

MODULO 2

MASSA E DENSITA'

OBIETTIVO:

Permettere la conoscenza di alcune proprietà fisiche della materia

TARGET:

Scuola media

TEORIA:

Si definisce materia un ente che occupa un certo spazio nelle sue estensioni tridimensionali. Oggi sappiamo, grazie ad Einstein, che la materia può essere concepita come una manifestazione di energia condensata ($E=mc^2$). Il concetto di massa è associato al concetto di quantità di materia, tale accostamento, seppur non rigoroso, consente di definire numericamente quest'ultima e quindi di trattarla come grandezza fisica. Il termine "massa" viene adoperato tutte quelle volte che vogliamo esprimere in modo analitico e quindi misurare la quantità di materia di un determinato corpo. Ogni massa subisce una forza di attrazione quando è immersa in un campo gravitazionale. Nel nostro caso, questa forza è diretta verso il baricentro del nostro pianeta ed è proporzionale alla quantità di materia posseduta dal corpo stesso. Questa forza si chiama anche peso del corpo. Ogni corpo è costituito da atomi e ogni atomo produce il suo piccolo campo gravitazionale. Un corpo essendo costituito da una quantità enorme di atomi, manifesta una forza peso molto grande. Ogni atomo infatti, cumula il suo effetto gravitazionale e il peso dell'intero corpo cresce con il numero degli atomi che compongono il corpo.

Tuttavia, gli atomi non sono tutti uguali. Gli atomi di ferro pesano di più degli atomi di carbonio. Gli atomi di oro pesano, a loro volta, molto di più degli atomi di ferro. Quindi è corretto esprimersi dicendo che un corpo ha un peso, o anche una massa, che risulta proporzionale al numero degli atomi che lo costituiscono ma che dipende, altresì, anche dal tipo di atomi che lo compone.

Densità dei materiali

Gli elementi presenti in natura sono catalogati grazie ad uno schema chiamato "**Tavola Periodica degli Elementi**". Vedi appendice del modulo "Materia (concetti base)". Questo schema presenta in modo ordinato tutti gli elementi fino ad ora scoperti dall'uomo. Ogni elemento chimico è caratterizzato da un numero chiamato peso atomico. L'idrogeno è l'elemento più leggero in natura : il suo peso atomico è pari circa a 1. Il peso atomico del ferro, invece, è approssimativamente uguale a 55. Mentre quello dello stagno è vicino a 118. Visto quindi, che il peso atomico dello stagno è circa il doppio di quello del ferro, se prendiamo un listello di ferro e uno di stagno, di uguale volume, potremo aspettarci di trovare che quello di stagno abbia un peso ben maggiore di quello di ferro. In realtà non è così. Infatti, se pesiamo questi due listelli tramite una bilancia, osserviamo addirittura che quello di ferro pesa leggermente di più di quello di stagno. Questo fatto è spiegabile attraverso il

concetto di **densità** di un corpo, che sulla Terra al livello del mare, corrisponde al **peso specifico**. La soluzione di questo apparente paradosso la si può comprendere a pieno se si parte dal concetto che gli atomi oltre a differire nel peso atomico hanno anche dimensioni differenti (i chimici parlano di volumi atomici) e inoltre essi, quando si legano si dispongono a distanze interatomiche molto variabili a secondo della coppia di atomi che costituisce un legame. Ecco quindi perché, è stato conveniente definire una grandezza fisica che tenesse conto di queste condizioni e permettesse di legare insieme volume e peso di un corpo. Appunto il concetto di **peso specifico** che risulta essere il rapporto fra il peso e il volume.

$$P_s = \frac{P}{V}$$

Possiamo facilmente intuire la necessità di disporre di una tabella che riporta, per ogni materiale conosciuto, il valore del suo peso specifico. In questo modo potremo conoscere l'estensione in volume di un generico materiale avendo il peso o viceversa, possiamo prevedere il peso di un corpo conoscendo il suo volume.

Pesa di più un kg di piume oppure un kg di piombo? Questa semplice e scherzosa domanda, che può essere anche rivolta direttamente ad un pubblico di giovani studenti per verificare il loro stato di attenzione alla lezione, ci potrà chiarire esattamente come stanno le cose. Infatti, il peso specifico del piombo è molto grande. Un decimetro cubo (pari a 1 litro) di piombo, pesa 11,3 kg. Un kg di piombo quindi, è contenuto in un volume di spazio racchiuso in un cubetto con il lato pari a circa 4,4 cm

$$V = \frac{P}{P_s} = \frac{1}{11.3} = 0,088 \cdot dm^3 = 88 \cdot cm^3$$

(Infatti, 88 cm³ sono delimitati da un cubo di circa 4,4 cm di lato). Viceversa un kg di piume occuperebbe uno spazio estremamente grande, per esempio, questo grande quantitativo di piume potrebbe essere compreso in un sacco di dimensione simile a quello utilizzato per il trasporto della posta.

LABORATORI

1°Laboratorio Densità dei materiali

TARGET:

Scuola primaria

MATERIALE OCCORRENTE:

Bottiglia di vetro a collo largo del tipo usato per succhi di frutta, olio di vaselina liquido, colorante blu di metilene, palline di PVC, polietilene, polipropilene, sughero, pezzi di ferro, pezzi di polistirolo,

L'esperienza potrà essere utile ad evidenziare che i materiali presenti in natura hanno differenti pesi specifici. Inoltre, la presenza in aula delle bilance permetterà di parlare della forza peso e della gravità. Durante una lezione erogata ad una platea di giovani iscritti ad una seconda media, che trattava questo tipo di argomento ho personalmente realizzato un grosso cartellone a colori sul quale erano raffigurati i pianeti del sistema solare con la forza di gravità di ognuno. In modo particolare sul cartellone era indicato per ogni pianeta, la variazione della forza peso di un corpo relativamente a quello misurato sulla terra da parte dello stesso corpo. Per esempio, un corpo che sulla Terra pesa 1 kg, quando è posto sulla superficie di Giove il suo peso diventa 2,3 kg e così via per gli altri pianeti.

Anche quest'ultima constatazione rappresenta un'idea interessante che arricchisce la lezione di spunti e riflessioni utili alla comprensione dell'argomento. Molto utile fu, inoltre, il dibattito effettuato nella stessa lezione sull'assenza di gravità al centro di un pianeta e su come questa forza varia a seconda della posizione del corpo all'interno dell'involucro sferico della terra.

Inoltre, ricordo con nostalgia, anche il dibattito sulla legge di Galileo, che parla della caduta dei gravi verso terra alla stessa velocità e su alcune affermazioni relative al fenomeno, che mostrano (solo se portiamo il ragionamento al limite estremo) alcune curiose ma, spiegabili contraddizioni.

Durante questa lezione, soprattutto se l'erogazione è praticata a studenti di scuola media oppure a studenti di scuola elementare, è buona norma munirsi di alcuni accessori come pezzi di polistirolo e pezzi di ferro o di piombo per mostrare, direttamente ai convenuti, le differenze di peso specifico di questi materiali.

