



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI UDINE
Facoltà di Scienze della Formazione Primaria

QUADERNO DELL'INSEGNANTE

Didattica della Fisica

di

SONIA DALLA COSTA

matricola: 87787

mail: soniadallacosta@gmail.com

Docente:

Prof.ssa Marisa Michelini

Indice generale

1 INTRODUZIONE ALLA FISICA.....	7
1.1 Che cos'è la fisica? Che cosa studia?	7
1.2 Che metodo utilizza?	7
1.3 Misure e strumenti di misura	7
1.4 FARE CON I BAMBINI	9
1.4.1 Il metodo scientifico.....	9
1.4.2 Misura, strumenti di misura ed errori.....	9
1.4.2.1 Esercizio 1.....	9
1.4.2.2 Esercizio 2.....	9
1.4.2.3 Esercizio 3.....	9
1.4.2.4 Esercizio 4.....	9
2 IL MOTO.....	10
2.1 Definizione	10
2.2 Che cos'è la posizione?	11
2.3 Che cos'è lo spostamento?	12
2.4 Che cos'è la velocità?	12
2.5 Il moto rettilineo uniforme	12
2.6 L'accelerazione	12
2.7 Moto rettilineo uniformemente accelerato	13
2.8 Moto del proiettile	13
2.9 Moto vario	14
2.10 Moto circolare uniforme	14
2.11 FARE CON I BAMBINI	15
2.11.1 Sistema di riferimento.....	15
2.11.2 Esercizi sui vettori.....	15
2.11.2.1 Esercizio 1 (posizione, spostamento).....	15
2.11.2.2 Esercizio 2 (somma vettoriale).....	15
2.11.2.3 Esercizio 3 (diagramma orario).....	15
2.11.3 Esercizi sulla velocità.....	16
2.11.3.1 Esercizio sulla velocità (1).....	16
2.11.3.2 Esercizio sulla velocità (2).....	16
2.11.4 Accelerazione.....	16
2.11.5 Moto rettilineo uniforme.....	16
2.11.6 Moto uniformemente accelerato.....	16
2.11.7 Moto del proiettile.....	16
2.11.7.1 Esercizio 1.....	16
2.11.7.2 Esercizio 2.....	16
2.11.7.3 Esercizio 3.....	16
2.11.8 Moto vario.....	17
2.11.9 Moto circolare uniforme.....	17
2.11.10 Accelerazione di Coriolis.....	17

3 LA DINAMICA.....	18
3.1 Definizione di forza e principi di Newton	18
3.2 Il peso	18
3.3 La forza elastica	18
3.4 Il dinamometro	19
3.5 Equilibrio statico	19
3.6 Forze attive e passive	19
3.7 L'attrito	20
3.8 Le reazioni vincolari	20
3.9 Massa inerziale e massa gravitazionale	21
3.10 Lavoro e potenza	21
3.11 Forze conservative	22
3.12 Energia potenziale elastica e gravitazionale	22
3.13 Energia cinetica	23
3.14 Energia meccanica e conservazione	23
3.15 FARE CON I BAMBINI	24
3.15.1 Primo principio della dinamica.....	24
3.15.2 Secondo principio della dinamica.....	24
3.15.3 Terzo principio della dinamica.....	24
3.15.4 Massa e peso.....	24
3.15.5 La forza.....	24
3.15.6 Costruzione del dinamometro.....	24
3.15.7 Equilibrio stabile.....	25
3.15.7.1 Esercizio 1.....	25
3.15.7.2 Esercizio 2.....	25
3.15.7.3 Esercizio 3	25
3.15.8 Attrito ed energia cinetica.....	25
3.15.8.1 Esercizio 1.....	25
3.15.8.2 Esercizio 2 (attrito radente).....	25
3.15.8.3 Esercizio 3 (attrito volvente).....	25
3.15.8.4 Esercizio 4 (attrito viscoso).....	25
3.15.9 Le reazioni vincolari.....	26
3.15.10 Lavoro.....	26
3.15.11 Energia potenziale	26
4 I FLUIDI.....	27
4.1 Fluidi e densità	27
4.2 Equilibrio dei fluidi, pressione e pressione idrostatica	27
4.3 Il principio di Pascal	28
4.4 La legge di Stevino	28
4.5 Principio di Archimede e galleggiamento	28
4.6 Il barometro	29

4.7	La legge di Boyle e Mariotte	30
4.8	FARE CON I BAMBINI	31
4.8.1	La densità.....	31
4.8.2	Spazio.....	31
4.8.3	Viscosità.....	31
4.8.4	Comprimibilità.....	31
4.8.5	Tensione superficiale.....	31
4.8.6	Pressione	32
4.8.7	Il principio di Pascal.....	32
4.8.8	Legge di Stevino.....	32
4.8.9	Il galleggiamento.....	32
4.8.10	La spinta idrostatica.....	33
5	TERMODINAMICA.....	34
5.1	Definizione	34
5.2	La temperatura ed equilibrio termico	34
5.3	Tipi di termometro e scale	34
5.4	Conduzione	35
5.5	Irraggiamento	35
5.6	Convezione	35
5.7	La dilatazione termica	36
5.8	I fluidi termodinamici	36
5.9	Fasi della materia	36
5.10	Il calore sensibile e latente	37
5.11	I principi della termodinamica	37
5.11.1	Principio zero.....	37
5.11.2	Primo principio.....	37
5.11.3	Secondo principio.....	38
5.11.4	Terzo principio.....	38
5.12	FARE CON I BAMBINI	39
5.12.1	La temperatura ed equilibrio termico.....	39
5.12.1.1	Esercizio 1.....	39
5.12.1.2	Esercizio 2 (equilibrio termico).....	39
5.12.2	Calore e temperatura ed equilibrio termico.....	39
5.12.3	Conduzione termica.....	39
5.12.4	Irraggiamento.....	39
5.12.5	Convezione.....	39
5.12.6	La dilatazione termica.....	40
5.12.7	Stati della materia.....	40
5.12.8	Differenza tra calore sensibile e latente.....	40
6	OTTICA.....	41
6.1	Ottica e luce	41
6.2	Varie teorie della luce	41
6.2.1	Teoria corpuscolare	41
6.2.2	Teoria ondulatoria.....	42

6.2.3 Teoria elettromagnetica.....	42
6.2.4 Teoria quantistica.....	42
6.3 Fenomeni ottici	42
6.4 Illusione ottica	43
6.5 Fenomeni osservabili della luce	43
6.5.1 La riflessione.....	43
6.5.2 L'assorbimento.....	43
6.5.3 La rifrazione.....	44
6.5.4 La diffrazione.....	44
6.6 Sorgenti primarie e secondarie	44
6.7 Ombre	45
6.8 FARE CON I BAMBINI	46
6.8.1 Illusioni ottiche.....	46
6.8.2 La riflessione.....	46
6.8.3 La rifrazione.....	47
6.8.4 La dispersione.....	47
6.8.5 Il percorso della luce.....	47
6.8.6 Come si formano le ombre?.....	48

1 INTRODUZIONE ALLA FISICA

1.1 Che cos'è la fisica? Che cosa studia?

La **fisica** è la scienza della Natura nel senso più ampio. Scopo della fisica è lo **studio dei fenomeni naturali**, ossia di **tutti gli eventi che possano essere descritti tramite grandezze fisiche**, al fine stabilire le leggi che regolano le interazioni tra le grandezze stesse e rendano conto delle loro reciproche variazioni.

Per **grandezza fisica** intendiamo un qualsiasi ente fisico utile per la descrizione dei fenomeni fisici suscettibile di misurazione.

1.2 Che metodo utilizza?

L'indagine fisica viene condotta seguendo il **metodo scientifico**, anche noto come **metodo sperimentale**: all'osservazione dei fenomeni segue la formulazione di ipotesi, la cui validità viene messa alla prova tramite degli esperimenti. Le ipotesi consistono nella spiegazione del fenomeno attraverso l'assunzione di principi fondamentali, in modo analogo a quanto viene fatto in matematica con assiomi e postulati. L'osservazione produce come conseguenza diretta le leggi empiriche. Se la sperimentazione conferma un'ipotesi, la relazione che la descrive viene detta legge fisica. Il ciclo conoscitivo prosegue con il miglioramento della descrizione del fenomeno conosciuto attraverso nuove ipotesi e nuovi esperimenti.

1.3 Misure e strumenti di misura

Cardine della fisica sono i concetti di **grandezza fisica e misura**: le grandezze fisiche sono ciò che è misurabile secondo criteri concordati (è stabilito per ciascuna grandezza un metodo di misura ed un'unità di misura).

Per effettuare le misurazioni, il sistema più utilizzato è il **Sistema internazionale di unità di misura**, abbreviato in **SI**.

<u>GRANDEZZA</u>	<u>NOME NEL SI</u>	<u>SIMBOLO</u>
Lunghezza	metro	m
Massa	chilogrammo	kg
Tempo	secondo	s
Corrente elettrica	ampere	A
Temperatura termodinamica	kelvin	K
Quantità di sostanza	mole	mol
Intensità luminosa	candela	cd

Ad ogni classe di fenomeni corrispondono delle grandezze fisiche diverse.

Per ogni grandezza esiste (o si può tentare di costruire) uno strumento di misura che è (o dovrebbe) essere in grado di fornire delle informazioni del tutto obiettive: all'osservatore non è infatti permesso di interferire.

Diciamo quindi che:

1. grandezze fisiche sono considerate solo quelle proprietà dei corpi per le quali è possibile eseguire praticamente (cioè con qualche strumento) una serie di operazioni che consentono di misurarle;

2. è grandezza fisica tutto ciò cui è possibile attribuire un nome, ma soprattutto associare una misura;
3. misurare una grandezza fisica significa eseguire un confronto quantitativo fra questa grandezza ed un'altra grandezza omogenea (della stessa specie) che viene assunta come unità di misura;
4. la misurazione è l'insieme delle operazioni mediante le quali si effettua il confronto quantitativo tra grandezze omogenee;
5. la misura della grandezza esprime il risultato della misurazione.

In ogni procedimento di misura di una grandezza fisica, la misura è inevitabilmente accompagnata da un'**incertezza o errore sul valore misurato**. Una caratteristica fondamentale degli errori che influenzano le misure di grandezze fisiche è la sua ineliminabilità, ossia una misura può essere ripetuta molte volte o eseguita con procedimenti o strumenti migliori, ma in ogni caso l'errore sarà sempre presente. L'incertezza fa parte della natura stessa dei procedimenti di misura. In un esperimento, infatti, non è mai possibile eliminare un gran numero di fenomeni fisici che possono causare dei disturbi alla misura, cambiando le condizioni nelle quali si svolge l'esperimento. Una misura può quindi fornire solamente una stima del valore vero di una grandezza coinvolta in un fenomeno fisico.

Gli errori possono essere di diversi tipi:

1. **errori grossolani:** sono dovuti alla scarsa abilità dell'operatore o ad inefficienza delle apparecchiature usate;
2. **errori sistematici:** sono quelli che si ripetono sempre con lo stesso valore e lo stesso segno anche quando si ripete la misurazione della grandezza fisica; dipendono da imperfezioni negli strumenti; non si possono mai eliminare completamente ma debbono essere ridotti al minimo;
3. **errori accidentali o casuali o statistici :** Sono dovuti a cause non completamente definibili e che si possono ripercuotere sul valore sia in senso positivo , sia in senso negativo.

1.4 FARE CON I BAMBINI

1.4.1 Il metodo scientifico

Si applica il metodo sperimentale in situazioni vicine all'esperienza del bambino; per esempio: entri in casa, schiacci l'interruttore della luce, ma la luce non si accende, oppure non trovi il peluches, o apro il rubinetto dell'acqua calda ed esce solo acqua fredda,...

Si fanno percorrere le fasi del metodo sperimentale: osservazione del fenomeno, spiegazione del fenomeno con ipotesi, esperimento per verificare se l'ipotesi è corretta; se l'ipotesi viene confermata si è giunti a delle conclusioni (leggi scientifiche), altrimenti si riformulano altre ipotesi.

Riassumendo, proporre varie situazioni problematiche e applicare il metodo scientifico per risolverle.

1.4.2 Misura, strumenti di misura ed errori

1.4.2.1 Esercizio 1

Far riflettere i bambini sui concetti che racchiude la frase: «Questa sbarra è lunga 50 cm».

La frase ci dice che:

1. abbiamo scelto di misurare (confrontare) la proprietà fisica della lunghezza;
2. abbiamo scelto di utilizzare il centimetro (e non il metro) come unità di misura di comodo;
1. abbiamo verificato praticamente che la misura (50) indica che «la lunghezza del centimetro è contenuta 50 volte nella lunghezza della sbarra presa in considerazione». Il valore numerico 50 esprime quindi questo rapporto, derivato dal confronto.

1.4.2.2 Esercizio 2

Scegliere un'unità di misura con i bambini e misurare diversi oggetti; per esempio si può scegliere di utilizzare un libro come unità di misura per misurare una stanza o i piedi; oppure si può misurare un tavolo a spanne o con una matita e si vede quante volte la matita è contenuta nel tavolo,...

1.4.2.3 Esercizio 3

Creare una tabella in cui vengono riportate le altezze dei bambini, misurate con il metro, e convertirle in altre unità di misura (centimetri, decimetri, chilometri, oppure nelle unità di misura utilizzate nell'esercizio 1)

1.4.2.4 Esercizio 4

Per quanto riguarda gli errori di misura, si possono confrontare i risultati delle misurazioni che hanno effettuato i bambini per misurare la stanza, per esempio; oppure si utilizza una bilancia elettrica da cucina e si pesa un astuccio; se la bilancia non è sufficientemente precisa, darà risultati sensibilmente diversi alle pesature.

2 IL MOTO

2.1 Definizione

In fisica il **moto** è il cambiamento di posizione di un corpo in relazione al tempo, misurato da uno specifico osservatore e da un determinato sistema di riferimento, cioè l'insieme dei riferimenti utilizzati per individuare la posizione di un oggetto nello spazio. A seconda del numero di riferimenti usati si può parlare di:

- Sistema di riferimento monodimensionale
- Sistemi di riferimento bidimensionale
- Sistemi di riferimento tridimensionale (3D)

La **traiettoria** è un insieme di punti del piano o dello spazio corrispondenti alle posizioni del baricentro di un corpo in moto in istanti di tempo successivi.

Il **diagramma orario** viene utilizzato per descrivere il moto rispetto al tempo; nell'ascissa viene riportato il tempo, nell'ordinata una coordinata.

Per descrivere il moto di una particella nei casi più generali di moto in due o tre dimensioni si utilizzano i **vettori**, cioè grandezze che, accanto al valore numerico con associata un'appropriata unità di misura (chiamato modulo), hanno una direzione orientata nello spazio. Le grandezze che hanno solo un valore numerico e un'unità di misura, come la massa e la temperatura, sono chiamate **grandezze scalari o scalari**.

Con i vettori si possono fare alcune operazioni:

- **somma**: dati 2 o più vettori è possibile ottenere un nuovo vettore che viene chiamato vettore somma. Questo può essere calcolato attraverso due metodi. Il primo è il metodo **punta-coda** e consiste nel sovrapporre il punto di applicazione di un vettore (coda) alla punta del vettore precedente, mantenendo inalterati verso e direzione. Per calcolare il vettore somma bisogna trovare la linea che unisce il punto di applicazione del primo vettore alla punta dell'ultimo. La diagonale risultante sarà il vettore somma.

Il secondo metodo è definito "**del parallelogramma**" e consiste nell'unire i punti di applicazione di 2 vettori, mantenendo sempre le rispettive direzioni e il verso. Partendo dalla punta di ciascun vettore si tracciano delle linee parallele all'altro vettore componente. Dopodiché la linea che congiunge i punti di applicazione dei vettori all'incrocio delle linee parallele ai vettori dati (cioè la diagonale del parallelogramma così ottenuto) sarà il vettore somma.

La somma vettoriale ha le seguenti proprietà:

- $(\mathbf{a} + \mathbf{b}) + \mathbf{c} = \mathbf{a} + (\mathbf{b} + \mathbf{c})$ (proprietà associativa);
- esiste l' **elemento neutro** rispetto alla somma; il *vettore zero*, $\mathbf{0}$ è un segmento degenerato di lunghezza zero, cioè un punto;
- esiste l' **elemento opposto** rispetto alla somma, cioè un vettore $-\mathbf{a}$ che sommato a \mathbf{a} da il vettore zero; $-\mathbf{a}$ è un vettore che ha lo stesso modulo, punto di applicazione e direzione di \mathbf{a} ,

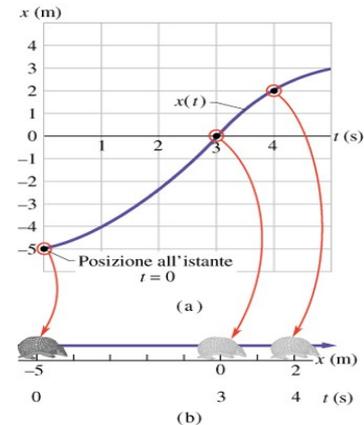


Illustrazione 1: esempio di diagramma orario

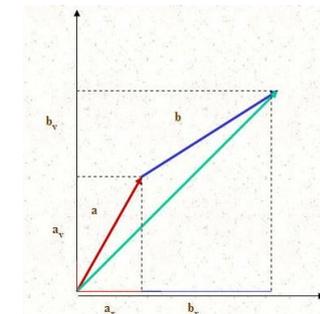


Illustrazione 2: somma vettoriale con il metodo punta-coda

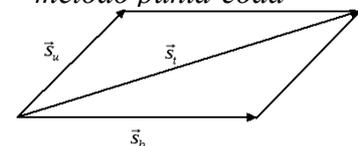


Illustrazione 3: somma vettoriale con il metodo del parallelogramma

ma verso opposto;

- $\mathbf{a} + \mathbf{b} = \mathbf{b} + \mathbf{a}$ (proprietà commutativa).

