

*Liceo Mamiani*

*a.sc. 2011/12*

# EYPHKA

*Classe II A*

*Docenti interni : Nicoletta Allegretti e Alessandra De Angelis*

*Esperto: Dr. Diego Urbani*

## *Archimede, il genio nato dall'acqua*

Tra le innumerevoli invenzioni di Archimede, Vitruvio (I sec a.C.) nel de Architectura, 1. IX, 9-12, ricorda dettagliatamente la scoperta legata al celebre episodio della corona di Gerone. Tale scoperta è definita dall'architetto romano come espressione più alta dell'ingegno di Archimede. L'aneddoto narra quanto segue: il tiranno Gerone II (3° secolo a.C.) di Siracusa incaricò un abile orafo di realizzargli una corona da dedicare agli dei immortali e, allo scopo, gli consegnò un lingotto di oro purissimo. L'artigiano, dopo un certo tempo, presentò al tiranno una mirabile corona, riccamente lavorata, il cui peso era esattamente corrispondente a quello del lingotto d'oro. Il tiranno però sospettava che l'orafo avesse legato l'oro con un metallo più vile, ad esempio rame, trattenendone una parte per sé. Incapace di avvalorare i propri sospetti, il re si risolse a chiedere consiglio al maestro della matematica, Archimede. Si narra che tale incombenza avesse molto preoccupato Archimede, che vi rifletteva continuamente. Un giorno, mentre faceva il bagno, notò come il livello dell'acqua nella vasca si innalzasse man mano che vi si immergeva e come il suo corpo si facesse vieppiù leggero man mano che affondava nell'acqua. Ebbe quindi una folgorante intuizione e, si narra, che si precipitasse fuori dalla vasca gridando a perdifiato "eureka, eureka", ho trovato, ho trovato!

Cosa aveva trovato Archimede?

Aveva visto che il suo corpo riceveva da parte dell'acqua una spinta e che tale spinta era più forte mentre più si immergeva.

*Da questo scaturisce il principio che un corpo immerso in un fluido riceve una spinta verso l'alto pari al peso del liquido spostato.*

Notò quindi che, a parità di peso, corpi con un volume maggiore (quindi meno densi o con peso specifico minore) ricevevano una spinta maggiore.

Poiché l'oro puro è un materiale molto denso, ha un peso specifico di 19,25 (ossia a parità di volume l'oro pesa 19,25 volte più dell'acqua) mentre tutti gli altri metalli allora conosciuti avevano un peso specifico minore (ad esempio il rame ha un peso specifico di 8,93) Archimede ideò questo stratagemma per scoprire la truffa.

Se la corona fosse stata adulterata con altri metalli, a parità di peso, avrebbe dovuto occupare un volume maggiore del lingotto d'oro. Purtroppo, essendo la forma della corona molto complessa, non c'erano metodi matematici per determinarne il volume.

Archimede allora prese una classica bilancia a bracci eguali cui sospese da una parte un lingotto d'oro e dall'altra parte la corona: la bilancia rimase in equilibrio, come ci si aspettava.

Quindi immerse contemporaneamente la corona ed il lingotto in due recipienti d'acqua e si vide che il braccio cui era attaccato il lingotto si piegava verso il basso, dimostrando la frode avvenuta.

Infatti, essendo la lega della corona meno densa che non l'oro puro, riceveva, per via del maggiore volume di acqua spostata, una spinta idrostatica maggiore, scompensando la bilancia.

### ***L'immortalità del genio***

Archimede è considerato il primo matematico e fisico moderno, uno scienziato *pratico e teorico* al tempo stesso, inventore di macchine, teorizzatore di principi universali, il genio a cui chiedere la risoluzione di veri rompicapo o giochi matematici. A distanza di secoli la sua fama è rimasta intatta; chi non conosce le terribili macchine progettate in occasione dell'assedio di Siracusa, chi a volte non esclama “*eureka, eureka!*” quando scopre nella realtà di tutti i giorni un modo per risolvere problemi assai complessi? Eppure della vita di Archimede sappiamo assai poco e quel poco lo si può ricostruire in modo indiretto.

