único modelo aceptado. Es en el siglo XVII, con la obra de Copérnico, Galileo y Kepler se ofrece una teoría diferente que desplaza la centralidad de la Creación, por lo menos la física, de la Tierra al Sol. La cosmología griega tiene como base las teorías que emanan del ambiente cultural al que Arquímedes contribuye de manera esencial. Sin aquellas construcciones matemáticas y filosóficas, Tolomeo nunca habría podido perfeccionar la representación más importante del Cosmos desarrollada en la Antigüedad. Ésta se debe sobre todo a la confección de una máquina que aturdió al mundo antiguo, de la que sólo quedan vagos testimonios escritos. Es el Planetario de Arquímedes, considerado la primera calculadora mecánica de la Historia, lo que permitió describir el movimiento celeste y el de los planetas, además de prever los eclipses de sol.

"dammi un punto d'appoggio e ti solleverò il mondo"

LA LEVA

The Lever

LA LEVA



"D*ammi un punto d'appoggio e ti solleverò il mondo*". Questa esclamazione, divenuta poi proverbiale, è estrema ed efficace sintesi di una della principali scoperte del genio archimedeo: il principio della leva. La leva è una macchina semplice composta essenzialmente da una barra rigida che ruota attorno ad un punto d'appoggio, detto fulcro. Agli estremi della barra, vengono applicate due forze, l'una detta potenza, l'altra resistenza, che tendono a farla ruotare. Le leve sono di tre diversi generi: quello più elementare – il primo genere – è il principio che permette il funzionamento delle gru meccaniche, della bilancia, delle forbici, solo per fare semplici esempi dell'importanza della scoperta di Archimede.

Il geniale siracusano, certamente, non fu il primo a far uso della leva; e non fu neppure il primo a descriverne il principio in senso generale. Nel *Corpus* aristotelico troviamo così esposto il problema della leva: «Perché un piccolo peso può sollevare un peso più grande cui si aggiunge anche il peso della leva? La risposta è la seguente: […] poiché la leva richiede tre elementi, cioè il fulcro – corrispondente alla corda di sospensione della bilancia e coincidente con i suo centro - e due pesi, uno esercitato dalla persona che usa la leva l'altro è il grave che deve essere sollevato; così il peso che deve essere mosso sta al peso movente come inversamente stanno il braccio che sopporta il peso col braccio su cui agisce la potenza. Più lontana è questa dal fulcro più agevolmente si solleva il peso; la ragione sta in ciò che è stato già stabilito, vale a dire che un braccio più lungo descrive un cerchio più grande».

La caratteristica fondamentale che fa di Archimede il più grande scienziato dell'antichità, e lo rende così straordinariamente moderno, risiede però nella differenza di metodo e di rigore argomentativo. Archimede deduce il principio generale della leva sulla base di postulati matematici. Nell'opera *Sull'equilibrio dei piani ovvero sui centri di gravità dei piani* afferma che la forza che si deve esercitare per sollevare un dato peso diminuisce man mano che ci si allontana dal fulcro, ovvero nelle sue parole: «le grandezze […] saranno in equilibrio a distanze inversamente proporzionali alle grandezze». Il siracusano sembra così leggere nel mondo i segni di una trama essenzialmente geometrica e matematica. Archimede è il primo a confrontarsi con questo problema non sulla sola base di combinazioni sapienziali, ma di deduzioni scientificamente fondate.

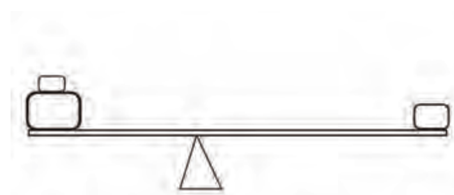
THE LEVER

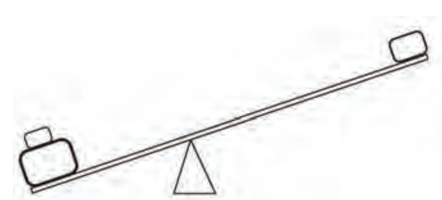
"give me a fulcrum and I shall move the world"

"G*ive me a fulcrum and I shall move the world*". This exclamation, set to become proverbial, is, in a very effective nutshell, one of the most significant discoveries of the genius Archimedes: the principle of the lever. The lever is a simple machine, essentially composed of a rigid bar that revolves around a support known as a fulcrum. Two forces – power and resistance - are applied to the ends of the bar, and tend to make it revolve. There are three different types of lever: the first, and most elementary, is the principle that lies behind mechanical cranes, scales and scissors, to mention but three everyday examples that illustrate the importance of Archimedes' discovery.

The genius from Syracuse was not, of course, the first to use levers, nor was he even the first to offer a general description of the principle thereof. In the *Corpus* of Aristotle, the problem of the lever is set forth thus: "Why is a small weight able to lift a larger weight, on top of the weight of the lever itself? The answer is as follows: […] since the lever requires three elements, i.e. the fulcrum – corresponding to the rope from which the scales are suspended, and coinciding with the centre thereof – and two weights, one exerted by the person using the lever and the heavy body to be lifted, the relation between the weight to be moved and the weight moving it is inversely proportional to the relation between the arm bearing the weight and the arm on which the power is exerted. The further this is from the fulcrum, the easier it is to lift the weight; the reason for this lies in a principle already established, i.e. that the longer the arm, the larger the circle it is able to draw".

The fundamental characteristic that makes Archimedes the most outstanding scientist in antiquity – and indeed such an extraordinarily modern figure – lies, however, in the differences regarding method and argumentative rigour. Archimedes deduces the general principle of the lever based on mathematical postulates. In his work *On the equilibrium of planes, or the centres of gravity of planes*, he states that the force that must be exerted to lift a given weight gradually decreases the further away it is from the fulcrum; as he puts it: "sizes […] shall be balanced at distances inversely proportional to those sizes". The scientist from Syracuse thus appears to have perceived the world as having an essentially geometric and mathematical pattern. Archimedes was the first to tackle this problem based not only on combinations of knowledge, but also on deductions that were scientifically founded.



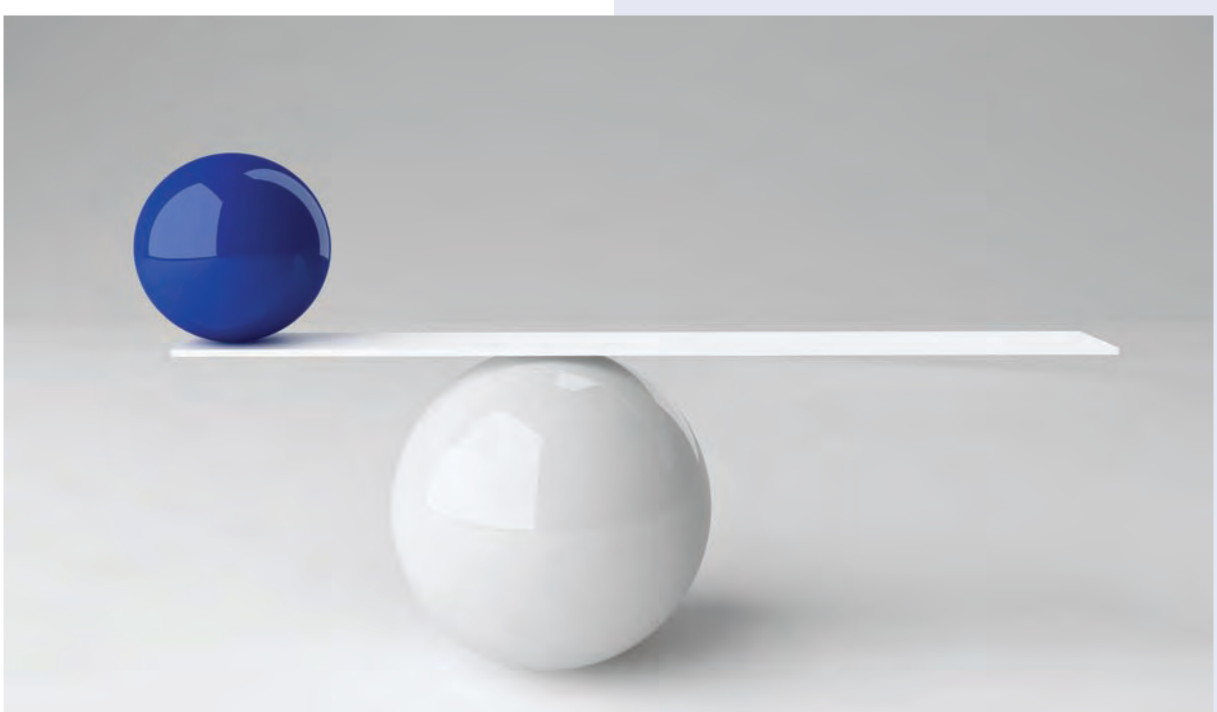


“dame un punto de apoyo y moveré el mundo”

“D*ame un punto de apoyo y moveré el mundo*”. Esta frase, que posteriormente se convirtió en proverbio, es una síntesis extrema y eficaz de uno de los descubrimientos principales del genio de Arquímedes: el principio de la leva. La leva es un instrumento simple formado básicamente por una barra rígida que rota alrededor de un punto de apoyo denominado fulcro. A cada extremo de la barra se le aplica una fuerza, una llamada potencia y la otra resistencia, que hacen que rote. Las levas pueden ser de tres tipos: el primer tipo, el más elemental, es el que permite el funcionamiento de las grúas mecánicas, la balanza o las pinzas. Estos son algunos ejemplos que permiten comprender la importancia del descubrimiento de Arquímedes.

Es verdad que el genio siracusano no fue el primero en utilizar la leva, ni siquiera el primero en describir su principio en el sentido más general. En el *Corpus* aristotélico esta descrito el problema de la leva: « ¿por qué puede un peso pequeño levantar uno más grande al que se le añade el peso de la leva? La respuesta es la siguiente: [] porque la leva necesita de tres elementos, es decir, el fulcro – correspondiente a la cuerda de suspensión de la balanza y coincidente con su centro – y dos pesos, uno ejercitado por la persona que usa la leva y el otro el peso que se debe levantar. De ese modo, el peso que se debe levantar y el peso en movimiento están en la misma situación que el brazo que soporta un peso y el brazo con el que se ejercita la potencia. Cuanto más lejos esté del fulcro, con mayor agilidad se levantará el peso. La razón está en lo que ya se ha dicho. Un brazo más largo puede realizar un círculo más grande».

La característica fundamental que convierte a Arquímedes en el científico más importante de la Antigüedad y con una visión extraordinariamente moderna es, sin embargo, la diferencia del método y el rigor argumentativo. Arquímedes dedujo el principio general de la leva basándose en postulados matemáticos. En la obra *Sobre el equilibrio de los planos o sobre los centros de gravedad de los planos* afirma que la fuerza que se debe ejercitar para levantar un determinado peso disminuye a medida que uno se aleja del fulcro o, usando sus palabras: «los tamaños [] estarán en equilibrio a distancia inversamente proporcional a los tamaños». Al afirmar esto, el siracusano parece leer en el mundo los indicios de una trama esencialmente geométrica y matemática. Arquímedes es el primero en afrontar este problema, no basándose en diferentes ámbitos del saber sino a través de deducciones basadas científicamente.



archimede_catalogo2011_17_DEF_interno_175 84 01-DEC-11 10:45:59

 “la costruzione ed il varo di una nave di dimensioni sbalorditive”

VITE INFINITA E RUOTE DENTATE

Endless screw and toothed wheels

TORNILLOS SIN FIN Y RUEDAS DENTADAS

11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio6_W1_F

archimede_catalogo2011_17_DEF_interno_175 85 01-DEC-11 10:45:59

VITE INFINITA E RUOTE DENTATE

Non sappiamo molto sui dettagli costruttivi delle navi nel III secolo a.C., tuttavia sappiamo che in quel periodo si procedette al varo di navi sempre più grandi. La ragione è probabilmente da ricercarsi nel progredire delle tecniche belliche: i vascelli di nuova generazione furono verosimilmente utilizzati come piattaforme sulle quali istallare catapulte ed altre macchine da guerra. Anche la marineria mercantile fu coinvolta nella corsa a navi sempre più grandi. Le fonti antiche ci riferiscono che Archimede prese parte ad una straordinaria avventura armatoriale: la costruzione ed il varo di una nave di dimensioni per l'epoca sbalorditive: la *Siracosia*. Si ritiene che sia stata costruita nel 240 a.C., da Archia di Corinto, sotto la supervisione di Archimede, per volontà del Re Gerone II. Fanno riferimento al varo della *Siracosia*, fra gli altri, Plutarco ed Ateneo di Naucrati. Si tratta di fonti relativamente distanti dagli eventi. Tuttavia Ateneo, ne *I sofisti a banchetto* (*I deipnosofisti*) riporta brani attributi a Moschione, un medico probabilmente siciliano vissuto nel III secolo a.C., cioè all'epoca del varo della *Siracosia*. La fonte di Ateneo fornisce dettagli particolareggiati sulla costruzione e sul varo della nave di Archimede, che vanno dai materiali che sarebbero stati impiegati, alla descrizione degli ambienti della nave, che avrebbe ospitato una palestra, una biblioteca, giardini pensili e venti stalle per cavalli.

Il nome di Archimede non viene accostato solamente alla progettazione della nave e alla supervisione sui lavori: ma anche alle operazioni di varo, che sarebbero state eseguite attraverso uno straordinario sistema di leve, che azionato da un uomo solo, avrebbe svolto un lavoro che altrimenti avrebbe richiesto l'impiego di una quantità enorme di braccia. La tradizione vuole che lo scienziato siracusano abbia esclamato il suo proverbiale «*Dammi un punto d'appoggio e ti solleverò il mondo*» proprio in occasione del varo della nave *Siracosia*, destinata ad andare ad Alessandria, carica di derrate alimentari, in dono a Tolomeo III. C'è da dire che le testimonianze sul varo della nave non possono essere accolte nella forma nella quale ci sono state tramandate: una sistema così complesso non potrebbe essere stato realizzato in quel periodo e per dirla con Eduard J. Dijksterhuis «congegni capaci di compiere siffatte operazioni esistono soltanto nel regno ideale della meccanica razionale»; ma possiamo convenire con lo studioso olandese anche quando afferma che «è comunque difficile dubitare che questi racconti non abbaiano un reale fondamento nell'invenzione o nella dimostrazione della possibilità di un congegno atto a muovere grandi pesi economizzando la forza».

Gli elementi tecnologici impiegati nel varo della *Siracosia* sono legati al principio della leva, e si valgono della puleggia e del paranco: la puleggia è una ruota girevole attorno a un asse usata per la trasmissione di un moto (puleggia di trasmissione), per sollevare carichi (carrucola) o nella trazione. Il paranco è un apparecchio di sollevamento composto da due insieme di carrucole che ruotano intorno due assi tra di loro paralleli; nel caso del sollevamento pesi i due assi sono disposti su un piano verticale ed una fune si svolge da una carrucola del primo gruppo ad una carrucola del secondo gruppo; il paranco è un dispositivo che sfrutta il principio della demoltiplica ed è stato, prima dell'avvento della macchina a vapore, l'unico strumento usato per sollevare pesi.

11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio6_W1_F

archimede_catalogo2011_17_DEF_interno_175 86 01-DEC-11 10:45:59

ENDLESS SCREW AND TOOTHED WHEELS

"the construction and launch of a ship of astonishing dimensions"

We have little detailed knowledge of shipbuilding techniques in the 3rd century BC; what we do know is that during the period increasingly larger vessels were launched, probably as a result of the progress in war-making techniques. These new-generation ships were probably used as platforms on which to install catapults and other military machines. We know from ancient history sources that Archimedes himself took part in an extraordinary shipbuilding adventure: the construction and launch of a ship with dimensions that were astonishing for the period: the *Syracusia*, believed to have been built in 240 BC by Archias of Corinth, under the supervision of Archimedes, on the orders of King Hieron II. The launch of the *Syracusia* is referred to in the writings of – amongst others – Plutarch and Athenaeus of Naucratis. These sources date back to periods some way after the actual events, although Athenaeus, in *The Banquet of the Learned* (*The Deipnosophists*) reports pieces attributed to Moschione, a physician, probably from Sicily, who lived in the 3rd century BC, i.e. at the time of the *Syracusia*'s maiden voyage. The sources quoted by Athenaeus provide a detailed account of the construction and launch of Archimedes' ship, ranging from the materials supposedly used to a description of the various parts of the vessel, on which there is said to have been a gymnasium, a library, hanging gardens and twenty stables for horses.

Archimedes' name is associated not only with the design of the ship and the supervision of the construction work, but also with the operations for the launch, said to have been carried out using an extraordinary system of levers, which, set in action by just one man, supposedly did a job that would otherwise have required a huge amount of people. Tradition has it that Archimedes' famous speech in praise of the lever that could move the whole world was made on the occasion of the launch of the *Syracusia*, which was to sail to Alexandria, loaded with foodstuffs to be given as a gift to Ptolemy III. It must be said that the accounts of the launch of the ship cannot be accepted in the form that have been presented to us: such a complex system could not have been created at the time; as Eduard J. Dijksterhuis puts it, "mechanical devices able to carry out such operations exist only in the ideal realm of rational mechanics". We can also concur, however, with the Dutch academic when he says that "it is nonetheless difficult to believe these tales are not based on authentic inventiveness or in the demonstration of the feasibility of a device able to shift large weights with relatively minor force".

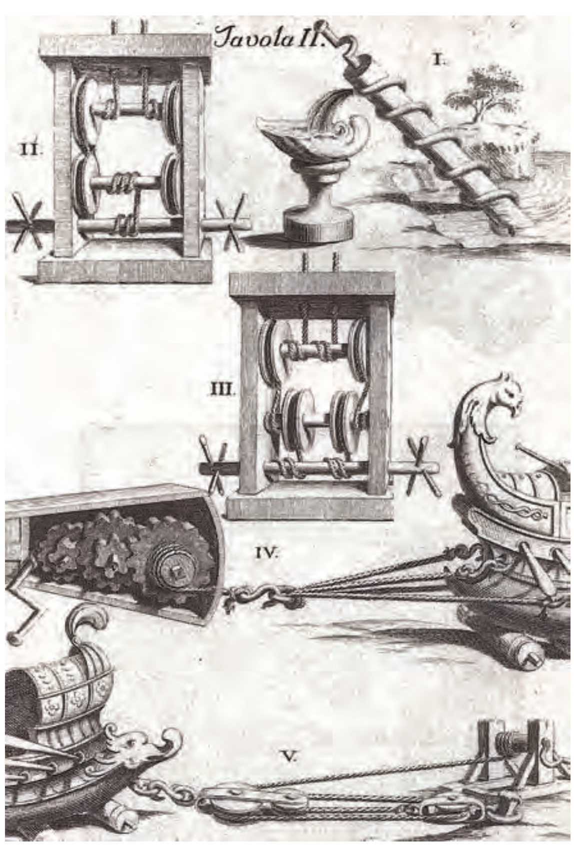
The technological elements involved in the launch of the *Syracusia* are linked to the principle of the lever, and make use of a pulley and a hoist: the pulley is a wheel that revolves around an axis used for the transmission of a movement (transmission pulley), in order to lift loads or for traction. The hoist is a lifting device composed of two sets of pulleys that revolve around two axes running parallel to one another; when they are used to lift weights, the two axes are positioned on a vertical surface, and a cable runs from a pulley in the first group to one in the second; the hoist is a device that works on the reduction gear principle, and before the advent of steam machinery, it was the only instrument used for lifting weights.

11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio6_W1_B

TORNILLOS SIN FIN Y RUEDAS DENTADAS

“la construcción y la botadura de un barco de dimensiones asombrosas”

Desconocemos muchos detalles sobre la construcción de barcos en el siglo III a.C. Sin embargo, sabemos que en aquel período se procedió a la botadura de barcos cada vez de mayor tamaño. La razón se encuentra probablemente en el interés de progresar en técnicas bélicas: los navíos de nueva generación fueron posiblemente utilizados como plataformas sobre las que instalar catapultas y otros instrumentos de guerra. Incluso la marina mercante participó en la carrera de construir navíos cada vez mayores. Las fuentes de información antiguas apuntan a que Arquímedes se adentró en una extraordinaria aventura: la construcción y botadura de un navío de dimensiones descomunales hasta la época: el *Siracosia*. Se dice que fue construido en el 240 a.C. por Arquias de Corinto, bajo la supervisión de Arquímedes y por voluntad del rey Herón II. De la botadura del barco hablan, entre otros, Plutarco y Ateneo de Náucratis, aunque se trata de fuentes relativamente distantes a los propios hechos.



No obstante, Ateneo, en su obra *El banquete de los eruditos* (*Los Deipnosofistas*) reporta algunos fragmentos atribuidos a Mosquión, un médico probablemente siciliano que vivió en el siglo III a.C., es decir, en la época de la botadura del *Siracosia*. La fuente de Ateneo aporta detalles sobre las particularidades de la construcción y la botadura del barco de Arquímedes, que van desde los materiales que se habrían utilizado hasta la descripción de las diferentes partes del navío, que al parecer contaba con un gimnasio, una biblioteca, jardines y hasta 20 cuadras para caballos.