– **Differenza:** Il vettore differenza è ottenibile facendo coincidere i due estremi superiori dei vettori di cui si vuole la differenza ed è rappresentato da quel vettore che ha origine coincidente con l'origine del minuendo.

– **Prodotto** che può essere di più tipi:

- **scalare:** che prende due vettori e restituisce un numero; Questa nozione nel piano cartesiano mette in relazione due vettori e le loro lunghezze con l'angolo fra questi;
- **prodotto misto** è un'espressione in cui compaiono contemporaneamente prodotti scalari e vettoriali di vettori dello spazio tridimensionale;
- **vettoriale:** è un'operazione sui vettori in un spazio euclideo tridimensionale. È anche conosciuto come prodotto vettore o prodotto esterno. A differenza del prodotto scalare esso genera un vettore e non uno scalare.

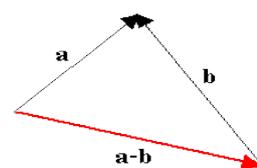


Illustrazione 4:
differenza vettoriale

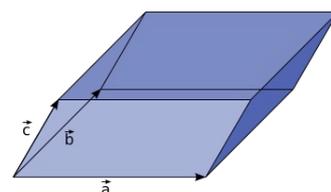


Illustrazione 5: Prodotto
misto

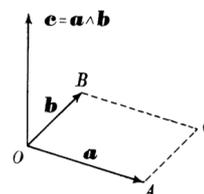


Illustrazione 6: prodotto
vettoriale

2.2 Che cos'è la posizione?

Il **vettore posizione** serve ad individuare un punto in sistema cartesiano.

Il vettore posizione è definito da:

1. modulo (distanza tra O e P)
2. direzione (retta fra O e P)
3. verso (da O a P)

Facendo riferimento ai vettori, il vettore posizione è un vettore applicato nell'origine degli assi.

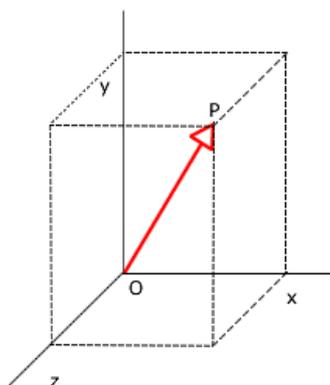


Illustrazione 7: Vettore posizione

Si tratta di un segmento orientato OP che spesso si trova rappresentato anche mediante coordinate

del punto P da cui si ottiene la rappresentazione dello stesso per componenti.

2.3 Che cos'è lo spostamento?

Per **spostamento** si intende il cambiamento di posizione di un punto in movimento.

Date due posizioni \vec{p}_1 e \vec{p}_2 dello stesso punto, lo spostamento è dato da: $\vec{p}_2 = \vec{p}_1 + \vec{s}$

in pratica è il vettore differenza dei due vettori posizione \vec{p}_2 e \vec{p}_1 in quanto: $\vec{s} = \vec{p}_2 - \vec{p}_1 = \Delta\vec{p}$

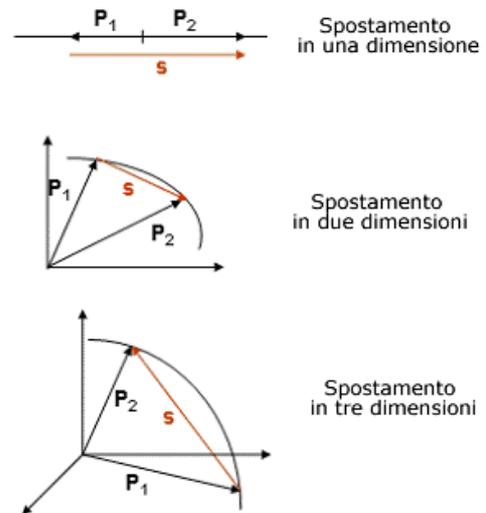


Illustrazione 8: Vettori spostamento

2.4 Che cos'è la velocità?

La **velocità** indica la rapidità di moto (modulo), la direzione e il verso di un corpo in movimento. È quindi una grandezza vettoriale che si riduce ad una grandezza scalare in casi particolari come ad esempio nel moto rettilineo uniforme in cui si danno per scontati direzione e verso della velocità e quindi diventa significativo solo il modulo. Tale valore si misura in metri al secondo, in base al Sistema Internazionale.

2.5 Il moto rettilineo uniforme

In cinematica il **moto rettilineo** è il più semplice moto che è possibile studiare. Nel moto rettilineo il corpo (approssimato da un punto materiale) può muoversi esclusivamente lungo una retta: un esempio intuitivo è quello di una macchina che viaggia lungo una strada dritta.

Un corpo si muove di **moto rettilineo ed uniforme** se mantiene una velocità costante in modulo, direzione e verso. Più in generale si dice che il corpo si muove di moto rettilineo ed uniforme se nel percorrere una traiettoria rettilinea copre spazi uguali in tempi uguali.

La **velocità** v è definita dal rapporto fra lo spazio percorso, s , ed il tempo, t , di durata del movimento:

$$v = \frac{x - x_0}{t - t_0} \quad \text{ovvero} \quad v = \frac{s - s_0}{t} \quad \text{da cui} \quad s = s_0 + vt$$

Nel SI la velocità si misura in $\frac{[m]}{[s]}$.

2.6 L'accelerazione

L'**accelerazione** è il rapporto fra la variazione di velocità ed il tempo in cui avviene questa variazione per cui; la **decelerazione** è la riduzione di velocità nell'unità di tempo. La decelerazione, quindi, è un'accelerazione negativa.

L'accelerazione può essere scritta come:

- **accelerazione media:** rapporto tra la variazione di velocità $\Delta\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$ e l'intervallo finito di tempo Δt
$$\vec{a} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$$

- **accelerazione istantanea:** limite per l'intervallo di tempo tendente a zero del rapporto che definisce l'accelerazione media, ovvero derivata della velocità rispetto al tempo, ovvero la derivata seconda della posizione rispetto al tempo:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\vec{s}}{dt^2}$$

dove \vec{s} è il vettore spostamento.

Essendo la velocità una grandezza vettoriale, anche l'accelerazione risulta essere una grandezza vettoriale.

Nel caso di moto rettilineo (monodimensionale), anche il vettore accelerazione è monodimensionale.

Nel caso di moto circolare uniforme, il vettore accelerazione è radiale, ovvero perpendicolare alla traiettoria circolare.

2.7 Moto rettilineo uniformemente accelerato

Il **moto uniformemente accelerato** è il moto di un punto sottoposto ad **un'accelerazione costante** in modulo, direzione e verso. Ne risulta che la variazione di velocità del punto risulta direttamente proporzionale al tempo e la traiettoria è una retta.

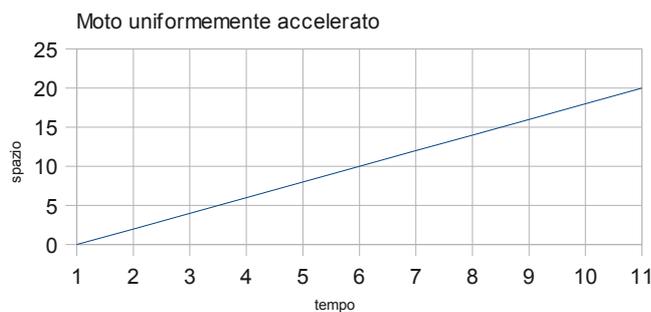


Illustrazione 9: moto uniformemente accelerato

2.8 Moto del proiettile

Galileo è stato il primo a studiare in modo scientifico il moto di un proiettile dimostrando che la sua traiettoria è una parabola.

Supponendo che la Terra sia un **sistema di riferimento inerziale** (cioè un sistema in cui vale il principio di inerzia di Galileo o prima legge di Newton: "Un corpo in quiete o in moto rettilineo con velocità costante persevera nel suo stato di quiete o di moto finché su di esso non agiscono agenti esterni") e che non ci sia resistenza dell'aria, il moto di un proiettile è la combinazione di un moto verticale accelerato dovuto alla gravità e un moto orizzontale uniforme dovuto all'inerzia che non interferiscono tra loro.

Poiché la forza di gravità è verticale, questa non influenzerà l'andamento del moto orizzontale che si svolge con velocità costante, nell'istante t il corpo percorre uno spazio orizzontale $X = vt$.

Il moto verticale è invece influenzato da g secondo la legge $Y = 1/2 g \cdot t^2$

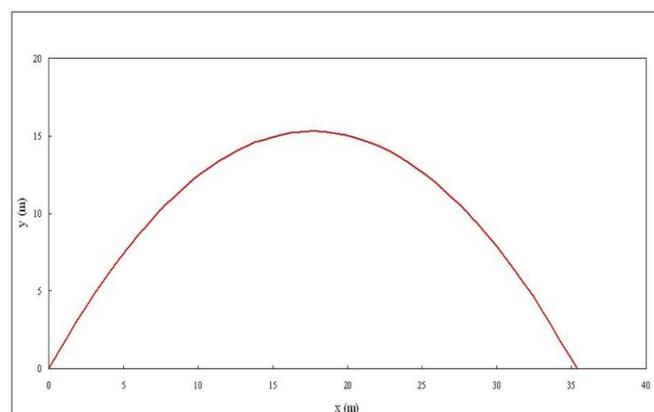


Illustrazione 10: parabola di un proiettile

Dalla relazione del moto orizzontale si ricava che $t = X/v$ sostituendo questo valore di t nella seconda relazione si ottiene l'equazione $Y = -g/2v^2 \cdot x^2$.

Questa rappresenta una parabola con concavità rivolta verso il basso, poiché a è negativo.

I proiettili tracciano traiettorie paraboliche diverse a seconda dei valori della velocità iniziale, V_0 , con cui viene sparato. Tanto maggiore è V_0 tanto più piatta è la parabola e il proiettile cade lontano, poiché percorre più spazio di moto orizzontale. La velocità istantanea del proiettile si ottiene sommando vettorialmente la velocità orizzontale e quella verticale. A causa della forza di gravità, che ogni secondo aggiunge 9,81 m/s alla velocità verticale, la velocità del proiettile aumenta man mano che cade. Galilei riconosce la medesima legge per qualsiasi direzione del lancio e dimostra che il raggio di proiezione è massimo per un angolo di 45° .

2.9 Moto vario

Si parla di moto vario quando il punto materiale si muove su una traiettoria rettilinea e il modulo della sua velocità non si mantiene costante nel tempo si parla di moto vario.

Per questo tipo di moto il grafico (s,t) non è rappresentato da una retta, ma da una curva.

Dall'illustrazione 11, calcolando le pendenze delle tangenti nei vari istanti di tempo, si possono determinare i valori delle velocità istantanee.

Dall'illustrazione 12, calcolando le pendenze delle tangenti nei vari istanti di tempo, si possono determinare i valori delle accelerazioni istantanee.

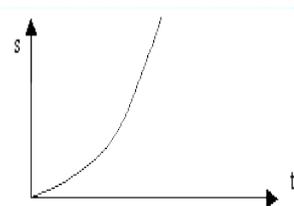


Illustrazione 11: grafico della velocità

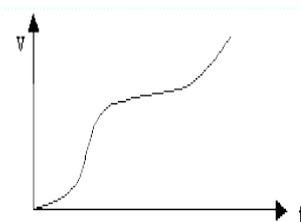


Illustrazione 12: grafico dell'accelerazione

2.10 Moto circolare uniforme

Il **moto circolare uniforme** è il moto di un punto materiale lungo una circonferenza con velocità, in modulo e intensità, costante. In questo moto, la **velocità cambia direzione**, ed essendo quest'ultima un vettore, basta che cambi una sola delle sue componenti (intensità, direzione o verso) perché il moto venga definito accelerato; l'aggettivo uniforme si riferisce al fatto che il modulo della velocità rimane costante.

Il moto circolare uniforme ha :

- un **periodo**, cioè il tempo impiegato dal punto materiale a fare un giro completo. Esso si misura nel SI in secondi e di solito è indicato dalla lettera maiuscola T .
- una **frequenza**, cioè il numero di giri completi effettuati nell'unità di tempo. Nel S.I. viene misurata in hertz (Hz) ed indica il numero di giri al secondo; viene, di solito, indicata con la lettera minuscola f .

Fra il periodo e la frequenza sussiste una relazione matematica: $f = 1 / T$ che esprime il fatto che la frequenza è l'inverso del periodo.

- la **velocità scalare**, che è misurata dal rapporto spazio / tempo $\rightarrow v = s / t = 2 \pi R / T$ e nel S.I. È espressa in m/s.

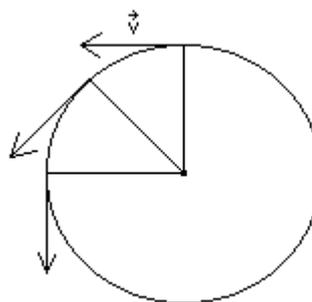


Illustrazione 13: moto circolare uniforme

2.11 FARE CON I BAMBINI

2.11.1 Sistema di riferimento

Per far comprendere il concetto di sistema di riferimento utilizziamo il gioco della battaglia navale. Prendiamo un foglio e creiamo una scacchiera che contrassegneremo con numeri in ordine crescente sul lato orizzontale e con lettere su quello verticale. Ora il campo è un sistema di riferimento bidimensionale.

Dopo aver fatto prendere confidenza con questo sistema di riferimento, possiamo sostituire ai numeri e alle lettere le lettere x e y , ottenendo un sistema con ascissa e ordinata. Adesso è stata creata la base per i prossimi esercizi.

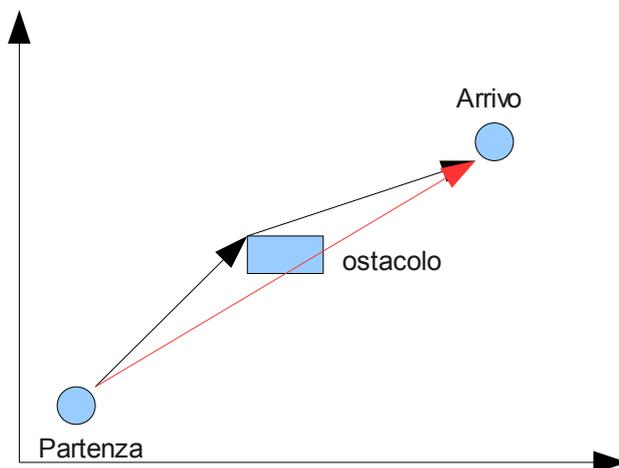
2.11.2 Esercizi sui vettori

2.11.2.1 Esercizio 1 (posizione, spostamento)

Con un gioco si può introdurre il concetto di vettori. Si utilizza uno spazio senza ostacoli (corridoio, palestra, stanza,...) e dato un punto di partenza e uno di arrivo, dire ai bambini di fare il percorso più breve (in questo caso è una linea retta). Dopo aver sperimentato, riportare sul quaderno quest'esperienza; lo spazio utilizzato per il gioco verrà rappresentato con il piano cartesiano, verranno indicati il punto di partenza e quello di arrivo e verranno uniti con un segmento orientato (freccia).

2.11.2.2 Esercizio 2 (somma vettoriale)

Con un gioco simile a quello precedente si introducono i concetti di somma vettoriale. Utilizzando uno spazio con ostacoli e dato un punto di partenza e di arrivo, dire ai bambini di raggiungere l'arrivo facendo il percorso più breve. Dopo aver sperimentato, rappresentare sul quaderno lo spazio con assi cartesiani e, utilizzando i vettori, rappresentare il percorso fatto. Alla fine applicare la somma vettoriale a calcolare il vettore spostamento.



2.11.2.3 Esercizio 3 (diagramma orario)

Per far comprendere che cos'è il diagramma orario consideriamo il percorso che può fare uno scuolabus e lo rappresentiamo su un piano cartesiano; nell'asse delle ascisse ci sarà il tempo (diviso in intervalli uguali) e in quello delle ordinate lo spazio. Rappresentiamo sul piano le fermate dello scuolabus e le uniamo. In questo modo otteniamo un diagramma orario.

2.11.3 Esercizi sulla velocità

2.11.3.1 Esercizio sulla velocità (1)

Per comprendere il concetto di velocità si dispongono i bambini allineati e al segnale possono correre, ma solo in linea retta. Al successivo segnale si devono fermare e si confrontano le posizioni; chi è in una posizione più avanti rispetto le altre è stato più veloce.

2.11.3.2 Esercizio sulla velocità (2)

Consideriamo il tragitto di una macchina da un paese ad un altro e cronometriamo quanto tempo impiega ad arrivare a destinazione. Conoscendo quanti chilometri distano i due paesi, possiamo conoscere la velocità media a cui ha viaggiato la macchina ($V_{\text{media}} = \text{spazio}/\text{tempo}$).