Il dispositivo però che intendo farvi preparare per effettuare questa lezione sulla densità dei corpi vi potrà stupire per la sua semplicità, ma, vi garantisco che esso è in grado di offrirvi un valido aiuto alla vostra lezione.

L'apparecchio consiste in una bottiglia di vetro trasparente a collo largo della capacità di circa 1 litro che deve contenere dell'acqua colorata, della vaselina liquida e alcuni oggetti colorati dotati di diversa densità (peso specifico). L'obiettivo è ottenere una condizione in cui le sostanze elencate si

dispongano progressivamente una sull'altra a secondo della loro densità. Vi consiglio di colorare l'acqua per rendere più evidente la linea di demarcazione fra essa e l'olio di vaselina. La vaselina si disporrà sopra l'acqua poiché ha una densità leggermente inferiore e il confine fra i due liquidi è reso facilmente evidente dalla rifrazione della luce sulla superficie dell'acqua. Per ottenere un effetto certamente più evidente, anche a quegli allievi posti più distanti dal pulpito, è comunque conveniente colorare l'acqua come ho fatto nel mio prototipo. Personalmente ho provato due tipi di coloranti, uno di essi chiamato SPADNS, che colora di rosso le soluzioni acquose, l'altro è il BLU di METILENE, un tipico colorante blu. L'effetto più interessante, anche in considerazione dei giochi di colore che successivamente ho voluto ottenere con gli oggetti immersi in acqua è stato quello ottenuto dal BLU di METILENE. La quantità necessaria per ottenere la colorazione dell'acqua è davvero minima. Basta quello che resta attaccato ad una punta di uno stuzzicadenti, per raggiungere con circa 500 cc di acqua la condizione di un colore sufficientemente saturo. Oppure, se il colorante è liquido, basta meno di una goccia. In ogni caso ognuno potrà facilmente adattare la saturazione di colore voluta. Vi consiglio però di usare acqua distillata (va molto bene l'acqua in vendita per i ferri da stiro) in modo da avere condizioni di stabilità a lungo termine del colorante. In ogni caso è buona norma conservare al buio la bottiglia poiché, con molta probabilità, il colore blu tenderà a schiarirsi dopo qualche tempo (lo SPADNS è molto più stabile). Appena avete preparato la quantità di acqua necessaria procedete affinché quest'ultima riempi circa la metà della bottiglia. A questo punto potete versare l'olio di vaselina in modo da raggiungere l'estremità del contenitore. Attenzione, calcolate uno spazio dal bordo sufficiente per consentire la visione del tappo di sughero, che risulta essere il materiale a densità più bassa (più leggero) di tutti gli altri, e quindi sarà l'oggetto che galleggerà in alto, appunto, sulla superficie della vaselina. Introducete all'interno poi alcune palline colorate. Alcune di esse, due al massimo, devono essere di PVC o di altro materiale plastico che ha una densità superiore all'acqua e quindi le troverete in fondo al contenitore. Altre palline invece devono essere di polietilene (PE) o di polipropilene (PP), in modo che esse galleggino sulla superficie di demarcazione fra l'acqua e la vaselina. Questi due materiali plastici appena nominati hanno, infatti, una densità di poco inferiore a quella dell'acqua. Io personalmente per tutti questi oggetti ho scelto dei colori fluorescenti in modo che fossero ben evidenti anche a quegli spettatori posti lontano dal pulpito di orazione. Il contenitore sarà successivamente chiuso e sigillato ermeticamente, in modo da poterlo trasportare agevolmente, senza pericolo di travasi molto seccanti. Voglio ricordare al lettore che, i materiali e le sostanze consigliate per realizzare l'apparecchio, sono stati scelti accuratamente in modo da avere un sistema stabile. In parole semplici, se lo capovolgete più volte, tutte le sostanze tornano facilmente ad occupare le stesse posizioni assunte al momento della preparazione del dispositivo senza rimescolamenti. Attenendovi a queste poche istruzioni sarete in grado di ottenerne la massima affidabilità nel tempo. Anche altre sostanze possono essere utilizzate per questo scopo e, in alcuni casi è possibile volendo, ottenere anche sistemi con tre liquidi in progressione. Il problema che potrebbe verificarsi in una tale sistemazione è costituito da eventuali interferenze fra il colorante e gli altri liquidi, oltre a eventuali problemi di miscibilità che potrebbero verificarsi fra i liquidi adoperati.

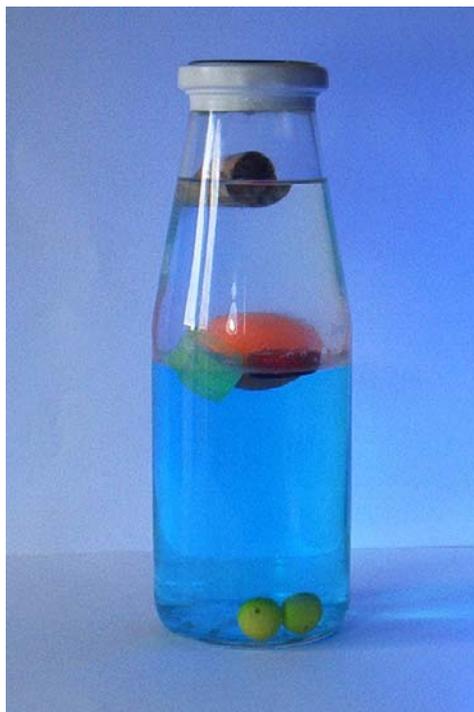


Fig. 1.2 - Separazione di vari materiali sulla base della loro densità -

Al termine di questo lavoro di assemblaggio, otterrete un oggetto simile a quello rappresentato dalla figura n. 1.2. Il sughero, rappresenta il corpo che ha la densità più piccola di tutte le sostanze introdotte nella bottiglia, esso sarà visibile in alto sulla superficie della vaselina. Poi c'è la vaselina, perfettamente trasparente, e successivamente le palline di plastica di polietilene che si sistemano sulla superficie di demarcazione vaselina/acqua. Nella parte inferiore c'è l'acqua, che, in questo caso è utile ricordare ha (per definizione metrologica) una densità unitaria, cioè pari a 1 kg/dm^3 . Infine ci sono le palline di PVC che sono di un materiale con densità più elevata dell'acqua e quindi, per ovvie ragioni, esse sprofondano fino al fondo del contenitore. Per un raffronto più preciso, provate a consultare l'appendice di modulo che contiene una tabella in cui appaiono i pesi specifici delle sostanze adoperate per questo esperimento.