I-II sec. d. C.: Plutarco nella vita di Marcello (19, 8 - 12) raccoglie tutte le versioni disponibili sulla morte di Archimede durante la presa di Siracusa da parte dei Romani;

III – II sec. a. C.: Polibio, a proposito dell'assedio di Siracusa, descrive le macchine progettate da Archimede;

I sec. a.C. nel *De Architectura*, (IX, 9-12) Vitruvio parla di Archimede come di un genio e, a riprova del suo ingegno universale narra l'episodio della corona di Gerone, ancora ricordato quando si parla di idrostatica;

I sec. a. C. Cicerone nelle *Tusculanae disputationes* (V, 64-66) racconta del ritrovamento della tomba di Archimede a Siracusa.

Da questi pochi esempi risulta chiaro come la fama di Archimede sia rimasta intatta nel corso dei secoli e come le teorie di questo genio assoluto abbiano saputo influenzare le conoscenze scientifiche e la cultura universale.

Ma allora si potrebbe riconoscere un' influenza delle teorie di Archimede anche in letteratura?

Se si può romanzare la morte di Archimede, si può rintracciare uno spunto delle sue teorie anche in poesia?

Sembrerebbe trattarsi di un quesito degno del genio siracusano.

Eppure, chissà perché, il pensiero vola ancora al I sec. a.C., a Catullo, il *poeta novus*, innovatore della poesia latina, e al carne n. 7 che inizia proprio con un quesito posto da Lesbia. L' incipit è rappresentato dalla parola *quaeris* = tu chiedi; dal verbo *quaero* latino deriva la parola *quaesitus/ question*, dunque chiedere per avere una risposta.

Il quesito, di difficile soluzione, è il seguente:

*quanti baci sono sufficienti per il poeta Catullo, pazzo d' amore?*

La risposta in questo carme risulta, sotto certi aspetti, enigmatica.

Il poeta non si limita a dire tantissimi, infiniti, impossibili da contare cosicché gli invidiosi non possano gettarvi il malocchio, come nel carme n.5, ma aggiunge particolari eruditi alla sua risposta e scrive:

*“quanto è grande il numero dei granelli di sabbia libica che si estendono a Cirene ricca di silfio, tra l'oracolo infocato di Giove e il santo sepolcro dell'antico Batto o quante sono le stelle che quando tace la notte, vegliano gli amori furtivi degli uomini”.*

Una risposta contenente riferimenti dotti a lettere e scienze.

Proviamo ad elencarli.

Cirene è la città natale di Callimaco, ispiratore della poetica di Catullo, ma anche di Eratostene, matematico e maestro di Archimede, quello che misurò la circonferenza della terra. A Cirene, fondata da Batto, si incontrano culture diverse come dimostrerebbe anche la menzione del culto di Zeus Ammone diffuso sia in Occidente che in Oriente. Il silfio, per un certo periodo di tempo simbolo di Cirene, era utilizzato come pianta medicinale e come spezia.

E i granelli di sabbia? Sappiamo che Archimede all'inizio dell' opera intitolata *Arenario*, dedicata a Gerone, nella quale lo scienziato affronta il problema dei grandi numeri necessari alla quantificazione delle dimensioni dell' universo scrive:

*“alcuni pensano, o re Gerone, che il numero dei granelli di sabbia sia infinito in quantità: non intendo soltanto la sabbia che si trova nei dintorni di Siracusa e del resto della Sicilia, ma anche quella che si trova in ogni altra regione, abitata o deserta. Altri ritengono che questo numero non sia infinito, ma che non possa esistere un numero esprimibile e che superi questa quantità di sabbia”.*

Perché allora sforzarsi di calcolare un numero infinito di baci come nel carme 5 di Catullo? Introducendo nella scrittura alfabetico- numerica greca e, dunque, anche latina, la possibilità di ragionare in bimiradi, Archimede pretese di poter scrivere un numero ancora maggiore di quello dei granelli di sabbia necessari a riempire il cosmo. Strane coincidenze tra scienza e letteratura , scambio continuo tra due ambiti apparentemente diversi ma espressione del pensiero umano sempre in bilico tra sapere e saper fare.