Possono essere fatte numerose varianti a quest'esercizio; si può calcolare la velocità del bambino per raggiungere a piedi (o in bicicletta) la scuola oppure si può calcolare la velocità del bambino per andare in bagno o arrivare in giardino (un bambino è fornito di cronometro e segue il compagno nel suo tragitto; arrivato a destinazione ferma il cronometro e segna il tempo).

2.11.4 Accelerazione

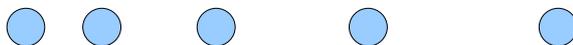
Per il concetto di accelerazione diciamo ai bambini di osservare il tachimetro della macchina e di osservare le differenze di velocità in prossimità di curve (in cui dovrebbe avvenire una decelerazione) e su un rettilineo o all'uscita di una curva (in cui ci può essere un'accelerazione) e di scrivere le variazioni che notano. Poi si confrontano in classe le diverse esperienze dei bambini.

2.11.5 Moto rettilineo uniforme

Per comprendere questo concetto disegniamo per terra una retta e diciamo ai bambini che devono percorrerla in un tempo costante. Per fare ciò utilizziamo un marcatempo: si può utilizzare un metronomo, un tamburello o semplicemente il battito delle mani con ritmo costante. In questo modo la velocità è costante.

2.11.6 Moto uniformemente accelerato

Per capire questo concetto si può fare il seguente esercizio: diamo ad un bambino dei sassolini, gli diciamo che deve fare un percorso e che deve aumentare progressivamente la velocità. Ogni volta che la aumenta deve far cadere un sassolino. Alla fine del percorso si vedranno che i sassolini sono sempre più distanziati l'uno dall'altro. Questo è dovuto al fatto che il bambino ha aumentato progressivamente la velocità e quindi ha percorso spazi maggiori.



2.11.7 Moto del proiettile

2.11.7.1 Esercizio 1

Per comprendere questo moto possiamo dire ai bambini di appoggiare una pallina sul bordo del tavolo e di spingerla esercitando un po' di forza. Facciamo osservare, descrivere e disegnare il percorso che ha fatto la pallina.

2.11.7.2 Esercizio 2

Mettiamo un pallone per terra e diciamo ad un bambino di dargli un calcio affinché si alzi da terra. Facciamo osservare e disegnare la traiettoria del pallone.

2.11.7.3 Esercizio 3

I bambini si mettono in fila indiana ad una certa distanza dal canestro e gli diciamo di lanciare la palla. Facciamo descrivere loro la traiettoria che ha fatto il pallone.

2.11.8 Moto vario

Diciamo ad un bambino di camminare o correre, a suo piacimento, lungo un percorso e ogni volta che cambia velocità lascia cadere per terra un sassolino. Alla fine si osserva la sequenza di sassolini e si nota che hanno distanze diverse dovute al fatto che il bambino si è mosso più o meno veloce in certi intervalli di tempo.

2.11.9 Moto circolare uniforme

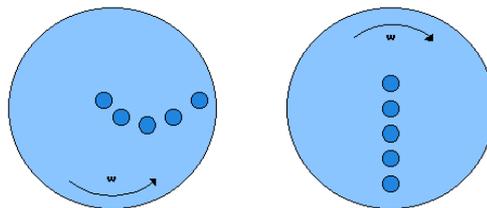
Per far comprendere questo moto ci serviamo di un filo grosso a cui, in un'estremità, fissiamo un oggetto. Diamo in mano ad un bambino l'estremità libera e gli diciamo di far girare, sempre alla stessa velocità, l'oggetto in modo tale che il percorso sia un cerchio. Ora l'oggetto si muove di moto circolare uniforme.

Un altro esempio di questo moto è dato dalle pale di un ventilatore o da un cd o dvd mentre viene letto.

2.11.10 Accelerazione di Coriolis

La forza di Coriolis è una forza fittizia alla quale sembra soggetto un corpo che si muove entro un sistema in rotazione. Questa forza apparente è legata all'accelerazione dell'oggetto provocata dalla rotazione.

Per comprendere meglio questa forza ci servono una giostra, una palla e un gesso. Tracciamo un raggio sulla giostra e diciamo ad un bambino di andare al centro di questa con una palla in mano; quando la giostra è ferma il bambino fa scorrere la palla seguendo la retta; ripeterà lo stesso mentre la giostra gira. Si noterà che la palla non percorrerà più una retta, ma la sua traiettoria sarà una linea curva.



3 LA DINAMICA

3.1 Definizione di forza e principi di Newton

Una **forza** è una grandezza fisica vettoriale che si manifesta nell'interazione di due o più corpi, sia a livello macroscopico, sia a livello delle particelle elementari, che cambia lo stato di quiete o di moto dei corpi stessi. La forza è descritta classicamente dalla **seconda legge di Newton** (un punto materiale al quale è applicata una forza, varia la quantità di moto in misura proporzionale alla forza, e lungo la direzione della stessa) come derivata temporale della quantità di moto di un corpo

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} \quad \text{e nel caso la massa del corpo sia costante, si riduce a: } \vec{F} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{a}$$

Se ci sono più forze applicate a un corpo, il moto di questo è determinato dalla risultante delle forze agenti, che può essere calcolata come somma vettoriale delle singole forze.

Esistono anche forze che non provocano movimenti e questo perché esistono altre che annullano l'effetto. Tutti gli oggetti che vediamo fermi lo sono perché la somma delle forze che agiscono su di loro è zero. La situazione appena citata e raffigurata nell'immagine a lato, rappresenta una delle situazioni descritte nella **prima legge di Newton** (fu scoperto e descritto da Galilei, ma la prima enunciazione formale si deve a Newton), chiamata anche **principio di inerzia**, che dice che “ciascun corpo persevera nel suo stato di quiete o di moto rettilineo uniforme, a meno che sia costretto a mutare tale stato da forze impresse (esterne).” e si può spiegare con la **terza legge di Newton** che dice che ad ogni azione corrisponde sempre una reazione uguale e contraria: quando un corpo (libro) esercita una forza su un corpo (tavolo), anche il tavolo esercita una forza sul libro; le due forze hanno stesso modulo (intensità), stessa direzione, ma versi opposti.



Illustrazione 14: forze senza movimento del corpo

3.2 Il peso

La **forza peso** agente su un corpo (= il suo **peso**) è la forza di attrazione che su di esso applica un campo gravitazionale.

La forza peso può essere espressa anche attraverso il seconda legge della dinamica, ovvero:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{g} \quad \text{dove } g \text{ è l'accelerazione gravitazionale.}$$

La fisica distingue **forza peso** e **massa** come due grandezze sostanzialmente **diverse**: mentre la massa di un corpo è una sua proprietà intrinseca, indipendente dalla sua posizione nello spazio e da ogni altra grandezza fisica, il peso è l'effetto prodotto su tale massa dalla presenza di un campo gravitazionale. Quindi la massa di un corpo è generalmente costante, mentre il suo peso varia a seconda del luogo in cui viene misurato; in particolare il peso di un corpo cambia enormemente se il corpo si trova sulla Terra o su un altro corpo celeste (ad esempio sulla Luna i corpi pesano di meno).

3.3 La forza elastica

La **forza elastica** è la forza di richiamo esercitata dai corpi elastici deformati (come per esempio un elastico, una molla, una sbarra che può piegarsi o torcersi) e costituisce una categoria di forze fondamentali nell'interpretazione dei fenomeni fisici.

La forza elastica è proporzionale alla deformazione x ed ha verso opposto ad esso; queste

caratteristiche sono sintetizzate nella **legge di Hooke**: $F_e = -kx$. La costante elastica k dipende dalla molla e indica che una stessa deformazione genera forze diverse in molle diverse.

3.4 Il dinamometro

Il **dinamometro** è uno strumento per la misurazione delle forze. Nella sua forma più semplice, è costituito da una molla di costante elastica nota e da una scala graduata. Applicando la forza da misurare all'estremità libera della molla, se ne può determinare l'intensità sfruttando la relazione di proporzionalità diretta che lega la forza elastica F e l'allungamento x (legge di Hooke).



Illustrazione 15:
un dinamometro

3.5 Equilibrio statico

Si dice che un corpo è in **equilibrio** quando la risultante di tutte le forze e di tutti i momenti agenti su di esso è zero.

Sotto queste condizioni la velocità del corpo rimane costante nel tempo; un caso particolare è quello di un corpo con velocità nulla.

L'**equilibrio statico** è lo stato delle dei corpi o del punto materiale in cui, in un dato sistema di riferimento inerziale, non c'è movimento e non agiscono (localmente) forze che lo possano innescare.

Può essere di versi tipi:

- **equilibrio stabile**, illustrato dal cono A, in cui il baricentro del cono è nel suo punto di minima altezza, e un colpo lo farebbe oscillare per poi ricadere nel punto di equilibrio;
- **equilibrio instabile**, illustrato dal cono B, in cui il baricentro è nel punto di massima altezza, da una minima alterazione della precaria condizione di equilibrio porterebbe il cono a cadere;
- **equilibrio indifferente**, illustrato dal cono C, in cui il baricentro, qualunque sia la piccola sollecitazione, rimane sempre alla stessa altezza da terra, e si stabilisce di volta in volta nella nuova posizione assunta.

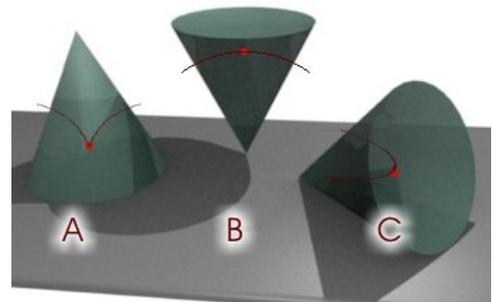


Illustrazione 16: diversi tipi di
equilibrio statico

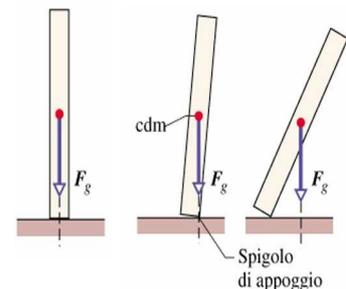


Illustrazione 17:
Il bastoncino non
cade se la proiezione
verticale del centro
di gravità si trova
entro la base di
appoggio.

3.6 Forze attive e passive

Possiamo raggruppare le forze in due categorie: quelle che producono un effetto dinamico (**forze attive**) e quelle che, applicate ad un corpo tenuto fermo da un vincolo, producono una deformazione sia del corpo che del vincolo (**forze passive**).

Le forze passive possono essere divise in **forze di attrito** e **reazione vincolare**.

3.7 L'attrito

L'**attrito** è una forza che si esercita tra due superfici a contatto tra loro e si oppone al loro moto relativo. La forza d'attrito che si manifesta tra superfici in quiete tra loro è detta di **attrito statico**, mentre tra superfici in moto si parla invece di **attrito dinamico**.

Esistono tre diversi tipi di attrito:

- **attrito radente**: si manifesta nelle situazioni in cui un corpo in movimento scorre o comunque interagisce con una superficie solida o un gas;

è espresso con $F_r = \mu_r \cdot F_{\perp}$ dove F_r è la forza di attrito radente, μ_r il **coefficiente di attrito radente** e F_{\perp} la componente perpendicolare al piano di appoggio della risultante delle forze agenti sul corpo. Per un corpo appoggiato su un piano orizzontale F_{\perp} è semplicemente uguale a F_p , forza peso del corpo; per un corpo appoggiato su un piano inclinato di un angolo α rispetto all'orizzontale risulta invece $F_{\perp} = F_p \cos \alpha$.

Il coefficiente d'attrito è una grandezza adimensionale e dipende dai materiali delle due superfici a contatto e dal modo in cui sono state lavorate.

La forza di attrito, definita dalla formula scritta più sopra, rappresenta la **forza di attrito massima** che si manifesta nel contatto tra due superfici. Se la forza motrice F_m è minore

di $\mu_{rs} F_p$, allora l'attrito è pari a F_m e il corpo non si muove;

se F_m supera $\mu_{rs} F_p$, il corpo inizia a muoversi; per valori di F_m ancora maggiori, l'attrito (dinamico) è sempre costante e pari a $\mu_{rd} F_p$.

- **attrito volvente**: l'attrito che si manifesta nel moto di un corpo che si muove su un altro corpo senza strisciare (rotolando), cambiando quindi continuamente superficie di contatto. Alcuni esempi possono essere: l'attrito delle ruote di un'automobile mentre si muove sull'asfalto, l'attrito delle ruote di un treno su una rotaia, l'attrito delle sferette dei cuscinetti a sfera, ecc.

L'attrito volvente è determinato soprattutto dall'attrito sull'asse di rotazione della ruota e dall'area di contatto tra la ruota e il terreno: la rotazione causa una distribuzione della pressione, dovuta alla forza peso, non uniforme su tutta la superficie di contatto, perciò genera una forza normale che produce un momento opposto al verso del rotolamento.

- **attrito viscoso**: è la resistenza opposta da un fluido o gas (aria, acqua...) al moto di un corpo ed è espresso dall'equazione $F = -\eta K v$ dove per η indica il coefficiente di attrito interno (o viscosità). Tale coefficiente cambia a seconda della natura del fluido (ad esempio l'olio avrà un coefficiente di attrito maggiore rispetto all'acqua) e diminuisce con la temperatura. K è una lunghezza che caratterizza la forma geometrica del corpo, mentre v è la velocità del corpo. Quando il corpo in movimento ha una velocità bassa, si dice che l'**attrito viscoso** è **laminare**, mentre, se al contrario, la velocità è alta, l'**attrito** sarà **vorticoso**.

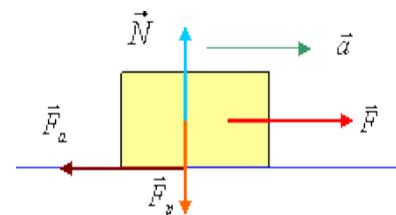


Illustrazione 18: esempio di attrito radente

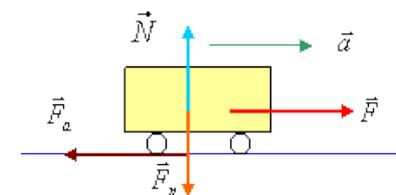


Illustrazione 19: esempio di attrito volvente

3.8 Le reazioni vincolari

Si chiama **vincolo** una qualsiasi condizione che limita il moto di un corpo (per esempio: i cardini di una porta, una fune tesa,...) e quindi esercita una forza in opposizione alle altre, detta reazione vincolare; queste possono essere **forze normali** (cioè una reazione vincolare che viene esercitata da un vincolo perpendicolarmente ad esso) o **tensioni lineari** (cioè una forza che si sviluppa all'interno di funi, fili, corde, cavi, ossia in mezzi la cui dimensione lineare è predominante rispetto alla sezione).

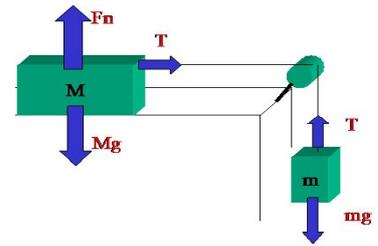


Illustrazione 20: esempio di reazione vincolare

3.9 Massa inerziale e massa gravitazionale

Le definizioni dei due tipi di massa, inerziale e gravitazionale, vengono ricondotte a due principi fisici differenti. La **massa inerziale** è definita in base alla seconda legge di Newton ($F = ma$), come la costante di proporzionalità tra la forza applicata a un corpo e l'accelerazione che esso acquista per effetto di tale forza. Essa esprime quindi l'inerzia del corpo, ovvero una forma di "resistenza" che il corpo offre all'azione di cause che possono alterare il suo stato dinamico. A parità di forza applicata, maggiore è la massa inerziale, minore è l'accelerazione acquistata dal corpo.

La **massa gravitazionale** è invece definita in base alla legge di gravitazione universale ($F = GmM/R^2$), secondo la quale due corpi aventi masse rispettivamente pari a m e M interagiscono per mezzo di una forza attrattiva di intensità direttamente proporzionale al prodotto delle due masse e inversamente proporzionale al quadrato della loro distanza. Questa legge si applica sia al moto dei pianeti (e costituisce la giustificazione teorica delle leggi che ne regolano il moto), sia ai corpi in caduta libera sulla superficie terrestre.

Anche se la massa gravitazionale coincide con quella inerziale in tutti i corpi, le due sono diverse da un punto di vista concettuale perché, nello schema della meccanica classica, non c'è nessuna ragione a priori per cui la grandezza che caratterizza la proprietà intrinseca di un corpo per cui esso attrae altri corpi (la massa gravitazionale) coincida con quella associata al modo con cui esso si oppone all'azione di una forza (la massa inerziale).

3.10 Lavoro e potenza

Il **lavoro** di una forza costante \vec{F} lungo un percorso rettilineo è definito come il prodotto scalare del vettore forza per il vettore spostamento \vec{s} : $L = \vec{F} \cdot \vec{s} = |\vec{F}| |\vec{s}| \cos \alpha$ dove L è il lavoro e α l'angolo tra la direzione della forza e la direzione dello spostamento.

Il lavoro può essere sia positivo che negativo; il segno dipende dall'angolo α compreso tra il vettore forza \vec{F} ed il vettore spostamento \vec{s} .

Il lavoro svolto dalla forza è positivo se $0 < \alpha < 90^\circ$. Un lavoro positivo è causato da una **forza motrice**, uno negativo ($90^\circ < \alpha < 180^\circ$), invece, da una **forza resistente**.