In realtà questo tipo di esperimento, con qualche variante, può essere reso ancora più completo ma, la mia esperienza di comunicatore e di esecutore di apparati sperimentali, mi suggerisce il consiglio di non allontanarvi troppo dal tipo di esecuzione che vi ho illustrato. Volendo realizzare comunque, una bottiglia sperimentale più completa, è possibile aggiungere all'interno di essa del mercurio e un bullone di acciaio inossidabile eventualmente colorato in rosso per renderlo più evidente. Il mercurio ha una densità molto elevata, pari a circa $13,56 \text{ kg/dm}^3$, l'acciaio invece presenta una densità di circa $7,75 \text{ kg/dm}^3$, quindi, se prendiamo la bottiglia composta secondo le indicazioni precedenti e vi aggiungiamo una quantità di mercurio, per esempio due dita dal fondo, osserveremo la disposizione progressiva di tutti i costituenti. Sul fondo del contenitore ci sarà il mercurio, sulla superficie del quale galleggeranno il bullone d'acciaio e le palline di PVC. Sopra di esso, lo strato di acqua colorata e le palline di polietilene che galleggiano sulla superficie di quest'ultima. Infine la vaselina liquida e il sughero in alto a tutto il resto. Utilizzando il mercurio,

aggiunto all'acqua e alla vaselina, avremo una scala completa di densità crescenti, ma dovremo fare i conti anche con il costo del materiale, la sua intrinseca pericolosità e anche con la possibilità di una maggiore fragilità dell'intero sistema. Il bullone libero di muoversi, infatti, può urtare sulla superficie interna in vetro del contenitore rompendolo, lo stesso mercurio in movimento può dare condizioni di fragilità al contenitore. Quindi, fidatevi di me, non vi conviene. Per quello che dovete fare è sufficiente la realizzazione vista inizialmente.

2° Laboratorio

Misura del peso specifico di un metallo

TARGET:

Scuola primaria

MATERIALE OCCORRENTE:

Bilancia da orefice con pesi campioni, cubetti di materiale vario (vedi testo).

Per effettuare il secondo esperimento è necessario farsi preparare da un fabbro esperto, o da un tornitore, una serie di cubetti di materiale vario.



Fig. 2.2 - Cubetti di materiale con diverso peso specifico -

Personalmente ho utilizzato cubetti di 2 cm di lato per ragioni sia di costo che di compatibilità per la bilancia che possedevo. È evidente che in relazione alle proprie possibilità sperimentali è possibile accrescere questa dimensione. Anzi, cubetti più grandi sarebbero certamente più visibili e quindi si realizzerebbe uno dei principi base della comunicazione, cioè lavorare con esempi pratici visibili facilmente a tutta la platea. Cubetti troppo grandi, sarebbero però difficilmente misurabili con una bilancia di precisione. Comunque, risulta evidente che la dimensione dei cubetti dipende dalla

bilancia che avete deciso di utilizzare. I miei sei cubetti sono costituiti da: ferro, alluminio, plastica, rame, polistirolo e piombo. A questo punto, come ho già detto, bisogna disporre di una bilancia che possiede la dovuta precisione per apprezzare sia il peso del cubetto di piombo, che quello di polistirolo. A questo punto, descriverete i vari materiali, mostrando alla platea le differenze di peso di ognuno di essi.



Fig. 3.2 - Esempio di bilancia da utilizzare per l'esperimento -

Poiché i cubetti hanno tutti la stessa dimensione, sarà conveniente provvedere a misurare il volume ed annotarlo. Successivamente bisogna pesare i cubetti e dividere il peso per il volume. Da questa semplice operazione sarà possibile determinare il peso specifico dei materiali esaminati. A tale proposito, poiché vi sarete presi la briga di fornire in precedenza a tutti gli allievi una tabella dei vari pesi specifici, completerete la lezione mostrando la corrispondenza dei valori calcolati con quelli previsti teoricamente. Può essere anche utile da parte vostra informare i discenti sul valore del peso specifico del nostro pianeta, che risulta essere $5,5 \text{ kg/dm}^3$, effettuando successivamente le dovute considerazioni geologiche sul valore determinato (vedi nota).

L'uso delle varie bilance (che avete portato in aula), come la stadera, il dinamometro, eventualmente anche la bilancia casalinga da cucina, potrà costituire occasione di svago culturale nel descrivere le tecniche, i principi e le modalità di funzionamento di questi strumenti.

NOTA : le considerazioni geologiche, che possono essere fatte sul valore pari a 5,5 della densità della Terra, riguardano il fatto che poiché in superficie i materiali hanno una densità più piccola di questo valore (vedi l'acqua degli oceani e le rocce) è plausibile che il centro della terra sia formato da materiale con densità più elevata. Infatti le moderne teorie sulla struttura del nostro pianeta prevedono che la terra possa avere un nucleo di ferro e nichel allo stato liquido.

L'espressione peso specifico della terra non è corretta. È stata adoperata consapevolmente per esprimere il concetto. Nel caso della terra e di ogni altro pianeta si parla di densità. Consiglio a tal proposito di leggere l'allegato.

3°Laboratorio

Misura della densità di un liquido

TARGET:

Scuola primaria

MATERIALE OCCORRENTE:

Alcuni aerometri (densimetri) da 2 a 0,8 g/ml, Un cilindro di vetro trasparente lungo 40 cm e di 4 cm di diametro, un pacco di sale fino, acqua distillata.

Questa esperienza è in realtà una semplice misura di densità di un liquido. L'importanza didattica della misura è però fondamentale se viene effettuata ad un pubblico di studenti di scuola primaria. Tramite questa verifica, infatti, gli studenti possono assimilare il concetto di densità e possono comprendere come si comporta una soluzione. Tale prova è molto semplice e può essere effettuata senza problemi da qualsiasi docente. L'unico inconveniente è costituito dal fatto che occorre necessariamente uno strumento molto particolare chiamato **aerometro**. Non è uno strumento costoso ma risulta indispensabile possederne almeno uno e soprattutto avere anche un cilindro di vetro trasparente per poter completare la misura. L'aerometro è uno strumento in vetro che funziona grazie al principio di Archimede, per tale principio il lettore può consultare il modulo "Proprietà dei fluidi". Normalmente l'aerometro, o densimetro, si presenta di forma cilindrica con una scala lineare graduata e una base sferica o di altra forma, che pesca nel liquido di cui vogliamo misurare la densità. La base è normalmente riempita di palline di piombo in modo da permettere allo strumento di avere un peso calibrato. Vedi foto successiva:



Fig. 4.2 - Alcuni densimetri per liquidi -

In questo modo se riempiamo d'acqua distillata il cilindro di vetro e inseriamo l'aerometro, vedremo la superficie dell'acqua lambire la tacca della scala dello strumento contrassegnata dal valore $1,00 \text{ kg/dm}^3$ oppure $1,00 \text{ g/ml}$. Infatti, l'acqua distillata ha per definizione, una densità pari a 1 kg/dm^3 (a 4°C). Se proviamo a sciogliere nell'acqua distillata del sale da cucina, aggiungendo per esempio un paio di cucchiaini colmi, vedremo che l'aerometro galleggia di più e quindi sale leggermente verso l'alto, portando la superficie della soluzione a lambire una tacca della graduazione dello strumento diversa da quella di prima. In queste condizioni la densità della soluzione di acqua è più elevata.