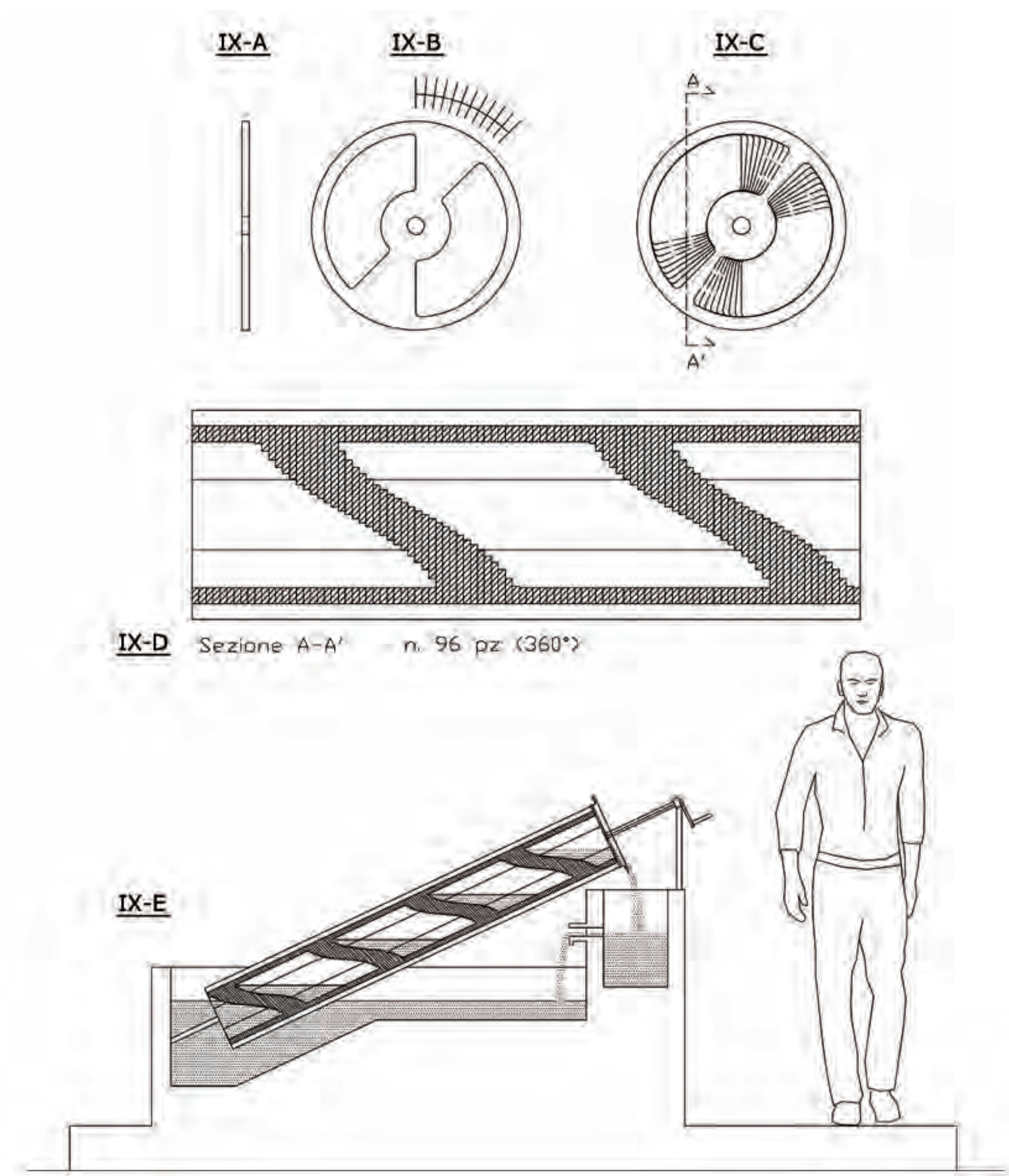
El nombre de Arquímedes no sólo está ligado al proyecto del navío y a la supervisión de su construcción sino también a la tarea de botadura del mismo, que aparentemente se habría hecho a través de un extraordinario sistema de levas accionadas por un solo hombre que, de su inexistencia, se habrían necesitado una enorme cantidad de brazos. La tradición dice que el científico siracusano habría pronunciado su famoso elogio a la leva, a través del cual también se habría podido levantar el mundo con motivo de la botadura del *Siracosia*, destinado a viajar hasta Alejandría cargado de productos alimentarios en donación a Tolomeo III. Cabe decir que no podemos dar completa credibilidad a los testimonios de la botadura del barco: un sistema de tal complejidad nunca se podría haber llevado a cabo en aquel período. Como diría Eduard J. Dijksterhuis «genios capaces de cumplir tales operaciones sólo existen el reino ideal de la mecánica racional», aunque podemos estar de acuerdo con el erudito holandés cuando afirma que «resulta difícil dudar que estos relatos estén basados en un fundamento real de la invención o demostración de la posibilidad de un ingenio destinado a mover grandes pesos y a ahorrar fuerza».

Los elementos tecnológicos utilizados para la botadura del *Siracosia* están vinculados al principio de la leva, además de hacer uso de la polea. La polea es una rueda giratoria alrededor de un eje usada por la transmisión de un movimiento (polea de transmisión) para levantar cargas o para la tracción. Consta de un aparato formado por otras dos poleas que rotan alrededor de dos ejes paralelos entre ellos. En el caso de la elevación, los dos ejes están colocados en un plano vertical, y una cuerda se desplaza desde una polea del primer grupo hasta una polea del segundo. Este mecanismo de poleas es un dispositivo que cumple con el principio de la desmultiplicación y, antes de la invención de la máquina de vapor, el único instrumento utilizado para levantar cargas.

COCLEA

Archimedes' screw (Cochlias)

CÓCLEA



11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio6_W1_F

COCLEA

Uno dei principali problemi dell'antichità fu quello di riuscire a far salire l'acqua. Prima che dispositivi ingegneristici efficaci entrassero in funzione, il dispendio di energie necessario ad attingere acqua dai pozzi, tanto per fare un esempio, era notevole. La tradizione vuole che, mentre era ad Alessandria, ad Archimede venne un'idea: un meccanismo di geniale semplicità ed efficacia; sostanzialmente una pompa, a forma di spirale, costituita da una vite senza fine, che gira all'interno di un rullo cilindrico, in grado di esser messa in funzione anche da un solo uomo. L'acqua veniva sollevata dagli anelli della spirale, sostituendo così modalità di trasporto nettamente più dispendiose e decisamente meno efficienti.

Il sistema, ancora oggi, si chiama "vite di Archimede". La narrazione risale alla *Biblioteca Storica* di Diodoro Siculo (circa 90 a.C. – circa 27 a.C.), il quale racconta come la zona del delta del Nilo fosse irrigata facilmente grazie ad una pompa a spirale, inventata da Archimede di Siracusa e chiamata «chiocciola» per la sua forma. Anche Vitruvio nel *De Architectura* descrive la coclea, ne spiega dettagliatamente modalità di costruzione, funzionamento e – soprattutto – la mette giustamente in relazione alla spirale, figura dinamica che è alla base del funzionamento del meccanismo.

Alcuni studiosi mettono oggi in dubbio che sia stato Archimede ad inventare il meccanismo, sostenendo che sia in realtà più antico; lo scienziato siracusano avrebbe tutt'al più studiato ed eventualmente perfezionato lo strumento. In effetti, né Vitruvio, né Strabone, né Filone di Bisanzio, parlando della coclea, nominano esplicitamente Archimede, a differenza di Diodoro Siculo. Quel che è certo è che lo strumento ebbe diffusione nell'antichità: presso le miniere di Hueva, in Spagna, sono stati rinvenuti i resti di viti "a chiocciola" di dimensioni imponenti, perfettamente in grado di trasportare un flusso d'acqua tra due quote che differiscono di diverse decine di metri; inoltre, anche in un affresco pompeiano vediamo una coclea in funzione, attivata dalla forza-lavoro di una schiavo.

Come numerose altre invenzioni legate al nome di Archimede, anche la coclea ha attirato l'ammirata attenzione dei maggiori scienziati di tutti i tempi. Galileo Galilei, a proposito della "vite di Archimede", si espresse così: «*Non mi pare che in questo luogo sia da passar con silenzio l'invenzione di Archimede d'alzar l'acqua con la vite: la quale non solo è maravigliosa, ma è miracolosa; poiché troveremo, che l'acqua ascende nella vite discendendo continuamente*».

Ancora oggi il sistema della vite di Archimede è usato per sollevare acqua per l'irrigazione; e in Olanda è impiegato per drenare l'acqua dai *Polder*. La vite di Archimede è impiegata anche in alcune centrali idroelettriche di ridotte dimensioni: in questo caso la vite deve funzionare in senso inverso. Non deve, cioè, trasportare l'acqua verso l'alto, bensì deve permettere che l'acqua passi da un livello superiore ad uno inferiore, ciò produce l'energia necessaria ad azionare un generatore che produce energia elettrica.

ARCHIMEDES` SCREW (COCHLIAS)

"bringing up water"

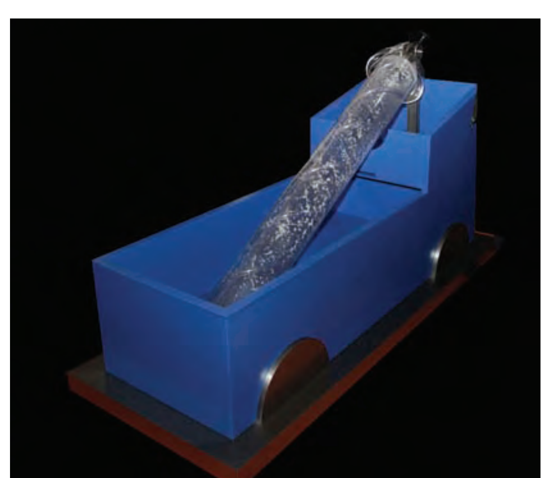
One of the major problems faced by the ancients was how to bring up water. Before effective engineering devices became available, a considerable amount of energy was required for operations such as, for example, bringing up water from wells. Tradition has it that while he was in Alexandria, an idea came to Archimedes, a mechanism that was so simple and effective it took a genius to come up with it. It was essentially a spiral-shaped pump, made up of an endless screw that rotates inside a cylindrical roller and can be operated even by just one person. Water was lifted up by the rings in the spiral, thus replacing other means of transport that required more energy and were decidedly less efficient.

This system is known to this day as the cochlias, or, more commonly, as "Archimedes' screw". It is first described in the *Bibliotheca Historica* by Diodorus Siculus (circa 90 BC – circa 27 BC), who writes of how easy it was to irrigate the Nile delta area, thanks to a spiral-shaped pump invented by Archimedes of Syracuse. In *De Architectura*, Vitruvius also describes the cochlias, offering a detailed explanation of how it is constructed, how it works, and – most significantly – drawing the appropriate attention to its relationship with the spiral, the dynamic figure on which the functioning of the mechanism is based.

A number of present-day academics have cast doubt on whether it was in fact Archimedes who invented the mechanism, affirming that it actually dates back even further and that all the scientist from Syracuse was to study and perfect the instrument; and indeed, unlike Diodorus Siculus, neither Vitruvius, nor Strabo, nor Philon of Byzantium explicitly refer to Archimedes in their writings on the type of screw that came to be named after him. What is certain is that the instrument became common during antiquity: at the mines in Huelva, Spain, the remains have been found of such screws of huge sizes, which were perfectly able to transport a flow of water between two wheels several dozen metres apart; a similar screw can also be seen on a fresco from Pompeii, where it is set in motion by a slave.

Like a large number of other inventions linked with the name of Archimedes, this has also attracted the attention of leading scientists through the ages. On the subject of the cochlias, Galileo Galilei said: «*I believe it is important here not to ignore this invention of Archimedes that makes it possible to bring up water using a screw: it is not only marvellous, but indeed miraculous, since we find that the water rises up the screw as it descends continually*".

To this day, the system of Archimedes' screw is used to raise water for the purposes of irrigation, and in Holland it is used to drain the water from the *Polders*. The cochlias is also used in a number of small hydroelectric plants: in this case it must turn in the opposite direction, i.e. it must not transport water upwards, but rather allow the water to pass from a higher level to a lower level, thus producing the energy required to set in motion a generator able to produce electrical energy.



11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio6_W1_B

"lograr elevar el agua"

Uno de los principales problemas de la Antigüedad fue el de lograr elevar el agua. Antes de que entraran en funcionamiento algunos inventos en ingeniería, el gasto de energía necesario para sacar agua de los pozos, por poner un ejemplo, era más que notable. Cuenta la leyenda que a Arquímedes se le ocurrió una idea mientras estaba en Alejandría, un mecanismo de gran simplicidad y eficacia. Se trata de una pompa con forma de espiral y formada por un tornillo sin fin que gira en el interior de un cilindro para que pudiese ser puesta en funcionamiento por un solo hombre. El agua subía a través de los anillos de la espiral, sustituyendo de este modo a otros medios de transporte más caros y ciertamente menos eficientes.

El sistema continúa denominándose "tornillo de Arquímedes". La historia se remonta a la *Biblioteca Histórica* de Diodoro Sículo (90 a.C.-27 a.C. aproximadamente), que narra cómo la zona del delta del Nilo fue fácilmente irrigada por una pompa con forma de espiral, inventada por Arquímedes de Siracusa y denominada "de caracol" por su forma.

Vitruvio, en su obra *De Arquitectura*, describe la cóclea y explica detalladamente su modo de construcción, funcionamiento y, sobre todo, la relaciona directamente y de manera acertada a la espiral, figura dinámica que representa la base del funcionamiento del mecanismo.

Algunos expertos cuestionan que haya sido Arquímedes el inventor de dicho mecanismo al afirmar que es mucho más antiguo. Lo máximo que habría hecho el científico siracusano es perfeccionar el instrumento. En efecto, ni Vitruvio, ni Estrabón, ni Filón de Bizancio, cuando hablan de la cóclea, se refieren explícitamente a Arquímedes, a diferencia de Diodoro Sículo. Lo que es cierto es que el instrumento tuvo una gran difusión en la Antigüedad: en las minas de Huelva, en España, se han descubierto restos de tornillos con forma de "caracol" de dimensiones imponentes, perfectamente capaces de transportar el flujo del agua entre dos alturas que difieren en varias decenas de metros. Asimismo podemos observar en algún fresco de Pompeya una cóclea en funcionamiento, activada por la fuerza de un esclavo.

Al igual que sucede con otros inventos vinculados con el nombre de Arquímedes, la cóclea ha captado la atención de los más importantes científicos de todos los tiempos. Galileo Galilei, refiriéndose al "tornillo de Arquímedes", se expresó de la siguiente forma: «*no me parece adecuado desatender e ignorar el invento de Arquímedes de elevar el agua con el tornillo, algo maravilloso y milagroso a la vez, puesto que veremos que el agua asciende y desciende continuamente en el tornillo*».

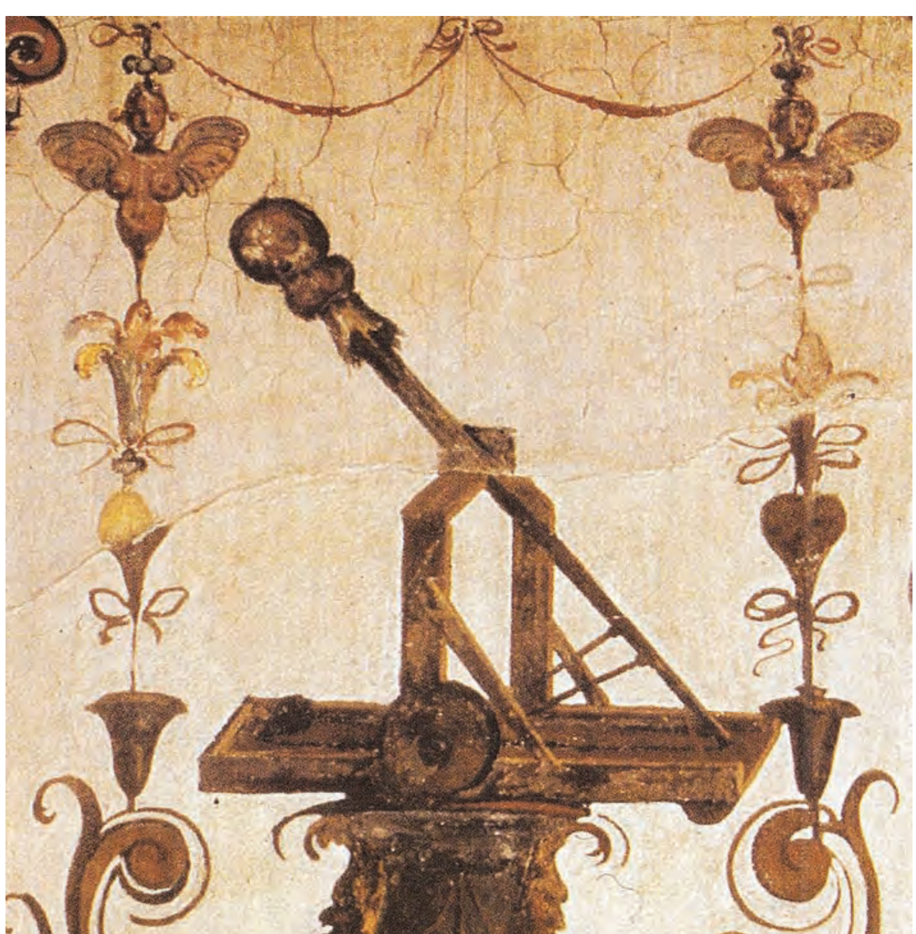
Hoy en día se continúa usando el tornillo de Arquímedes para elevar el agua destinada a la irrigación. En Holanda, se utiliza además para drenar el agua de los Polder. El tornillo de Arquímedes también se usa en algunas centrales hidroeléctricas de pequeñas dimensiones. En estos casos, el tornillo debe funcionar en el sentido contrario, es decir, no debe transportar el agua hacia arriba sino que debe permitir que el agua pase de un nivel superior a uno inferior para así producir la energía necesaria para activar un generador que produzca energía eléctrica.

archimede_catalogo2011_17_DEF_interno_175 92 01-DEC-11 10:45:59

CATAPULTA

Catapult

CATAPULTA



11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio6_W1_F

archimede_catalogo2011_17_DEF_interno_175 93 01-DEC-11 10:45:59

CATAPULTA

«Archimede, avendo preparato macchine per lanciare dardi a ogni distanza, mirando agli assalitori con le baliste e con catapulte che colpivano più lontano e sicuro, ferì molti soldati e diffuse grave scompiglio e disordine in tutto l'esercito; quando poi le macchine lanciavano troppo lontano, ricorreva ad altre meno potenti che colpissero alla distanza richiesta».

Sono parole tratte dall'opera di Polibio, che rappresenta una fonte credibile per la descrizione dell'epica difesa di Siracusa contro l'assalto delle forze romane, guidate da Marco Claudio Marcello.

La narrazione riferisce di diverse macchine belliche schierate sul campo di battaglia dal genio archimedeo, in grado di colpire un bersaglio a diversa distanza di tiro, sia con pietre o corpi pesanti (baliste), sia con frecce e giavellotti (scorpioncini). Lo storico riferisce di forze romane prese letteralmente dal terrore a causa della potenza distruttrice degli apparati bellici che si trovavano a dover fronteggiare, e di un condottiero romano – Marcello – a corto di risorse e in forte dubbio sulla possibilità di portare a buon fine la missione. Quale fu l'episodio, probabilmente fortuito, che permise a Marcello di entrare a Siracusa non ci è noto, ma è certo che i romani faticarono assai più del previsto per fare breccia nella resistenza siracusana.

Le macchine da guerra, che la tradizione ci qualifica come "di Archimede", vanno in realtà inquadrate nell'ambito dei progressi realizzati dalla tecnologia militare fin dall'inizio dell'epoca ellenistica. Diodoro Siculo ci dà notizia di un apparato bellico impiegato nel 305 a.C. da Demetrio Poliorcete durante l'assedio di Rodi: una torre d'assedio mobile. In seguito, questa tipologia di macchina arrivò a raggiungere oltre venti metri d'altezza. Tra le macchine progettate in occasione dell'assedio di Rodi, vi erano anche congegni capaci di agganciare e sollevare gli ordigni nemici, simili alle "macchine di Archimede" usate a Siracusa per sollevare le navi quasi un secolo dopo. In epoca ellenistica fu inventata la catapulta a torsione, un'arma da getto basata sul nuovo principio dell'uso dell'elasticità di torsione. I primi esemplari, che lanciavano frecce, sembrano risalire all'assedio di Perinto da parte di Filippo II di Macedonia, nel 340 a.C., mentre catapulte a torsione in grado di lanciare pietre furono usate probabilmente per la prima volta da Alessandro, in occasione dell'assedio di Tiro, nel 332 a.C. In epoca ellenistica abbiamo la fioritura di trattati sulla "Belopoeica", cioè sulla costruzione delle armi da getto, sulla "Poliorcetica", cioè la costruzione di macchine per l'assedio, e sulla "Paraskeuastica", le opere di difesa, dovuta ad autori come Filone di Bisanzio, Bitone e Ateneo.

11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio6_W1_F

CATAPULT

"war machines created by the ingenious mind of Archimedes"

<<*Archimedes, having prepared machines able to fire darts at any distance, targeting assailants with ballistas and catapults that were able to strike further and more accurately, wounded many soldiers and threw the army into disarray; and when the machines overreached the target, he switched to other less powerful devices able to strike at the distance required*".

These words are taken from a description of Polybius of the epic defence of Syracuse against the attack of the Romans led by Marcus Claudius Marcellus. The account mentions a number of different war machines lined up by Archimedes on the battlefield, able to hit targets at a variety of distances, both with stones or heavy bodies (ballistas) or with arrows and javelins (scorpions). The historian writes of Roman soldiers who were literally terrified by the destructive power of the war machinery they were called upon to face, and of a Roman general – Marcellus – who was lacking in resources and extremely unsure of his chances of concluding the mission successfully. We do not know the – probably fortuitous – circumstances that allowed Marcellus to enter Syracuse; what we do know is that the Romans had to work much harder than they had expected to break through the resistance put up by the population.