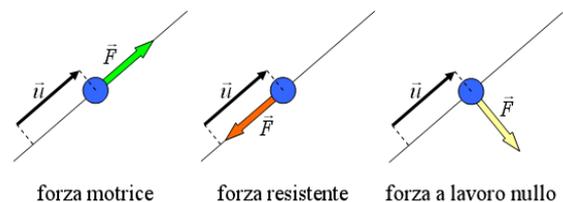


Illustrazione 21: diversi tipi di forza lavoro

Nel Sistema Internazionale l'unità di misura per il lavoro è il **joule** che corrisponde allo spostamento di 1 metro di una forza di 1 newton.

Al concetto di lavoro è legato quello di **potenza** cioè il lavoro (L) compiuto nell'unità di tempo (t):

$$P = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta L}{\Delta t} = \frac{dL}{dt}$$

Nel caso di energia meccanica, la potenza corrisponde anche al prodotto della forza per la velocità del punto di applicazione $P = \vec{F} \cdot \vec{v}$ e, nel caso di moti rotatori, al prodotto della coppia (momento di una forza) per la velocità angolare $P = \vec{M} \cdot \vec{\omega}$.

Nel Sistema Internazionale la potenza si misura in **watt (W)**, come rapporto tra unità di energia in joule (J) e unità di tempo in secondi (s): $1 \text{ W} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ s}}$

3.11 Forze conservative

Una **forza** si dice **conservativa** quando il lavoro eseguito dalla forza sul punto materiale P mentre si sposta dalla posizione P1 alla posizione P2 dipende soltanto dalla posizione iniziale e dalla posizione finale e non dal percorso effettuato, dalla traiettoria seguita per andare da P1 a P2, né da alcun altro parametro come la velocità, il tempo impiegato, ecc.

Riassumendo, una forza è conservativa se il lavoro da essa compiuto durante un qualsiasi percorso chiuso è nullo.

Un **percorso chiuso** è uno spostamento in cui il punto di inizio e di fine coincidono. Il lavoro della forza alla fine del percorso chiuso può essere nullo se:

- la forza si è mantenuta costantemente perpendicolare allo spostamento;
- la forza ha compiuto per un certo tratto del lavoro motore e per il tratto rimanente lavoro resistente opposto a quello motore ;

Un esempio di **forza** conservativa è quella **gravitazionale**; consideriamo il rimbalzo di una palla sul pavimento: se l'urto è elastico, essa torna alla stessa quota da cui è partita, quindi il percorso è chiuso. La forza di gravità è diretta verso il basso e compie quindi un lavoro positivo durante la discesa, aumentando l'energia cinetica della palla. Durante la salita essa compie un lavoro negativo, uguale e contrario che diminuisce l'energia cinetica della palla. Alla fine del percorso chiuso il lavoro è nullo: la forza gravitazionale è conservativa.

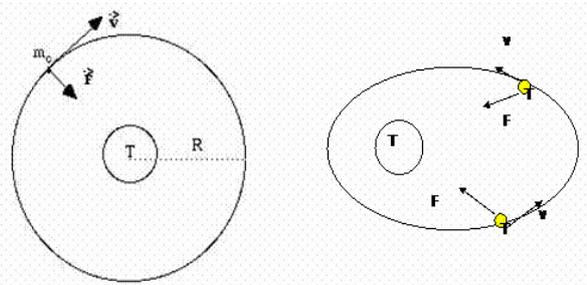


Illustrazione 22: esempio di forza conservativa: il lavoro della forza gravitazionale sui satelliti

3.12 Energia potenziale elastica e gravitazionale

La capacità, l'attitudine, che ha il corpo nel compiere un lavoro per il fatto di trovarsi in una certa posizione all'interno di un campo di forze si chiama **energia potenziale**.

Un tipo di energia potenziale è quando un corpo è collegato ad una molla tesa; maggiore è la tensione della molla, maggiore è il lavoro che il corpo ad esso collegato può compiere. Possiamo dire che il corpo possiede una energia potenziale dipendente da quanto la molla è tesa, quindi dalla posizione del corpo. In questo caso, trattandosi di un campo di forze elastiche, diremo che il corpo possiede una **energia potenziale elastica**.

Vi sono altri tipi di energia potenziale in dipendenza del tipo di campo di forze presenti; un esempio è l'energia potenziale elettrica.

L'**energia potenziale gravitazionale** è l'energia che un corpo possiede per il semplice motivo di essere in una certa posizione all'interno di un campo gravitazionale.

Nel caso illustrato dalla figura a lato, abbiamo un corpo di massa (m) ad un'altezza pari ad h da terra (o rispetto ad un qualsiasi altro piano di riferimento parallelo alla superficie terrestre). Il corpo, in quanto immerso nel campo gravitazionale terrestre, è soggetto alla forza peso \vec{P} .

Se il corpo viene lasciato cadere acquisterà, quando sarà in procinto di toccare terra, una energia cinetica pari al lavoro che la

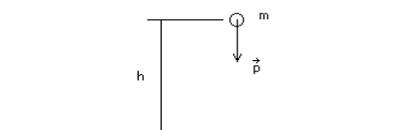


Illustrazione 23: energia potenziale gravitazionale

forza peso compie nel tragitto lungo h . Per questo motivo diciamo che il corpo possiede un'energia potenziale gravitazionale, proprio perché il corpo, ovvero la forza peso applicata su di lui, è in grado di compiere un lavoro grazie al fatto di essere posizionato ad una certa altezza da terra (o da qualsiasi piano di riferimento).

La formula per calcolare l'energia potenziale gravitazionale è: $U = mgh$.

3.13 Energia cinetica

L'**energia cinetica** è il lavoro che si deve compiere su un corpo di massa m , inizialmente fermo, per portarlo ad una certa velocità assegnata ed è espressa matematicamente dal semiprodotto della sua massa per il quadrato del modulo della sua velocità:

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m(v_x^2 + v_y^2 + v_z^2)$$

Teorema dell'energia cinetica

Il lavoro totale compiuto su un corpo da una forza esterna è uguale alla variazione di energia cinetica del corpo. Chiamando K l'energia cinetica finale e K_0 quella iniziale, si ha che $K - K_0 = L$. Il teorema è il punto di partenza per dedurre il principio di conservazione dell'energia.

3.14 Energia meccanica e conservazione

L'energia potenziale e l'energia cinetica, descritti nei paragrafi precedenti, costituiscono le due forme principali di **energia meccanica**.

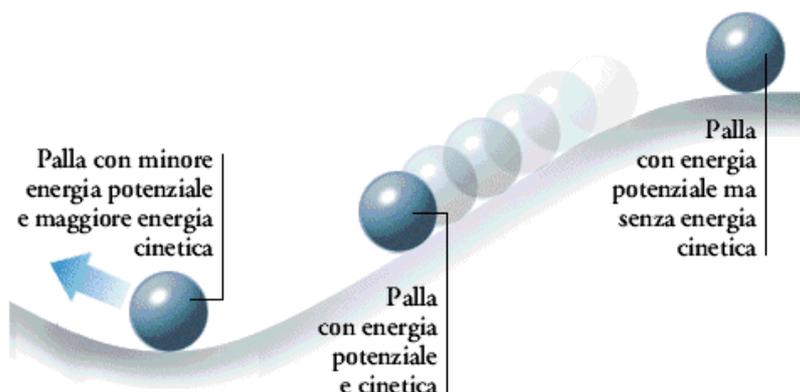


Illustrazione 24: energia meccanica

Si definisce **sistema isolato** un qualsiasi sistema su cui non agiscono forze esterne, ma solo quelle interne al sistema. Data questa premessa, il principio di **conservazione di energia meccanica** dice che “nei sistemi isolati l'energia meccanica si conserva”.

3.15 FARE CON I BAMBINI

3.15.1 Primo principio della dinamica

Per comprendere questo concetto proponiamo alcune domande-esempio:

- Cosa succede al nostro corpo quando facciamo una curva in bicicletta? Si piega un po' o resta dritto?
- Cosa succede quando siamo in piedi e l'autobus parte?
- Che cosa succede quando si è in piedi su un autobus e questo frena?

Questi fenomeni si spiegano con il fatto che un corpo mantiene il suo stato di quiete o di moto finché non agisce una forza esterna che lo fa cambiare. Negli ultimi due casi specifici, quando l'autobus parte noi ci sentiamo leggermente schiacciati contro il sedile a causa della tendenza del nostro corpo a mantenere lo stato iniziale di quiete; al contrario, quando la macchina si ferma, siamo spinti leggermente in avanti, poiché il nostro corpo tende a mantenere lo stato di moto acquisito dopo la partenza della macchina.

3.15.2 Secondo principio della dinamica

Prendiamo un pallone e una pallina e diciamo ai bambini di imprimere la stessa forza agli oggetti. Osserviamo cosa succede: la pallina correrà molto più a lungo rispetto al pallone. Questo fenomeno è spiegato con il fatto che il moto varia in base alla massa a parità di accelerazione.

3.15.3 Terzo principio della dinamica

Per spiegare questo principio si possono fare numerosissimi esempi: il libro sul tavolo, la penna sul banco, il bambino che sta in piedi o seduto, ...

3.15.4 Massa e peso

Il peso lo si può misurare con una bilancia. Per far comprendere la differenza tra massa e peso proponiamo l'esempio dell'uomo sulla Luna. Se un individuo che pesa 90Kg sulla Terra va sulla Luna si ritrova con il peso diminuito di 1/3: peserà 30 Kg. Questo è dovuto al fatto che il peso è legato alla forza di gravità e la Luna, avendo dimensioni più piccole della Terra, ha una forza di gravità minore. Nonostante il peso sia cambiato, l'individuo (la quantità di materia) è sempre lo stesso.

3.15.5 La forza

Per comprendere questo concetto facciamo l'esempio di due bambini che si spingono, di un bambino che lancia una palla, che scrive, che cancella, che si allaccia le scarpe, che manipola il das,... quindi, forza è tutto ciò che fa muovere un corpo (modificando il suo stato di quiete o di moto) o che lo deforma.

3.15.6 Costruzione del dinamometro

Per costruire un dinamometro abbiamo bisogno di: un sostegno, una molla, cartoncino, carta millimetrata, pesi, colla e di una matita.

Incolliamo la carta millimetrata al sostegno, appendiamo la molla e segniamo dove arriva a riposo; questo segna lo zero da cui partono le misurazioni. Applichiamo il primo peso (per esempio possono essere i contenitori degli ovetti Kinder) e contrassegniamo sulla carta millimetrata la posizione; facciamo lo stesso applicando ogni volta un peso in più. Poi scriviamo i dati rilevati in una tabella in cui ci saranno due campi: uno per la quantità di pesi e l'altro allungamento della molla.

3.15.7 Equilibrio stabile

3.15.7.1 Esercizio 1

Per far comprendere i diversi tipi di equilibrio osserviamo alcune realtà che ci circondano e chiediamo ai bambini di dirci di che tipo di equilibrio si tratta: il dizionario sulla cattedra, una matita messa verticalmente sulla grafite, la colla sia considerata verticalmente che orizzontalmente, il quaderno disteso sul banco,...

3.15.7.2 Esercizio 2

Un altro esercizio può essere fatto da due bambini che spingono con la stessa forza un banco. Si osserverà che questo non si sposta.

3.15.7.3 Esercizio 3

Per introdurre il concetto di baricentro e di equilibrio proponiamo la seguente esperienza: prendiamo una colla stick e la disponiamo verticalmente; con un dito esercitiamo una forza crescente sulla parte superiore. Noteremo che all'inizio la colla si inclina senza cadere, ma ad un certo punto cade. Far osservare ai bambini quando cade, visto che colle diverse cadranno in diversi momenti.

Un altro esempio può essere fatto con la torre di Pisa e il motivo per cui non cade.

3.15.8 Attrito ed energia cinetica

3.15.8.1 Esercizio 1

Per sperimentare la forza di attrito prendiamo una pagina del quaderno nuova e con la gomma cancelliamo forte. Finito, sentiamo che la gomma è calda; questo è dovuto alla liberazione di energia data dallo sfregamento tra le due superfici. Oltre a questo, osserviamo anche che dobbiamo esercitare una certa forza affinché la gomma si muova sulla pagina e questo è dovuto all'attrito, una forza che si oppone al movimento; perché avvenga il movimento, la forza esercitata deve essere maggiore di quella d'attrito.

Un altro esempio di attrito è quando ci si sfrega le mani per scaldarsele.

3.15.8.2 Esercizio 2 (attrito radente)

Per comprendere che cosa sia l'attrito radente prendiamo una riga e appoggiamo sopra una gomma. Incliniamo gradualmente la riga e vediamo che la gomma non si muove. Questo è dovuto al fatto che tra la gomma e la stecca c'è attrito radente. Soltanto quando incliniamo di molto la stecca, la gomma scivola verso il basso questo perché ha superato la forza di attrito massima; se la forza motrice è minore del coefficiente d'attrito moltiplicato alla forza peso allora il corpo non si muove, altrimenti inizia a muoversi.

Per comprendere se l'attrito dipende dal materiale, facciamo lo stesso esperimento utilizzando altri oggetti. Questo dimostra che ogni oggetto ha il suo coefficiente d'attrito, in quanto non tutti scivolano verso il basso alla stessa inclinazione.

Inoltre, l'attrito non si deve considerare come conseguenza del peso e per far comprendere questo prendiamo una gomma e la mettiamo sul banco; se esercitiamo una forza perpendicolare alla gomma, questa non si muove; se invece la spingiamo da lato si muove; questo permette di capire che il movimento dipende dall'inclinazione della forza applicata sull'oggetto e non dal suo peso.

3.15.8.3 Esercizio 3 (attrito volvente)

Questo tipo di attrito può essere spiegato portando come esempio l'attrito che c'è tra le ruote della macchina e la strada, tra le ruote del treno e le rotaie, tra le ruote dei pattini e il cemento ...

3.15.8.4 Esercizio 4 (attrito viscoso)

Per comprendere questo attrito facciamo l'esempio che quando camminiamo sulla sabbia ci muoviamo facilmente, senza sentire fatica, ma se entriamo in acqua facciamo più fatica a muoverci; questo è dovuto all'attrito viscoso che si crea quando un corpo solido si muove all'interno di un

fluido.

3.15.9 Le reazioni vincolari

Questo concetto può essere spiegato proponendo degli esempi: se ad una corda attacchiamo un oggetto (macchinina, gomma, astuccio,...) si verifica una reazione vincolare perché il moto del corpo è limitato; anche i cardini di una porta lo sono, un libro appoggiato su un banco o un ombrellone piantato nella sabbia.

3.15.10 Lavoro

Anche questo concetto può essere spiegato con esempi e prove: facciamo alzare la cartella o un libro ad un bambino; per fare ciò egli compirà un lavoro. Ora facciamo spostare ad un bambino un piccolo armadio; da solo non ce la farà e quindi non eseguirà un lavoro, anche se ha usato tutte le sue forze. Se però più compagni spingono l'armadio e riusciranno a spostarlo, avranno fatto un lavoro.

3.15.11 Energia potenziale

Dopo aver dato la definizione di energia potenziale (capacità, l'attitudine, che ha un corpo nel compiere un lavoro per il fatto di trovarsi in una certa posizione all'interno di un campo di forze) proporre ai bambini esempi e chiedere loro di proporre altri. Un esempio di questa energia è dato da un corpo collegato ad una molla o ad un elastico oppure dal fatto che la matita sia in bilico sul bordo del banco a una determinata altezza da terra.

4 I FLUIDI

4.1 Fluidi e densità

Si definisce **fluido** una sostanza che si deforma illimitatamente (fluisce) se sottoposta a uno sforzo di taglio, indipendentemente dall'entità di quest'ultimo; è un particolare stato della materia che comprende i liquidi, i gas, il plasma e, in taluni casi, i solidi plastici.

La **densità** o massa volumica di un corpo, spesso indicata dal simbolo ρ o anche δ , è pari alla massa per unità di volume. Se m è la massa e V il volume si ha dunque:
$$\rho = \frac{m}{V}$$

Nel Sistema Internazionale la densità si misura in kg/m^3 .

Nei fluidi, i corpi con densità minore galleggiano su quelli a densità maggiore, se sottoposti ad un campo gravitazionale. Per i liquidi, che assumono la forma del recipiente che li contiene, la misura della densità si effettua con il **picometro**, un recipiente di cui si conosce il volume con precisione, oppure con **matraccio tarato**. Il rapporto tra la massa del liquido in esame ed il suo volume è la densità.

Alcune proprietà dei fluidi sono:

- il **volume** cioè la misura dello spazio occupato da un corpo;
- la **densità**;
- la **viscosità** che indica la resistenza allo scorrimento; essa dipende dal tipo di fluido e dalla temperatura e viene solitamente indicata con la lettera greca μ , o più raramente con la lettera η , per richiamare il collegamento con il coefficiente di attrito della meccanica classica. Nei liquidi la viscosità decresce all'aumentare della temperatura, nei gas invece cresce;
- la **comprimibilità** cioè la capacità di modificare il proprio volume (e quindi la propria densità) al variare della pressione alla quale esso è assoggettato;
- la **tensione superficiale** cioè le azioni attrattive tra le molecole di un liquido (le forze di coesione) fanno sì che le molecole dello strato superficiale siano soggette ad una forza risultante non nulla che tende a farle spostare verso l'interno; esse pertanto tendono a sfuggire dalla superficie limite del liquido e di conseguenza questa tende ad assumere la estensione minima possibile (in assenza di altre forze, la superficie minima, è quella sferica);
- occupano tutto lo spazio disponibile e prendono la forma di ciò che li contiene.