Fig. 5.2 - Picnometro -

A questo punto potete approfittare dell'esperienza per parlare di quello che accade quando ci si immerge in una piscina oppure al mare, in relazione al diverso grado di galleggiamento di un corpo. Adirittura potrete citare il "mar morto" che si trova in Israele. Essendo quest'ultimo perennemente sottoposto a una forte evaporazione, si trova a possedere una concentrazione salina sovrassatura che aumenta enormemente la densità delle sue acque. Questo lago, per questa sua peculiare salinità, è una grande distesa d'acqua dove i corpi, che vi vengono immersi, galleggiano meglio di ogni altro specchio d'acqua presente sulla terra.

Qualora non fosse possibile venire in possesso di alcun tipo di misuratore di densità per liquidi, vorrei ricordarvi che costruire un aerometro non è un'impresa impossibile. Basta munirsi di una lunga provetta in vetro e utilizzare dei pallini in piombo che possono essere facilmente acquistati presso un rivenditore di articoli da caccia.

Con un foglio di quaderno può essere realizzata una scala di misura che sarà successivamente fatta scivolare all'interno della provetta. I pallini saranno posti in fondo alla provetta e il loro numero potrà essere determinato sperimentalmente. Utilizzando infatti, due liquidi, a densità nota, si può immergere la provetta prima in uno e poi nell'altro prendendo nota delle indicazioni della scala graduata.

Un altro strumento utilizzato per la misura della densità di un liquido è il "picnometro". Si tratta di un contenitore in vetro dotato di caratteristiche volumetriche molto accurate. Il picnometro infatti, può contenere al suo interno una quantità molto precisa di liquido. Questo fatto è reso possibile dalla forma stretta e allungata del tubo di rabbocco e dalla presenza della tacca di calibrazione.

Lo strumento viene pesato prima a vuoto e, infine, viene pesato quando al suo interno è posto il liquido da misurare. Se la pesata è fatta con precisione, può essere determinato il peso netto del liquido contenuto, indi effettuando il rapporto fra il peso e il volume otteniamo il peso specifico.

4° Laboratorio

Misura della densità di una roccia

TARGET:

Scuola primaria

MATERIALE OCCORRENTE:

Un cilindro di vetro graduato da 100 cc, una pietra affusolata che può penetrare all'interno del cilindro, qualche goccia di blu di metilene, una bilancia.

L'obiettivo di questa esperienza è quello di misurare la densità di una roccia o di un minerale, oppure un qualsiasi altro materiale omogeneo di forma geometrica irregolare.

Questa semplice esperienza può essere considerata anche pretestuosa al fine di produrre tramite il ragionamento, un tentativo di soluzione da parte dei discenti. Non dovete preoccuparvi della precisione del metodo, ma dovete enfatizzare la tecnica adoperata. Questa esperienza se effettuata con un uso attento delle parole, con la didattica più opportuna e, soprattutto, arricchita dalla viva partecipazione della platea, può diventare la fucina attraverso la quale vengono ravvivate le logiche di pensiero più profonde. L'esperienza è ovviamente rivolta a studenti di scuola primaria e può facilmente essere prodotta in aula non essendo necessario un laboratorio. Bisogna procurarsi un minerale, oppure una generica pietra. Questa non deve essere solubile in acqua né presentarsi spugnosa o piena di pori che potrebbero creare problemi durante la prova. Inoltre, essa deve essere omogenea, cioè deve essere costituita da un solo tipo di minerale. Può essere impiegata una roccia calcarea tipo cristallina, oppure un granito o ancora una roccia di quarzo. L'esperienza, anche se semplice, deve essere provata prima di essere effettuata in aula. Il cilindro graduato sarà riempito per due terzi di acqua, che sarà colorata

leggermente con blu di metilene in modo da rendere ben visibile a tutti il fenomeno. La roccia verrà pesata con una bilancia e si prenderà nota del valore scrivendolo alla lavagna. Mostrando la roccia ai discenti si indicherà la necessità di misurare la densità, ipotizzando che

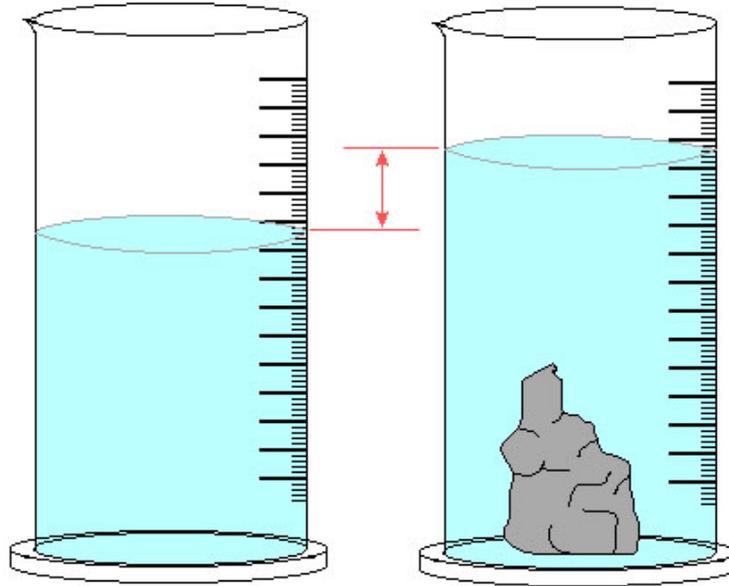


Fig. 6.2 - Misura del volume di un corpo solido insolubile -

la conoscenza di questa caratteristica del materiale possa essere fondamentale per determinare il tipo di materiale oppure per effettuare un certo lavoro di catalogazione della roccia. Vi soffermerete a mostrare l'effettiva difficoltà circa la misurazione del volume della roccia, dandosi che il minerale possiede una forma troppo irregolare. Cercherete di spronare la platea a formulare ipotesi di lavoro per trovare una soluzione al problema, ascoltando con pazienza ogni idea che verrà detta. Cercherete di percorrere le infinite metodologie proposte indicando per ciascuna i difetti o i pregi. Infine, porterete all'attenzione della platea il cilindro d'acqua che avete preparato e immergerete la roccia cautamente servendosi di una pressella (pinzetta). Poiché il livello raggiunto dall'acqua nel cilindro privo del materiale sarà stato accuratamente annotato, misurerete il livello dell'acqua nel secondo caso e, per sottrazione, potrete ottenere il volume di acqua spostato. Considerando che ogni ml di acqua spostato equivale ad 1cm^3 , si calcolerà facilmente il volume della roccia annotando lo stesso sulla lavagna.

Il bravo docente potrà approfittare di quest'occasione per discutere con i suoi allievi sul problema degli errori che tale metodo operativo inevitabilmente comporta e nel caso fare tutte le considerazioni necessarie per aumentare la precisione della misura qualora questo fosse possibile.