Although these war machines are traditionally referred to as "Archimedean", they were in fact a manifestation of the progress made by military technology since the beginning of the Hellenistic period. Diodorus Siculus writes of a mobile siege tower used in 305 BC by Demetrius Poliorcetes during the siege of Rhodes; this type of war machine subsequently reached a height of over twenty metres. Among the other machines designed on the occasion of the siege of Rhodes were devices able to grasp and lift enemy equipment, similar to the "Archimedean machines" used in Syracuse to lift up ships almost a century later.

The Hellenistic period saw the invention of the torsion catapult, a firing weapon based on the novel principle of the use of torsion elasticity. The first examples, which fired arrows, appear to date back to the siege of Perinthus by Philip of Macedonia, in 340 BC, while torsion catapults able to fire stones were probably used for the first time by Alexander the Great during the siege of Tyre in 332 BC.

During the Hellenistic period a wealth of treatises were written on "Belopoeica", i.e. how firing arms were constructed, on "Poliorcetica", i.e. how siege machines were constructed, and on "Paraskeuastica", or defence works, by authors such as Philon of Byzantium, Biton and Athenaeus.

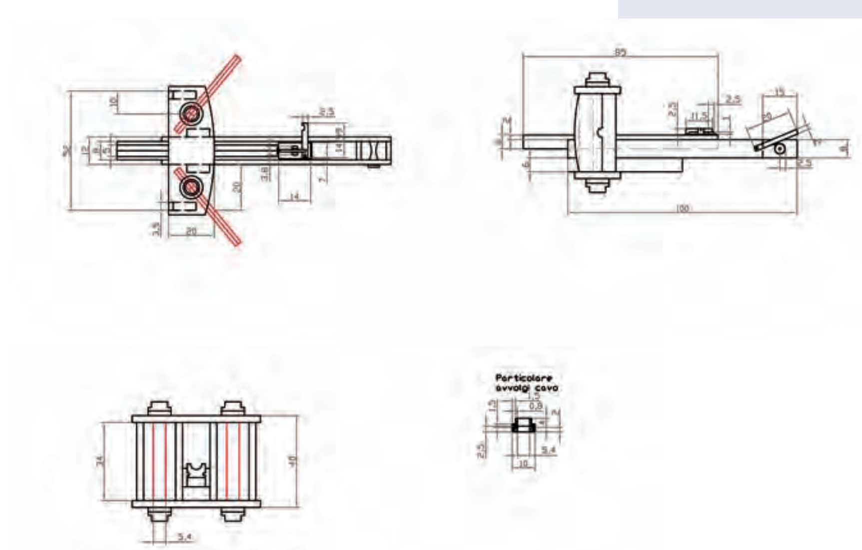
11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio6_W1_B

“instrumentos bélicos creados por el genio de Arquímedes”

«Arquímedes, al crear instrumentos para lanzar dardos a cualquier distancia, apuntando a los enemigos con balistas y catapultas que golpeaban a un blanco cada vez más lejano y de manera más precisa, hirió a muchos soldados y causó un auténtica confusión y desorden en todo el ejército. Cuando las máquinas alcanzaban una distancia demasiado lejana, recorría a otras menos potentes que pudiesen atacar a la distancia requerida».

Son palabras extraídas de la obra de Polibio, que describe la épica defendida en Siracusa contra el asalto de las fuerzas romanas encabezadas por Marco Claudio Marcelo. El relato hace referencia a algunos instrumentos bélicos desplegados en el campo de batalla por parte del genio Arquímedes con el objetivo de atacar a un adversario a una determinada distancia de tiro, ya sea con piedras o cuerpos pesados (balistas) o con flechas o jabalinas. Cuenta la historia que las fuerzas romanas estaban literalmente presas del pánico a causa de la potencia destructora de los aparatos bélicos a los que tenían que hacer frente y que la persona que encabezaba la ofensiva romana – Marcelo – no disponía de los recursos suficientes y dudaba de manera permanente sobre sus posibilidades de llevar la misión a buen puerto. El episodio, probablemente fortuito, que permitió a Marcelo entrar en Siracusa no queda escrito, aunque lo cierto es que los romanos sufrieron mucho más de lo previsto para hacer frente a la resistencia siracusana.

Los instrumentos de guerra, que la tradición los considera “de Arquímedes” están enmarcados más bien en el campo de los progresos realizados por la tecnología militar hasta el inicio de la época helena. Diodoro Sículo nos da testimonio de un instrumento bélico utilizado en el 305 a.C. por Demetrio Poliorcetes durante el asedio de Rodas: una torre de asedio móvil. Posteriormente, este tipo de máquina llegó a alcanzar unos 20 metros de altura. Entre las máquinas utilizadas en el asedio de Rodas había algunas capaces de enganchar y elevar los artilugios enemigos, parecidos a las “máquinas de Arquímedes” usadas en Siracusa para elevar las naves casi un siglo después. Fue en la época griega cuando se inventó la catapulta de torsión, un arma arrojadiza basada en el nuevo principio del uso de la elasticidad de torsión. Parece ser que los primeros instrumentos, que lanzaban flechas, se utilizaron en el asedio de Perinto por parte de Felipe II de Macedonia, en el 340 a.C., mientras que las catapultas de torsión se utilizaron para lanzar piedras, siendo probablemente Alejandro el primero en usarlas para el asedio de Tiro en el 332 a.C. En la época griega asistimos al florecimiento de tratados sobre “Belopoeica”, es decir, sobre la construcción de armas arrojadizas, sobre la “Poliorcetica”, o lo que es lo mismo, la construcción de máquinas para el asedio, y sobre la”Paraskeuastica”, instrumentos para la defensa, con autores como Filón de Bizancio, Bitón y Ateneo.



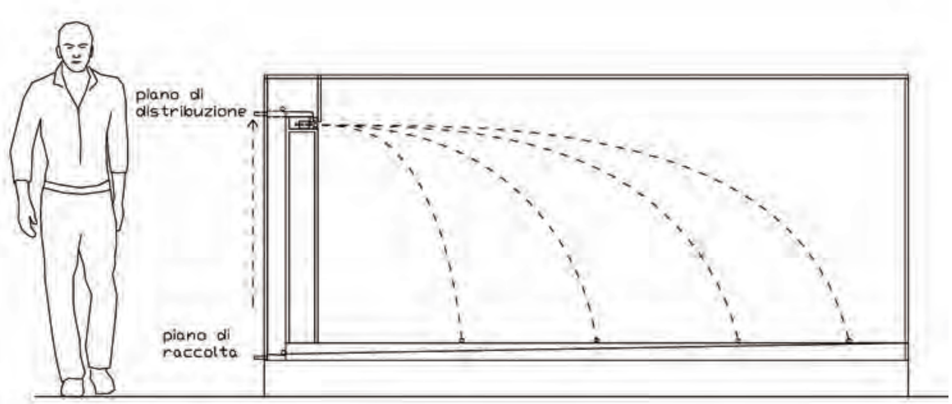
archimede_catalogo2011_17_DEF_interno_175 96 01-DEC-11 10:45:59

"il percorso compiuto da un oggetto scagliato è una parabola"

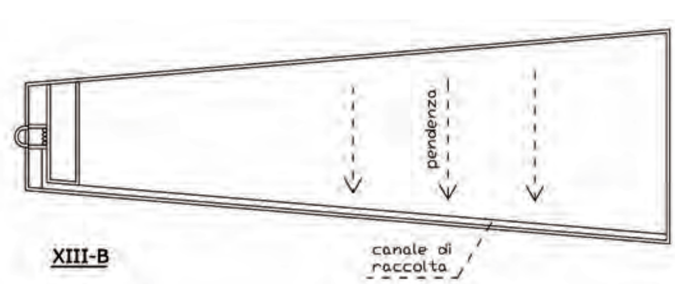
PROIETTILI SIMULTANEI

Simultaneos projectiles

PROYECTILES SIMULTÁNEOS



XIII-A



XIII-B

11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio6_W1_F

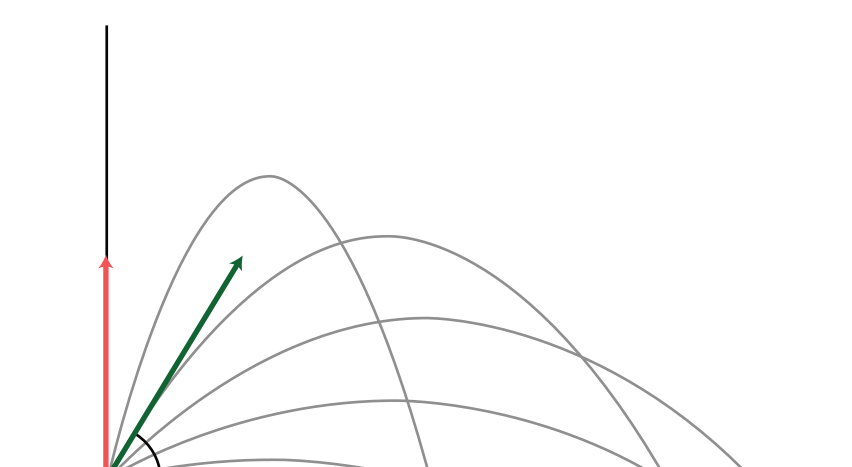
PROIETTILI SIMULTANEI

La capacità di differenziare la gittata dei lanci di pietre o altri proiettili e, quindi, la diversa struttura delle armi da tiro fu un aspetto assai importante della sfortunata difesa di Siracusa del 212 a.C. Polibio insiste particolarmente sulla diversità delle armi che i romani si trovarono di fronte: dalle catapulte a lunga gittata, che li "accolsero" già ad una certa distanza dalle mura della città siciliana, sino alle armi di dimensione più ridotta, che li tenevano costantemente sotto tiro a corta distanza.

Dopo aver descritto le catapulte, Polibio passa a parlare di altre temibili macchine: «*[Archimede] ricorreva a macchine che aveva fatto preparare lungo il muro e che, di solito invisibili, al momento del bisogno si legavano minacciose al di sopra del muro e sporgevano per gran tratto con le corna fuori dai merli: queste potevano sollevare pietre del peso di dieci talenti e anche blocchi di piombo. Quando le sambuche si avvicinavano, facevano girare con una corda nella direzione richiesta l'estremità della macchina e mediante una molla scagliavano una pietra: ne seguiva che non soltanto la sambuca veniva infranta ma pure la nave che la trasportava e i marinai correvano estremo pericolo*». Le *sambucae* erano dei ponti volanti che venivano usati per scalare le mura in caso di assedio. Anche Tito Livio insiste sulla molteplicità delle armi e le diverse velocità nei tiri: «*contro questo assetto delle navi, Archimede dispose sulle mura congegni di diversa grandezza. Contro quelle navi che si trovavano lontano scagliava massi di enorme peso, quelle più vicine colpiva con armi da lancio più leggere e perciò più frequenti*».

Quando vogliamo indicare il percorso compiuto da un oggetto scagliato sino al luogo in cui atterra, ad esempio il semplice lancio di un sasso in mare, con la nostra mano, stiamo parlando di una parabola. Il moto parabolico si verifica ogni volta che un corpo, soggetto alla forza di gravità, viene lanciato con una componente orizzontale della velocità non nulla. A causa della forza di gravità, il sasso lanciato è soggetto ad un'accelerazione costante diretta verso il basso, che dapprima ne rallenta il moto verso l'alto che abbiamo impresso con la forza del nostro lancio, e poi accelera quello di caduta verso il basso. La componente orizzontale della velocità iniziale impressa al nostro sasso e il moto che ne risulta, al netto della resistenza dell'aria, è la composizione di due moti rettilinei, uno accelerato nella direzione verticale e uno uniforme lungo l'asse orizzontale; queste due componenti sono indipendenti l'una dall'altra e possono essere analizzate separatamente.

Fu Galileo a scoprire che la traiettoria parabolica dei proietti è un moto composto, affermazione definita dallo scienziato pisano intorno al 1609 e formalizzata nella Giornata Quarta dei *Discorsi e dimostrazioni matematiche sopra due Nuove Scienze*. Nella prima metà del XVIII secolo il fisico olandese Willem Jacob's Gravesande, ideò un dispositivo per dimostrare che un grave lanciato in direzione orizzontale percorre una traiettoria parabolica.



archimede_catalogo2011_17_DEF_interno_175 98 01-DEC-11 10:45:59

SIMULTANEOS PROJECTILES

"the path followed by an object that is fired is a parabola"

The ability to differentiate between the firing range of stones or other projectiles and thus the different structure of the weapons required played an important role in the unsuccessful defence of Syracuse in 212 BC. Polybius places particular emphasis on the number of different kinds of weapons the Romans were confronted with: from the long-range catapults, which provided them with a "welcome" while they were still some distance from the city walls, to the smaller weapons that ensured they were constantly under short-range fire.

After describing the catapults, Polybius goes on to write of other no less fearsome machines: "*[Archimedes] used machines he had had set up along the walls, which were generally invisible from the other side. When required, they rose up menacingly above the walls, their horns jutting out for a long stretch through the merlons; these machines were able to lift stones weighing ten talents, as well as blocks of lead. As the siege machines approached, a rope was used to turn the end of the machine, and a spring was used to fire a stone, thus breaking not only the siege machine itself, but also the ship it was carried on, putting the sailors' lives at great risk*". These *sambucae* were mobile bridges used for climbing the walls in the event of a siege. Livy also dwells upon the large variety of weapons and their different firing speeds: "*to counter this deployment of ships, Archimedes had machines of different sizes lined up along the walls. He fired huge boulders against those ships furthest away, while those closer to the walls were struck more frequently and with lighter projectiles*".

When we wish to indicate the path travelled by an object from the moment it is thrown until the moment it lands – for example a simple stone thrown by hand into the sea – we use the term parabola. Parabolic motion occurs each time an object, subject to the force of gravity, is thrown with a horizontal velocity component other than zero. As a result of the force of gravity, the stone thrown is subject to a constant downward acceleration, which initially slows the upward motion we have given it with the strength of our throw, then accelerates the downward falling motion. The initial horizontal velocity component of our stone and the motion resulting therefrom, net of the air resistance, is the composition of two rectilinear movements, one accelerated in the vertical direction and a uniform movement along the horizontal axis; these two components are independent from one another and can be analysed separately.

It was Galileo who discovered that the parabolic trajectory of projectiles is a combination of two motions, as he declared in 1609 and officially presented during the Fourth Day of the *Dialogues concerning two new sciences*. During the second half of the 18th century the Dutch physicist Willem Jacob's Gravesande devised a device able to demonstrate that a heavy body thrown in a horizontal direction travels along a parabolic trajectory.

11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio7_W1_B

PROYECTILES SIMULTÁNEOS

"el recorrido realizado por un objeto lanzado y una parábola"

La capacidad de alcance del lanzamiento de piedras o de otros proyectiles, además de la diferente estructura de las armas de tiro fueron aspectos de gran importancia en la desafortunada defensa de Siracusa del año 212 a.C. Polibio insiste particularmente en la diversidad de armas a la que los romanos tuvieron que enfrentarse: desde catapultas de gran alcance, que llegaban ya a cierta distancia de las murallas de la ciudad siciliana, hasta instrumentos de dimensión más reducida, utilizadas constantemente para la corta distancia.

Tras describir las catapultas, Polibio procede a hablar de otros temibles instrumentos. «*[Arquímedes] recurría a instrumentos que había ordenado construir a lo largo de la muralla y que, aunque restaban invisibles, en el momento de necesidad se erigían amenazantes por encima del muro, sobresaliendo cuando era necesario. Éstos podían levantar piedras del peso de 10 talentos, además de bloques de plomo. Cuando las sambucas se acercaban, hacían girar con una cuerda en la dirección requerida un extremo del instrumento y mediante un muelle lanzaban una piedra, provocando no sólo que se rompiera la sambuca sino también el barco que la transportaba, además de comportar un extremo peligro para los marineros*». Las *sambucas* eran puentes levadizos utilizados para subir las murallas en caso de asedio.

Tito Livio también insistió en la multiplicidad de las armas y las diferentes velocidades de tiro: «*contra esta disposición de los barcos, Arquímedes dispuso en la muralla artilugios de diverso tamaño. Contra aquellos barcos que se encontraban a distancia lanzaba masas de enorme peso, mientras que atacaba con armas de lanzamiento más ligeras, y por ellos más habituales, a los barcos más cercanos*».

Cuando queremos indicar el recorrido seguido por un objeto lanzado hasta el lugar en el que aterriza, como por ejemplo un simple lanzamiento con nuestra mano de una piedra al mar, hablamos de una *parábola*. El movimiento de la parábola sucede cada vez que un cuerpo, sujeto a la fuerza de la gravedad, se lanza con un componente horizontal de la velocidad no nulo. A causa de la fuerza de gravedad, la piedra lanzada está sujeta a una aceleración constante directa hacia abajo, que al principio ralentiza el movimiento hacia lo alto, hecho con la fuerza de nuestro lanzamiento y posteriormente acelera el movimiento de caída hacia abajo. El componente horizontal de la velocidad inicial en nuestra piedra y el movimiento resultante, sin contar con la resistencia del aire, es la composición de dos movimientos rectilíneos, uno acelerado en la dirección vertical y uno uniforme a lo largo del eje horizontal. Estos dos componentes son independientes entre sí y se pueden analizar de manera separada.

Fue Galileo el que descubrió la trayectoria parabólica de los proyectiles y un movimiento compuesto, afirmación definida por el científico pisano alrededor de 1609 y formalizada en la Cuarta Jornada de los *Discursos y Demostraciones Matemáticas sobre Dos Nuevas Ciencias*. En la primera mitad del siglo XVIII, el físico holandés Willem Jacob's Gravesande ideó un dispositivo para demostrar que un grave lanzado en dirección horizontal recorre una trayectoria parabólica.

"come risolvere il problema all'apparenza straordinariamente complicato"

CORONA DEL RE GERONE

King Hieron's crown

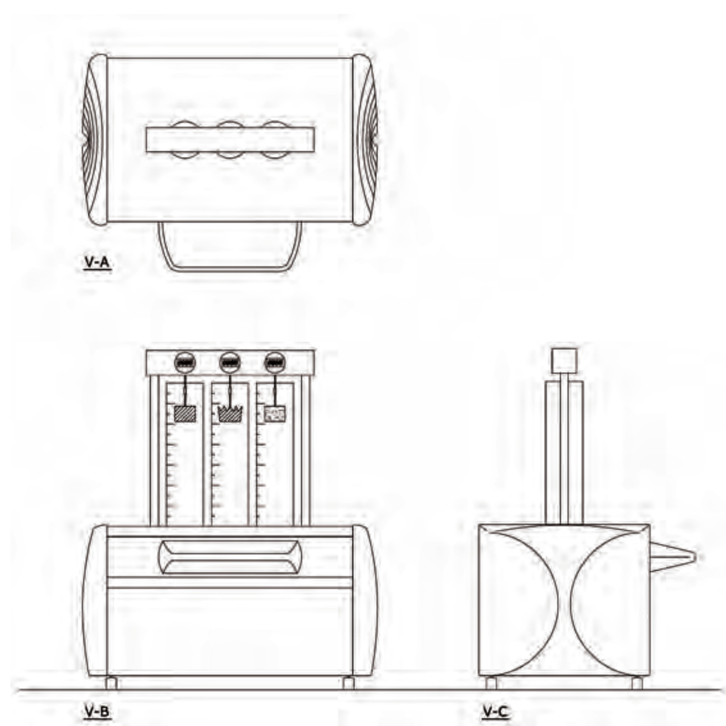
CORONA DEL REY HERÓN

CORONA DEL RE GERONE

Vitruvio, scrittore ed architetto romano, è una fra le fonti antiche che si occupa di Archimede. È un autore del I secolo d.C., quindi non particolarmente vicino agli eventi che narra. In un passo del *De Architectura*, ci racconta di come Archimede avrebbe risolto una questione di particolare delicatezza, che il Re Gerone II lo aveva pregato di valutare. Gerone aveva fatto fondere una quantità d'oro per ricavarne una corona. Il re nutriva però sospetti sull'onestà dell'orefice incaricato di tale compito: temeva infatti che l'artigiano avesse sottratto parte dell'oro e l'avesse rimpiazzato con materiale meno pregiato. Essendo la corona il simbolo del potere, essa era stata consacrata, quindi non sarebbe stato lecito sezionarla per verificare se il materiale impiegato dall'artigiano fosse stato davvero tutto oro oppure una lega. Come risolvere il problema, all'apparenza straordinariamente complicato?

La tradizione ci invita a raffigurarci Archimede mentre sta facendo il bagno; e – assorto nei suo pensieri – nota che il suo corpo, immergendosi nell'acqua, causa l'uscita di una parte di liquido dai bordi del recipiente. Ecco l'idea geniale: Archimede prende la corona, la pesa, poi prende una quantità d'oro che abbia lo stesso peso e anche una quantità d'argento, ancora dello stesso peso. Immerge prima la corona, poi l'oro, poi l'argento: constata quale sia il volume d'acqua che viene di volta in volta spostato. Valutando le differenti porzioni di liquido che ciascuno dei tre corpi fa uscire dal recipiente, capisce che per fabbricare la corona di Gerone, l'artigiano disonesto non ha usato solo oro, come richiesto dal Re, ma ha mischiato dell'argento, in una quantità tale da non poter essere valutata ad occhio nudo, ma che comunque non è sfuggita al genio di Archimede.