4.2 Equilibrio dei fluidi, pressione e pressione idrostatica

Una delle caratteristiche fondamentali di un fluido a riposo è che la forza esercitata su ciascuna delle particelle che lo costituiscono ha uguale intensità in tutte le direzioni.

La **pressione** è una grandezza fisica, definita come il rapporto tra la forza agente ortogonalmente su una superficie e la superficie stessa. Il suo opposto (una pressione con verso opposto) è la tensione meccanica.

$$p = \frac{F_{\perp}}{S}$$

La pressione può essere classificata in due modi:

- **pressione assoluta** (o reale): determina la pressione effettiva che viene esercitata;
- **pressione relativa**: determina la pressione differenziale o percepibile; ad esempio l'atmosfera terrestre, pur agendo una pressione di un'atmosfera, non viene percepita dal corpo umano, mentre viene percepita la differenza di pressione.

La **pressione idrostatica** è la forza esercitata da un fluido in quiete su ogni superficie a contatto con esso. Il valore di questa pressione dipende esclusivamente dalla densità del fluido e

dall'affondamento del punto considerato dal pelo libero o, in linea più generale, dal piano dei carichi idrostatici (= punti in cui la pressione è nulla). Esso dunque è indipendente dalla massa sottostante il punto considerato. Nel caso in cui ci siano due o più fluidi non miscibili e con densità differenti, la pressione idrostatica è rappresentata dalla somma delle pressioni provocate dai diversi fluidi.

4.3 Il principio di Pascal

“La pressione (p) esercitata su un fluido si trasmette inalterata in ogni direzione del fluido e ad ogni altra superficie in suo contatto indipendentemente dal suo orientamento.”

Il **principio di Pascal** viene utilizzato per il funzionamento sulle macchine idrauliche perché permette di moltiplicare la forza esercitata, ma non si aumenta il lavoro compiuto. Prendiamo in considerazione l'immersione di un corpo in un fluido: su di esso verrà esercitata una forza direttamente proporzionale alla profondità in cui è immerso il corpo. Sulla base di questa osservazione il fisico Stevino formulò una legge chiamata legge di Stevino.

Un applicazione pratica della principio si ha nel **torchio idraulico**; è costituito da 2 cilindri muniti di stantuffo e comunicanti tra loro. Applicando una forza f su uno stantuffo di sezione d la pressione sarà $P = f/d$. Per il principio di Pascal la pressione verrà trasmessa dal basso verso l'alto anche nel secondo pistone, di sezione D .

La forza trasmessa sarà tanto più grande quanto maggiore è il rapporto tra le sezioni dei pistoni (se il secondo pistone avrà un diametro maggiore del primo la forza con cui lo stantuffo viene spostato sarà maggiore, mentre se il pistone avrà diametro minore del primo la forza con cui verrà sollevato lo stantuffo sarà minore).

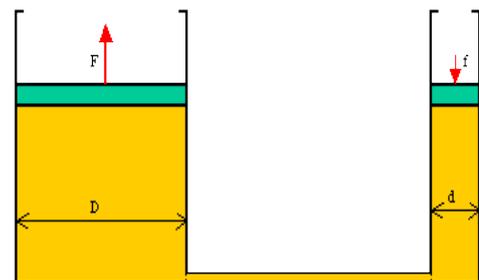


Illustrazione 25: torchio idraulico

4.4 La legge di Stevino

La **legge di Stevino** dice che una colonna di fluido di densità d e altezza h esercita una pressione $p = dgh$ (p è la pressione, d la densità, h l'altezza e g l'accelerazione gravitazionale); ne consegue che la pressione in un liquido a densità costante cresce linearmente con la profondità. Inoltre sulle superfici a pari pressione, la densità deve essere costante: la superficie libera di un liquido in quiete deve essere orizzontale.

Applicando la legge di Stevino ai punti di un fluido posti alla stessa profondità si deduce il principio dei **vasi comunicanti**: il liquido assume in vari recipienti comunicanti ed aperti allo stesso ambiente lo stesso livello rispetto al suolo.



Illustrazione 26: vasi comunicanti

4.5 Principio di Archimede e galleggiamento

«Un corpo immerso (totalmente o parzialmente) in un fluido riceve una spinta (detta forza di galleggiamento) verticale (dal basso verso l'alto) di intensità pari al peso di una massa di fluido di forma e volume uguale a quella della parte immersa del corpo. Il punto di applicazione della forza di Archimede, detto centro di spinta, si trova sulla stessa linea di gradiente della pressione su cui sarebbe il centro di massa della porzione di fluido che si trovasse ad occupare lo spazio

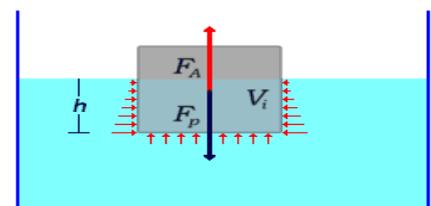


Illustrazione 27: galleggiamento di un corpo

in realtà occupato dalla parte immersa del corpo» ovvero, un corpo immerso in un fluido riceve una spinta dal basso verso l'alto pari al peso del volume di fluido spostato.

Da un punto di vista matematico, la **forza di Archimede** può essere espressa nel modo seguente:

essendo ρ_{flu} la densità (massa volumica) del fluido, g l'accelerazione di gravità e V il volume

$F_A = \rho_{flu} g V$ spostato (che in questo caso è uguale al volume del corpo). Allo stesso modo, il peso del corpo è dato da $F_p = \rho_{sol} g V$ essendo ρ_{sol} la densità media del solido immerso.

La spinta di Archimede è data dalla risultante di tutte le forze che il fluido esercita sulla superficie del corpo per effetto della pressione idrostatica (o aerostatica nel caso di un gas).

In condizioni di assenza di gravità, per esempio in un'astronave in orbita attorno ad un pianeta o ad un satellite, manca la pressione idrostatica perciò la spinta di Archimede è nulla.

Un corpo immerso in un liquido galleggia se la spinta idrostatica supera il peso del corpo.

In questo caso la risultante delle forze idrostatiche spinge il corpo verso la superficie libera del liquido, finché la spinta dovuta alla parte immersa non uguaglia il peso del corpo.

Navi, sottomarini, mongolfiere e dirigibili funzionano in base al principio di Archimede.

Un sottomarino, espellendo o immettendo acqua nei suoi compartimenti stagni, è in grado di controllare la differenza tra la spinta idrostatica ed il peso, rispettivamente quando debba risalire in superficie o quando debba immergersi. Esso è anche in grado, raggiunta la profondità prestabilita, di rimanere a profondità costante, facendo in modo che la spinta uguagli il peso.

4.6 Il barometro

Torricelli fu il primo a sostenere che l'atmosfera esercita una pressione e fu il primo a misurarne il valore.

Costruì il primo barometro che era composto da un tubo di vetro chiuso a un'estremità riempito di mercurio allo stato liquido, posto in una vaschetta, anch'essa contenente mercurio, in modo da creare un sistema di vasi comunicanti.

La scelta del mercurio fu data dalla sua alta densità, che permette di lavorare a grandi pressioni con volumi relativamente piccoli.

Torricelli misurò l'altezza della colonna di mercurio, pari a 760 mm, e dedusse che il peso di questa colonna era antagonista ad una forza, generata da quella che oggi chiamiamo pressione atmosferica. Il mercurio contenuto nel tubo non è infatti soggetto alla pressione esterna, al contrario di quello nella vaschetta. Torricelli notò che il mercurio contenuto nel tubo si abbassava fino ad un certo punto. Infatti la pressione agiva solo sulla vaschetta e non nel tubo non essendovi aria dentro questo, e faceva ostacolo al mercurio nel tubo. Per ottenere il valore della pressione atmosferica in pascal sarà quindi sufficiente calcolare il valore della pressione della colonna di mercurio, di cui è nota l'altezza e la densità, applicando la legge di Stevino.

La pressione idrostatica esercitata da una colonna di mercurio alta 76 cm alla temperatura di 0°C e posta al livello del mare viene chiamata **atmosfera (atm)**. Essa, insieme al pascal, viene usata come unità di riferimento per la pressione.

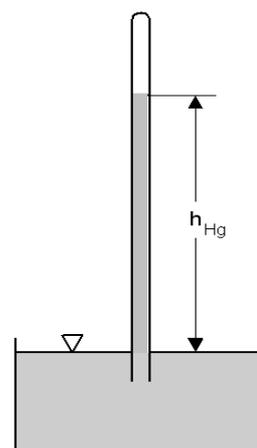
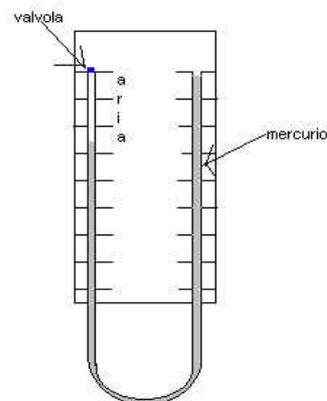


Illustrazione 28:
barometro

4.7 La legge di Boyle e Mariotte

La **legge di Boyle e Mariotte** afferma che in condizioni di temperatura costante la pressione di un gas è inversamente proporzionale al suo volume, ovvero che il prodotto della pressione del gas per il volume da esso occupato è costante. Tale costante è funzione (crescente) della temperatura assoluta, della natura e della mole del gas.

La legge è stata forse la prima espressione di una equazione di stato. Boyle arrivò a questa legge dopo aver compiuto una serie di esperimenti: utilizzò un tubo di vetro a J sigillato da un lato, mise mercurio nel tubo, intrappolando così una piccola quantità di aria nel lato sigillato del tubo, dopodiché misurò accuratamente il volume del gas man mano che aggiungeva mercurio nel tubo. La pressione del gas poteva essere determinata dalla differenza di livello del mercurio nei due lati del tubo. Attraverso questi esperimenti Boyle notò che il volume del gas variava in maniera inversa rispetto alla pressione.



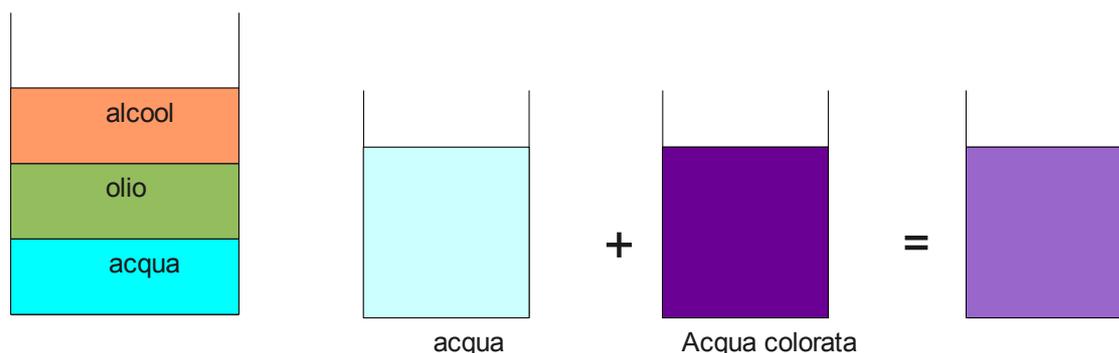
*Illustrazione 29:
strumento utilizzato da
Boyle*

4.8 FARE CON I BAMBINI

4.8.1 La densità

Per vedere che i fluidi non hanno tutti la stessa densità ci serve una bottiglia di plastica tagliata a metà, dell'alcool, dell'olio e dell'acqua. Versiamo un po' di olio nella bottiglia, poi dell'acqua e infine dell'alcool. Osserviamo che cosa succede e vediamo che i fluidi versati hanno formato tre strati distinti.

Ripetiamo l'esperimento questa volta con acqua e acqua colorata e osserviamo che cosa succede. Questa volta si vede soltanto che tutta l'acqua si colora e non ci sono strati. Ora chiediamo ai bambini la spiegazione.



4.8.2 Spazio

Per vedere come si comportano i fluidi nello spazio, versiamo dell'acqua in un bicchiere, poi dal bicchiere in un piatto. Osserviamo che cosa succede: la quantità d'acqua non è cambiata, ma è cambiata la sua forma: ha occupato tutto lo spazio disponibile adattandosi al nuovo contenitore. Se ripetiamo lo stesso procedimento con una gomma da cancellare, vediamo invece che la sua forma non cambia.

4.8.3 Viscosità

Prendiamo diversi fluidi (per esempio: acqua, olio, miele, detersivo e passata di pomodoro), li mettiamo in contenitori e proviamo a mescolarli. Noteremo che per alcuni bisogna imprimere una forza minore, per altri una maggiore. Questa differenza è dovuta alla diversa viscosità.

Ora prendiamo un cartoncino, mettiamo sopra un cucchiaino di ogni fluido e poi teniamo verticalmente il cartone. Noteremo che alcuni scorrono velocemente, altri scendono più lentamente. Anche questo fenomeno si spiega con una diversa viscosità.

4.8.4 Comprimibilità

Non tutti i fluidi hanno la stessa comprimibilità: i liquidi hanno una bassissima comprimibilità, mentre i gas ne hanno una elevata. Per verificare ciò, prendiamo una siringa, togliamo l'ago, la riempiamo d'acqua, blocchiamo l'uscita con un dito e proviamo a spingere lo stantuffo. Vediamo che questo non si muove. Se invece riempiamo con aria la siringa notiamo che quando premiamo lo stantuffo si muove e quindi comprime l'aria.

4.8.5 Tensione superficiale

Capire che cosa sia la tensione superficiale prendiamo un bicchiere e lo riempiamo d'acqua quasi fino al bordo. Ora aggiungiamo un po' d'acqua alla volta e osserveremo che prima che trabocchi si è

formato un piccolo strato che va oltre il bordo del bicchiere.

Un altro esempio è dato dalle gocce di pioggia presenti sui fiori (la tensione superficiale tende a chiudere l'acqua nella forma di goccia) o dalle bolle di sapone.



4.8.6 Pressione

Per comprendere questo concetto prendiamo una bacinella, la riempiamo con acqua, infiliamo una mano dentro un sacchetto di plastica e la immergiamo nella bacinella. Vedremo che il sacchetto che prima ci stava largo diventa aderente e ha molte pieghe; ci sentiamo spingere la mano. Questo fenomeno è causato dalla pressione che esercita un fluido.

4.8.7 Il principio di Pascal

Per verificare questo principio, prendiamo una bottiglia e pratichiamo dei fori tutti alla stessa altezza; riempiamo la bottiglia con acqua e vedremo che dai fori escono degli zampilli che arrivano tutti alla stessa distanza dalla bottiglia. Questo perché a parità di quota la pressione del fluido è uguale.

Possiamo verificare questo principio anche con dei palloncini riempiti d'acqua e messi dentro un contenitore trasparente. Vedremo che quelli che sono sul fondo avranno tutti una forma ovoidale dovuta alla pressione esercitata dai palloncini che stanno sopra.

4.8.8 Legge di Stevino

Prendiamo una bottiglia, pratichiamo dei fori ad altezze diverse e riempiamola con dell'acqua. Noteremo che gli zampilli arriveranno a distanze diverse dalla bottiglia. Questo è causato dal fatto che la pressione cresce linearmente con la profondità.

4.8.9 Il galleggiamento

Per verificare questo fenomeno ci servono una bacinella riempita con dell'acqua e immergiamo un tappo di sughero, un temperamatite, una moneta, una barchetta di carta e una bottiglietta non riempita completamente con acqua. Osserviamo che cosa succede: alcuni oggetti stanno a galla, altri tra la superficie e il fondo, altri invece si depositano sul fondo. Questo fatto è dovuto al fatto che un corpo riceve una spinta dal basso verso l'alto pari al volume del fluido spostato.

Un altro esempio è dato dal fatto che per stare a galla quando siamo in acqua, ci mettiamo nella "posizione del morto" invece di stare verticalmente.

Se al posto dell'acqua utilizziamo un altro fluido noteremo che si presenterebbe ai nostri occhi un'altra situazione; questo perché maggiore è la densità e maggiore è la forza verso l'alto prodotta

dal fluido.

Nella fotografia a lato si vede un altro esempio di galleggiamento.



4.8.10 La spinta idrostatica

Possiamo misurare la spinta idrostatica con il seguente esperimento: prendiamo un dinamometro, attacchiamo un peso e segniamo dove arriva. Ora immergiamo il peso in un contenitore riempito con dell'acqua e vedremo che il peso sarà meno pesante in quanto riceve dal basso una spinta verso l'alto.

5 TERMODINAMICA

5.1 Definizione

La **termodinamica** è quella branca della fisica e della chimica (chimica fisica) che descrive le trasformazioni subite da un sistema in seguito a processi che coinvolgono la trasformazione di calore in lavoro e viceversa.

5.2 La temperatura ed equilibrio termico

La **temperatura** è la proprietà che caratterizza lo stato termico di due sistemi in relazione alla direzione del flusso di calore che si instaurerebbe fra di essi.

La temperatura è la proprietà che regola il trasferimento di energia termica o calore, da un sistema ad un altro. Quando due sistemi si trovano in equilibrio termico e non avviene nessun trasferimento di calore, si dice che sono alla stessa temperatura. Quando esiste una differenza di temperatura, il calore tenderà a muoversi dal sistema che diremo a temperatura più alta verso il sistema che diremo a temperatura più bassa, fino al raggiungimento dell'equilibrio termico. Il trasferimento di calore può avvenire per conduzione, convezione o irraggiamento.