### ***Catullo, carme n. 5***

*Vivamus, mea Lesbia, atque amemus*

*rumoresque senum severiorum*

*omnes unius aestimemus assis.*

*Soles uccidere et redire possunt:*

*nobis, cum semel occidit brevis lux,*

*nox est perpetua una dormienda.*

*Da mi basia mille, deinde centum,  
dein mille altera, deinde centum,  
deinde usque altera mille, deinde centum.  
Dein, cum milia multa fecerimus,  
conturbabimus illa, ne sciamus,  
aut nequis malus invidere possit,  
cum tantum sciat esse basiorum.*

Viviamo, mia Lesbia, ed amiamo  
e le chiacchiere dei vecchi troppo severi  
consideriamole del valore di un solo asse.  
I giorni possono tramontare e ritornare:  
noi, una volta che la breve luce è tramontata,  
dobbiamo dormire un' unica notte eterna.  
Dammi mille baci, poi cento,  
poi di nuovo mille, poi ancora cento,  
poi di nuovo mille, poi cento.  
Poi, quando ne avremo totalizzati molte migliaia,  
ne perderemo il conto, affinché neppure noi ne conosciamo il totale,  
o nessun malvagio possa gettarci il malocchio,  
sapendo che è tanto grande il numero dei baci.

***Catullo, carme 7***

*Quaeris quot mihi basationes  
tuae, Lesbia, sint satis superque.  
Quam magnus numerus Lybissae arenae  
lasarpicifer iacet Cyrenis,  
oraclum Iovis inter aestuosi  
et Batti veteris sacrum sepulcrum,  
aut quam sidera multa, cum tacet nox,  
furtivos hominum vident amores,  
tam te basia multa basiare  
vesano satis et super Catullo est,  
quia nec pernumerare curiosi  
possint nec mala fascinare lingua.*

Chiedi quanti baci tuoi,  
Lesbia, siano per me più che sufficienti.  
Quanto è grande il numero dei granelli di sabbia libica  
che si estende a Cirene ricca di silfio,  
tra l'oracolo infuocato di Giove  
e il santo sepolcro dell' antico Batto,

o quante sono le stelle che, quando tace la notte,  
vegliano gli amori furtivi degli uomini,  
tanti baci sono più che sufficienti per il pazzo Catullo:  
tanti che né i maligni possano contarli,  
né le malelingue gettarvi il malocchio.

***Cicerone, Tusculanae disputationes, V, 64-66***

*Ego quaestor ignoratum a Syracusanis, saeptum  
undique et vestitum vepribus et dumetis, Archimedis indagavi sepulcrum.  
Memineram enim quondam senariolos, qui declarabant in summo sepulcro  
sphaeram esse positam cum cilindro.*

*Ego autem cum omnia conlustrarem oculis – est enim extra portam sacram  
Cyanes magna frequentia sepulcrorum - animadverti columellam non  
multum e dumis eminentem, in qua inerat sphaerae figura et cilindri.*

*Atque ego statim Syracusanis – erant autem principes mecum – dixi illud  
ipsum esse sepulcrum, quod quaererem.*

*Immissi cum falcibus multi purgarunt et aperuerunt locum.*

*Cum patefactus esset aditus, ad adversam basim accessimus: apparebat  
epigramma dimidiatum fere, exesis posterioribus partibus versiculorum.*

*Syracusae sui civis acutissimi monumentum ignorassent, nisi ab nomine  
Arpinate didicissent.*

Quando ero questore ho scoperto il suo sepolcro, tutto circondato e rivestito  
di rovi e pruni, di cui i Siracusani ignoravano l'esistenza.

Ricordavo alcuni senari di poco conto, che dicevano che sulla sommità del  
sepolcro era posta una sfera con un cilindro.

Mentre scrutavo ogni angolo con lo sguardo (fuori della porta sacra a  
Ciane c'è un gran numero di sepolcri) scorsi una colonnetta che non  
sporgeva molto dai cespugli, su cui stava l'effigie di [una sfera e di un  
cilindro](#).

Subito dissi ai Siracusani (si trovavano con me i più ragguardevoli  
cittadini) che proprio quello era il sepolcro che cercavo.

In molti con falci ripulirono e sgombrarono il luogo.