L'aneddoto racconta un evento che non può essere accaduto davvero: supposto che la corona pesasse un chilo, e che l'orafo avesse sostituito il 30% dell'oro con l'argento, e che il recipiente fosse stato sufficientemente largo da accogliere la corona senza danneggiarla; allora il livello dell'acqua sarebbe salito di 0.41 millimetri, quantità certamente non rilevabile con gli strumenti a disposizione all'epoca di Archimede. Però, anche in presenza di questo riconoscimento postumo, quel che rimane è il genio che la narrazione fa emergere. Il metodo che Vitruvio descrive è una efficace sintesi, perfettamente compatibile con i reali sistemi che Archimede deve aver impiegato per risolvere le questioni alle quali si è applicato il suo genio: ridurre una difficoltà che appare insormontabile ad altri problemi la cui soluzione ci è invece nota.



KING HIERON`S CROWN

"how to solve a problem that appears extraordinarily complicated"

One of the sources of information we have on Archimedes is the Roman author and architect Vitruvius, although since his writings date back to the 1st century AD, they are not particularly close in chronological terms to the events described therein. One of the passages of *De Architectura* tells of how Archimedes is believed to have resolved a particularly delicate question on behalf of King Hieron II. Hieron had had an amount of gold melted down in order to have a crown made from it, but the monarch harboured suspicions regarding the honesty of the goldsmith he had entrusted with the task, fearing the craftsman might have taken a part of the gold for himself and replaced it with less valuable material. Since the crown was the symbol of the king's power, it could not be taken apart in order to verify whether the material used was indeed solid gold or an alloy. How could such an apparently complicated problem be solved?

Tradition invites us to imagine Archimedes having a bath, wrapped up in his thoughts, when he suddenly notices that his body, immersed in the water, causes part of the water to flow over the edges of the bath. And this is where the stroke of genius came from: Archimedes could take the crown, weigh it, then take an amount of gold with the same weight and an amount of silver, also with the same weight; he would first submerge the crown in water, followed by the gold and then the silver, and observe the volume of water displaced on each of the three occasions. By measuring the different amounts of liquid each of the three bodies displaced from the receptacle, he was able to tell that the dishonest goldsmith had used not only gold, as requested by King Hieron, but had mixed the gold with an amount of silver too small to be visible to the naked eye, but which did not escape the genius of Archimedes.

This anecdote tells of an event that could not in fact ever have happened: assuming the crown weighed one kilo, that the goldsmith had replaced 30% of the gold with silver, and that the receptacle was wide enough for the crown to be submerged in without damaging it, the level of the water would have risen by just 0.41 millimetres, an amount that could certainly not have been measured using the instruments available in Archimedes' time. Although this became clear after the scientist's death, what remains valid is the stroke of genius illustrated by the story. The method described by Vitruvius is an effective synthesis, perfectly compatible with the real systems Archimedes must have used to solve the questions he applied his prodigious mind to: reducing an apparently insurmountable difficulty to a simpler problem for which a solution is available.

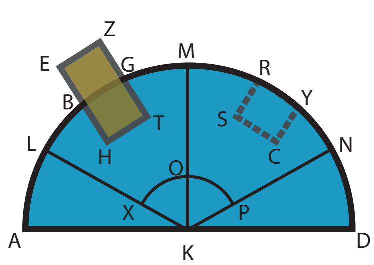
archimede_catalogo2011_17_DEF_interno_175 103 01-DEC-11 10:45:59

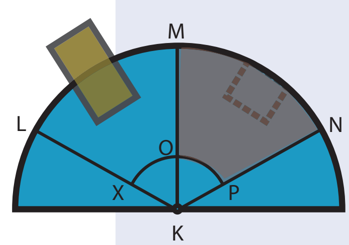
CORONA DEL REY HERÓN

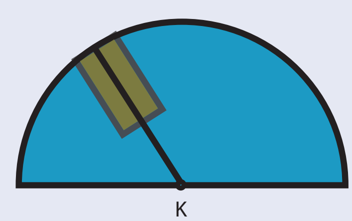
"como resolver el problema que parece extraordinariamente complicado"

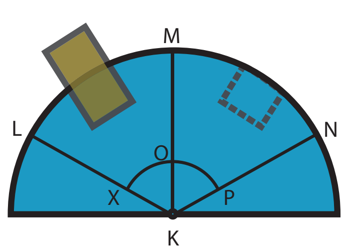
Viruvio, escritor y arquitecto romano, es una de las fuentes más antiguas que habla sobre Arquímedes. Se trata de un autor del siglo I d.C. y, por lo tanto, no muy cercano a los acontecimientos que narra. En un pasaje de la obra *De Arquitectura* nos cuenta cómo Arquímedes habría resuelto un tema de particular delicadez sobre el que el rey Herón le habría rogado valorar. Herón había mandado fundir una cantidad de oro para obtener una corona. Sin embargo, el rey sospechaba de la honestidad del orfebre al que le había realizado el encargo. Temía que el artesano le hubiese extraído parte del oro, sustituyéndolo con materiales menos preciados. Al ser la corona el símbolo del poder y al estar consagrada, no habría sido lícito seccionarla para verificar si el material empleado por el joyero era realmente todo oro o si, por el contrario, era una aleación. ¿Cómo se consiguió resolver este problema, aparentemente complicado?
La tradición nos invita a imaginar a Arquímedes mientras se está bañando y – absorto en sus pensamientos – nota que su cuerpo, al sumergirse en el agua, causa la salida de parte del agua por los bordes del recipiente. Aquí está la genial idea: Arquímedes cogió la corona, la pesó y, posteriormente cogió una cantidad de oro que tuviera el mismo peso y una cantidad de plata, también del mismo peso. Sumergió primero la corona, después el oro, y después la plata. Comprobó el volumen de agua que sale cada vez que sumerge un elemento. Al valorar las diferentes cantidades de líquido que sale del recipiente, comprendió que para fabricar la corona de Herón, el deshonesto artesano no sólo utilizó oro, como le requirió el rey, sino que mezcló plata en una cantidad incapaz de determinar a simple vista, aunque no le escapó al genio de Arquímedes.

La anécdota relata una historia que nunca podría haber sucedido: suponiendo que la corona pesara un quilo y que el orfebre hubiese sustituido el 30% del oro con plata, y que el recipiente hubiese sido lo suficientemente grande para introducir la corona sin dañarla, el nivel del agua habría subido 0,41 milímetros, una cantidad no perceptible con los instrumentos disponibles en la época de Arquímedes. Sin embargo, a pesar de este hecho, lo que este relato pone de manifiesto es el genio que era Arquímedes. El método que Vitruvio describió representa una eficaz síntesis, perfectamente compatible con los sistemas reales que Arquímedes debió utilizar para resolver los problemas en los que trabajó: reducir una dificultad que parece insuperable a otros problemas cuya solución viene ya dada.









11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio7_W1_B

archimede_catalogo2011_17_DEF_interno_175 104 01-DEC-11 10:45:59

"scoperta del principio della spinta idrostatica"

SABBIA E ACQUA

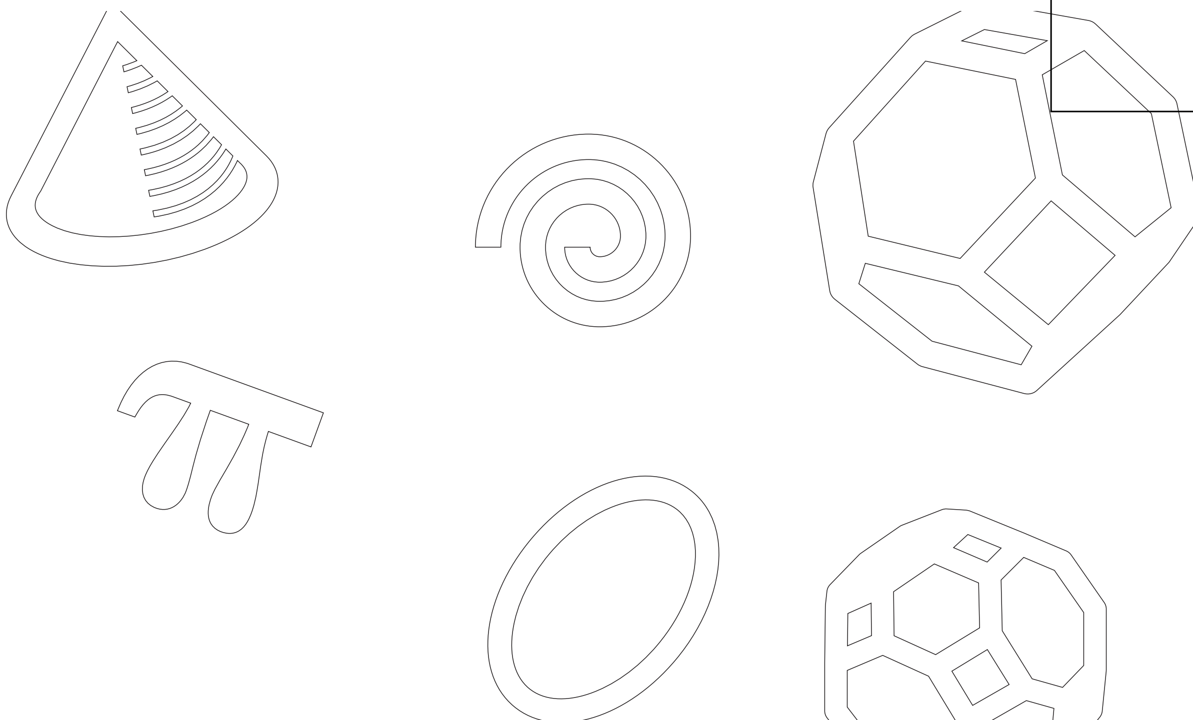
Sand and Water

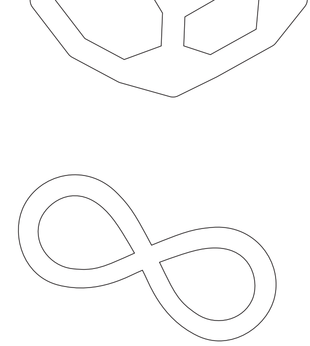
ARENA Y AGUA

11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio7_W1_F

archimede_catalogo2011_17_DEF_interno_175 105 01-DEC-11 10:45:59

SABBIA E ACQUA





Archimede è protagonista di numerose leggende, di cui diverse hanno a che fare con l'acqua e con la sabbia. La scoperta del principio della spinta idrostatica, che ancora oggi chiamiamo principio di Archimede, viene dalla tradizione accostato al famoso bagno durante il quale lo scienziato avrebbe fatto risuonare il suo immortale «*Eureka!*», e delle varie versioni dell'episodio della morte di Archimede, alcune lo ritraggono mentre studia dei cerchi, disegnandoli nella sabbia, al cospetto del soldato romano che lo ucciderà. Le esatte parole differiscono nei vari Autori che riportano l'aneddoto, ma concordano nel descrivere l'accorato appello di uno studioso, che anche nel momento estremo, chiede che i suoi studi non siano turbati dall'irruzione della brutalità della vita, rappresentata qui icasticamente da un gladio sguainato. E non si può dimenticare l'*Arenario*, trattato nel quale Archimede calcola il numero di granelli di sabbia che sarebbero necessari a riempire l'intero universo.

Le intuizioni di Archimede sulla spinta idrostatica sono di capitale importanza per lo sviluppo della fisica e dell'ingegneria: il modo in cui un corpo si comporta quando si trova immerso in un fluido è determinato proprio da questa interazione, che dipende largamente dalla conformazione della materia del solido: il suo peso specifico, il suo peso, la sua forma. Anche il comportamento di semplici granelli di sabbia, di diverse dimensioni e densità, immersi nello stesso recipiente, rendono immediatamente chiaro il significato della spinta di Archimede. La velocità con cui ogni granello si deposita dipende dalle sue dimensioni e deriva dal bilanciamento che si viene a creare fra le tre forze principali che agiscono su di esso: la spinta idrostatica che agisce dal basso verso l'alto (scoperta da Archimede), la forza di gravità e la forza di attrito causata dalla viscosità del materiale.

11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio7_W1_F

archimede_catalogo2011_17_DEF_interno_175 106 01-DEC-11 10:45:59

SAND AND WATER

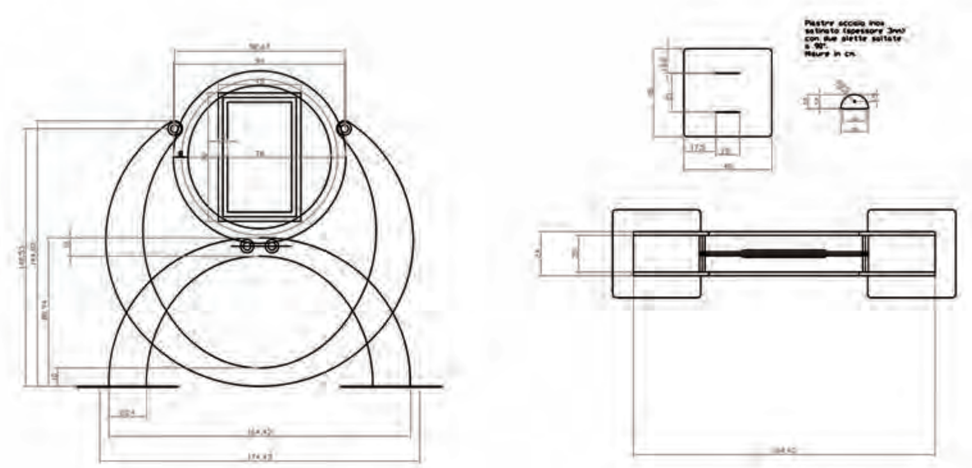
"the discovery of the principle of hydrostatic thrust"

Archimedes played a leading role in numerous legends, several of which are linked with water and sand. The discovery of the principle of hydrostatic thrust, known to this day as Archimedes' principle, is traditionally associated with the famous bath during which the scientist is said to have uttered the immortal exclamation "*Eureka!*" and a number of the different versions of the Syracusan's death feature Archimedes studying circles drawn on the sand, before the Roman soldier who is to kill him. The various authors who report the anecdote use different words to describe the event, but a recurring feature in each account is the heartfelt appeal launched by an academic who, even on the point of death, begs for his studies to be left undisturbed by the brutality of life, symbolised here by an unsheathed Roman sword. Nor must we forget *The Sand Reckoner*, a treatise in which Archimedes calculates the number of grains of sand that would be required to fill the entire universe.

Archimedes' intuitions on hydrostatic thrust are of capital importance for the development of physics and engineering: it is this interaction that determines how a body behaves when immersed in a fluid, which depends to a great extent on the conformation of the material the solid is made of: specific weight, weight and shape. Even the behaviour of simple grains of sand, of different size and density, when immersed in the same container, clearly and immediately illustrate the significance of Archimedes' buoyancy principle. The speed with which each individual grain sinks to the bottom depends on its size, and derives from the balance created between the three main forces acting thereupon: hydrostatic thrust upwards (discovered by Archimedes), gravity and friction, caused by the viscosity of the material.

11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio7_W1_B

“el descubrimiento del principio del empuje hidrostático”



Arquímedes es protagonista de numerosas leyendas de las que algunas tienes que ver con el agua y la arena. El descubrimiento del principio del empuje hidrostático, que aún hoy en día denominamos principio d Arquímedes, procede de la tradición relacionada con famoso baño durante el que el científico habría pronunciado su inmortal «*Eureka!*», y de las diferentes versiones del episodio del fallecimiento de Arquímedes. Algunas apuntan a que sucedió mientras estudiaba los círculos y los dibujaba en la arena en presencia del soldado romano que lo mataría. Los diferentes autores difieren en las palabras exactas que tratan este episodio, aunque están de acuerdo en que era un erudito que, en el momento más extremo, pidió que sus investigaciones no se vieran dañadas por la brutalidad de la vida. Tampoco se debe olvidar su obra *El Arenario*, tratado en el que Arquímedes calcula el número de granos de arena necesarios para llenar el universo entero.

Las intuiciones de Arquímedes sobre el empuje hidrostático son de capital importancia para el desarrollo de la física y la ingeniería. El modo en el que un cuerpo se comporta cuando se sumerge en un líquido viene determinado precisamente por esta interacción, que depende en gran medida de la conformación de la materia del sólido. Su peso específico, su peso, su forma. Igualmente, el comportamiento de los simples granos de arena, de tamaño y dimensión varia, sumergidos en el mismo recipiente, aclara de manera clara el significado del empuje de Arquímedes. La velocidad con la que cada grano se deposita depende de sus dimensiones y deriva del equilibrio que se crea entre las fuerzas principales ejercidas: el empuje hidrostático que se ejercen de abajo a arriba (descubrimiento de Arquímedes), la fuerza de la gravedad y la fuerza de fricción causada por la viscosidad del material.

"dai principi esposti da Archimede nascerà la moderna idrostatica"

SPINTA DI ARCHIMEDE

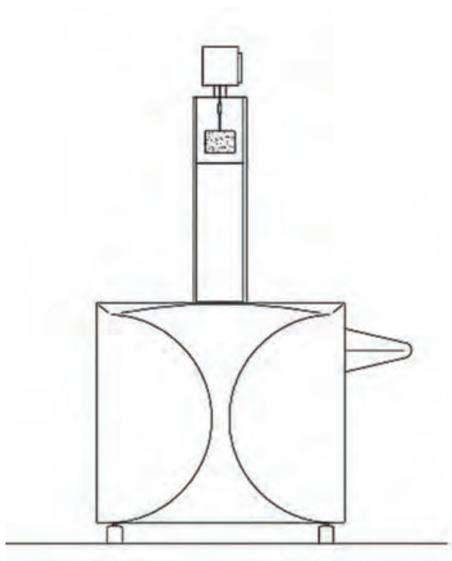
Archimedes' buoyancy principle

EMPUJE DE ARQUÍMEDES

11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio7_W1_F

SPINTA DI ARCHIMEDE

Ciascuno di noi, immergendo il proprio corpo in un fluido, ad esempio l'acqua, avverte una spinta: la stessa che avvertì Archimede secondo l'aneddoto legato all'episodio della corona di Re Gerone. Il principio di Archimede è relativo al rapporto fra corpi e fluidi. L'enunciato, celeberrimo, afferma che *un corpo immerso in un fluido (liquido o gas) riceve una spinta verticale dal basso verso l'alto, uguale per intensità al peso del volume del fluido spostato*. La forza rappresentata dalla spinta di Archimede tende a far galleggiare il corpo, mentre la "forza peso" tende a farlo andare verso il basso. La somma di queste forze porta a tre possibili esiti: il corpo immerso nel fluido va a fondo se la "forza peso" è superiore a quella esercitata dalla spinta di Archimede; galleggia sopra il pelo del fluido se la spinta ricevuta in virtù del principio archimedeo è superiore alla "forza peso"; rimane in equilibrio immerso completamente nel fluido se le due forze si bilanciano.



Archimede se ne occupa nel trattato *I galleggianti*. Una possibile interpretazione del senso del trattato è che Archimede stesse tentando una modellizzazione matematica del galleggiamento delle navi; e sebbene i lavori idrostatici di Archimede non abbiano esercitato una particolare influenza nell'antichità, dai principi esposti nel trattato su *I galleggianti* nascerà la moderna idrostatica, che porterà alla formalizzazione del "Principio dei vasi comunicanti ", del " Principio di Pascal" e della "Legge di Stevin".

Il principio noto come "spinta di Archimede" è alla base di diversi fenomeni naturali e del funzionamento di numerosi mezzi di trasporto, certamente tutti quelli che navigano, ma non solo. Infatti, la spinta di Archimede non riguarda solo i corpi immersi in acqua, ma anche quelli immersi in qualunque altro liquido o gas; per questo il principio parla generalmente di fluidi. Una grande varietà di mezzi funziona in virtù della spinta di Archimede: a partire da una comune barca a remi sino ad arrivare ad una portaerei oceanica o a un sottomarino nucleare, e perfino un pallone aerostatico.

ARCHIMEDES` BUOYANCY PRINCIPLE

"the principles set forth by Archimedes laid the foundations of modern hydrostatics"

Each one of us, when we submerge our body in a fluid, for instance water, feel a thrust: the same thrust Archimedes' is said to have noted in the anecdote about King Hieron's crown. Archimedes' principle regards the relationship between solid objects and fluids. Most of us are familiar with the famous explanation that *an object immersed in a fluid (liquid or gas), will be buoyed up by a force equal to the weight of the volume of the fluid displaced.* The force represented by the Archimedes' buoyancy principle tends to make the object float, while the "weight force" tends to make it sink to the bottom. The sum of these forces has three possible outcomes: the object immersed in the fluid sinks to the bottom if the "weight force" is superior to the force exerted by Archimedes' thrust; it floats above the surface of the fluid if the thrust received is superior to the "weight force"; it remains fully immersed in equilibrium in the fluid if the two forces are balanced.

Archimedes deals with the question in *On Floating Bodies*. One possible interpretation of this work is that Archimedes was attempting to come up with a mathematical model of how ships stay afloat; and although the scientist's work in the area of hydrostatics exerted no particular influence during antiquity, the principles set out in *On Floating Bodies* laid the foundations of modern hydrostatics, leading to the substantiation of the "Principle of Communicating Vessels", "Pascal's Law" and "Stevin's Law".

"Archimedes' buoyancy principle" lies at the root of a number of natural phenomena, and numerous means of transport are also based on it – all those that travel on water of course, but also others besides, because the principle applies to objects immersed not only in water, but also in any other liquid or gas, which is why it refers to fluid substances in general. A large variety of means of transport depend on Archimedes' buoyancy principle: from an ordinary rowing boat to a huge seagoing aircraft carrier or a nuclear submarine, or indeed an aerostatic balloon.