Quindi, con **equilibrio termico** si intende che:

- tutti i corpi lasciati ad interagire termicamente con un ambiente a temperatura T_a si portano (anche se in tempi diversi) alla sua temperatura T_a ;
- due corpi a temperatura diversa se posti in contatto termico si portano alla stessa temperatura.

La grandezza intensiva temperatura T è la grandezza che caratterizza l'equilibrio termico tra due corpi o tra un corpo e l'ambiente circostante. Considerando anche la possibilità di variazioni spaziali della temperatura diremo che un corpo è in equilibrio termico se la grandezza: $T = T(x, y, z, t) = \text{costante}$.

Lo strumento che ci permette di misurare la temperatura o le variazioni di temperatura è il **termometro**.

5.3 Tipi di termometro e scale

Ci sono diversi tipi di termometro:

- **a liquido** ed è formato da un bulbo di vetro pieno di mercurio o d'alcool colorato e da un tubo capillare chiuso, graduato. La grandezza termometrica è il volume. Infatti, più il mercurio (o l'alcool) sale nel tubicino, più la temperatura sarà alta. Se, invece, il liquido scende verso il bulbo, la temperatura sarà più bassa.
- **metallico**: si fonda sulla deformazione di una lamina metallica al variare della temperatura.
- **di Galileo Galilei**, costituito da un cilindro di vetro contenente un liquido la cui densità aumenta sensibilmente al diminuire della temperatura. All'interno del cilindro sono contenute delle ampolline di vetro contenenti del liquido colorato. Queste ampolline hanno densità medie differenti fra di loro e ad esse sono appese delle targhette su cui viene indicata la temperatura.

Quando il termometro ha raggiunto l'equilibrio termico con l'ambiente esterno, si può leggere la temperatura osservando il numero riportato sulla più bassa fra le ampolline rimaste a galla. Se l'ambiente esterno si trova a temperatura molto bassa, il liquido all'interno del cilindro risulta avere una densità maggiore di quella di qualsiasi ampollina, e quindi rimarranno tutte



*Illustrazione
30:
termometro
galileiano*

a galla. Al contrario ad alte temperature andranno tutte a fondo perché esse avranno una densità maggiore del liquido all'interno.

A temperature intermedie cadranno sul fondo solo le ampolline con densità superiore a quella del liquido: quella che si trova al livello più basso fra quelle galleggianti avrà densità appena inferiore a quella del liquido e quindi ne indicherà approssimativamente la temperatura.

La temperatura viene misurata con diverse **scale**:

- **Kelvin**: rappresenta l'unità base della temperatura nel Sistema Internazionale (simbolo: K);
- **Celsius**: nella quale il valore di 0 °C corrisponde al punto di fusione del ghiaccio e il valore di 100 °C corrisponde al punto di ebollizione dell'acqua a livello del mare.

In questa scala una differenza di temperatura di 1 grado è pari a 1 K; quindi la scala è essenzialmente la stessa della scala kelvin, ma il congelamento dell'acqua avviene a -273,15 K. Il simbolo °C si legge «grado Celsius» o «grado centigrado».

- **Fahrenheit**: questa scala il punto di congelamento dell'acqua corrisponde a 32 °F e quello di ebollizione a 212 °F. La seguente formula può essere usata per convertire i gradi Fahrenheit in gradi Celsius:

$$T(C) = \frac{5}{9} \times (T(F) - 32)$$

5.4 Conduzione

Per **conduzione termica** si intende la trasmissione di calore che avviene in un mezzo solido, liquido o gassoso dalle regioni a più alta temperatura verso quelle con temperatura minore per contatto molecolare diretto (le altre modalità di passaggio, o trasferimento, del calore sono l'irraggiamento e la convezione). Il principio alla base della conduzione è diverso a seconda della struttura fisica del corpo: se la conduzione termica avviene nei gas è dovuta alla diffusione atomica e molecolare, se invece avviene nei liquidi e nei solidi è a causa di onde elastiche; nei materiali metallici il fenomeno è principalmente dovuto alla diffusione degli elettroni liberi dato che è trascurabile il contributo dell'oscillazione elastica del reticolo cristallino.

5.5 Irraggiamento

L'**irraggiamento** è uno dei tre modi attraverso cui avviene la propagazione del calore. In particolare, al contrario della conduzione e della convezione, l'irraggiamento non prevede contatto diretto tra gli scambiatori, e non necessita di un mezzo per propagarsi.

Quindi è un fenomeno che interessa ogni aggregato materiale, non importa se solido, liquido o gassoso, e avviene anche nel vuoto. Questo è giustificato dal fatto che il trasferimento di calore per irraggiamento avviene sotto forma di onde elettromagnetiche.

Si ha sia emissione che assorbimento di radiazione elettromagnetica. È un fenomeno che si presenta ad ogni temperatura, ma solo a temperature abbastanza elevate il contributo allo scambio termico per irraggiamento supera i contributi per conduzione e convezione.

5.6 Convezione

Il fenomeno della **convezione termica** si ha quando un fluido (come l'acqua o l'aria) entra in contatto con un corpo la cui temperatura è maggiore di quella del fluido stesso. Aumentando di temperatura, il fluido a contatto con l'oggetto si espande e diminuisce di densità, e a causa della spinta di Archimede sale essendo meno denso del fluido che lo circonda che è più freddo, generando così moti convettivi, in cui il fluido caldo sale verso l'alto e quello freddo scende verso il basso.

5.7 La dilatazione termica

La **dilatazione termica** è il fenomeno fisico che accade quando in un corpo sia liquido, sia gassoso, sia solido si verifica un aumento di volume. A livello atomico, si spiega con la variazione dell'oscillazione degli atomi attorno ad un punto di equilibrio, che normalmente viene identificato con la lunghezza di legame. In realtà l'oscillazione non è simmetrica, ma è maggiore nel senso dell'allontanamento dal punto di equilibrio. A livello macroscopico ciò si traduce in un aumento del volume del materiale con l'aumento della temperatura. Come si desume dal nome, il materiale si dilata in risposta all'aumento di temperatura.

5.8 I fluidi termodinamici

Un sistema termodinamico è in genere rappresentato da una massa o da un volume di una determinata materia per la quale siano definibili delle proprietà termodinamiche: se tali proprietà sono uniformi nello spazio tale materia può essere definita **fluido termodinamico**. Un fluido termodinamico può essere costituito da una o più sostanze presenti in uno o più o stati di aggregazione della materia.

Un fluido termodinamico costituito da un'unica sostanza caratterizzata da una composizione chimica uniforme in tutta la sua massa e invariabile si dice **sostanza pura**. Un fluido termodinamico costituito da più sostanze pure perfettamente miscibili tra loro è chiamato **miscela**. Come si è detto un fluido termodinamico si può presentare in uno o più o stati di aggregazione della materia che vengono denominati fasi. In conseguenza della variazione dello stato termodinamico, ogni sostanza può sempre passare da una fase all'altra. Questo passaggio prende il nome di cambiamento di fase. Quando il fluido termodinamico è una miscela, ogni sostanza che la compone può comparire in una o più fasi: la miscela resta allora un fluido termodinamico solo se la composizione chimica resta uniforme e invariabile in tutta la sua massa quale che sia la fase considerata.

Uno **stato termodinamico** è l'insieme dei valori assunti dai parametri macroscopici che lo caratterizzano, come la pressione, il volume, l'entropia, la temperatura e così via. Uno stato termodinamico è in equilibrio se i parametri che definiscono lo stato termodinamico sono indipendenti dal tempo.

5.9 Fasi della materia

Gli **stati di aggregazione** o fasi in cui la materia si presenta sono tre: **solido, liquido, aeriforme**.

I passaggi tra le diverse fasi prendono i nomi seguenti:

- passaggio da solido a liquido fusione
- passaggio da liquido a solido solidificazione
- passaggio da solido a aeriforme sublimazione
- passaggio da aeriforme a solido condensazione (brinamento)
- passaggio da aeriforme a liquido liquefazione o condensazione
- passaggio da liquido a aeriforme evaporazione

Nella pratica, tuttavia, entrambi i passaggi di fase del vapore (da vapore a solido e anche da vapore a liquido) si indicano con il nome di condensazione.

Ad ogni passaggio di stato viene assorbita o liberata energia. Ogni sostanza effettua un passaggio di stato ad una determinata temperatura. Nei passaggi di evaporazione e di fusione viene richiesta energia dall'esterno, mentre nella condensazione e nella solidificazione viene ceduta energia all'esterno. L'energia ceduta all'esterno esce sotto forma di calore o di lavoro.

5.10 Il calore sensibile e latente

Con **calore sensibile** si intende l'energia che porta ad un innalzamento della temperatura del corpo a cui è stata somministrata, mentre con **calore latente** (di trasformazione) si intende la quantità di energia necessaria per ottenere una transizione di fase di una sostanza (cioè, ad esempio, per far passare la sostanza dallo stato solido a quello liquido); a seconda del tipo di transizione di fase in questione si parla di calore latente di fusione, di vaporizzazione o di sublimazione.

Un esempio della differenza tra questi due calori è il riscaldamento di un cubetto di ghiaccio; durante la fusione, la temperatura rimane costante e il calore somministrato serve per rompere i legami molecolari esistenti tra le particelle che costituiscono la fase solida della materia. Per questo motivo non c'è un aumento della temperatura. Quando termina la fusione, la temperatura dell'acqua proveniente dal cambiamento di stato ricomincia ad aumentare fino a raggiungere la temperatura dell'ambiente che la circonda.

5.11 I principi della termodinamica

I **principi della termodinamica** vennero enunciati nel corso del XIX secolo e regolano le trasformazioni termodinamiche, il loro procedere, i loro limiti. Sono dei veri e propri assiomi, non dimostrati e indimostrabili, fondati sull'esperienza, sui quali si fonda tutta la teoria che riguarda la termodinamica.

Si possono distinguere tre principi di base, più un principio "zero" che definisce la temperatura, e che è implicito negli altri tre.

5.11.1 Principio zero

Il **principio zero** della termodinamica dice semplicemente che, *“se un corpo A è in equilibrio termico con un corpo B e B è in equilibrio termico con un corpo C, A e C sono in equilibrio tra loro.”*

Questo principio spiega il fatto che due corpi a temperature diverse, tra cui si scambia del calore, anche se questo concetto non è presente nel principio zero, finiscono per raggiungere la stessa temperatura.

5.11.2 Primo principio

In ogni sistema è contenuta una certa quantità di energia, in varie forme, che viene perciò definita **energia interna del sistema**. In un gas questa energia è essenzialmente l'energia cinetica totale delle molecole in movimento.

Esistono due modi per modificare l'energia interna di un corpo: fornendo calore o compiendo un lavoro sul sistema.

Sappiamo che l'energia interna del gas dipende dalla sua temperatura, infatti maggiore è questa e più velocemente le molecole del gas si muovono. Quando forniamo calore ad un gas vediamo che la sua temperatura aumenta, quindi aumenta anche la sua energia interna. Allo stesso modo se comprimiamo il gas, facendo quindi lavoro sul sistema, aumentiamo la sua energia interna. Da qui muove il primo principio della termodinamica, che non è altro se non una generalizzazione del principio di conservazione dell'energia: $\Delta U = Q - L$,

dove ΔU è la variazione di energia interna del gas, Q il calore scambiato (positivo se assorbito e negativo se ceduto) e L è il lavoro compiuto dal sistema (positivo se compiuto dal sistema, negativo se subito).

Quando la temperatura del gas non varia e quindi nemmeno la sua energia interna si parla di **trasformazione isoterma**: $Q - L = 0 \rightarrow Q = L$.

Se c'è una variazione dello stato di un sistema durante la quale il volume rimane costante si dice che c'è una **trasformazione isocora**: $\Delta U = Q$.

Si parla di **trasformazione isobara** quando non c'è nessuna grandezza che si conservi: il sistema compie o subisce lavoro, assorbe o cede calore e quindi la sua energia interna e la sua temperatura variano. Il lavoro è dato dal prodotto tra la variazione di volume e la pressione: $L = p \cdot \Delta V$.

Se il sistema è termodinamicamente isolato dall'ambiente, ossia se non vi sono scambi di calore con l'esterno avviene una **trasformazione adiabatica**: $\Delta U = -L$.

5.11.3 Secondo principio

Il **secondo principio della termodinamica** tiene conto del carattere di irreversibilità di molti eventi termodinamici, quali ad esempio il passaggio di calore da un corpo caldo ad un corpo freddo.

Esistono diversi enunciati, tutti equivalenti, di questo principio e ciascuna delle formulazioni ne mette in risalto un particolare aspetto. L'**enunciato di Clausius** “è impossibile realizzare una trasformazione il cui unico risultato sia quello di trasferire calore da un corpo più freddo a uno più caldo”, mentre **Kelvin** afferma “è impossibile realizzare una trasformazione il cui unico risultato preveda che tutto il calore assorbito da una sorgente omogenea sia interamente trasformato in lavoro.”

Un'altra formulazione di questo principio si fonda sull'**entropia** e asserisce che l'entropia di un sistema isolato lontano dall'equilibrio termico tende a salire nel tempo, finché l'equilibrio non è raggiunto.

L'**entropia** è una grandezza che viene interpretata come una misura del disordine di un sistema fisico; in termodinamica è utilizzata per quantificare l'indisponibilità di un sistema a produrre lavoro. In base a ciò si può dire che quando un sistema passa da uno stato ordinato ad uno disordinato la sua entropia aumenta.

5.11.4 Terzo principio

Il **terzo principio** è legato al secondo e dice che “è impossibile raggiungere lo zero assoluto con un numero finito di trasformazioni”; una formulazione più moderna, ma equivalente, afferma che nello stato a minima energia l'entropia ha un valore ben definito che dipende solo dalla degenerazione dello stato fondamentale.



Illustrazione 31: la fusione del ghiaccio è un esempio di processo irreversibile in cui c'è un aumento dell'entropia

5.12 FARE CON I BAMBINI

5.12.1 La temperatura ed equilibrio termico

5.12.1.1 Esercizio 1

La temperatura e le sue variazioni le possiamo misurare con un termometro.

Prendiamo un termometro e lo appendiamo al muro; dopo qualche minuto leggiamo la temperatura segnata e la scriviamo su un foglio. Ora ripetiamo la stessa procedura solo che il termometro lo mettiamo vicino ad un termosifone. Che cosa notiamo? La temperatura è la stessa?

5.12.1.2 Esercizio 2 (equilibrio termico)

Prendiamo una bottiglietta d'acqua dal frigo, assaggiamo un sorso e la riponiamo sul tavolo. Dopo un po' beviamo un altro sorso. Che cos'è cambiato? L'acqua non è più fredda come appena tolta dal frigorifero, ma ha raggiunto la temperatura dell'ambiente. Questo è un esempio di come si può sperimentare l'equilibrio termico.

5.12.2 Calore e temperatura ed equilibrio termico

Per distinguere la differenza tra calore e temperatura possiamo fare il seguente esperimento.

Prendiamo tre bacinelle e riempiamo una con l'acqua calda, una con l'acqua tiepida e l'ultima con acqua fredda. Diciamo ad un bambino di immergere per qualche secondo una mano nella bacinella contenente l'acqua calda e l'altra nell'acqua fredda dopodiché immergerà entrambe le mani nella bacinella contenente acqua tiepida. Facciamo descrivere le sensazioni che prova il bambino: sentirà con una mano che l'acqua è calda, mentre con l'altra che è fredda. Questo viene spiegato con il fatto che corpi con temperatura diversa messi a contatto, si portano alla stessa temperatura. Infatti dopo un po' che il bambino terrà le mani dentro la bacinella con acqua tiepida non se sentirà più la differenza di calore.

5.12.3 Conduzione termica

Per capire che cosa sia e come avvenga si possono fare vari esempi ed esperimenti:

1. Prendiamo un temperamatite e lo poniamo su un termosifone; dopo qualche minuto lo prendiamo in mano e sentiremo che è molto caldo. Se lo appoggiamo su un tavolo e lo spostiamo poco dopo sentiremo che il posto in cui era appoggiato si è scaldato. Questo fenomeno avviene perché c'è un trasferimento termico per contatto dalle zone in cui c'era più calore a quelle in cui c'era di meno.
2. La borsa dell'acqua calda che si utilizza per scaldarsi quando fa freddo.

Notiamo che materiali diversi conducono in maniera diversa il calore; se mettiamo sul termosifone una matita e il temperamatite quando li prendiamo in mano sentiamo che hanno due temperature diverse e la perdono anche in modo diverso.

5.12.4 Irraggiamento

Questa modalità di propagazione del calore non prevede il contatto ed un esempio è dato dalla bottiglietta con dell'acqua lasciata sotto il sole. Dopo un po' osserveremo che l'acqua si è scaldata e che ha iniziato ad evaporare.

5.12.5 Convezione

Un esempio di questo fenomeno è dato dal trasferimento di calore tra due stanze che hanno temperature diverse o dal calore che sprigiona un termosifone. Nello spostamento di calore si generano dei moti convettivi.