APPENDICE

PIANETA	Campo Magnetico ($\mu\text{Wb/m}^2$)	Peso di 1kg (terra =1)	-- g -- equatoriale m/s^2	Velocità di fuga equatoriale (km/s)	Distanza relative per Mercurio=1
MERCURIO	0.35	0.3	3.7	4.25	1.00000
VENERE	0.03	0.9	8.87	10.36	1.86859
TERRA	31	1	9.80	11.18	1.38250
MARTE	0.06	0.3	3.7	5.02	1.52353
Asteroidi					1.81552
GIOVE	400	2.3	23.1	59.54	1.88154
SATURNO	21	0.9	8.9	35.49	1.84123
URANO	20	0.9	8.9	21.29	2.00377
NETTUNO	13	1.1	11.0	23.71	1.56488
PLUTONE	?	0.073	0.72	1.27	1.30580
SOLE	Medio=100 Macchia = = 250.000	27.9	274	617.5	Media dei valori = phi
					1.618

Tabella 1.2 - che mostra alcuni dati dei pianeti del sistema solare -

L'ultima colonna mostra una curiosità. La media delle distanze dei pianeti dal sole, ponendo quella di mercurio pari all'unità, si avvicina al numero d'oro o sezione aurea.

°C	Densità kg/dm^3	°C	Densità kg/dm^3
0	0.99982	10	0.99977
1	0.99989	20	0.99829
2	0.99994	30	0.99571
3	0.99998	40	0.99225
4	1.0000	50	0.98802
5	1.0000	60	0.98313
6	0.99999	70	0.97763
7	0.99996	80	0.97160
8	0.99991	90	0.96506
9	0.99985	100	0.95805

Tab. 2.2 - Variazione della densità dell'acqua con la temperatura (pressione 1 atm) -

SOSTANZA	Ps	SOSTANZA	Ps
Acqua distillata	1.00	Legno di teak	0.63
Acqua di mare	1.025	Legno di tiglio	0.35 - 0.6
Acciaio	7.75	Legno di quercia	0.7 – 1
Acido cloridrico	1.64	Malachite	4.
Acido solforico	1.85	Marmo	2.6
Alabastro	2.87	Magnesio	1.7
Alcool	0.8	Manganina	8.4
Allumina (Al ₂ O ₃)	4.0	Mercurio	13.56
Alluminio	2.7	Molibdeno	10.3
Amianto	2.45	Naylon	1,14
Amido (scaglie)	1.53	Nichel	8.4
Ametista	3.92	Nomex (nylon H)	1.4
Antracite	1.32	Osmio	22.5
Argento	10.50	Olio di vasellina	0.9
Aria (0°C - 1 Atm)	0.00129	Olio di oliva	0.91
Avorio	1.86	Oro	19.30
Benzina	0.75	Ottone	8.5
Benzolo	0.88	Polipropilene (PP)	0,90
Boro	2.6	Petrolio	0.8
Bronzo	8.75	Peek	1.30
		Poliarileterchetone	1.32
Calcestruzzo	2.5	Polimetilmetacrilato (plexiglass)(PMMA)	1.2
Caolino	2.2	Polistirolo espanso	0.033
Carbone di legna	0.4	Poliestere	1.38
Carbonio (grafite)	2.25	PET	1.33
Carbonio(diamante)	3.52	Platino	21.45
Carborundo (SiC)	3.2	Quarzo	2.6
Cera	0.95	Rame	8.9
Cotone	1	Resine Epossidiche	1.2 – 1.3
Cuoio	0.86	Rubino	3.91
Costantana	8.8	Sabbia	1.4
Calcio	1.54	Sangue	1.035
Cobalto	8.9	Smeraldo (orientale)	3.95
Cloroformio	1.48	Sodio	0.97
Cromo	7.14	Stagno	7.28
Etere	0.7	Steatite	2.6
Ferro	7.8	Sughero	0.25
Gasolio (leggero)	0.83	Talco	2.7
	0.89		

Tabella 2.3 - Pesi specifici in kg/dm³ di alcune sostanze note -

SOSTANZA	Ps	SOSTANZA	Ps
Gesso	1.4	Teflon (PTFE)	1.9
Ghisa	7.25	Topazio	3.5
Glicerina	1.27	Titanio	4.51
Gomma (vulcan.)	1 – 2	Tungsteno	19.3
Grano	0.77	Uranio	18.7
Iridio	22.4	Vetro	2.5
Jodio	4.95	Zaffiro (orientale)	3.98
Kapton (poliimmide)	1.42	Zinco	7.14
Kevlar (poliammide)	1.45	Zolfo	1.93
Latte	1.04	Zucchero	1.6
Legno di abete	0.5	Zirconio Ossido	5.73
Legno di faggio	0.7	Acqua ossigenata	1.46

Tabella 2.3 (continuo) - Pesì specifici in kg/dm³ di alcune sostanze note -

Tipo di olio	Peso specifico in kg/dm³
Olio di arachide	0.95
Olio di colza	0.95
Olio minerale	0.8 (dipende dal tipo)
Olio di lino (cotto)	0.94
Olio di noce di cocco	0.92
Olio di semi	0.92
Olio di oliva	0.92
Olio di soia	0.91
Olio di vaselina	0.91- 0.90
Olio da taglio	0.90
Olio di ricino	0.90

Tabella 2.4 - Pesì specifici di alcuni tipi oli -

ALLEGATO

Nozioni sul peso dei corpi e la gravità

Risulta fondamentale capire la differenza concettuale fra massa di un corpo e il suo peso. Per massa noi intendiamo quel quantitativo invariabile di materia posseduto dal corpo (Una definizione più rigorosa, incentrata sull'inerzia verrà fornita più avanti), mentre il peso è la forza alla quale viene sottoposto il corpo quando è immerso in un campo gravitazionale. Di conseguenza il peso di un corpo può essere soggetto a variazioni anche molto ampie se la misura viene effettuata, per esempio, sulla superficie di un altro pianeta. Uno spunto interessante (per i piccoli scolari) può essere offerto dalle riprese televisive che mostrano gli astronauti galleggiare all'interno della loro navicella. A tal punto, farete osservare, che mentre la massa del corpo dell'astronauta è più o meno sempre la stessa del valore che aveva sulla Terra, il suo peso è praticamente zero o comunque un valore molto piccolo. A questo punto possiamo chiarire anche la differenza esistente tra **densità** e **peso specifico**. Infatti, il peso specifico è pari al rapporto fra **peso** e **volume** di un corpo, viceversa la **densità** è considerata il rapporto fra **massa** e **volume** di un corpo. La densità è quindi una grandezza costante, che non dipende dal posto dove collochiamo il corpo, ed entro certi limiti, otterremo la stessa misura, sia se il corpo è posto a livello del mare, sia se esso è collocato nella ionosfera oppure se lo poniamo sulla Luna. Il peso specifico è invece strettamente legato al peso del corpo e quindi dipende direttamente dal luogo dove è fatta la misura. Risulta evidente che, la differenza dei due termini, densità e peso specifico, si perde completamente se esprimiamo la grandezza qui sulla Terra. Infatti a livello del mare l'accelerazione di gravità (di circa $9,80 \text{ m/s}^2$) uguaglia la massa e il peso. Questo significa che possiamo sicuramente ritenere **1 kg massa = 1 kg peso**. Quando questa condizione è assicurata, cioè quando ci troviamo ancorati al nostro pianeta, possiamo parlare sia di densità che di peso specifico, in ambedue i casi stiamo parlando della stessa grandezza.