EMPUJE DE ARQUÍMEDES

“de los principios expuestos por Arquímedes nacerá la modernidad hidrostática”

Cada uno de nosotros, sumergiendo el cuerpo en un fluido, como por ejemplo el agua, produce un empuje. El mismo que produjo Arquímedes según cuenta la anécdota relacionada con el episodio de la corona del rey Herón. El principio de Arquímedes tiene que ver con la relación entre cuerpos y fluidos. El principio, celebérrimo, afirma *que un cuerpo sumergido en un fluido (líquido o gas) recibe un empuje vertical de abajo hacia arriba, igual en intensidad al peso del volumen del fluido desplazado*. La fuerza representada por el empuje de Arquímedes tiende a hacer flotar el cuerpo mientras que la “fuerza peso” tiende a remitirlo hacia abajo. La suma de estas fuerzas nos da tres posibles resultados: el cuerpo sumergido en el fluido se dirige hacia el fondo si la “fuerza peso” es superior a aquella ejercitada por el empuje de Arquímedes; flota sobre la superficie del fluido si el empuje recibido siguiendo el principio de Arquímedes es superior a la “fuerza peso”; se queda en equilibrio sumergido completamente en el fluido si las dos fuerzas están precisamente equilibradas.

Arquímedes trata de estas cuestiones en el tratado *Los Cuerpos Flotantes*. Una posible interpretación del sentido del tratado es que Arquímedes estuviese intentando aportar una modelización matemática de por qué flotan los barcos. Si bien es cierto que las obras hidrostáticas de Arquímedes no ejercieron particular influencia en la Antigüedad, de los principios expuestos en el tratado sobre *Los Cuerpos Flotantes* nacería la hidrostática moderna, gracias a la cual se formalizaría el “Principio de los vasos comunicantes”, el “Principio de Pascal” y la “Ley de Stevin”.

El principio conocido como “empuje de Arquímedes” representa la base de varios fenómenos naturales y del funcionamiento de numerosos medios de transporte, ciertamente - aunque no sólo – todos aquellos que navegan. De hecho, el empuje d Arquímedes no sólo se refiere a los cuerpos sumergidos en el agua sino también a aquellos sumergidos en cualquier otro líquido o gas. Por ello, el principio habla generalmente de fluidos. Existen una gran variedad de medios que funcionan gracias al empuje de Arquímedes: a partir de una barca de remo común se ha podido llegar a un portaaviones marino o a un submarino nuclear, o incluso un globo aerostático.

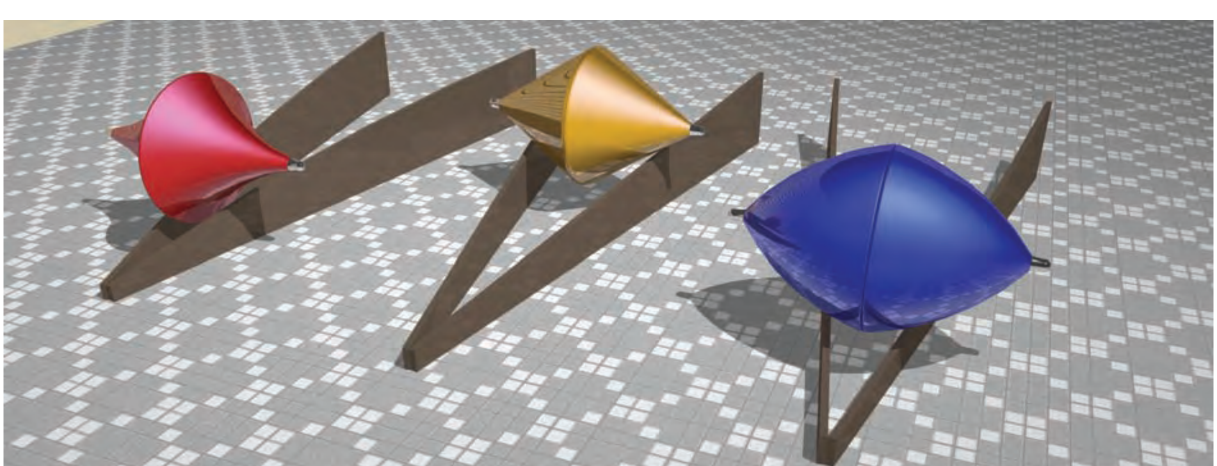
archimede_catalogo2011_17_DEF_interno_175 112 01-DEC-11 10:45:59

"Archimede sarà il primo a fondere meccanica e matematica"

PARADOSSO MECCANICO

Mechanical paradox

PARADOJA MECÁNICA



11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio7_W1_F

PARADOSSO MECCANICO

Archimede fu il primo a descrivere, nell'opera intitolata *Sull'equilibrio dei piani*, l'idea di baricentro o centro di massa, e determinò il baricentro di varie figure geometriche, supponendo che avessero densità uniforme. Il baricentro è il punto di un corpo in cui si può immaginare concentrato tutto il suo peso. Nei corpi che hanno un asse di simmetria, il baricentro si trova su tale asse. Il baricentro costituisce uno degli elementi essenziali che determinano il movimento naturale dei gravi: tale movimento dipende da quello del loro baricentro, che scende verso il basso. E dipende dai loro momenti di inerzia che determinano le rotazioni di n grave.

Il trattato sull'*Equilibrio dei piani* di Archimede è diviso in due libri. Sappiamo che fu tra i più conosciuti nell'antichità. Sull'effettiva paternità archimedea del primo libro oggi alcuni esprimono dubbi: la differenza stilistica rispetto ad altri testi di Archimede a nostra disposizione, insieme ad altri particolari, lascerebbe sospettare che si tratti di una compilazione, probabilmente a partire da un testo originariamente mutilo. Il secondo libro è universalmente accolto come genuina produzione del genio siracusano. L'*Equilibrio dei piani* è la prima opera nella storia che possa a buon diritto essere definita un trattato di statica; e segna un importante passo avanti rispetto alle teorie precedenti delle quali abbiamo conoscenza o testimonianza. Nel mondo antico la spiegazione del moto verso il basso dei gravi rappresentò un tema scientifico importante. Furono elaborate diverse teorie, alcune delle quali basate sull'idea che ciascun elemento avesse un suo luogo naturale, e tendesse a raggiungerlo per moto proprio. Archimede, mantenendosi fedele al suo *Metodo*, sarà il primo a fondere davvero meccanica e matematica, applicandosi allo studio del baricentro con una modernità incredibilmente superiore ai "fisici" del suo tempo e dei decenni immediatamente precedenti, come ad esempio Aristotele.

Le leggi della fisica sembrerebbero essere contraddette dal famoso caso del così detto "paradosso meccanico", che si basa sulle proprietà della figura costituita da due coni uniti alla base. Collocando una struttura a doppio cono su un supporto costituito da due rette divergenti, che dal punto di partenza salgono, si osserverà che, con una leggerissima pressione, il doppio cono darà l'impressione di salire, anziché restare fermo nel punto che appare più basso. In realtà si tratta di un'illusione: a determinare il moto dei corpi è il baricentro, ed il baricentro del doppio cono - anche in questo caso, a dispetto delle apparenze - scende, perché il punto in cui il doppio cono si arresta è collocato più in basso rispetto al punto nel quale aveva avuto inizio il rotolamento sui binari divergenti, la cui forma trae l'osservatore in inganno. La figura si chiama infatti "doppio cono *saliente*". Rotolando, il doppio cono poggia sui binari in punti sempre più vicini ai suoi due vertici. Di conseguenza, la distanza del baricentro rispetto al piano orizzontale diminuisce man mano che il cono sale. Il doppio cono è una trottola: dovremo aspettare la fine del secolo XIX per poter descrivere il movimento di questo oggetto semplice in apparenza.

archimede_catalogo2011_17_DEF_interno_175 114 01-DEC-11 10:45:59

MECHANICAL PARADOX

In his work *On the Equilibrium of Planes*, Archimedes was the first to describe the idea of the barycentre, or centre of mass, and he established the barycentre of a number of geometrical figures, assuming uniform density. The barycentre is the point of an object at which all the weight thereof can be imagined as being concentrated. In objects with an axis of symmetry, the barycentre is located along said axis. The barycentre is one of the essential elements that determine the natural movement of heavy bodies, because this is dependent on the movement of their barycentre, which shifts downwards, and on their moments of inertia, which determine the rotations of a heavy object.

Archimedes' treatise *On the Equilibrium of Planes* is divided into two books, and we know it was among the best known works in antiquity. Doubts have been cast, however, on whether Archimedes was actually the author of the first volume; stylistic differences compared to other works of his available to us, together with a number of other details, have led some experts to suspect that the volume may be a compilation, probably based on a text that was originally incomplete. The second book is universally recognised as the authentic work of the genius from Syracuse. *On the Equilibrium of Planes* is the first work in history that can rightfully be defined a treatise on statics, and marked an important step forward from the previous theories we have knowledge or awareness of. In antiquity, the explanation of downward motion was an important scientific issue: a number of theories were formulated, some of which were based on the idea that each element had its own natural place, towards which it tended to move by itself. Archimedes, remaining faithful to his Method, was to be the first to truly combine mechanics with mathematics, applying himself to the study of the barycentre with a modern approach that was light years superior to that adopted by other "physicists" of his time and of the decades immediately before it, such as Aristotle.

"Archimedes was to be the first to combine mechanics with mathematics"

The laws of physics would appear to be contradicted by the famous case of the so-called "mechanical paradox", which is based on the properties of the figure composed of two cones joined at the base. If a double cone structure is placed on a support composed of two diverging straight lines that rise up from the point of departure, it can be observed that, when pressed very lightly, the double cone appears to rise, rather than remaining immobile at what appears to be the lowest point. This is in fact an illusion: the motion of the objects is determined by the barycentre, and the barycentre of the double cone – again, despite the illusion created – descends, because the point at which the double cone comes to a halt is lower than the point at which rolling began along the diverging lines, the shape of which deceives the observer. It is no coincidence that the figure is called the "*ascending* double cone". As it rolls, the double cone touches the lines at points that are increasingly close to the two vertices. Consequently, the distance of the barycentre from the horizontal plane decreases as the cone rises. The double cone is a spinning top, and it was not until the end of the 19th century that a description was produced of the movement of this apparently simple object.

11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio8-4no_W1_F

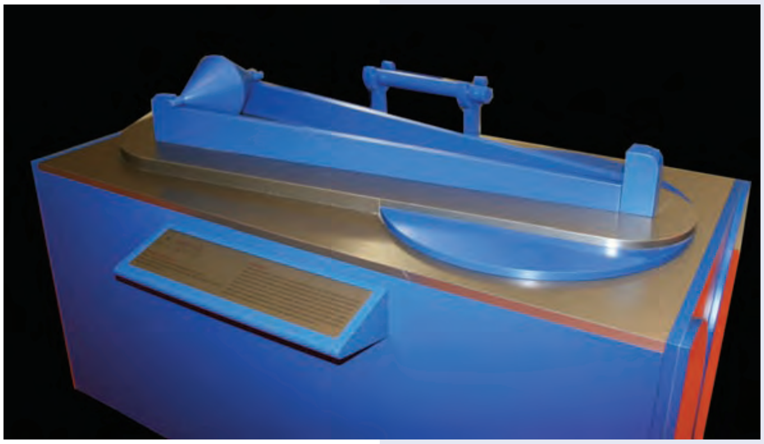
PARADOJA MECÁNICA

“Arquímedes sería el primero en unir mecánica y matemática”

En la obra *Sobre el Equilibrio de los Planos*, Arquímedes fue el primero en describir la idea de baricentro o centro de masa y determinó el baricentro de diferentes figuras geométricas suponiendo que tuvieran una densidad uniforme. El baricentro es el punto de un cuerpo en el que se supone que está todo su peso concentrado. En los cuerpos que tienen un eje de simetría, el baricentro se encuentra en dicho eje. El baricentro constituye uno de los elementos esenciales que determinan el movimiento natural de los graves. Tal movimiento depende del de su baricentro, que se desplaza hacia abajo. Depende, además, de sus momentos de inercia, que determinan las rotaciones de un grave.

El tratado *Sobre el Equilibrio de los Planos* de Arquímedes está dividido en dos tomos. Sabemos que fue uno de los más conocidos en la Antigüedad. Algunos autores muestran ciertas dudas sobre la autoría de Arquímedes del primer tomo. La diferencia de estilo respecto a otros textos de Arquímedes que conocemos, junto con otras particularidades, haría sospechar que se trata de una recopilación, probablemente a partir de un texto originariamente mútilo. El segundo tomo es universalmente reconocido como producción genuina del genio siracusano. El *Equilibrio de los Planos* es la primera obra en la historia que puede definirse como tratado de estática. Además, supone un gran avance respecto a las teorías precedentes de las que tenemos conocimiento o testimonio. En la época antigua, la explicación del movimiento hacia abajo de los graves representó un tema científico muy importante. Se elaboraron varias teorías, algunas de las cuales basadas en la idea de que todo elemento tiene su espacio natural y tiende hacia él por movimiento propio. Arquímedes, manteniéndose fiel a su *Método*, será el primero en unir mecánica y matemática, aplicándose al estudio del baricentro con una modernidad increíblemente superior a los “físicos” de su época y a los de las décadas precedentes, como por ejemplo Aristóteles.

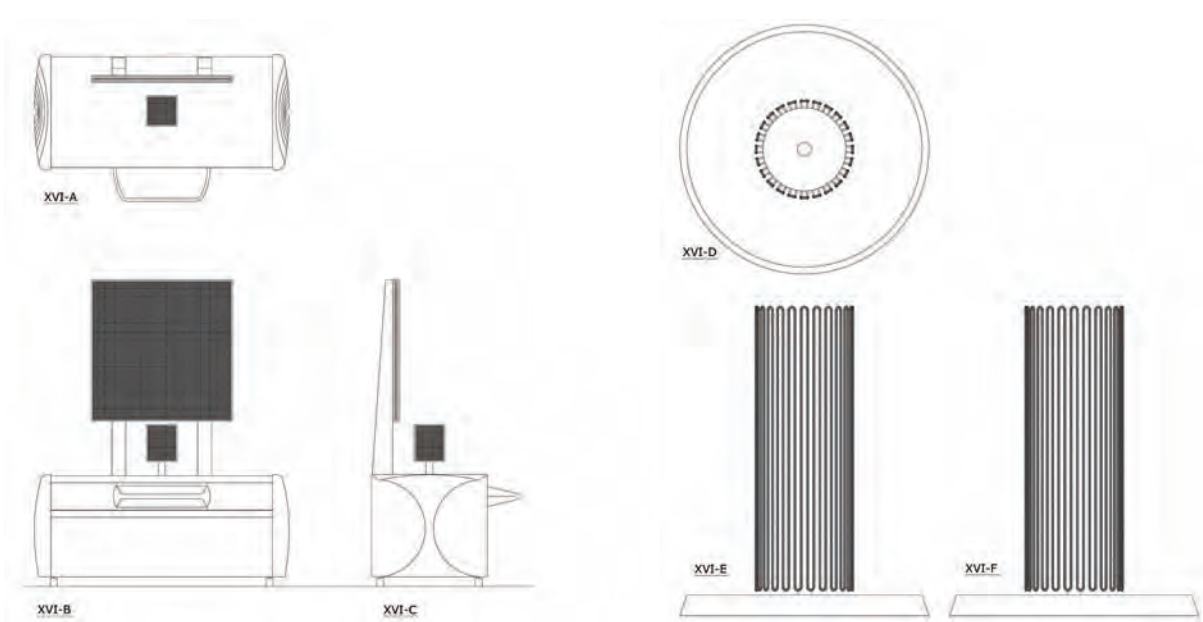
Las leyes de la física se contradirían por el famoso caso denominado “la paradoja mecánica”, que se basa en las propiedades de la figura formada por dos conos unidos por la base. Colocando una estructura de doble cono dotado de un soporte formado por dos recta divergentes, que suben desde un determinado punto de partida, se observa lo siguiente: con una presión muy ligera, el cono doble parecerá que sube, aunque lo cierto es que se mantiene en el punto que aparece más bajo. En realidad se trata de una ilusión óptica. Para determinar el movimiento de los cuerpos está el baricentro, y el baricentro del doble cono – también en este caso, contrariamente a lo que pueda parecer – desciende, porque el punto en el que el doble cono se detiene está colocado más abajo respecto al punto en el que había comenzado la rodadura sobre las posiciones divergentes, cuya forma se presta a confusión. La figura se denomina “doble cono”. El doble cono se apoya en unos puntos siempre cercanos a sus dos vértices. En consecuencia, la distancia del baricentro respecto al plano horizontal disminuye poco a poco a medida que el cono sube. El doble cono es una peonza. Tendremos que esperar hasta finales del siglo XIX para poder describir el movimiento de este objeto de simple apariencia.



UNA MIRIADE

A myriad

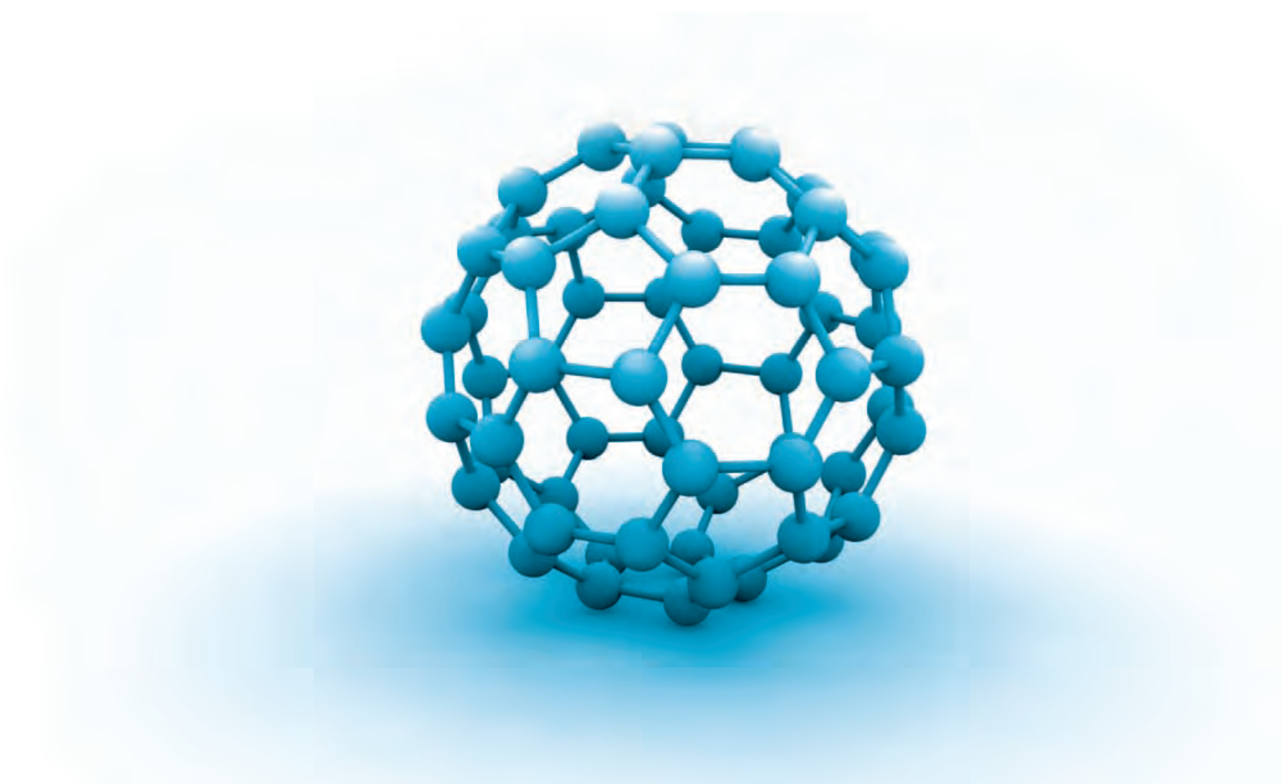
UNA MIRÍADA



archimede_catalogo2011_17_DEF_interno_175 117 01-DEC-11 10:45:59

UNA MIRIADE

La numerazione greca era molto differente da quella che attualmente impieghiamo, e decisamente meno efficace. I numeri dei quali ci serviamo tutti i giorni vennero importati dagli arabi, insieme allo “zero”. Dunque i greci – come del resto anche i romani – non avendo a disposizione simboli dedicati esclusivamente alla rappresentazione dei numeri, impiegavano le lettere del loro alfabeto.
Se questa soluzione appare a noi scarsamente pratica, già in rapporto a piccole quantità, essa si presenta decisamente inadatta a calcoli che riguardano i grandi numeri: numeri che d’altra parte sono essenziali per lo svolgimento di indagini astronomiche sempre più accurate. Con i trentasei caratteri di cui disponevano, i greci esprimevano tutti i numeri al di sotto di 10.000 (ovvero una miriade); per esprimere numeri di decine di migliaia – poi – apponevano la lettera “M” sotto il carattere, rendendo il numero diecimila volte maggiore.
Nell’*Arenario* Archimede mostra di aver avuto un’altra brillante intuizione: partì dal numero 10.000, che chiamò «numero di primo ordine» e - moltiplicandolo per se stesso - ottenne il numero di centomilioni, che chiamò «numero di secondo ordine». Prendendo questo numero come unità, di nuovo, giunse ai numeri di terzo ordine, con i quali riuscì a giungere ad un numero che altrimenti avrebbe richiesto milioni di cifre.
Indubbiamente ottenne il vantaggio di poter semplificare i calcoli, avendo reso molto più agile la scrittura dei numeri; ma la portata dell’illuminazione archimedea non si limita a questo pur importante risultato. Infatti, Archimede, nell’*Arenario*, introduce un sistema di numerazione equivalente non solo al nostro metodo posizionale, ma anche all’attuale notazione esponenziale. Archimede, sostanzialmente, precorre l’idea di utilizzare i logaritmi per abbassare il rango delle operazioni numeriche. Le tavole dei logaritmi saranno pubblicate solamente nel 1614: fu allora che si cominciò a risolvere con l’algebra anche i problemi geometrici, con la possibilità di eseguire rapidamente complessi calcoli numerici.