Quando fu aperto l'accesso, ci avvicinammo al lato frontale del piedistallo:  
si vedeva un'iscrizione quasi dimezzata, in cui i versi si erano corrosi verso  
la fine di ciascuno.

Siracusa avrebbe ignorato l'esistenza della tomba del suo più geniale  
cittadino, se non gliel'avesse fatta conoscere un uomo di Arpino.

## **ESPERIENZE DI IDROSTATICA**

## ***RICHIAMI TEORICI***

### **DENSITA'**

Si definisce **densità** di una sostanza il rapporto tra la massa ed il volume di un corpo omogeneo che sia costituito di quella sostanza. Se  $m$  è la massa del corpo e  $V$  il suo volume, la densità  $\delta$  è

$$\delta = \frac{m}{V} \quad (1)$$

Nel SI la densità si misura in chilogrammi al metro cubo ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) ma è molto diffuso l'impiego di altre unità quali il grammo al centimetro cubo ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ), il grammo al litro ( $\text{g}/\text{l}$ ), e il grammo al millilitro ( $\text{g}/\text{ml}$ )

$$1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1 \frac{\text{g}}{\text{l}} = 10^{-3} \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 10^{-3} \frac{\text{g}}{\text{ml}}$$

L'equazione dimensionale della densità è  $[\delta] = [\text{ml}^{-3}]$

Se la massa non è distribuita in modo omogeneo nel volume di un corpo, la densità varia localmente da un punto all'altro del corpo e la (1) assume pertanto il significato di *densità media*.

### **DENSITA' RELATIVA**

Si definisce **densità relativa** di una sostanza il rapporto tra la densità della sostanza e la densità dell'acqua a  $4^\circ\text{C}$ , misurate entrambe in  $\text{g}/\text{cm}^3$ . Se  $\delta_s$  è la densità della sostanza e  $\delta_a$  e la densità dell'acqua, la densità relativa  $\delta_r$  è

$$\delta_r = \frac{\delta_s}{\delta_a}$$

Dato che è un rapporto tra due densità, la densità relativa è un numero puro. Poiché  $\delta_a = 1.00 \text{ g}/\text{cm}^3$ , si ha

$$\delta_r = \frac{\delta_s}{1.00 \text{ g}/\text{cm}^3} = \delta_s$$

Ossia, la densità relativa di una sostanza è uguale al valore numerico della sua densità espressa in  $\text{g}/\text{cm}^3$ . Ad esempio, se un liquido ha una densità di  $1.5 \text{ g}/\text{cm}^3$ , la sua densità relativa è 1.5, il che significa che esso è 1.5 volte più denso dell'acqua.

### **PESO SPECIFICO**

Si definisce **peso specifico** di una sostanza il rapporto tra il peso ed il volume di un corpo omogeneo che sia costituito di quella sostanza. Se  $p$  è il peso del corpo e  $V$  il suo volume, il peso specifico  $p_s$  è

$$p_s = \frac{p}{V} \quad (2)$$

Essendo,  $p = mg$  (con  $g$  accelerazione di gravità) dal confronto tra la (1) e la (2) risulta la seguente relazione tra densità e peso specifico

$$p_s = \delta g$$

Nel SI il peso specifico si misura in newton al metro cubo ( $N/m^3$ ). Nel linguaggio comune, in cui i pesi si esprimono anche in chilogrammi-peso ( $1kg_p=9.8N$ ), l'unità di misura del peso specifico è il chilogrammo-peso al metro cubo ( $kg_p/m^3$ )

$$1 \frac{N}{m^3} = \frac{1 kg_p}{9,8 m^3}$$

L'equazione dimensionale del peso specifico è  $[p_s] = [ml^{-2}t^{-2}]$

Nel linguaggio comune si dice che un uomo di corporatura media pesa per esempio  $75 kg_p$ , ossia  $(75 \cdot 9.8)N$ . Pertanto la sua massa vale

$$m = \frac{p}{g} = \frac{(75 \cdot 9.8)N}{9.8m \cdot s^{-2}} = 75kg$$

Dunque il peso di un corpo in  $kg_p$  e la sua massa in  $kg$  sono espressi dallo stesso numero.