Anche la densità di un liquido si misura in kg/dm^3 (vedi tabella presente nell'appendice di modulo). In alcuni casi è possibile però trovare indicazioni di densità di sostanze liquide riportate con la vecchia unità di misura dei gradi Baumè (Bè). La densità di un liquido viene oggi misurata tramite uno strumento chiamato aerometro. Spesso questi strumenti hanno una scala convenzionale appunto riportata in gradi Baumè. Ci sono due tipi di aerometri, quelli che vengono utilizzati per misurare liquidi più leggeri dell'acqua pura e quelli invece utilizzati per misurare liquidi più pesanti dell'acqua pura. L'acqua pura ha una densità pari 1 kg/dm^3 a 4°C . Gli aerometri, utilizzati per misurare la densità dei liquidi a densità più bassa dell'acqua pura, hanno una scala graduata a numerazione crescente dal basso verso l'alto; in questi strumenti lo zero corrisponde al punto di affioramento in una soluzione acquosa di cloruro di sodio al 10% ed il numero 10 al punto di affioramento nell'acqua pura. Gli aerometri utilizzati invece per misurare la densità dei liquidi a densità più alta dell'acqua pura hanno una scala graduata a numerazione crescente dall'alto verso il basso; in essi lo zero corrisponde al punto di affioramento nell'acqua pura ed il numero 10 al punto di affioramento in una soluzione acquosa di

cloruro di sodio al 10%. Entrambi i casi si riferiscono per definizione a soluzioni misurate a 15°C. Per passare dai gradi Baumè al valore kg/dm³ e viceversa, si usano due formule pratiche approssimate. Per liquidi più leggeri dell'acqua:

$$d = \frac{144,32}{134,32 + \text{°Bè}} \quad \text{°Bè} = \frac{144,32}{d} - 134,32$$

Per liquidi più pesanti dell'acqua:

$$d = \frac{144,32}{144,32 - \text{°Bè}} \quad \text{°Bè} = 144,32 - \frac{144,32}{d}$$

Dove "d" è la densità ed "°Bè" il grado Baumè.

Ci sono anche aerometri tarati in percentuali peso / volume della soluzione come gli "alcoholometri" che servono per determinare le percentuali di alcoole.

Tornando alla massa di un corpo, è importante farvi osservare, che la teoria della relatività di Albert Einstein sostiene che la massa di un corpo varia con la velocità, e questa variazione diventa sensibile se il corpo viaggia ad una velocità prossima a quella della luce. Di conseguenza, il concetto d'invarianza della massa, che abbiamo prima accennato e che riscontriamo quotidianamente su di noi, si riferisce solo a casi in cui il corpo assume una velocità molto più piccola di quella della luce.

L'interpretazione corretta del campo gravitazionale prodotto da una massa generica in condizioni in cui possiamo trascurare i fenomeni relativistici è stata pubblicata da Newton nel 1687 sul compendio "Principi Matematici della Filosofia Naturale".

La relazione matematica che esprime la forza di attrazione gravitazionale fra due masse M_1 e M_2 poste alla distanza "d" è la seguente:

$$F = G \cdot \frac{M_1 \cdot M_2}{d^2} \quad (1.02)$$

La costante G è una costante di proporzionalità che dipende dai sistemi di misura adottati. Essa è pari a $6,67 \cdot 10^{-11}$ se la forza viene espressa in Newton, le masse in kg e la distanza in metri.

Questa legge è stata ampiamente dimostrata in numerosi casi. Basti pensare alla meccanica celeste, al moto delle sonde interplanetarie, la forza delle maree esercitata dalla gravitazione lunare sugli oceani, ecc.

La formula precedente n. 1.02, che permette di calcolare il valore del modulo della forza del campo gravitazionale che si estende fra due masse, può essere anche utilizzata per definire il valore della massa stessa. Normalmente però viene adoperata un'altra formula per definire correttamente la massa di un corpo.

(2.02)

$$F = m \cdot a$$

La formula n. 2.02 è anche chiamata l'equazione fondamentale del 2° Principio della Dinamica. Essa ci dice che, se sottoponiamo ad un corpo una forza costante "F" il corpo assumerà un'accelerazione "a" che dipende dal valore della massa del corpo. Infatti:

$$m = \frac{F}{a}$$

(3.02)

La massa di un corpo, può quindi essere definita come il rapporto fra la forza applicata e il valore dell'accelerazione che si produce su questa massa. Per ragioni metrologiche e anche pratiche, l'unità di massa, risulta oggi definita come la quantità di materia che costituisce il cilindro di platino-iridio conservato al B.I.P.M. di Sevres (Paris).



Fig. 7.2 - Campione di massa internazionale Sevres (Parigi) -

La massa di questo cilindro, definita anche con il nome "**BES**", corrisponde alla massa occupata da un litro di acqua distillata a 4°C. Questa massa risulta essere esattamente equivalente alla quantità di materia che assume un peso di 1 kg qui sulla Terra a livello del mare. In base a questa definizione, prodotta nel 1901 dalla terza Conferenza Generale dei Pesi e delle Misure, fu

necessario correggere l'unità di misura relativa al litro stesso. Quest'ultima, non risultò uguale al decimetro cubico. In realtà, per problemi derivanti dall'affinamento della misura del metro e della densità dell'acqua a 4°C, oggi risulta corretto esprimere **1 litro = 1,000028 dm³**.

È naturale, che per la maggior parte dei problemi pratici questa piccola differenza può risultare trascurabile.

Torniamo a parlare del nostro problema del campo gravitazionale, e facciamo qualche altra breve considerazione che ci servirà a chiarire alcuni problemi relativi alle unità di misura.

Se immergiamo il campione di massa di Sevres in un campo gravitazionale, esso sarà sottoposto ad una forza peso. Questa forza peso sarà pari alla misura di 1 kg se l'esperimento è condotto qui sulla terra a livello del mare.

Ricordiamo però che il campo gravitazionale della Terra non è costante in ogni luogo proprio perché la massa del nostro pianeta non è distribuita uniformemente in tutto il suo volume; di conseguenza ci saranno zone in cui la materia è più compatta, in cui la gravità è maggiore, e zone in cui la densità è inferiore e la gravità è un po' più piccola). La figura n. 8.2 mostra infatti, le variazioni del campo gravitazionale che possono essere misurate sulla nostra penisola. La forza gravitazionale generata dalla Terra è, inoltre, contrastata dalla forza centrifuga generata dal moto di rotazione del pianeta sul suo asse, quindi la forza risultante, che poi è il dato che andiamo a leggere sul quadrante di una normalissima bilancia, è il risultato del peso del corpo che dipende dalla gravità in quel punto meno "qualcosa" che dipende dalla forza centrifuga che agisce a quella specifica latitudine.