A MYRIAD

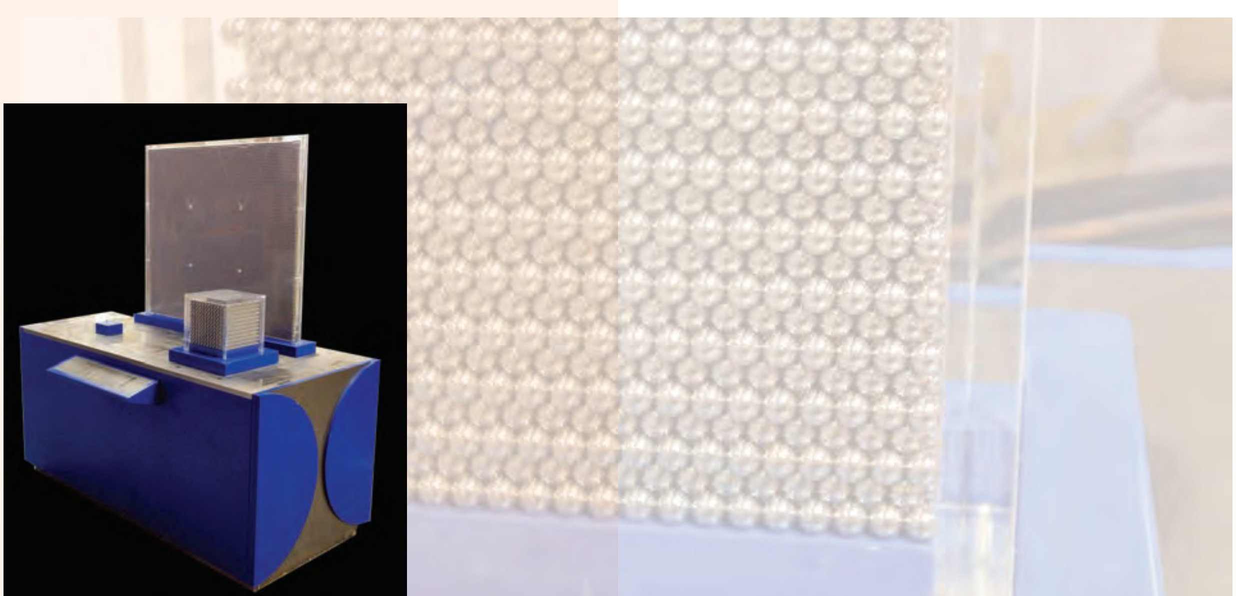
"calculations involving large numbers"

The Greek system of numeration was very different from the one we use today, and decidedly less efficient. The numbers we now use every day came to us from the Arabs, together with "zero". Because they did not have symbols with the exclusive purpose of representing numbers, the Greeks - and indeed the Romans - used letters from their alphabet.

This solution appears impractical to us for dealing with small amounts, so it was even less suitable for calculations involving large numbers; and such numbers were essential for conducting increasingly accurate astronomical research. The Greeks used the thirty six characters at their disposal to express all numbers below 10,000 (a *myriad*); to express tens of thousands, they subsequently added the letter "M" below the character to multiply it by ten.

In *The Sand Reckoner*, Archimedes demonstrates another brilliant stroke of intuition: he started out from the number 10,000, which he called a "number of the first order", then multiplied it by itself, obtaining 100,000,000 which he called a "number of the second order". Taking this number again as a unit, be obtained numbers of the third order, with which he was able to reach a number that would otherwise have required millions of characters.

There is no doubt that this process had the advantage of simplifying calculations, because it made it much easier to write numbers. Important though this result was, however, the scope of Archimedes' illumination did not stop here; and in *The Sand Reckoner* he introduced a system of numeration equivalent not only to our positional system, but also to modern-day exponential notation. Essentially, Archimedes anticipated the idea of using logarithms to reduce the rank of numerical operations. Logarithm tables would not be published until 1614, and it was only then that algebra began to be used also to resolve geometrical problems, by offering the opportunity to carry out complex numerical calculations quickly.



UNA MIRÍADA

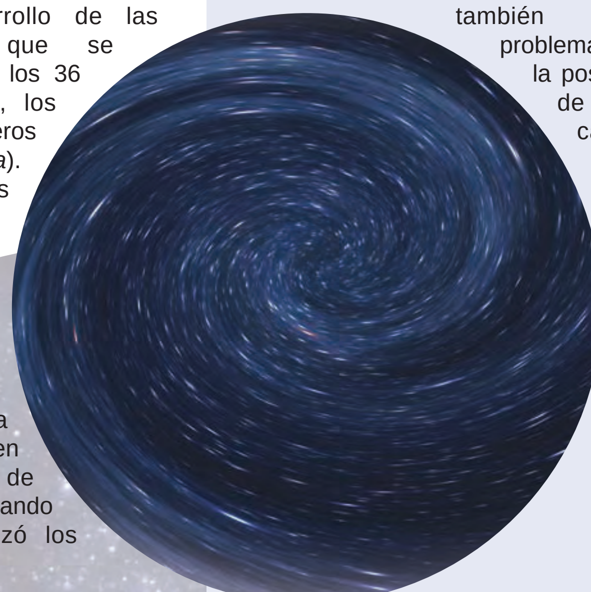
"cálculos sobre los grandes números"

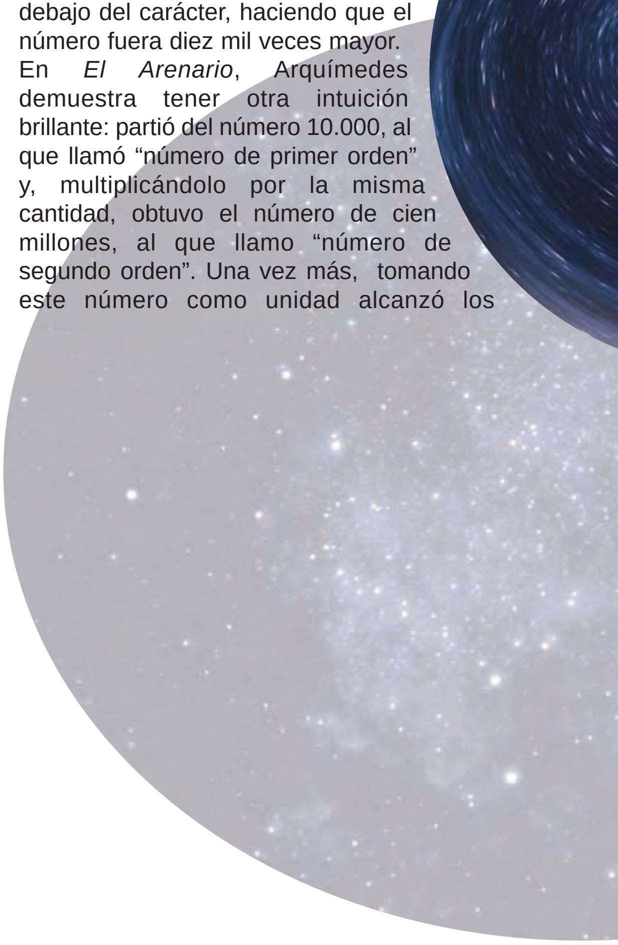
La numeración griega era muy diferente a la que utilizamos en la actualidad, además de ser decididamente menos eficaz. Los números que todos utilizamos cada día son importados de los árabes, incluyendo también el "cero. Los griegos, al igual que los romanos, al no tener símbolos dedicados exclusivamente a la representación de los números, utilizaban las letras de sus alfabetos.

Si esta solución puede parecernos poco práctica ya para cantidades pequeñas, es decididamente inadaptada a los cálculos relacionados con los grandes números, unos números que son por otra parte esenciales para el desarrollo de las investigaciones astronómicas, que se caracterizan por su precisión. Con los 36 caracteres de los que disponían, los griegos expresaban todos los números por debajo del 10.000 (una *miríada*). Para expresar números de decenas de miles, colocaban la letra "M" debajo del carácter, haciendo que el número fuera diez mil veces mayor.

En *El Arenario*, Arquímedes demuestra tener otra intuición brillante: partió del número 10.000, al que llamó "número de primer orden" y, multiplicándolo por la misma cantidad, obtuvo el número de cien millones, al que llamo "número de segundo orden". Una vez más, tomando este número como unidad alcanzó los números de tercer orden, gracias a los cuales logró alcanzar un número que de otra manera habría necesitado millones de cifras.

No cabe duda de que logró la ventaja de poder simplificar los cálculos, haciendo que la escritura de los números fuese mucho más fácil. La importancia del razonamiento de Arquímedes no se limita a este importante resultado. De hecho, en *El Arenario*, Arquímedes introdujo un sistema de numeración equivalente no sólo a nuestro método posicional sino también a la actual rotación exponencial. Arquímedes se adelantó a la idea de utilizar logaritmos para bajar las cifras de las operaciones numéricas. Las tablas de logaritmos se publicarían en el 1614. Fue entonces cuando se empezó a utilizar el álgebra también para resolver problemas geométricos, con la posibilidad de realizar de manera rápida cálculos numéricos complejos.





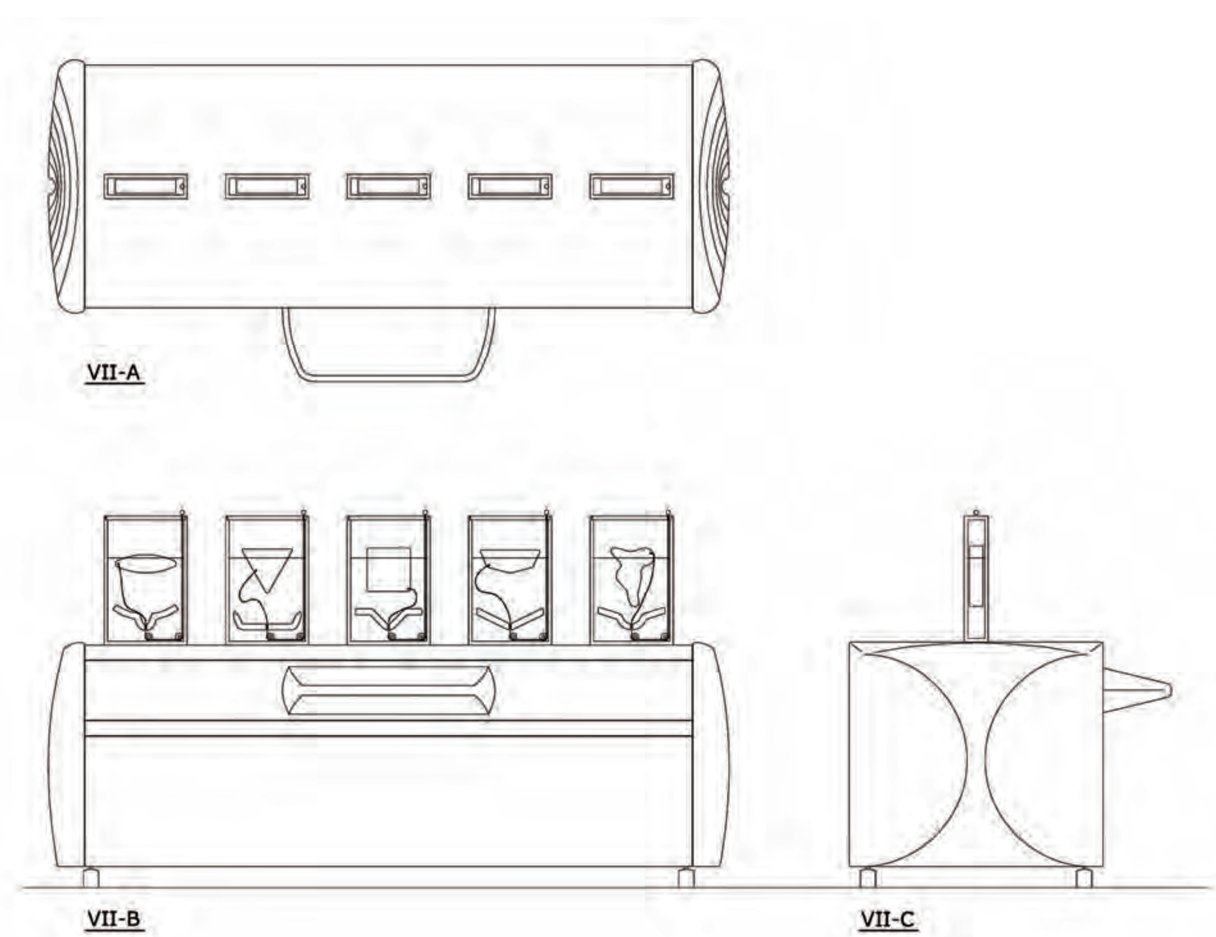
11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio9-8vo_W1_F

archimede_catalogo2011_17_DEF_interno_175 120 01-DEC-11 10:45:59

PUNTA DELL`ICEBERG

Tip of the iceberg

PUNTA DEL ICEBERG



11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio9-8vo_W1_F

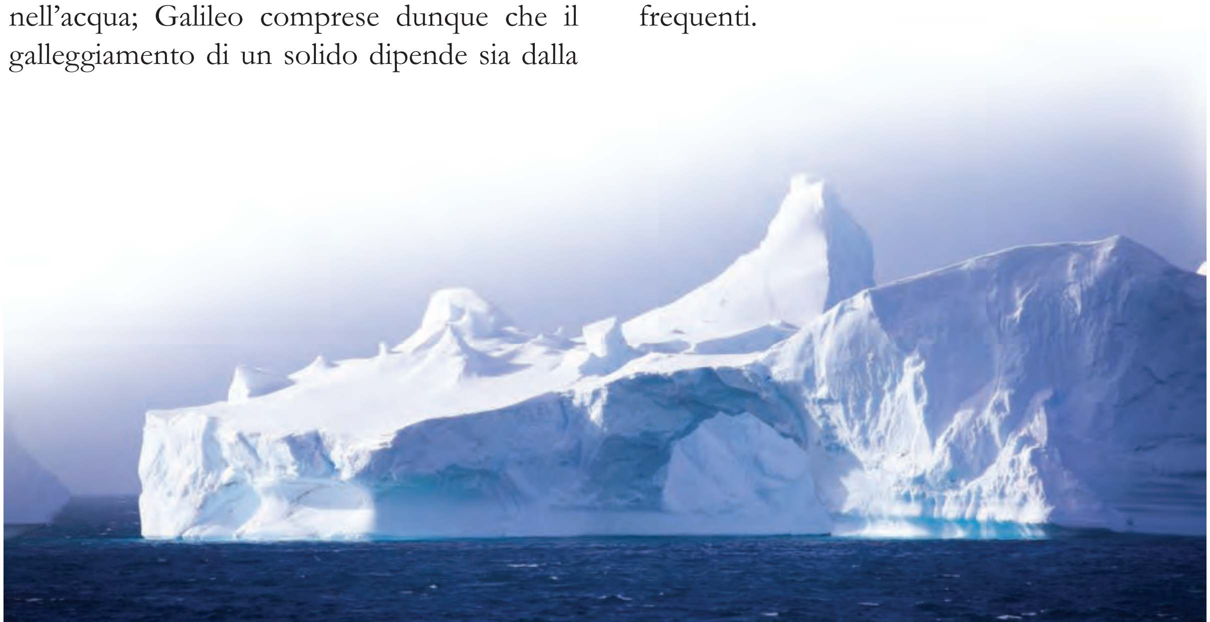
PUNTA DELL`ICEBERG

Attraverso alcune proposizioni fondamentali contenute nel trattato *I galleggianti*, Archimede individua alcuni principi riguardanti il galleggiamento di solidi il cui peso specifico sia inferiore a quello del fluido in cui sono immersi.

Anche in questo caso, l'autorità di Aristotele - preziosa in moltissimi campi della filosofia e della teoria scientifica - si mostrò tuttavia fuorviante. In particolare, nel caso del galleggiamento del ghiaccio, Aristotele fu l'involontario estensore di un pregiudizio scientifico rivelatosi particolarmente duro a morire, dato che fu generalmente accolto almeno sino al XVII secolo: il galleggiamento del ghiaccio nell'acqua. Aristotele ritenne infatti che il ghiaccio galleggerebbe sull'acqua per via della sua forma a lastra, che impedirebbe perciò la penetrazione del ghiaccio nell'acqua e, quindi, l'affondamento. In verità, la ragione è tutt'altra: il ghiaccio ha un peso specifico (peso dell'unità di volume) che è i 9/10 di quello dell'acqua, per cui galleggia emergendo solo per 1/10 del suo volume.

Anche Galileo studiò i corpi galleggianti. Ancor prima di essere nominato professore a Padova, aveva analizzato - «con infinito stupore», come egli stesso scrisse, i lavori di Archimede e aveva realizzato una bilancia per misurare la densità dei corpi immergendoli nell'acqua; Galileo comprese dunque che il galleggiamento di un solido dipende sia dalla forma che dal suo peso specifico. Proprio Galileo, la cui tessitura scientifica si richiama apertamente proprio ad Archimede in più luoghi, notò che una lastra di ghiaccio, spinta con forza sott'acqua, risale alla superficie quando la si lasci, anziché restare sul fondo come avrebbe dovuto essere se l'ipotesi aristotelica fosse stata corretta.

La particolare modalità di galleggiamento del ghiaccio sull'acqua è alla base della ben nota pericolosità degli iceberg. Un iceberg è una grande massa di ghiaccio staccatasi da un ghiacciaio o da una piattaforma di ghiaccio e galleggiante alla deriva in mare. Il nome iceberg deriva dalla parola olandese *ijsberg* che significa montagna (*berg*) di ghiaccio (*ijs*). Poiché la densità del ghiaccio puro è di circa 920 [kg/m3] e l'acqua di mare ha densità di circa 1025 [kg/m3], il primo galleggia e circa il 90% del volume di un iceberg rimane sotto la superficie marina. È difficile immaginare le dimensioni della parte subacquea dalla sola osservazione della parte emersa: questo ha dato origine alla dizione “punta dell'iceberg” per indicare un problema di grande rilievo di cui però è visibile solo una piccola parte. Gli iceberg hanno dimensioni che vanno normalmente da 1 a 75 metri sopra il livello del mare e pesano da 100.000 a 200.000 tonnellate. Proprio queste caratteristiche rendono gli iceberg così temibili per le navi che solcano i mari freddi, nei quali queste fenomenali montagne di ghiaccio sono così frequenti.

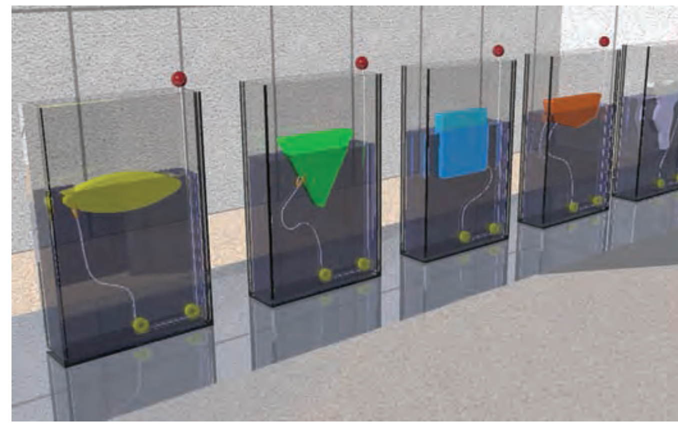


archimede_catalogo2011_17_DEF_interno_175 122 01-DEC-11 10:45:59

TIP OF THE ICEBERG

"principles regarding how solids float"

Through a number of fundamental propositions contained in *On Floating Bodies*, Archimedes identifies a series of principles regarding how solids float when their specific weight is lower than that of the fluid they are immersed in.
Here again, the authoritative work of Aristotle - so useful in a whole host of fields of philosophy and scientific theory - proved misleading. In particular, regarding the question of ice floating, Aristotle inadvertently contributed to the spread of a scientific prejudice that proved particularly difficult to debunk, and was generally accepted at least until the 17th century: how ice floats in water. Aristotle held that ice floated on water because of its sheet-like shape, which prevented it from piercing the surface of the water and thus sinking into it. The truth, in fact, is entirely different: ice has a specific weight (the weight of the unit of volume) that is 9/10 that of water, so it floats with just 1/10 of its volume emerging from the water.
Galileo also studied floating bodies. Even before he was given a professorship in Padua he had analysed the works of Archimedes – "with infinite stupor", as he himself wrote – and had constructed scales for measuring the density of objects by immersing them in water, which allowed him to understand that whether a solid floats depends both on the shape and on the specific weight. It was Galileo, whose scientific reasoning openly invokes Archimedes at several junctures, who noted that a sheet of ice, if forcefully pushed below the surface of the water, rises back up to the surface when released, rather than staying at the bottom, thus disproving Aristotle's



hypothesis.
The particular way in which ice floats on water explains why icebergs are so notoriously dangerous. An iceberg is a large mass of ice that has broken away from a glacier or a platform of ice, and which floats adrift at sea. The term iceberg derives from the Dutch word *ijsberg*, which means mountain (*berg*) of ice (*ijs*). Because the density of pure ice is approximately 920 [kg/m3] and the density of sea water is approximately 1025 [kg/m3], the ice floats, and around 90% of the volume of an iceberg remains below the surface of the sea. It is difficult to imagine the size of the part under the water simply by observing the part above it: this is the origin of the expression "tip of the iceberg", used to refer to a major problem of which only a small part has emerged. Icebergs generally vary in size between 1 and 75 metres above sea level, and weigh between 100,000 and 200,000 tonnes. It is these characteristics that make icebergs so dangerous for ships sailing through the cold waters in which these mountains of ice are so frequently found.