5.12.6 La dilatazione termica

Con la dilatazione termica si può spiegare il motivo per cui i binari distano di qualche centimetro l'uno dall'altro. La scelta è dovuta al fatto che d'estate con il calore i binari aumentano di volume; se non fossero distanziati, deformerebbero le rotaie provocando deragliamenti.

Un altro esempio è dato dalla colonnina di mercurio del termometro: il mercurio si dilata, quindi sale, all'aumentare della temperatura e scende al scendere della stessa.

Possiamo verificare questo fenomeno anche con un palloncino poco gonfio e lo mettiamo o sotto il sole (se è estate) o vicino al termosifone. Dopo un po' vedremo che è più gonfio. Questo è dovuto al fatto che l'aria dentro il palloncino, scaldandosi, ha aumentato il suo volume.

5.12.7 Stati della materia

Per vedere i vari stati della materia e i passaggi utilizziamo dell'acqua. Versiamo dell'acqua in un bicchiere di plastica e lo mettiamo nel congelatore. Dopo qualche ora vediamo che l'acqua, da liquida, è diventata ghiaccio, si è solidificata. Se lasciamo il ghiaccio a temperatura ambiente vedremo che inizia a sciogliersi, a fondersi, ritornando acqua. Se questa la mettiamo in una pentola e accendiamo il fornello vedremo che inizia ad evaporare. Se facciamo questo esperimento in una stanza chiusa, vedremo che sui vetri delle finestre l'acqua condensa. Un altro modo per vedere la condensazione è prendere una bottiglietta, riempirla con un po' d'acqua e metterla in frigorifero. Dopo qualche ora estrarla e metterla sotto il sole. Cosa succede? La bottiglia si appanna e sulla superficie si formano tante goccioline d'acqua; il vapore acqueo, che è più caldo rispetto alla bottiglia, venendo a contatto con essa, si raffredda improvvisamente e diventa liquido, si condensa.

Un esempio di passaggio dallo stato solido a quello aeriforme (sublimazione) è dato dalla naftalina, dalla canfora o da alcuni profumi solidi per ambienti.

Un esempio del passaggio dallo stato aeriforme a quello solido è dato dalla brina: gocce piccolissima d'acqua sospese diventano ghiaccio.

5.12.8 Differenza tra calore sensibile e latente

Per capire la differenza tra i due calori prendiamo una caraffa riempita con del ghiaccio e immergiamo un termometro; vedremo che la temperatura rimane costante durante tutto il processo di fusione anche se mettiamo la caraffa su un termosifone; questo è spiegato con il fatto che il calore somministrato serve per rompere i legami molecolari esistenti tra le particelle che costituiscono la fase solida della materia. Quando termina la fusione, la temperatura dell'acqua proveniente dal cambiamento di stato ricomincia ad aumentare fino a raggiungere la temperatura dell'ambiente che la circonda.

Stesso fenomeno si verifica se l'acqua viene fatta bollire: la temperatura non salirà oltre, ma rimarrà costante a 100°C.

6 OTTICA

6.1 Ottica e luce

L' **ottica** è la parte della fisica che descrive il comportamento e le proprietà della luce e l'interazione della luce con la materia.

Il termine **luce** si riferisce alla porzione dello spettro elettromagnetico visibile dall'occhio umano, ed è approssimativamente compresa tra 400 e 700 nanometri di lunghezza d'onda, ovvero tra 750 e 428 THz di frequenza. La luce, come tutte le onde elettromagnetiche, interagisce con la materia. I fenomeni più comuni osservabili sono: l'assorbimento, la trasmissione, la riflessione, la rifrazione e la diffrazione.

La luce si propaga a una velocità finita, 300.000 km/s.

La **luce visibile** è una porzione dello spettro elettromagnetico compresa approssimativamente tra i 400 e i 700 nanometri (nm), (nell'aria). La luce è anche caratterizzata dalla sua frequenza.

Frequenza e lunghezza d'onda obbediscono alla seguente relazione: $l=v/f$ (dove l è la lunghezza d'onda, v è la velocità nel mezzo considerato (nel vuoto in genere si indica con c), f è la frequenza della radiazione).

Lo **spettro elettromagnetico** è l'intervallo di tutte le possibili frequenze delle radiazioni. Le radiazioni sono onde elettromagnetiche caratterizzate da una lunghezza d'onda e da una frequenza.

Lo **spettro visibile** (o **spettro ottico**) è quella parte dello spettro elettromagnetico che cade tra il rosso e il violetto includendo tutti i colori percepibili dall'occhio umano. La lunghezza d'onda della luce visibile nell'aria va indicativamente dai 380 ai 750 nm; le lunghezze d'onda corrispondenti in altri mezzi, come l'acqua, diminuiscono proporzionalmente all'indice di rifrazione.

Le radiazioni con lunghezza d'onda minore (e quindi frequenza maggiore) sono gli ultravioletti, i raggi x e i raggi gamma; quelle con lunghezza maggiore (e frequenza minore) sono gli infrarossi, le microonde e le onde radio. Tutte queste radiazioni hanno la stessa natura, sono infatti tutte composte da fotoni.

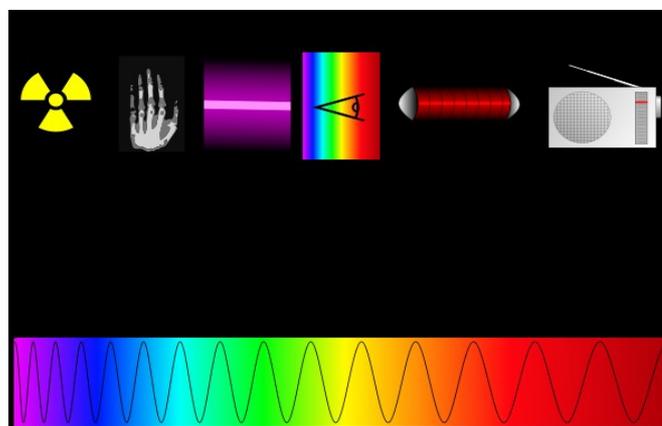


Illustrazione 32: spettro elettromagnetico

6.2 Varie teorie della luce

Molteplici sono state le teorie formulate, nel corso del tempo, per spiegare il fenomeno luminoso ed i comportamenti della luce.

6.2.1 Teoria corpuscolare

Fu formulata da Isaac Newton e la luce veniva vista come composta da piccole particelle di materia (corpuscoli) emesse in tutte le direzioni. Questa teoria, oltre che essere matematicamente molto semplice, spiegava molto facilmente alcune caratteristiche della propagazione della luce che erano ben note all'epoca di Newton.

I colori dell'arcobaleno venivano spiegati tramite l'introduzione di un gran numero di corpuscoli di luce diversi (uno per ogni colore) ed il bianco era pensato come formato da tante di queste particelle.

Una conseguenza della teoria corpuscolare della luce è che questa, per via dell'accelerazione gravitazionale, aumenti la sua velocità quando si propaga all'interno di un mezzo.

6.2.2 Teoria ondulatoria

In questa teoria, la luce veniva vista come un'onda che si propaga in un mezzo, chiamato **etere**, che si supponeva pervadere tutto l'universo ed essere formato da microscopiche particelle elastiche. La teoria ondulatoria della luce permetteva di spiegare un gran numero di fenomeni quali la riflessione, la rifrazione, la birifrangenza nei cristalli di calcite,...

Un problema della teoria ondulatoria era tuttavia la propagazione rettilinea della luce. Infatti era ben noto che le onde sono capaci di aggirare gli ostacoli mentre è esperienza comune che la luce si propaghi in linea retta (questa proprietà era già stata notata da Euclide nel suo *Optica*). Questa apparente incongruenza può però essere spiegata assumendo che la luce abbia una lunghezza d'onda microscopica.

6.2.3 Teoria elettromagnetica

Questa teoria fu Proposta da James Clerk Maxwell alla fine del XIX secolo e sostiene che le onde luminose sono elettromagnetiche e non necessitano di un mezzo per la trasmissione; mostra che la luce visibile è una parte dello spettro elettromagnetico. Con la formulazione delle equazioni di Maxwell vennero completamente unificati i fenomeni elettrici, magnetici ed ottici.

6.2.4 Teoria quantistica

Questa teoria vede la luce come radiazione elettromagnetica composta da fotoni (= quanti del campo elettromagnetico e hanno massa nulla).

6.3 Fenomeni ottici

Un **fenomeno ottico** è un evento visibile che risulta dall'interazione di luce e materia.

I fenomeni ottici comuni sono spesso dovuti all'interazione della luce solare o lunare con l'atmosfera, le nuvole, l'acqua, o particelle in sospensione.

Alcuni fenomeni ottici sono: l'arcobaleno, l'aurora boreale, il miraggio e la fata morgana.

L'**arcobaleno**, che si forma quando ci sono gocce d'acqua nell'aria e la luce è dietro l'osservatore ad una bassa altitudine o angolo. L'arcobaleno più bello si può vedere quando metà del cielo è ancora scuro per le nuvole di pioggia e l'osservatore si trova in un punto con il cielo pulito sopra. L'effetto dell'arcobaleno è anche comune vicino alle cascate o alle fontane.

L'**aurora polare**, spesso denominata aurora boreale o australe a seconda dell'emisfero in cui si verifica, è un fenomeno ottico dell'atmosfera caratterizzato principalmente da bande luminose di colore rosso-verde-azzurro, detti archi aurorali. Le aurore possono comunque manifestarsi con un'ampia gamma di forme e colori, rapidamente mutevoli nel tempo e nello spazio.

Il fenomeno è causato dall'interazione di particelle cariche (protoni ed elettroni) di origine solare (vento solare) con la ionosfera terrestre (atmosfera tra i 100-500 km). Tali particelle eccitano gli atomi dell'atmosfera che diseccitandosi in seguito emettono luce di varie lunghezze d'onda. A causa della geometria del campo magnetico terrestre, le aurore sono visibili in due ristrette fasce attorno ai poli magnetici della terra, dette ovali aurorali.

Il **miraggio** è un'illusione ottica naturale (fenomeno ottico); si verifica quando i raggi del Sole incontrano uno strato d'aria più calda rispetto agli strati sovrastanti dove l'aria più fredda e di densità maggiore. Così i raggi di luce subiscono una riflessione totale ed è possibile vedere le immagini come se fossero veramente riflesse al suolo.

Nel deserto torrido, siccome si riflette soprattutto il cielo, può sembrare di vedere un lago in lontananza. Questo è il miraggio detto inferiore.

Miraggi anche più spettacolari sono quelli superiori, prodotti da una inversione di temperatura all'altezza degli occhi dell'osservatore. In questo caso l'immagine appare riflessa superiormente. È possibile in questo caso vedere oasi che in realtà si trovano oltre l'orizzonte. Quando diversi effetti di miraggio inferiore e superiore si sommano, le immagini degli oggetti all'orizzonte vengono allungate verso l'alto come pinnacoli. Questo miraggio è anche chiamato **fata morgana**: l'immagine apparente muta velocemente forma; viene così chiamato per la caratteristica di riprodurre il soggetto a una elevazione dal suolo, proprio come le apparizioni dell'omonimo personaggio della mitologia celtica.

6.4 Illusione ottica

Una **illusione ottica** è una qualsiasi illusione che inganna l'apparato visivo umano, facendogli percepire qualcosa che non è presente o facendogli percepire in modo scorretto qualcosa che è presente.

In base al meccanismo che ne è causa quindi, si hanno tre categorie di illusioni:

- **ottiche**, quando sono causate da fenomeni puramente ottici e pertanto non dipendenti dalla fisiologia umana;
- **percettive**, in quanto generate dalla fisiologia dell'occhio. Un esempio sono le immagini postume che si possono vedere chiudendo gli occhi dopo avere fissato un'immagine molto contrastata e luminosa;
- **cognitive**, dovute all'interpretazione che il cervello dà delle immagini. Un caso tipico sono le figure impossibili e i paradossi prospettici.

6.5 Fenomeni osservabili della luce

6.5.1 La riflessione

Assorbimento, **riflessione** e trasmissione sono i fenomeni che avvengono quando la luce interagisce con la materia. Quando l'energia radiante incide su un corpo, una parte viene assorbita, una parte viene riflessa e una parte viene trasmessa. Per la legge di conservazione dell'energia, la somma delle quantità di energia rispettivamente assorbita, riflessa e trasmessa è uguale alla quantità di energia incidente.

Per indicare il tipo di riflessione si usano gli aggettivi:

- **spettrale** per indicare la radiazione monocromatica, cioè considerata lunghezza d'onda per lunghezza d'onda;
- **radiante** (contrapposto a luminosa) per indicare che la radiazione è data in termini di energia totale, cioè è espressa mediante grandezze radiometriche;
- **luminosa** (contrapposto a radiante) per indicare che la radiazione è pesata secondo la funzione di efficienza luminosa dell'occhio, cioè è espressa in grandezze fotometriche.

La **legge della riflessione** dice che un raggio di luce che colpisce una superficie riflettente con un certo angolo rispetto alla normale alla superficie stessa, sarà riflesso da essa nello stesso piano definito dal raggio incidente e dalla normale alla superficie e con un angolo uguale a quello di incidenza;

6.5.2 L'assorbimento

L'**assorbimento** è la capacità di un corpo di assorbire energia mediante onde elettromagnetiche (luce). Ogni mezzo ottico, dal vetro, all'acqua, allo smeraldo, etc. ha una capacità di assorbimento,



Illustrazione 33: riflessione

riflessione e rifrazione della luce.

L'assorbimento si realizza quando, posta una porzione di materia a contatto con radiazione elettromagnetica, essa è in grado di assorbire energia dalla radiazione stessa. Tale assorbimento è funzione non solo della natura della materia, ma anche della radiazione e in particolare della sua lunghezza d'onda.

6.5.3 La rifrazione

La **rifrazione** è la deviazione subita da un'onda che ha luogo quando questa passa da un mezzo fisico ad un altro nel quale cambia la velocità di propagazione (in realtà la velocità della luce è sempre costante; la variazione di velocità è apparente, dovuta al ritardo tra assorbimento e riemissione per i singoli atomi o molecole del mezzo). La rifrazione della luce è l'esempio più comunemente osservato, ma ogni tipo di onda può essere rifratta, per esempio quando onde sonore passano da un mezzo ad un altro o quando le onde dell'acqua si spostano a zone con diversa profondità. In ottica, la rifrazione avviene quando una onda luminosa passa da un mezzo con un **indice di rifrazione** a un mezzo con un diverso indice di rifrazione. Sul bordo dei due mezzi, la velocità di fase dell'onda è modificata, cambia direzione e la sua lunghezza d'onda è aumentata o diminuita mentre la sua frequenza rimane costante. Per esempio, i raggi di luce si rifrangono quando entrano o escono dal vetro; la comprensione di questo concetto ha consentito l'invenzione delle lenti e del telescopio a rifrazione.

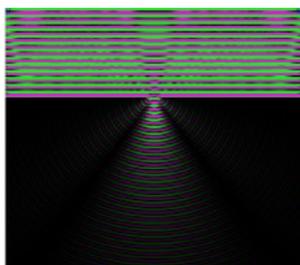


*Illustrazione 34:
rifrazione*

Secondo la **legge della rifrazione**, un raggio di luce che colpisce una superficie trasparente che delimita un mezzo (ad esempio aria) con un altro (ad esempio acqua, o vetro) con un certo angolo di incidenza rispetto alla normale alla superficie, lascia il mezzo di provenienza e penetra nel mezzo di destinazione deviando il proprio percorso, ovvero propagandosi con un angolo differente da quello di incidenza; Il rapporto tra i seni dell'angolo di incidenza e il seno dell'angolo di rifrazione è una costante che dipende dai materiali.

6.5.4 La diffrazione

La **diffrazione** si verifica quando un'onda piana è bloccata da uno schermo dotato di un foro di dimensioni paragonabili alla sua lunghezza d'onda; l'onda che emerge al di là del foro assume una forma sferica, come se fosse prodotta da una sorgente puntiforme posta nell'apertura stessa. In altre parole la diffrazione è un particolare fenomeno d'interferenza che si verifica quando un'onda incontra un ostacolo lungo il suo percorso.



*Illustrazione 36:
diffrazione con feritoia
piccola*



*Illustrazione 35: feritoia
grande*

6.6 Sorgenti primarie e secondarie

Una **sorgente primaria** è una sorgente che emette luce; una **secondaria**, invece, riflette la luce di

quella primaria.

Le sorgenti secondarie possono essere **trasparenti** (lasciano passare la luce), **opache** (non si lasciano attraversare dalla luce) e **traslucide** (lasciano passare la luce, ma non permettono di vedere la loro sorgente).

Quando una luce incontra un corpo opaco o viene riflessa o diffusa. L'occhio è ricevitore naturale di luce e quindi vede sia sorgenti primarie che secondarie; questo perché la visione degli oggetti è dovuta al fatto che ci arriva direttamente o indirettamente la luce sugli occhi.

Esistono anche **ricevitori artificiali**: ricevitori di immagini (per esempio: pellicole fotografiche), ricevitori di segnali luminosi (fotodiodi e fotoresistenze), ricevitori di energia luminosa (celle fotovoltaiche).

La luce si propaga in modo rettilineo nei mezzi omogenei e trasparenti, questo viene visto chiaramente nelle ombre degli oggetti opachi.

Se la luce viene da una sorgente quasi puntiforme l'ombra sarà netta, se invece la sorgente è estesa, l'ombra presenterà anche una penombra.