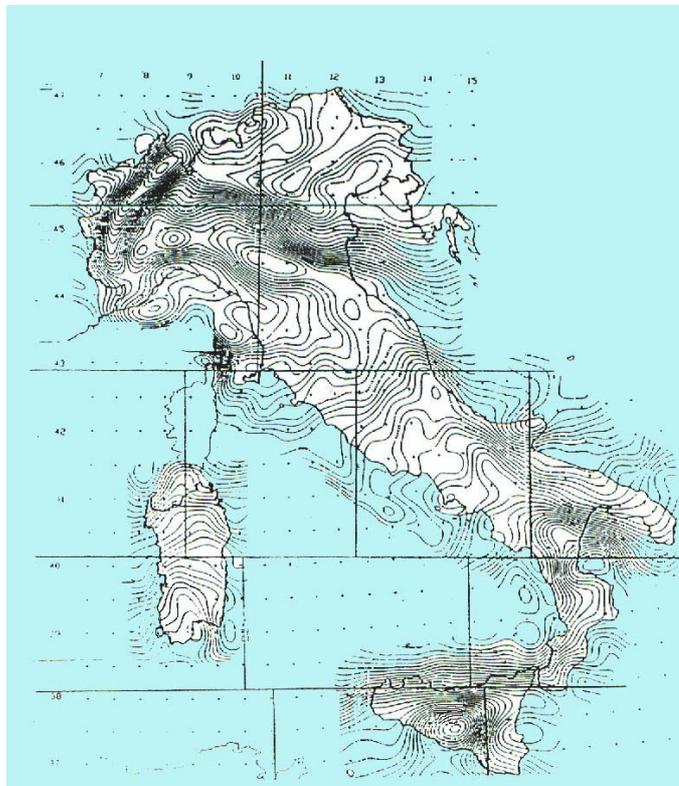


Fig. 8.2 - linee isogravitazionali -

L'entità di tale forza centrifuga che si oppone alla gravità dipende quindi dalla latitudine. All'equatore (dove la velocità della terra è pari a circa 465,1 m/s), la forza peso che misuriamo, essendo maggiormente contrastata dalla forza centrifuga è più piccola di quella che agisce ai poli.

Quindi, le nostre considerazioni devono essere fatte nell'ipotesi che questo campo sia costante. Oppure, considerando un campo di accelerazione gravitazionale medio pari a 9.8 m/s².

Ritornando al nostro campione di massa di Sevres, se volessimo calcolare l'accelerazione gravitazionale subita dal campione, quando quest'ultimo è immerso nel campo gravitazionale terrestre, possiamo utilizzare la formula prima definita, quindi possiamo scrivere:

$$a = \frac{F}{m} = 9,8 \cdot \frac{P}{m} \quad (4.02)$$

“P” è espresso in **kg peso** e “m” risulta espressa in **BES** quindi l'accelerazione “a” sarà espressa in **m/s²**. Il lettore badi bene che se invece esprimiamo “F” in **Newton (N)**, come normalmente dovrebbe essere, ed “m” sempre in **BES**, dobbiamo scrivere:

$$a = \frac{F}{m} \quad (5.02)$$

La formula appena scritta descrive esattamente che un corpo di massa pari a **1 BES** (kgmassa) sottoposto alla forza di **1 Newton** subisce una accelerazione di **1 m/s²**. Quindi, se usiamo la formula tradizionale n. 5.02 dobbiamo stare attenti ad utilizzare i Newton come unità di misura della forza. Altrimenti dobbiamo tenere presente il fattore 9,8. Per non incorrere in confusioni con le unità S.I. sappia che vale l'equivalenza tra misure di forza che si esprime scrivendo: **1kgp = 9.8 X Newton**, oppure che è la stessa cosa scrivere: **1 Newton = 0.102 kgp**.

Ho preferito chiarire attentamente questo punto poiché ho trovato spesso mancanza di chiarezza in alcuni testi e quindi conoscenza poco approfondita anche in molti cervelli.

Il lettore esperto ha certamente notato che io ho continuamente espresso l'unità di massa in BES, proprio per evitare elementi confusionali. Quando parliamo di BES, stiamo parlando dell'unità di massa costituita dal cilindro in platino iridio che pesa 1 kg depositata a Sevres a Parigi. Se il mio salumiere mi fornisce 1kg di pane, supponendo che la misura di peso sia stata effettuata con precisione, questo kg di pane equivale esattamente alla quantità di materia pari a 1 BES conservata a Parigi..

Inoltre, vista l'occasione propizia che abbiamo per parlare ora di queste cose, definiamo pure un'altra equazione che riguarda la massa. Un corpo di massa “m” dotato di velocità relativa “u” possiede una energia cinetica (energia di velocità) che dipende dalla relazione:

$$W = \frac{1}{2} m \cdot u^2$$

(6.02)

Se “m” viene espresso in **BES** e la velocità “u” in **metri/secondo** il lavoro “L” (o Energia) risulta espresso in **joule (J)** .

Sono costretto a questo punto a ricordare un'altra unita' di misura relativa al lavoro o energia che, anche se molto vecchia e in disuso, a volte può essere citata in qualche libro. Sto parlando del kilogrammo-metro (kgm). Essa rappresenta l'energia o lavoro speso per spostare un corpo alla distanza di un metro, tramite la forza di un kg peso.

Si dimostra che 1kgm =9,8 joule.

NOTE 1:

L'espressione “BES” relativa alla massa del campione di platino depositata a Sevres è oggi poco usata. Gli studiosi preferiscono adoperare il kg massa come termine di confronto con la forza. In questo testo, per ragioni espressamente didattiche, ho ritenuto farne uso per rendere più chiara la spiegazione e per evitare confusioni con il kg peso.

NOTE 2:

Un giorno una ragazza di scuola superiore mi disse come poteva essere spiegata la 2° legge di Keplero. Questa legge dice testualmente che “L'area descritta dal raggio vettore di un pianeta che ruota attorno alla propria stella è proporzionale al tempo impiegato a percorrerla “. In pratica un pianeta corre più velocemente sulla sua orbita se si trova vicino alla stella. È evidente, dissi alla studentessa, che se un pianeta si avvicina alla stella, aumenta la forza di attrazione gravitazionale. Per questo motivo il pianeta accelera, in modo, da incrementare la forza centrifuga che bilancia la sua posizione sull'orbita. La ragazza però non era completamente soddisfatta, mi confido' che lei non si spiegava perché tutto avveniva proprio in quel modo. Ci pensai un attimino. Subito dopo presi una stoffa di qualche metro di lato e chiesi alla ragazza con l'aiuto di mia figlia di tenere teso il panno in posizione orizzontale. Posi poi al centro del panno una palla di biliardo che con il suo peso curvò il panno. Mi munì di una biglia di vetro che feci scivolare lungo il panno. Fu meraviglioso. La pallina identicamente ad un pianeta che ruota intorno alla sua stella, aumentò la velocità nei pressi della palla da biliardo. Feci notare alla studentessa, che la curvatura del panno di stoffa era la causa del fenomeno e posi chiari i termini del campo gravitazionale e della sua proprietà di curvare lo spazio, in accordo alla teoria generale di relatività. Questo piccolo aneddoto, che successe tanti anni fa', vuole essere un esempio, per il lettore attento di come può essere facile, con l'aiuto di piccole cose presenti nella vita di tutti i giorni, realizzare esempi semplici che illustrano fenomeni più complicati. La gioia più profonda che provai quel giorno fu però lo sguardo della studentessa, che con l'espressione dei suoi occhi grandi, mi fece intendere che aveva capito.