11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio9-8vo_W1_F

PUNTA DEL ICEBERG

"principios sobre la flotación de los sólidos"

A través de algunas propuestas fundamentales expuestas en el tratado Los Cuerpos Flotantes, Arquímedes especifica algunos principios relacionados con la flotación de los cuerpos cuyo peso específico es inferior al del fluido en el que se sumergen.
También en este caso, la autoridad de Aristóteles – muy valiosa en muchísimos campos de la filosofía y la teoría científica – se mostró sin embargo poco acertado. Concretamente, en el caso del flote del hielo, Aristóteles fue autor involuntario de un prejuicio científico que costó en desaparecer, puesto que fue generalmente aceptado hasta el siglo XVII: la flotación del hielo. Aristóteles mantenía que el hielo flotaba en el agua debido a su forma de placas, que impediría la penetración del agua y, con ello, su hundimiento. En realidad, la razón es otra. El hielo tiene un peso específico (peso de la unidad de volumen) que es de 9/10 del peso del agua, con lo que flota emergiendo solo el 1/10 de su volumen.
Galileo también estudió los cuerpos flotantes. Antes de ser nombrado profesor en Pádova, había analizado "con infinito estupor", cómo él mismo escribió, las obras de Arquímedes y había creado una balanza para medir la densidad de los cuerpos sumergiéndolos en el agua. Galileo comprendió así que la flotación de un sólido depende tanto de su forma como de su peso específico. El propio Galileo, cuya obra científica hace referencia a Arquímedes de varias maneras, notó que una capa de hielo, empujada con fuerza debajo del agua, vuelve a la superficie cuando se deja ir en vez de permanecer en el fondo, como en teoría debería haber sido si la hipótesis aristotélica fuera correcta.
El particular modo de flotación del hielo sobre el agua es el motivo del notorio peligro que suponen los icebergs. Un iceberg es una gran masa de hielo desprendido de un glaciar o de una plataforma de hielo que flota a la deriva en el mar. El nombre de iceberg procede de la palabra holandesa *ijsberg*, que significa montaña (*berg*) de hielo (*ijs*). Debido a que la densidad del hielo puro es de alrededor de 920 [kg/m3] y el agua del mar tiene una densidad de cerca de 1025 [kg/m3], el hielo flota y el 90% aproximadamente del volumen del iceberg permanece bajo la superficie marina.
Resulta difícil imaginar las dimensiones de la parte subacuática viendo sólo la parte que emerge. Este hecho ha sido el origen del dicho "punta del iceberg" para referirse a un problema de gran alcance del que sólo resulta visible una pequeña parte. Los icebergs presentan dimensiones que oscilan normalmente entre 1 y 75 metros por encima del nivel del mar y pesan entre 100.000 y 200.000 toneladas. Estas características son las que los hacen especialmente temibles para los barcos que surcan los fríos mares en los que estas imponentes montañas de hielo resultan tan frecuentes.

“I progressi scientifici e tecnologici dell’ellenismo riapparirono nel Rinascimento”

PESCE SALISCENDI

Like a fish in water

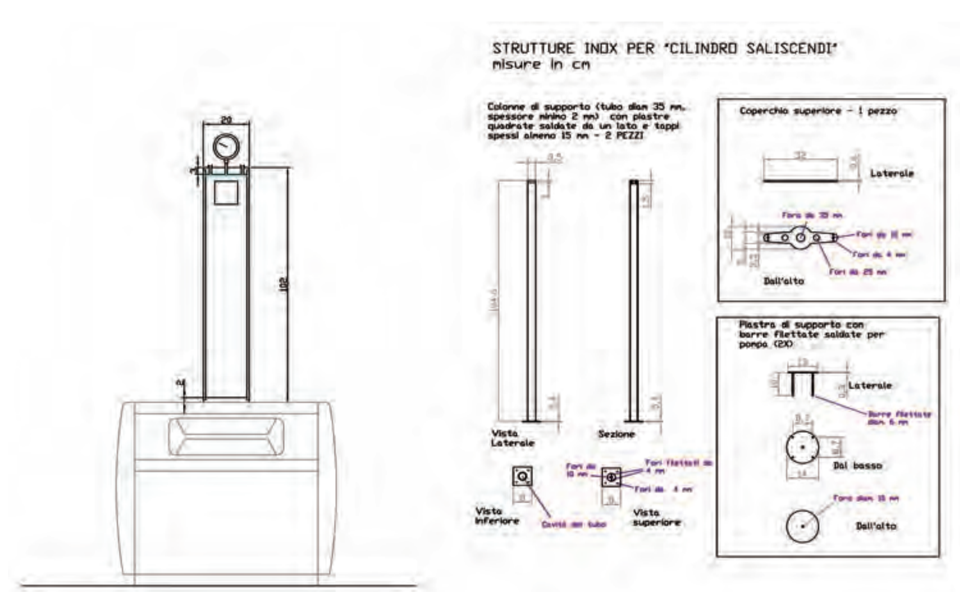
PEZ QUE SUBE Y BAJA

11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio8-4no_W1_F

PESCE SALISCENDI

L’idrostatica di Archimede, espressa nel trattato *I Galleggianti*, fu largamente trascurata nell’antichità. Le ragioni dell’oblio che toccò a diverse delle opere del genio siracusano sono oggi oggetto dell’attenzione di molti studiosi; in particolare lo storico della scienza Lucio Russo, parla di una vera e propria *Rivoluzione dimenticata*, infatti gli straordinari progressi scientifici e tecnologici maturatisi nell’ellenismo uscirono per un lungo periodo dalla scena della storia, per riapparire soltanto con il rinnovato interesse per il mondo antico che caratterizzò il Rinascimento.
Per registrare ulteriori progressi teorici di apprezzabile spessore, in materia di idrostatica, dobbiamo arrivare a Pascal e al suo principio, per il quale la pressione esercitata in un punto qualunque di un liquido incomprimibile, si trasmette inalterata in tutti gli altri punti di tale liquido, e a Stevin, che scoprì il principio per il quale la pressione all’interno di un liquido è direttamente proporzionale alla profondità del punto considerato.

Un semplice esperimento ci può aiutare a rendere chiare le intuizioni di Archimede: prendiamo un cilindro parzialmente riempito d’acqua ed un piccolo oggetto cavo al suo interno immerso nel liquido. L’oggetto galleggia proprio grazie alla spinta di Archimede. Se soffiamo aria nel cilindro, avremo un aumento della pressione sulla superficie dell’acqua. Questo aumento si trasmette all'acqua contenuta nel recipiente, che in parte entra nell’oggetto cavo comprimendo l'aria in esso contenuta, causandone una diminuzione di volume. A questo punto anche la spinta di Archimede, che è proporzionale al volume del liquido spostato, diminuisce e l’oggetto affonda. Aspirando invece l'aria tramite la pompetta si ottiene l'effetto inverso: l'aria che era all'interno dell’oggetto torna al volume originario, permettendogli di riemergere. Un meccanismo simile è realmente utilizzato dai pesci per variare verticalmente la loro profondità, tramite un organo chiamato vescica natatoria.



archimede_catalogo2011_17_DEF_interno_175 126 01-DEC-11 10:45:59

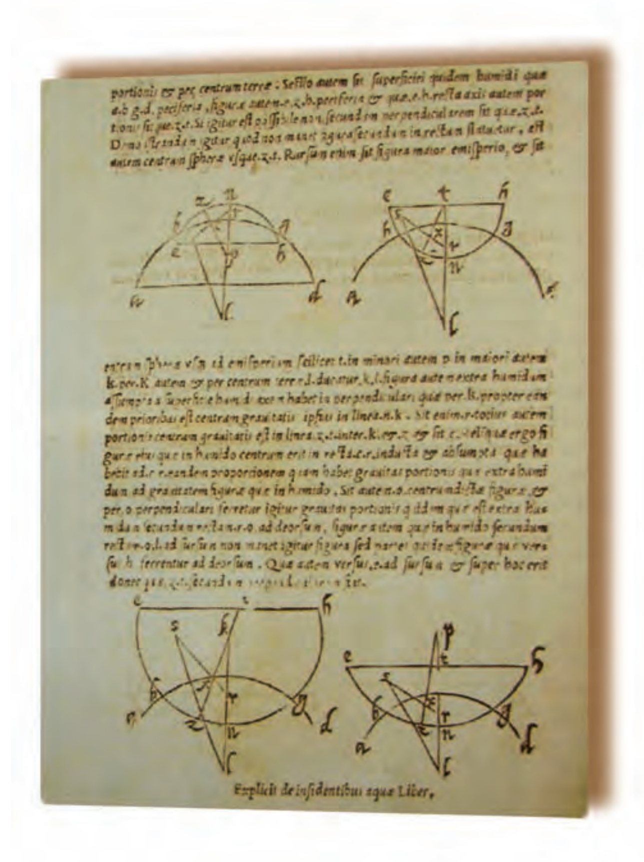
LIKE A FISH IN WATER

"The scientific and technological progress made during the Hellenistic period re-emerged during the Renaissance"

Archimedes' concept of hydrostatics, expressed in the treatise *On Floating Bodies*, was widely neglected during antiquity. The reasons why various works of the Syracusan genius slipped into oblivion are today being looked into by a large number of academics. The scientific historian Lucio Russo in particular speaks of an authentic *Forgotten Revolution*, and indeed the extraordinary scientific and technological progress made during the Hellenistic period disappeared for centuries from the stage of history, re-emerging only thanks to the renewed interest in the ancient world that characterised the Renaissance.

Significant further progress in the theory of hydrostatics was not recorded until the time of Pascal, according to whose law the pressure exerted at any point in an incompressible liquid is transmitted equally in all directions throughout said liquid, and of Stevin, who discovered the law whereby the pressure inside a liquid is directly proportional to the depth of the point examined.

There is a simple experiment that can offer us a clear demonstration of the intuitions of Archimedes: all that is required is a cylinder partially filled with water and a small hollow object inside it immersed in the water. The object floats thanks to Archimedes' buoyancy principle. If we blow air into the cylinder, there will be a rise in pressure on the surface of the water. This rise in pressure is transmitted to the water contained in the cylinder, part of which



enters the hollow object, compressing the air contained in it and thus bringing about a reduction in volume. The hydrostatic thrust, which is proportional to the volume of the liquid displaced, then also decreases, and the object sinks. If the air is sucked out with a pump, the opposite happens: the air that was inside the object returns to its original volume, thus allow it to re-emerge. A similar mechanism is actually used by fish in order to vary their depth vertically, using an organ known as the swimming bladder.

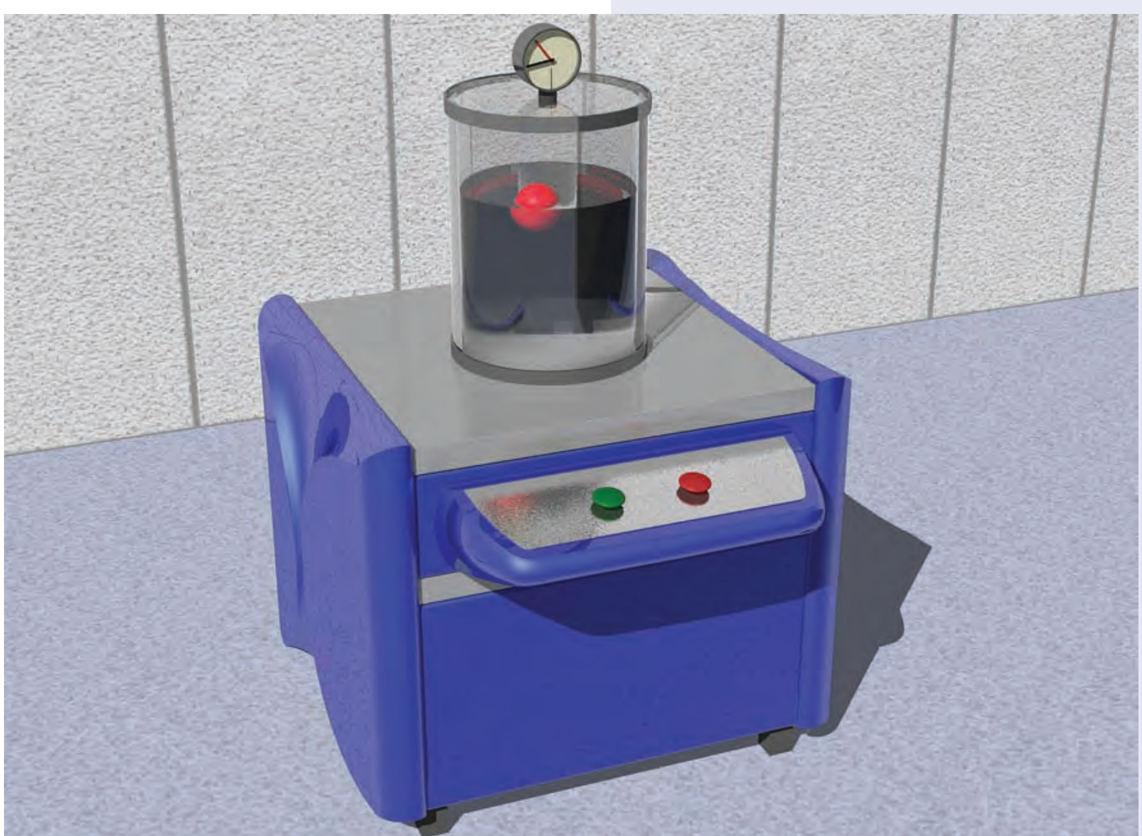
11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio10_W1_B

PEZ QUE SUBE Y BAJA

"los progresos científicos y tecnológicos del mundo heleno resurgieron en el Renacimiento"

La hidrostática de Arquímedes, expresada en el tratado *Los Cuerpos Flotantes*, fue bastante ignorada en la Antigüedad. Las razones de este olvido, que también afectó a varias de las obras del genio siracusano, son actualmente objeto de estudio de muchos expertos. Particularmente, el histórico de la ciencia Lucio Russo habla de una auténtica *Revolución olvidada*. De hecho, los extraordinarios progresos científicos y tecnológicos madurados durante la época griega desaparecieron de la escena de la Historia durante un largo período, para reaparecer posteriormente gracias al renovado interés por el mundo antiguo que caracterizó al Renacimiento.
Para ser testigos de posteriores progresos teóricos de apreciable envergadura en materia de hidrostática debemos trasladarnos a Pascal y a su principio, por el que la presión ejercida en un punto cualquiera de un líquido incomprimible, se transmite de manera inalterada en todos los otros puntos de dicho líquido. Fue Stevin quien descubrió el principio por el que la presión interna de un líquido es directamente proporcional a la profundidad del punto considerado.

Un simple experimento nos puede ayudar a aclarar las intuiciones de Arquímedes: cojamos un cilindro y llenémoslo parcialmente de agua y de un pequeño objeto hueco sumergido en el líquido. El objeto flota gracias al empuje de Arquímedes. Si introducimos aire en el cilindro, tendremos un aumento de la presión sobre la superficie del agua. Este aumento se transmite al agua contenida en el recipiente que, en parte, entra en el objeto hueco comprimiendo el aire contenido en él, causando una disminución de volumen. En este punto, el empuje de Arquímedes, que es proporcional al volumen del líquido desplazado, disminuye y el objeto se hunde. En cambio, aspirando el aire se obtiene el efecto contrario: el aire del interior del objeto vuelve al volumen originario, permitiendo que vuelva a emerger. Los peces utilizan un mecanismo parecido para variar verticalmente su profundidad a través de un órgano llamado vejiga natatoria.

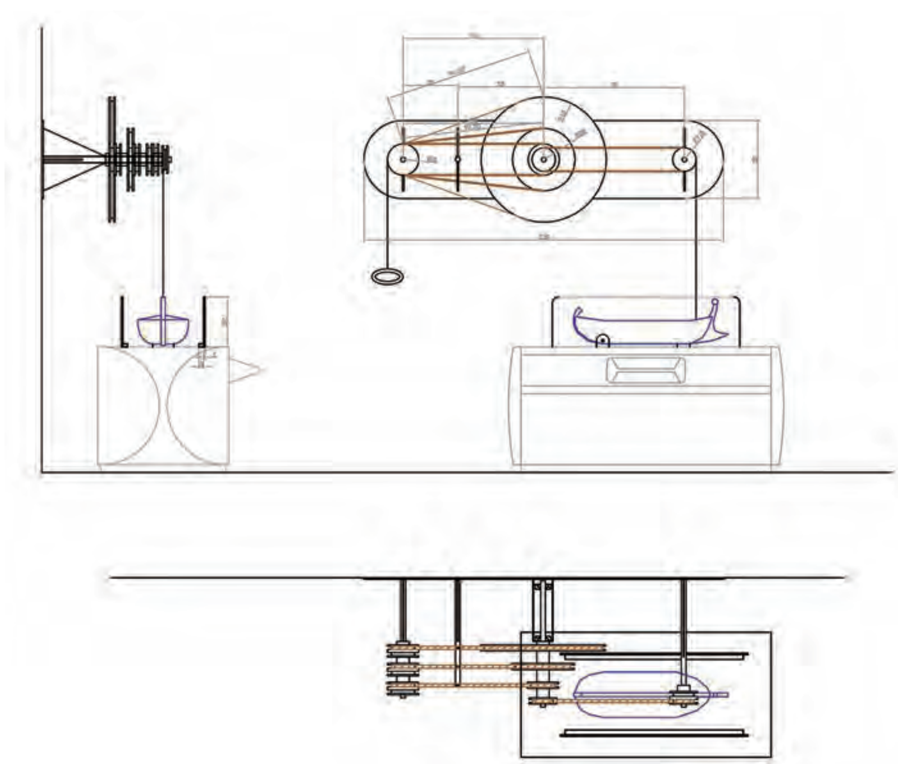


"alcune navi ricadevano su un fianco, altre si rovesciavano"

MANUS FERREA

The iron hand

MANUS FERREA



11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio10_W1_F

MANUS FERREA

<<[...] altri calavano una mano di ferro legata a una catena per mezzo della quale l'uomo addetto al governo del rostro, afferrata la prua, abbassava la parte inferiore della macchina verso l'interno del muro; in questo modo, sollevata la prua, faceva rizzare la nave sulla poppa, poi fissata la parte inferiore della macchina così che non si muovesse, per mezzo di un congegno apposito staccava la mano e la catena. In seguito a ciò alcune navi ricadevano su un fianco, altre si rovesciavano, quasi tutte, lasciate cadere dall'alto, imbarcavano acqua e si riempivano di confusione [...]».

Polibio, dall'opera dal quale è tratto questo brano, non è il solo a riferirci dell'impiego da parte dei siracusani della "mano di ferro" (*manus ferrea*) durante l'assedio della loro città nel 212 a.C. Archimede - fra i vari strumenti di guerra che aveva progettato per contrastare le forze navali di Marcello – aveva ideato anche questo complesso meccanismo, che sfrutta il principio della leva. La *manus* era sostanzialmente un rampone di ferro, attaccato ad una resistente catena, che veniva scagliato contro le navi con l'obbiettivo di "agganciarle" per la prua; e – una volta che il dispositivo aveva fatto solidamente presa – veniva tirata indietro verso terra. La forza applicata, che da sola non sarebbe certamente bastata, grazie al sistema di corde e pulegge che demoltiplicavano la forza resistente rappresentata dalla nave, riusciva ad alzare il vascello "arpionato", per poi farlo ricadere bruscamente. Gli effetti furono devastanti, come racconta lo storico Tito Livio: «la nave, come se precipitasse dalle mura, tra l'enorme panico dei marinai, a sbattere contro le onde con tale violenza che essa, anche se ricadeva diritta, riceveva parecchia acqua».

La manus ferrea non ebbe sviluppi successivi nel campo degli armamenti; tuttavia, il principio della leva, sul quale si fonda, è alla base di molti degli studi sulle macchine da guerra successivi, in particolare di Leon Battista Alberti e di Leonardo da Vinci.

archimede_catalogo2011_17_DEF_interno_175 130 01-DEC-11 10:45:59

THE IRON HAND

"some ships fell on their side, others capsized"

«[…] *Others lowered an iron hand attached to a chain, with which the man in charge of manoeuvring the beam would grasp the ship by the bow and pull the lower end of the machine towards the inside of the wall; thus, once he had lifted up the bow, making the ship stand upright on the stern, and immobilised the lower end of the machine, he used a particular device to release the hand and the chain. The result was that some ships fell on their side, while others capsized; almost all of them, having been dropped from a height, filled up with water, wreaking havoc everywhere […]*». The above account is taken from the works of Polybius, one of the writers who refer to the Syracusans' use of the "*iron hand*" (manus ferrea) during the siege of their city in 212 BC. This complex mechanism, based on the lever principle, was just one of a series of war machines devised by Archimedes to combat the naval forces of Marcellus. The hand (*manus*) was essentially a sort of iron claw, attached to a strong chain, launched against ships with the aim of grasping them by the bow; once the device had gripped the ship tightly enough, the vessel was reeled in towards dry land. The force exerted, which would certainly not have sufficed alone, was able - thanks to a system of ropes and pulleys that geared down the resistive force represented by the ship – to raise the "harpooned" vessel and then dash it back down. The effects were devastating: as the historian Livy explains, "the ship was smashed down as it were from the wall, causing intense panic among her crew, and hit the waves with such violence that it was swamped with water even if it happened to come down on an even keel".