Poiché il peso di un metro cubo di acqua è molto vicino a  $10^3 kg_p$  allora  $1ml$  o  $1cm^3$  di acqua pesa  $10^{-3}kg_p$  ed è a questa approssimazione che si farà ricorso nei calcoli degli esperimenti.

## **PRINCIPIO DI PASCAL**

*Qualsiasi variazione di pressione prodotta in un punto di un fluido si trasmette inalterata a tutti gli altri punti*

## **LEGGE DI STEVINO**

*In un fluido pesante e incompressibile la pressione cresce proporzionalmente alla profondità*

## **PRINCIPIO DI ARCHIMEDE**

*Un corpo immerso in un fluido riceve una spinta diretta dal basso verso l'alto di intensità uguale al peso del fluido spostato*

### **Esperienza 1**

Finalità: *verificare che un corpo affonda o galleggia quando la sua densità è rispettivamente maggiore o minore di quella del liquido in cui è immerso*

Materiali

- una sfera di resina fenolica
- una sfera di paraffina



- *un calibro*
- *due becher*
- *una bilancia digitale*

Utilizzando il calibro si misura il diametro di ciascuna delle due sfere per calcolare i loro volumi. Dopo aver utilizzato la bilancia per ricavare le masse delle due sfere, si calcolano le rispettive densità.

	<i>di</i>	<i>diametro</i>	$p$	$m$	$V$	$\delta_s$	$\delta_r$
Sfera resina	di	3.75cm	$47 \cdot 10^{-3} kg_p$	47g	$27.6cm^3$	$1.70g/cm^3$	1.70
Sfera paraffina	di	2.40cm	$18.8 \cdot 10^{-3} kg_p$	18.8g	$20.5cm^3$	$0.92g/cm^3$	0.92

Si immerge, poi, ciascuna delle due sfere nell'acqua contenuta nei becher e si osserva che quella di resina, più densa dell'acqua, affonda mentre la sfera di paraffina, meno densa dell'acqua, galleggia.

### ***Esperienza 2 ( diavoletto di Cartesio)***

Finalità: *mostrare che un modo per modificare le condizioni di galleggiamento di un oggetto è quello di alterare la sua densità*

Materiali

- *una bottiglia di plastica da 1.5l con il tappo a vite*
- *una siringa per iniezioni zavorrata con sigillo postale*

Il diavoletto non è altro che la siringa per iniezioni, con una bolla d'aria al suo interno, che viene immersa nell'acqua contenuta in una bottiglia di plastica. La siringa viene zavorrata in modo tale da galleggiare appena sotto il livello nell'acqua. Si avvita poi il tappo sulla bottiglia. Inizialmente il diavoletto galleggia poiché la densità media della siringa con la bolla d'aria è minore di quella dell'acqua. Se la bottiglia viene schiacciata, sebbene si agisca solo sulla parete esterna del contenitore, si produce un aumento di pressione in ogni suo punto interno. Ciò permette che altra acqua venga forzata a entrare nel diavoletto e che diminuisca il volume della bolla d'aria all'interno di questo. In questo modo la densità media della siringa diventa maggiore di quella dell'acqua e il diavoletto affonda. Facendo variare la pressione sulla bottiglia, si può far salire e scendere il diavoletto a qualsiasi profondità.

### ***Esperienza 3***

Finalità: *stabilire la purezza del metallo di cui è costituito un bracciale ad imitazione di Archimede nel problema della corona*

Materiali: *vedi testo*

Si utilizza un cilindretto di ottone di peso noto ed un bracciale di ugual peso fatto di un materiale incognito che sembra ottone. Si vuole sapere se è di questo materiale. Non è possibile ricavare la densità del bracciale attraverso il rapporto  $m/V$  poiché la sua forma complicata non consente di misurarne il volume. Se si appendono il cilindretto ed il bracciale ai due bracci di una bilancia, si osserva che, essendo i pesi identici, la bilancia si ferma in posizione di equilibrio. Si immergono, poi, il cilindretto ed il bracciale entro l'acqua contenuta in due recipienti. Si osserva allora che la bilancia si scompensa ed il cilindretto affonda. Quindi la sua densità è superiore a quella nel metallo del bracciale che, pertanto, non è ottone.