Illazioni e pensieri dell'autore

Supponiamo di vivere su di un pianeta che possiamo immaginare come una grossa calamita. Per semplificare la nostra supposizione possiamo ritenere di trovarci esattamente sopra uno dei due poli e dobbiamo supporre inoltre che il campo magnetico prodotto da questo pianeta sia di diversi ordini di grandezza più elevato di quello in cui siamo abituati. Ovviamente supponiamo di avere anche un campo gravitazionale normale, abbastanza simile a quello che permea il nostro pianeta abituale. Facciamo ancora un'altra supposizione, ammettiamo che per qualche assurda ragione non ci siamo accorti di questo campo magnetico molto elevato e che il nostro corpo ci possa vivere comunque normalmente. Quindi possiamo fare tutte le cose normali di sempre; andiamo a caccia, corriamo, mangiamo, studiamo ecc.

Adesso supponiamo che uno studioso che vive su questo pianeta, stia studiando la gravità dei corpi e la forza di attrazione di questi ultimi verso il pianeta stesso. Per esempio possiamo supporre che lo studioso stia cercando di determinare il peso specifico dei vari materiali. Il filosofo si munisce di un dinamometro e cerca di confrontare corpi metallici di uguale volume. Ben presto egli si accorgerà che il ferro ha un peso specifico molto elevato, il più elevato di tutti, supponiamo 65 kg/dm^3 . Il lettore ovviamente ha compreso che essendo il ferro ferromagnetico esso sarà attratto verso il pianeta da una forza magnetica molto elevata, per cui obbligherà il filosofo a commettere un errore nell'apprezzamento del peso specifico. Quando successivamente, il filosofo deciderà di sottoporre a verifica sul dinamometro un volume uguale di piombo, essendo quest'ultimo non influenzabile dal campo magnetico, si verificherà una misura pari ad un valore di $11,35 \text{ kg/dm}^3$ come ci si poteva aspettare. Anche l'elemento osmio sottoposto alla prova del dinamometro essendo non direttamente influenzabile dal campo magnetico mostrerà un peso specifico di $22,5 \text{ kg/dm}^3$.

Alla fine di questo esperimento il filosofo non avrà alcun dubbio nello stabilire che il ferro è l'elemento più pesante poiché la sua densità è la più elevata in assoluto.

Questo semplice ragionamento vuole indurre il lettore a considerare una possibilità e cioè quella, che le nostre misure di campo gravitazionale, soprattutto quelle studiate fra elementi o aggregati microscopici, devono essere realizzate con una certa attenzione e valutate considerando anche altri aspetti. In ogni caso il ragionamento ha come unica pretesa quello di stimolare il pensiero è la mente.

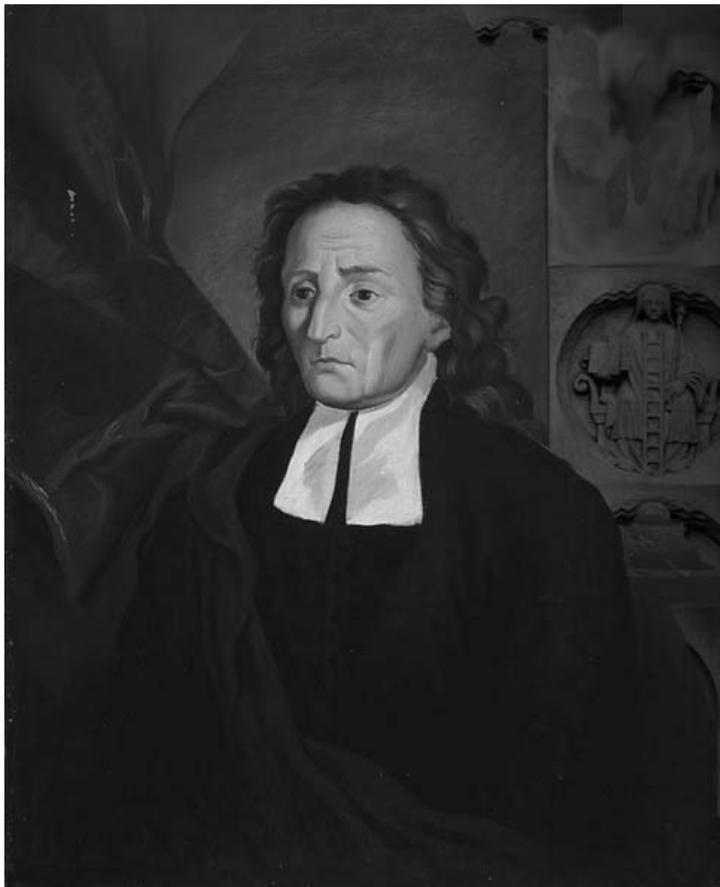
C'è un altro interessante esperimento concettuale che ha sempre affascinato la mia mente quando ero giovanissimo. Supponiamo di avere due grossi sacchi di tela all'interno dei quali io confusamente posso introdurre dei magnetini al neodimio ferro boro. Supponiamo migliaia e migliaia di magnetini. Tutti i magnetini si dispongono in modo piuttosto disordinato cercando di compattarsi nella maniera più opportuna affinché riempino lo spazio (supposto sferico) dei due sacchi e cercando in qualche modo di trovare una collocazione spaziale che medi le forze attrattivo-repulsive in maniera da assumere lo stato a più bassa energia possibile. Cosa succede se avviciniamo i due sacchi così riempiti ? Di quale natura sarà la forza che cominciamo ad apprezzare quando i due sacchi si trovano ad una vicinanza opportuna ? Ebbene ogni studioso che

abbia avuto una certa dimestichezza a trattare magneti può certamente affermare che i due sacchi di tela cominceranno ad attrarsi.

Nelle regioni dove i sacchi si trovano a diretto contatto infatti, i magneti, con dei piccoli assestamenti lungo le loro direzioni primitive mediate anche dalle forze prodotte dai magnetini vicini, si conformeranno in modo da ottenere una configurazione attrattiva (provare per credere).

Supponiamo che il campo gravitazionale prodotto dalla materia, sia il risultato di una sovrapposizione non coerente dei campi elettrici dipolari prodotti dagli atomi e dalle molecole che la costituiscono. In questo caso non è difficile immaginare che il campo possa essere solamente attrattivo, anche non eliminando del tutto l'ipotesi che in determinate condizioni di coerenza particolare possano verificarsi eventualmente anche repulsioni gravitazionali. Su questa balzana ipotesi, che io ebbi modo di farneticare numerosi anni or sono, possono nascere delle interessanti prospettive di speculazione teorica che vedono il campo gravitazionale come un fenomeno più macroscopico che microscopico.

Queste illazioni non sono assolutamente dimostrate e vogliono solamente porre alcuni lettori a riflettere con mente aperta. Il noto filosofo Gian Battista Vico diceva: L'uomo prima ascolta, poi avverte con animo perturbato e commosso, indi riflette con mente pura.



- Giovan Battista Vico (1668 – 1744) -