The iron hand was developed no further in the field of weaponry; however, the principle of the lever, on which it is based, laid the foundations for many of the studies carried out on later war machines, especially those by Leon Battista Alberti and Leonardo da Vinci.

11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio10_W1_B

MANUS FERREA

"algunos barcos zarandeaban, otros volcaban"

«[…] Otros dejaban caer una mano de hierro atada a una cadena a través de la cual el hombre encargado d gobernar el espolón, enganchada la proa, hacia descender la parte inferior del barco hacia el interior de la muralla. De esta manera, levantada la proa, conseguía también levantar el barco por la popa, fijada posteriormente por la parte inferior del barco para que no se moviera, y a través de un artilugio especial, desenganchaba la mano y la cadena. Acto seguido, algunas naves se veían zarandeadas por un lado, otras volcaban y casi todas, lanzadas desde lo alto, se llenaban de agua y de confusión [ ]».

Polibio, de la obra de la que se ha extraído este pasaje, no es el único que habla del uso por parte de los siracusanos de la "mano de hierro" (*manus ferrea*) durante el asedio de su ciudad en el año 212 a.C. Arquímedes – entre algunos de los instrumentos de guerra que había ideado para contrarrestar las fuerzas navales de Marcelo – había creado este complejo mecanismo, que utiliza el principio de la leva. La manus era básicamente un arpón de hierro enganchado a una resistente cadena que se lanzaba contra los barcos con el objetivo de "engancharlos" por la proa y, una vez que el dispositivo había cogido el barco de manera sólida, lo lanzaba hacia atrás en dirección a la tierra. La fuerza aplicada, que por sí sola no habría sido suficiente, gracias al sistema de cuerdas y poleas que multiplicaban la fuerza resistente que procedía del barco, lograba levantar el barco "arponeado", para después dejarlo caer bruscamente. Los efectos fueron devastadores, como apunta el histórico Tito Livio: «el barco, como si se precipitara desde la muralla, entre el gran pánico de los marineros, para chocar contra las olas con tal violencia que, aunque cayese derecha, el agua entraba igualmente».

La manus ferrea no se desarrolló posteriormente en el campo de los armamentos. Sin embargo, el principio de la leva sobre el que se basa es el principio de muchos de los estudios sobre máquinas de guerra sucesivas, particularmente las de León Battista Alberti y Leonardo da Vinci.

11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio10_W1_B

Archimede, l`uomo delle idee

Jorge Wagensberg
Direttore Scientifico della Fondazione 'la Caixa'
Fisico, professore all'Università di Barcellona

Archimede fu matematico, fisico, ingegnere, inventore e astronomo. La sua esistenza (fra il 287 e il 212 a. C.) fu tutta una vita dedicata a perseguire la comprensione della realtà del mondo. La sua passione iniziava con il concetto stesso di idea e portava direttamente o indirettamente alla soluzione di un problema della vita reale. Non sappiamo molto della sua vita personale, tuttavia molto è quello che si può indovinare dalla sua opera, dalle questioni che affrontò, da come le risolse e dalle conseguenze che ebbero tutte le sue realizzazioni per la vita e la sopravvivenza dei suoi concittadini.

Però c'è una cosa che emerge sopra tutto il resto: la sua capacità di anticipare conoscenze e discipline intere che sarebbero maturate lungo i secoli, o anche i millenni, successivi… Nella scienza non basta avere un'idea (primo passo), l'importante è realizzare che l'idea è trascendente (secondo) e convincere di questo tutti (terzo). Archimede forse fu il primo creatore a comprendere l'importanza delle tre cose insieme. In molte occasioni cominciava cercando di risolvere un problema concreto (trascendenza), poi veniva l'idea

Archimedes was a mathematician, physicist, engineer, inventor and astronomer. He devoted his whole life (from 287 to 212 BC) to pursuing an understanding of the world. This passion of his began with the very concept of an idea, which would then lead – directly or indirectly – to solving a real-life problem. We know little of his private life as such, but there is much that can be deduced between the lines of his works, the questions he asked himself, how he resolved them and the consequences all of his findings had for the lives and indeed the survival of his fellow citizens.

There is one aspect, however, that perhaps emerges more potently than any other: the intuition that gave him a visionary glimpse of knowledge and indeed of entire disciplines that would not be fully developed until many centuries, indeed millennia, later....In the world of science, it is not sufficient to have an idea (step 1); it is also essential to realise the significance of that idea (step 2) and to convince others of its importance (step 3). Archimedes was perhaps the first creative mind to appreciate the importance of this threefold process. On many occasions he began with the desire to solve a concrete problem, was then struck by the idea (*Eureka!*),

Arquímedes, el hombre de las ideas

Jorge Wagensberg
Director Científico de la Fundación "La Caixa"
Físico, profesor de la Universidad de Barcelona

Arquímedes fue matemático, físico, ingeniero, inventor y astrónomo. Su existencia (entre -287 y -212) fue toda una vida dedicada a perseguir la comprensión de la realidad del mundo. Su pasión empezaba con el concepto mismo de idea y conducía directa o indirectamente a la solución de un problema de la vida real. No sabemos mucho de su vida personal, sin embargo mucho es lo que se puede adivinar a través de su obra, de las cuestiones que se planteó, de cómo las resolvió y de las consecuencias que tuvieron todos sus hallazgos para sus conciudadanos a la hora de vivir y sobrevivir.

Pero hay una cosa que destaca quizá sobre todas las demás: su capacidad para anticipar conocimientos y disciplinas enteras que habrían de madurar muchos siglos, incluso milenios después... En ciencia no basta con tener una idea (uno), además es importante darse cuenta de que la idea es trascendente (dos) y convencer de ello a los demás (y tres). Arquímedes quizá fuera el primer creador en darse cuenta del valor de las tres cosas a la vez. En muchas ocasiones empezaba queriendo resolver un problema concreto (trascendencia), luego venía la idea (*Eureka!*) y finalmente la difusión de la buena nueva a los cuatro vientos. En matemáticas lo intuyó casi todo. Por esa

11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio10_W1_F

Archimedes, the man of ideas

Jorge Wagensberg
Scientific Director of the 'La Caixa' Foundation
Professor of Physics at the University of Barcelona

(*Eureka*!), e finalmente la diffusione della buona notizia ai quattro venti. In matematica intuì quasi tutto. Per questa ragione qualsiasi pensatore che abbia dato un contributo alla matematica occupa un posto lungo il cammino iniziato da Archimede oltre due millenni fa. Newton e Leibniz si contesero il calcolo differenziale, Archimede lo intuì. Napier sviluppò i logaritmi, Archimede li intuì. Gödel ideò il teorema più importante nella storia della logica matematica. Archimede intuì la logica come disciplina matematica. Galileo e Newton concepirono la fisica moderna come una lettura matematica della realtà. Archimede mosse i primi passi in quella direzione pensando l'equilibrio e il movimento dei corpi. La combinatoria, la teoria della misura, la teoria dei grandi numeri, la geometria delle coniche e dei poliedri… Quasi nulla di importante sfuggì al finissimo olfatto di Archimede. Archimede, infine, anticipa buona parte della conoscenza intellegibile, obiettiva e dialettica che costituisce la scienza quale oggi la intendiamo. Archimede è insomma un pezzo importante della cultura umana.

Risulta che questa mente brillantissima, secondo molti la più brillante della storia, nacque, visse e morì qui a Siracusa. Corse da bambino lungo queste strade per giocare, e lungo queste strade da adulto passeggiò per pensare e riflettere sulle

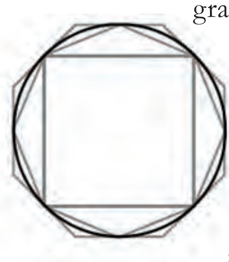
and finally spread the good news as widely as he could. In the field of mathematics, his was the intuition that led to almost every important discovery, and any thinker who has made any sort of contribution to mathematics has gone down a road opened up by Archimedes over two thousand years ago. Newton and Leibnitz argued over differential calculus, but it was Archimedes' intuition that led them to it. Napier developed logarithms, but again, it was Archimedes' intuition that took him there. Gödel devised the most outstandingly significant theorem in the history of mathematical logic, but Archimedes was the first to conceive logic as a mathematical discipline. Galileo and Newton are remembered for conceiving modern physics as a mathematical interpretation of reality, yet it was Archimedes who paved the way for this idea by reflecting on balance and the movement of bodies.
Combinatorial analysis, the theory of measurement, the theory of large numbers, the geometry of conics and polyhedra... there is virtually nothing of major importance that escaped the sharp intuition of Archimedes, who was also the precursor of much of the intelligible, objective and dialectical knowledge that makes up science as we understand it today. In a nutshell, Archimedes represents a significant slice of the culture of humankind.

razón cualquier pensador que haya aportado algo a las matemáticas ocupa un lugar del camino iniciado por Arquímedes hace más de dos milenios. Newton y Leibnitz se disputaron el cálculo diferencial, Arquímedes lo intuyó. Napier desarrolló los logaritmos. Arquímedes los intuyó. Gödel ideó el teorema más relevante de la historia de la lógica matemática. Arquímedes intuyó la lógica como disciplina matemática. Galileo y Newton arrancaron la física moderna como una lectura matemática de la realidad. Arquímedes dio también los primeros pasos pensando el equilibrio y el movimiento de los cuerpos. La combinatoria, la teoría de la medida, la teoría de los grandes números, la geometría de cónicas y poliedros,... casi nada relevante escapó al finísimo olfato de Arquímedes. Arquímedes, en fin, anticipa buena parte del conocimiento inteligible, objetivo y dialéctico que constituye la ciencia tal como hoy la entendemos. Arquímedes es, en suma, un buen pedazo de la cultura de la humanidad.

Y resulta que esta mente brillantísima, para muchos la mente más brillante de la historia, nació, vivió y murió aquí en Siracusa. Corrió como niño por estas calles para jugar y por estas calles paseó como adulto para pensar y reflexionar sobre las grandes cuestiones. Vio

11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio10_W1_F

Archimede, l`uomo delle idee



grandi questioni. Osservò lo stesso paesaggio che possiamo vedere oggi ed usò le stesse strutture che ancora esistono al giorno d'oggi, come il tempio dedicato ad Apollo o il teatro greco. In particolare non sarebbe per nulla strano che avesse contribuito al disegno e alla costruzione del teatro come non lo fu l'apporto della sua creatività alla difesa della sua città di fronte all'attacco dei romani. Il museo di Archimede è un omaggio della scienza attuale all'opera archimedea, ma è anche un omaggio alla sua passione volta a comprendere e a cambiare il mondo: un riconoscimento dei cittadini di Siracusa di oggi, in nome dei cittadini di tutto il mondo e dei cittadini di tutti i tempi.

And this exceptionally brilliant mind, believed by many to be the most outstanding in history, was born, lived and died here in Syracuse. He played in these very streets as a child, and as an adult, he strolled through the same streets, reflecting on questions of fundamental importance. He observed the same landscape we can see today, and some of the buildings he frequented can still be admired, such as the Temple of Apollo, or the Greek Theatre. It would come as no surprise, indeed, to find that he contributed to designing and building the theatre, as it is no surprise to find that his creative mind played a role in defending Syracuse when it was attacked by the Romans. The Museum of Archimedes is a homage to modern-day science not only to the work of Archimedes, but also to the passion he had for understanding the world and for changing it. It is a homage of the Syracusans of today to the citizens of the whole world and of the whole of history.

Arquímedes, el hombre de las ideas

el mismo paisaje que hoy podemos ver y vio y disfrutó las estructuras que aún existen hoy en día, como el Templo dedicado a Apolo o el Teatro Griego. En particular, no sería nada extraño que hubiera contribuido al diseño y a la construcción del teatro como tampoco lo fue que aportara su creatividad a la defensa de su ciudad ante el ataque de los romanos. El Museo de Arquímedes es un homenaje de la ciencia actual a la obra arquimediana, pero también es un homenaje a su pasión por comprender y por cambiar el mundo, un reconocimiento de los ciudadanos de la Siracusa de hoy en nombre de lo ciudadanos de todo el mundo y de de los ciudadanos de todos los tiempos.

Cronologia

733 a.C Dopo aver sconfitto i Siculi, i coloni greci fondano Siracusa
624 a.C. Nasce Talete (m. 547), il primo grande matematico e filosofo dell'antichità
575 a.C. Nasce Pitagora (m. 495); grazie alla sua opera la matematica diventa scienza
490 a.C. I Greci sconfiggono i Persiani nella battaglia di Maratona
469 a.C. Nasce Socrate (m. 399), il padre fondatore della filosofia greca
447 a.C. Ha inizio la costruzione del Partenone di Atene
428 a.C. Nasce Platone (m. 348), filosofo allievo di Socrate e fondatore dell'Accademia
384 a.C. Nasce Aristotele (m.322), filosofo di scuola platonica fonda il Liceo
323 a.C. Alessandro Magno muore a Babilonia, inizia l'età ellenistica.
290 a.C. Viene costruita la Biblioteca di Alessandria
287 a.C. A Siracusa nasce Archimede
285 a.C. Muore Euclide (n. 323), uno dei massimi matematici di tutti i tempi
282 a.C. Costruzione del Colosso di Rodi
276 a.C. Nasce l'astronomo Eratostene (m. 194); misura le dimensioni della Terra e ne dimostra la sfericità
264 a.C. Roma e Cartagine si scontrano per il dominio del Mediterraneo:ha inizio la prima guerra punica:
262 a.C. Nasce il matematico e astronomo Apollonio di Perga (m. 190); introduce i termini ellisse, parabola, iperbole
241 a.C. Termina la prima guerra punica
230 a.C. Muore l'astronomo Aristarco (n. 310); immagina un Universo dove il Sole è al centro e la Terra si muove attorno ad esso
218 a.C. Il generale cartaginese Annibale attraversa le Alpi: inizia la seconda guerra punica
216 a.C. I Romani vengono sconfitti da Annibale nella battaglia di Canne. Siracusa si allea con i Cartaginesi.
212 a.C. Archimede muore a seguito della conquista di Siracusa da parte dei Romani
202 a.C. Scipione sconfigge definitivamente i Cartaginesi nella battaglia di Zama; finisce la seconda guerra punica
196 a.C. In Egitto viene realizzata la Stele di Rosetta
190 a.C. Nasce l'astronomo Ipparco (m. 120); scopre la precessione degli equinozi e un metodo per prevedere le eclissi di Sole
146 a.C. Gli eserciti romani radono al suolo Cartagine
31 a.C. Ad Azio Roma sconfigge il Regno tolemaico d'Egitto; inizia il dominio romano sul Mediterraneo
100 d.C. Nasce l'astronomo e geografo Tolomeo (m. 175); scrive l'Almagesto, il più importante testo di astronomia dell'antichità.

Cronologìa

733 a.C. Derrota de los Sicilianos y fundación de Siracusa por los colonialistas griegos
624 a.C. Nacimiento de Thales († 547), el primer gran matemático y filósofo de la Antigüedad
575 a.C. Nacimiento de Pitágoras († 495); gracias a sus trabajos las Matemáticas se convierten en una ciencia
490 a.C. Los griegos derrotan a los persas en la batalla de Maratón
469 a.C. Nacimiento de Sócrates († 399), padre de la filosofía griega
447 a.C. Construcción del Partenón en Atenas entre 447 y 432 a.C.
428 a.C. Nacimiento de Platón († 348), filósofo, discípulo de Sócrates y fundador de la Academia de Atenas
384 a.C. Nacimiento de Aristóteles († 322), filósofo platónico y fundador del Liceo en Atenas
323 a.C. Muerte de Alejandro Magno en Babilonia
290 a.C. Construcción de la Biblioteca de Alejandría
287 a.C. Nacimiento de Arquímedes en Siracusa
285 a.C. Muerte de Euclides (n. 323), uno de los más grandes matemáticos de todos los tiempos
282 a.C. Construcción del Coloso de Rodas
276 a.C. Nacimiento del astrónomo Eratóstenes († 194); que midió las dimensiones de la Tierra y demostró que era esférica
264 a.C. Conflicto entre Roma y Cartago por el dominio del Mediterráneo; comienzo de la primera Guerra Púnica

archimede_catalogo2011_17_DEF_interno_175 137 01-DEC-11 10:45:59

Timeline

733 BC Defeat of the Sicilians; the Greek colonialists found Syracuse.
624 BC Birth of Thales (m. 547), the first great mathematician and philosopher of antiquity
575 BC Birth of Pythagoras (m. 495); thanks to his work math becomes a science
490 BC Defeat of the Persians by the Greeks in the battle of Marathon
469 BC Birth of Socrates (m. 399), the founder of Greek philosophy
447 BC Building of the Parthenon in Athens
428 BC Birth of Plato (m. 348), philosopher, disciple of Socrates and founder of the Academy
384 BC Birth of Aristotle (m.322), platonic philosopher and founder of the Lyceum
323 BC Death of Alexander the Great in Babylon
290 BC Building of the library of Alexandria
287 BC Birth of Archimedes in Syracuse
285 BC Death of Euclid (n. 323), one of the greatest mathematicians of all times
282 BC Building of the Colossus of Rhodes
276 BC Birth of the astronomer Eratosthenes (m. 194); he measured the dimensions of the Earth and demonstrated its spherical shape
264 BC Conflict between Rome and Carthage for power over the Mediterranean: beginning of the first Punic war
262 BC Birth of the mathematician and astronomer Apollonius of Perga (m. 190); he introduced the terms ellipse, parabola, hyperboles
241 BC End of the first Punic war
230 BC Death of the astronomer Aristarchus (n. 310); he had imagined a universe with the Sun at the centre and the Earth revolving around it
218 BC Crossing of the Alps by the Carthaginian general Hannibal: beginning of the second Punic war
216 BC Defeat of the Romans by Hannibal in the battle of Canne. Syracuse forms an alliance with Carthage.
212 BC Death of Archimedes during the Roman conquest of Syracuse
202 BC Final defeat of the Carthaginians by Scipio in the battle of Zama; end of the second Punic war.
196 BC Making of the Rosetta Stone in Egypt
190 BC Birth of the astronomer Hipparchus (m. 120); he discovered the precession of the equinoxes and a method to predict Sun eclipses
146 BC Destruction of Carthage by the roman army
31 BC Roman defeat of the Ptolemaic kingdom of Egypt in Actium; beginning of the Roman rule over the Mediterranean.
100 AD Birth of the astronomer and geographer Ptolemy (m. 175); he wrote the Almagest, the most important text on astronomy in antiquity

262 a.C. Nacimiento del matemático y astrónomo Apolonio de Pérgamo († 190) que introdujo los términos de elipse, parábola e hipérbola
241 a.C. Fin de la Primera Guerra Púnica
230 a.C. Muerte del astrónomo Aristarco (n. 310); imaginó el universo con el sol en el centro y la tierra girando a su alrededor
218 a.C. Cruce de los Alpes por el general cartaginés Aníbal: principio de la Segunda Guerra Púnica
216 a.C. Aníbal derrota a los romanos en la batalla de Cannas. Siracusa se alía a Cartago.
212 a.C. Muerte de Arquímedes durante la conquista romana de Siracusa
202 a.C. Escipión derrota a los cartagineses en la batalla de Zama; fin de la segunda Guerra Púnica
196 a.C. Creación de la Piedra Rosetta en Egipto
190 a.C. Nacimiento del astrónomo Hiparco († 120), descubrió la precesión de los equinoccios y un método para predecir los eclipses solares
146 a.C. Destrucción de Cartago por el ejército romano
31 a.C. Roma derrota al Reino Ptolemaico de Egipto, en Actium; comienza el dominio romano del Mediterráneo
100 d.C. Nacimiento del astrónomo y geógrafo Ptolomeo († 175), autor del Almagesto, el texto más importante de astronomía de la Antigüedad

11P0472 Catalogo_Archimedion_Trimboxes_foglio10_W1_F

1. **Archimedes of Syracuse** (c. 287 BC - c. 212 BC), Greek mathematician, physicist, engineer, inventor, and astronomer
2. **Christiaan Huygens** (1629 – 1695) Dutch mathematician, astronomer, physicist and horologist
3. **Emmy Noether** (1882 – 1935), German mathematician and physicist
4. **René Descartes** (1596-1650), French philosopher, writer and mathematician
5. **Kurt Gödel** (1906 –1978), Austrian logician, mathematician and philosopher
6. **Albert Einstein** (1879 – 1955), German-born theoretical physicist
7. **Galileo Galilei** (1564 –1642), Italian physicist, mathematician, astronomer, and philosopher
8. **Blaise Pascal** (1623–1662), French mathematician and philosopher
9. **Leonhard Euler** (1707 –1783), Swiss mathematician and physicist
10. **Benoît Mandelbrot** (1924 –2010), French American mathematician
11. **Andrey Kolmogorov** (1903 –1987), Soviet mathematician
12. **Isaac Newton** (1642–1727), English mathematician, philosopher and scientist
13. **John Napier** (1550 – 1617),. Scottish mathematician, physicist and astronomer
14. **Carl Friedrich Gauss** (1777 –1855), German mathematician and physicist
15. **Andrew Wiles** (1953 –), British mathematician
16. **Pierre de Fermat** (c. 1601 – 1665), French lawyer and mathematician
17. **Karl Weierstrass** (1815 –1897), German mathematician
18. **Gottfried Leibniz** (1646 – 1716), German mathematician and philosopher
19. **Bernhard Riemann** (1826 – 1866), German mathematician
20. **Georg Cantor** (1845 – 1918), German mathematician

Arkimedes & friends

Albert Alvarez Marsal ***La visita - The visit - La visita***
(Barcellona, 2011)