#### ***Esperienza 4***

Finalità: *verificare le leggi di Archimede e di Stevino*

Materiali

- *una sfera di resina fenolica*
- *uno stativo con raccordo a croce mobile*
- *due bilance digitali*
- *due becher*
- *una piaattafoma (con sospensione) da fissare allo stativo*

Sullo stativo da laboratorio è montata una bilancia digitale alla quale è possibile sospendere la pallina di resina fenolica dell'esperienza 1 che ha una massa di 47g. Prima di agganciare la pallina si azzerà la bilancia con la sospensione montata. La bilancia deve segnare con buona approssimazione circa 47g. Sulla verticale, sotto la pallina, poniamo un'altra bilancia digitale con un becher, pieno d'acqua per  $\frac{3}{4}$ , azzeriamo la bilancia. Facciamo scorrere il sostegno della bilancia superiore fino ad immergere completamente la pallina. Si vede che la bilancia superiore registra una diminuzione di peso pari a circa  $27.6 \cdot 10^{-3} kg_p$  (dovrebbe segnare un valore compreso tra 19.2 e 19.4); il che è coerente con il fatto che, avendo la pallina un volume di 27.6 ml, essa riceve una spinta verso l'alto di intensità  $27.6 \cdot 10^{-3} kg_p$ , pari al peso dell'acqua spostata.

Si osserva, inoltre, che la bilancia sottostante registra un aumento di peso pari a  $27.6 \cdot 10^{-3} kg_p$ . Infatti quando si immerge la sferetta, il livello dell'acqua nel recipiente sale; questo comporta un aumento di pressione sul fondo e quindi una forza più intensa diretta verso il basso sul recipiente stesso. La bilancia registra questo incremento.

## *Archimede*

Among Archimedes's numberless inventions, Vitruvio (1st cent. B.C.) in *de Architectura*, 1. IX, 9-12, records in detail the discovery linked to the famous episode of Gerone's crown. Such a discovery was defined by the Roman architect as the highest expression of Archimedes's mind. The anecdote tells what follows: The tyrant Gerone II (3<sup>rd</sup> cent. B.C.) from Siracusa charged a skilled goldsmith with making him a crown to be dedicated to the immortal gods; to that end, he gave him a pure gold bar. After some time, the craftsman gave the tyrant a richly wrought wonderful crown, the weight of which was exactly correspondent to that of the gold bar. However, the tyrant had a suspicion the goldsmith had alloyed the gold with a more base metal like silver, keeping a part for himself. As the king was unable to strengthen his suspicions, he decided to ask the Master of Mathematics, Archimedes, for help. It is told that that duty had greatly worried Archimedes, who was continuously thinking about it. One day, on having a bath, he noticed how the water level rose as he plunged into it, and how his body became lighter and lighter as he drowned into the water. He had a brilliant intuition and, it is told, he rushed out of the bath shouting at the top of his voice "eureka, eureka", I got it, got it. What had Archimedes got? He noticed that his body had received a thrust from water and the lower he plunged the stronger the thrust was.

*From this comes the principle that an object submerged in a fluid is buoyed up by a force equal to the weight of the fluid displaced by the object.*

Thus he noticed that, given the same weight, objects with a greater volume (so less dense or with a lower specific gravity) received a greater buoyancy. As pure gold is a very dense material, it has a specific gravity of 19,25 (that is, given the same volume, gold weights 19,25 times more than water), while all the other materials known up to then had a lower specific gravity (for example, copper has a specific gravity of 8,93), Archimedes devised this stratagem to discover the fraud. If the crown had been adulterated with other metals, given the same weight, it should have occupied a greater volume than the gold bar. Unfortunately, as the shape of the crown was very complex, there were no mathematical methods to determine the volume. Thus, Archimedes took some scales with identical beams, on which he hanged the gold bar on the one side and the crown on the other. The scales remained balanced, as expected.

Then he plunged the crown and the gold bar simultaneously in two water containers and it could be seen that the beam, on which the gold bar was attached was bending down, thus revealing the fraud.

Actually, as the crown alloy was less dense than pure gold, it received a higher buoyancy force due to the greater volume of fluid displaced, thus unbalancing the scales.