Esempi di sorgenti primarie sono le lampadine, il sole, fuoco,... Gli altri corpi, invece, riflettono la luce che arriva dalla fonte luminosa e vengono chiamati corpi illuminati.

L'emissione della luce avviene quando un sistema materiale viene eccitato. Alcuni corpi, per emettere luce, devono essere portati ad una temperatura elevata e, maggiore è la temperatura, più chiara ed intensa sarà la luce emessa. Quando la temperatura raggiunge i 1000°C la luce emessa è rossa, a 1500°C diventa gialla, mentre a 6000°C tende al bianco.

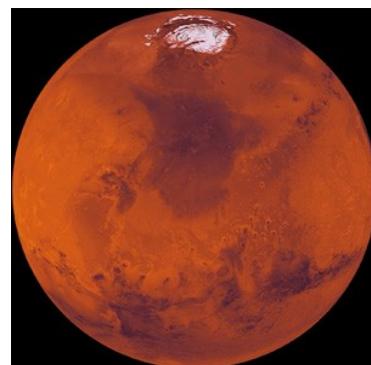


Illustrazione 37: Marte, corpo opaco che riflette la luce del sole

6.7 Ombre

L'**ombra** è l'area scura proiettata su una superficie da un corpo che, interponendosi tra la superficie stessa e una sorgente luminosa, impedisce il passaggio della luce.

L'aspetto dell'ombra può variare di molto a seconda delle condizioni ambientali e osservative: in assenza di atmosfera (come nello spazio) e di altre fonti luminose dirette o indirette, la quantità di luce che raggiunge la superficie in ombra è esattamente zero, per cui l'ombra è completamente nera. Nell'atmosfera terrestre, invece, la superficie in ombra riceve comunque una certa quantità di luce diffusa (variabile a seconda delle condizioni meteorologiche), per cui appare scura ma non completamente nera. Negli ambienti chiusi o con cielo nuvoloso o nebbia, poi, la luce diffusa costituisce la componente luminosa predominante: in questo caso le ombre sono molto sfumate o addirittura non osservabili del tutto.

Nel caso di una sorgente luminosa puntiforme, l'ombra ha contorni netti: ogni punto della superficie o è illuminato dalla sorgente o non lo è. Nel caso invece di una sorgente luminosa estesa (come il Sole che, visto dalla Terra, ha un diametro angolare di circa mezzo grado), il contorno dell'ombra è sfumato, in quanto vi è una regione intermedia in cui la sorgente luminosa è occultata solo parzialmente, e quindi si ha un passaggio graduale tra luce e ombra.

6.8 FARE CON I BAMBINI

6.8.1 Illusioni ottiche

Per capire le illusioni ottiche e le differenze tra un tipo e l'altro, proponiamo alcuni esempi e mostriamo alcune immagini.

Per quanto riguarda le illusioni ottiche si può portare come esempio l'arcobaleno, i miraggi e l'aurora boreale.

Per le illusioni percettive possiamo portare come esempio che quando guardiamo i fuochi d'artificio, anche se non c'è più la luce, per qualche secondo vediamo ancora l'immagine quando chiudiamo gli occhi.

Altro esempio simile è che se osserviamo una luce intensa, la continuiamo a vedere per un po' anche se non c'è più. Questo fenomeno è spiegabile con il fatto che l'immagine resta impressa nella retina.

Per quanto riguarda le illusioni cognitive si possono mostrare delle immagini o far pensare che a volte, osservando le nuvole, attribuiamo loro una forma di un oggetto che conosciamo, per esempio diciamo che la nuvola ha la forma di una macchina.

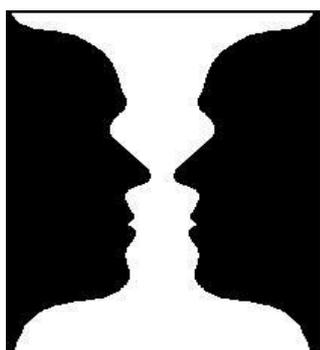


Illustrazione 38: due volti o un vaso?

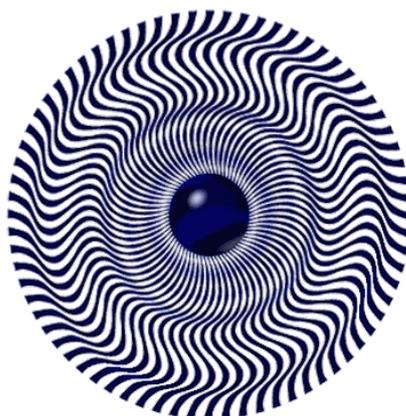


Illustrazione 39: rilievo, profondità e movimento

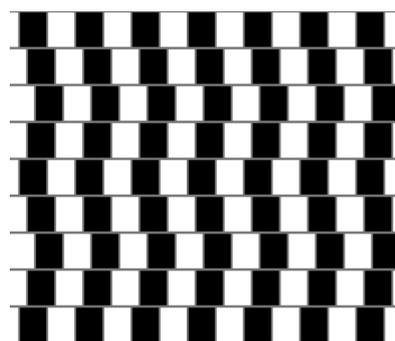


Illustrazione 40: rette sono parallele o no?

6.8.2 La riflessione

Si può sperimentare questo fenomeno utilizzando uno specchio e una torcia o un puntatore laser. Si dirige il fascio di luce sullo specchio e si vede in che punto viene riflesso. Proviamo a cambiare la posizione da cui emettiamo il fascio di luce e vedremo che cambierà anche il punto in cui viene riflesso. Si noterà che se spostiamo la luce di 2 passi a destra, per esempio, si sposterà altrettanto la luce riflessa.

Per vedere che effetti si possono creare con la riflessione, si può costruire un caleidoscopio; ci servono tre specchi che disporremo in modo tale da formare un triangolo e dentro mettiamo degli oggetti; ora non vedremo più solo un'immagine, ma più e se ruotiamo si creano varie forme colorate.

La riflessione è usata anche per creare la "giostra degli specchi".

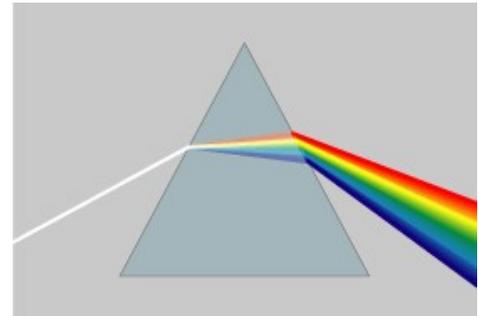
6.8.3 La rifrazione

Questa proprietà si può vedere facilmente immergendo un cucchiaino dentro un bicchiere d'acqua; questo sembrerà spezzato, invece è soltanto un fenomeno della luce.

Un altro esempio di rifrazione è dato dal fatto che il fondo della piscina sia più vicino a noi rispetto a quello che è veramente (l'acqua sembra meno fonda).

6.8.4 La dispersione

Per vedere questo fenomeno prendiamo un prisma e lo illuminiamo con un raggio di luce. Dal lato opposto rispetto alla sorgente della luce mettiamo un foglio e vedremo fascia con i colori dell'arcobaleno.

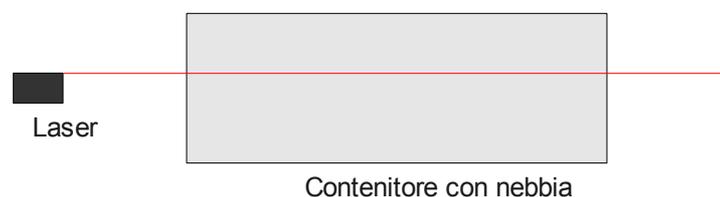


Un altro modo per creare l'arcobaleno consiste nel riempire d'acqua una bacinella, mettere all'interno uno specchio e indirizzare la luce riflessa su un foglio bianco che teniamo in mano.

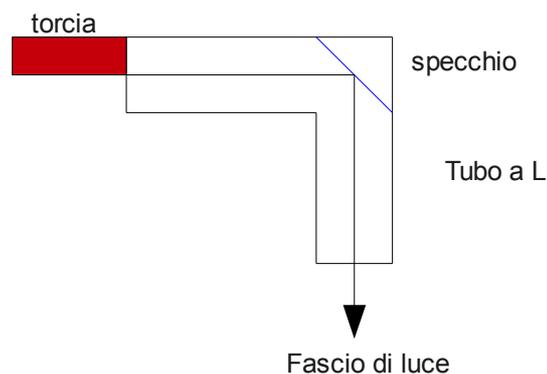
Questo ci permette di dedurre che il colore bianco della luce è dato dai sette colori messi assieme. Questo lo si può provare costruendo una girandola con sopra i colori; quando la facciamo ruotare vedremo che non si distinguono più i colori singolarmente ma si vedrà un unico colore biancastro.

6.8.5 Il percorso della luce

Per capire che la luce si muove in linea retta prendere un contenitore trasparente capovolgerlo chiudendo dentro un incenso. All'interno si creerà della nebbia. Ora puntiamo un laser contro il contenitore e vedremo che il raggio lo attraverserà tracciando una retta.



Un'altra esperienza può essere realizzata con un una torcia e un tubo a L. Mettiamo la torcia nel tubo, ma vediamo che i raggi non escono dall'altra estremità; però se mettiamo uno specchio nell'angolo del tubo, la luce viene riflessa ed esce. Questo dimostra che la luce si propaga in modo rettilineo.

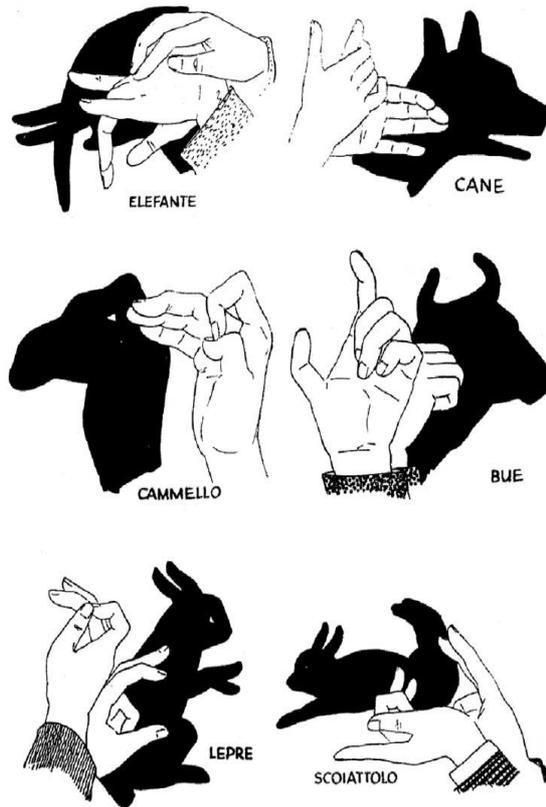


6.8.6 Come si formano le ombre?

Prendiamo un oggetto, lo mettiamo vicino ad un muro, ci sediamo di fronte e accendiamo una torcia. Noteremo che dietro l'oggetto si creerà una zona d'ombra, in cui non c'è luce.

Si possono sfruttare le mani per fare il gioco delle ombre cinesi.

Le ombre cinesi



Indice analitico

A

accelerazione 2, 12, 13, 16, 17, 18, 21, 24, 28, 29, 42
 accelerazione costante 13
 accelerazione gravitazionale 18, 28, 42
 accelerazione istantanea 13
 accelerazione media 12, 13
 aeriforme 36, 40
 arcobaleno 41, 42, 46, 47
 assorbimento 5, 35, 41, 43, 44
 atmosfera 27, 29, 42, 45
 attrito dinamico 20
 attrito radente 3, 20, 25
 attrito statico 20
 attrito viscoso 3, 20, 25
 attrito volvente 3, 20, 25
 aurora boreale 42, 46

B

barometro 3, 29
 brinamento 36

C

calore 4, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40
 calore latente 37
 Celsius 35
 coefficiente di attrito 20, 27
 comprimibilità 27, 31
 condensazione 36, 40
 conduzione 34, 35
 conservazione di energia meccanica 23
 convezione 34, 35

D

decelerazione 12, 16
 densità 3, 4, 27, 28, 29, 31, 32, 34, 35, 42
 diagramma orario 2, 10, 15
 differenza 11, 12, 24, 27, 29, 30, 31, 34, 35, 37, 39, 40
 diffrazione 5, 41, 44
 dilatazione 4, 36, 40
 dinamica 3, 4, 7, 18, 24, 34, 37, 38
 dinamometro 3, 19, 24, 33

E

elemento neutro 10
 elemento opposto 10
 energia cinetica 3, 22, 23, 25, 37
 energia meccanica 21, 23
 energia potenziale elastica 22
 Energia potenziale elastica 3, 22
 energia potenziale gravitazionale 22, 23
 entropia 36, 38
 enunciato di Clausius 38
 equilibrio indifferente 19
 equilibrio instabile 19
 equilibrio stabile 19
 equilibrio statico 19
 equilibrio termico 4, 34, 37, 38, 39
 errore 8
 etere 42
 evaporazione 36

F

Fahrenheit 35
 fata morgana 42, 43
 fenomeno ottico 42
 fluidi termodinamici 4, 36
 fluido 20, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 35, 36
 forza 3, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 31, 32
 forza conservativa 22
 forza di Archimede 28, 29
 forza di attrito 20, 25
 forza di attrito massima 20, 25
 forza di gravità 13, 14, 22, 24
 forza elastica 3, 18, 19
 forza motrice 20, 25
 forza resistente 21
 forze attive 19
 forze passive 19
 frequenza 14, 41, 44
 fusione 35, 36, 37, 40

G

Galileo Galilei 34
 galleggiamento 3, 4, 28, 32, 33
 grandezza fisica 7, 8, 18, 27
 grandezze scalari 10

H

hertz 14

I

illusione ottica 42, 43
 indice di rifrazione 41, 44
 inerzia 3, 13, 18, 19, 21
 infrarossi 41
 irraggiamento 34, 35

J

joule 21, 22

K

Kelvin 35, 38

L

lavoro 21, 22, 23, 26, 28, 34, 36, 37, 38
 legge della riflessione 43
 legge di Boyle e Mariotte 4, 30
 legge di Hooke 19
 legge di Stevino 3, 28, 29
 liquefazione 36
 liquido 27, 28, 29, 34, 35, 36, 37, 40
 luce 4, 5, 9, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48
 luce visibile 41, 42
 luminosa 7, 43, 44, 45

M

massa 3, 10, 18, 21, 22, 23, 24, 27, 28, 29, 36, 42
 massa gravitazionale 3, 21
 massa inerziale 21
 matraccio tarato 27
 metodo sperimentale 7, 9
 microonde 41
 miraggio 42, 43
 miscela 36
 misura 2, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 18, 19, 21, 22, 24, 27, 29, 33, 34, 35, 38, 39
 Misura 2, 9
 moto 2, 10, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 24, 26
 moto circolare uniforme 13, 14, 17
 moto rettilineo 2, 12, 13, 18
 Moto rettilineo 2, 13, 16
 moto vario 14

O

ombra 45, 48
 onde radio 41
 ottica 5, 41, 42, 43, 44

P

parabola 13, 14
 percorso chiuso 22
 periodo 14
 peso 3, 18, 20, 22, 23, 24, 25, 28, 29, 33
 picometro 27
 posizione 2, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 19, 21, 22, 24, 26, 32, 36, 46
 potenza 3, 21, 22
 pressione 3, 11, 20, 27, 28, 29, 30, 32, 36, 38
 pressione assoluta 27
 pressione idrostatica 3, 27, 28, 29
 pressione relativa 27
 prima legge di Newton 13, 18
 principi della termodinamica 4, 37
 principio di Archimede 29
 principio di Pascal 3, 4, 28, 32
 prodotto misto 11
 prodotto scalare 11, 21
 punta-coda 10

R

radiante 43
 radiazioni 41
 raggi gamma 41
 reazione vincolare 19, 21, 26
 riflessione 5, 41, 42, 43, 44, 46
 rifrazione 5, 41, 42, 44, 47

S

scale 4, 34, 35
 seconda legge di Newton 18, 21
 secondo principio della termodinamica 38
 SI 1, 2, 7, 12, 14
 sistema di riferimento 10, 13, 15, 19
 sistema di riferimento inerziale 13, 19
 Sistema internazionale di unità di misura 7
 sistema isolato 23, 38
 solidificazione 36
 solido 25, 29, 35, 36, 37, 40
 somma 2, 10, 14, 15, 18, 28, 43
 sorgente primaria 44
 sostanza pura 36

spettrale 43
spettro elettromagnetico 41, 42
spettro visibile 41
spostamento 2, 12, 13, 15, 21, 22, 39
stati di aggregazione 36
stato termodinamico 36
sublimazione 36, 37, 40

T

temperatura 4, 10, 20, 27, 29, 30, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 43, 45
tensione superficiale 27, 31, 32
tensioni lineari 21
termodinamica 4, 7, 34, 37, 38
termometro 4, 34, 39, 40
terza legge di Newton 18
torchio idraulico 28
Torricelli 29
traiettoria 10, 12, 13, 14, 16, 17, 22
trasformazione isobara 38

trasformazione isocora 37
trasformazione isoterma 37

U

ultravioletti 41

V

vasi comunicanti 28, 29
velocità iniziale 14
velocità istantanea 14
velocità scalare 14
vettori 2, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 18
vincolo 19, 21
viscosità 20, 27, 31
volume 27, 28, 29, 30, 32, 34, 36, 37, 38, 40

W

watt 22