

Nozioni di Fisica Biochimica e Biologia

Fisica Medica

Lezione 2 – CINEMATICA E DINAMICA

Anno Accademico 2022/2023

AGENDA DEL CORSO

	DATA	ORE	ARGOMENTI
LEZIONE 1	30/11/2022	3	Richiami e nozioni introduttive di base: Grandezze fisiche, unità e sistemi di misura. Errori di misura. Scalari e vettori. Operazioni tra vettori. Algebra di base. Relazioni funzionali e rappresentazioni grafiche. Trigonometria.
LEZIONE 2	02/12/2022	3	Cinematica e dinamica del corpo: Sistemi di riferimento. Moto rettilineo uniforme. Moto rettilineo uniformemente accelerato. Principi della dinamica. Forze. Rotazione e momento di una forza. Leve. Lavoro ed energia.
LEZIONE 3	05/11/2022	3	Fluidodinamica: Statica dei fluidi. Pressione e densità. Legge di Stevino. Tubo di Torricelli. Principio di Pascal e torchio idraulico. Principio di Archimede. Viscosità. Portata. Teorema di Bernoulli. Sfigmomanometro. Aneurisma e stenosi.
LEZIONE 4	07/11/2022	3	Termodinamica: Sistemi termodinamici. Temperatura e calore. Misura della temperatura. Scale termometriche. Capacità termica e calore specifico. Equilibrio termico. Dilatazione termica. Passaggi di stato. Trasmissione del calore. Bilancio energetico nel corpo umano.
LEZIONE 5	13/11/2022	3	Fenomeni elettrici e magnetici: Carica elettrica. Elettrizzazione. Conduttori e isolanti. Legge di Coulomb. Campo elettrico. Potenziale elettrico. Intensità di corrente. I e II Legge do Ohm. Onde elettromagnetiche. Ultrasuoni. Effetto Doppler.
PROVA FINE CORSO			

La **meccanica classica** è quella branca della fisica che studia i movimenti di uno o più corpi.

Essa è sufficiente a descrivere con grande accuratezza i fenomeni che possiamo osservare nella vita di tutti i giorni.



Si divide in tre grandi parti:

1. **Cinematica:** si occupa di descrivere il [movimento](#) di un corpo, indipendentemente dalle cause che lo hanno prodotto.
2. **Dinamica:** studia le **cause** che determinano il movimento di un corpo, le [forze](#), ed esprime il movimento di un corpo in termini di queste ultime.
3. **Statica:** studia i **corpi in equilibrio**, ossia quei casi particolari in cui le forze agenti si bilanciano. L'equilibrio può essere statico (il sistema rimane fermo nel suo complesso) o dinamico (il sistema si muove di [moto uniforme](#)).

Per poter descrivere con esattezza i fenomeni che ci circondano, la meccanica classica opera un'**astrazione** delle condizioni presenti, ossia **semplifica il sistema reale in delle entità matematiche**, che possono essere descritte da precise leggi, oggetto appunto dello studio della meccanica.

- **Punto Materiale**: si tratta di un corpo le cui **dimensioni sono trascurabili** nel sistema di riferimento scelto, ovvero non influenzano l'esito dell'esperienza fisica. Il punto materiale è un punto geometrico, dotato di massa.
- **Corpo Continuo**: è una porzione di spazio (un volume) caratterizzata da una densità di massa. Questa densità può variare di punto in punto, come in un gas, ma si considera sempre che sia il volume sia la densità siano abbastanza regolari (per esempio, varino con continuità).
- **Corpo Rigido**: è un caso particolare di corpo continuo, in cui la **distanza** tra una qualsiasi coppia di punti appartenenti al corpo rimane **invariata** durante tutto il moto. Una palla da bowling, un'automobile, un satellite sono buoni esempi di corpo rigido.



A seconda della situazione, lo stesso corpo può cadere in una qualsiasi di queste categorie!

Una palla da bowling che scivola su una pista di legno può essere un **punto materiale**; se la stessa palla da bowling viene riscaldata sino al suo punto di fusione, e poi viene lasciata cadere, può essere utile vederla come un **corpo continuo**; mentre quando la palla da bowling urta i birilli, per descrivere questo urto molto accuratamente (ad esempio, per descrivere le deformazioni elastiche infinitesime che la superficie della palla subisce a seguito dell'urto) potrebbe essere necessario considerarla come un **corpo rigido**.

TRAJETTORIA E SISTEMA DI RIFERIMENTO

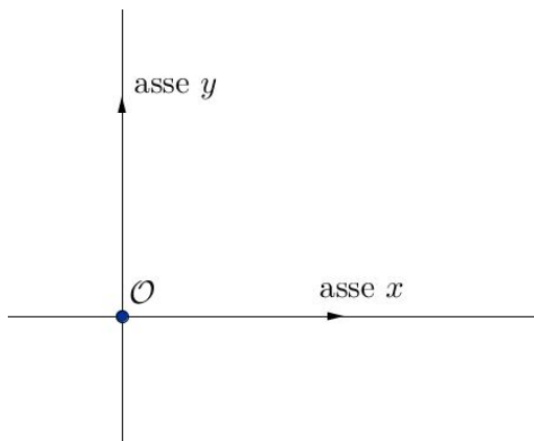
Università
degli Studi
della Campania
Luigi Vanvitelli

L'idea di movimento di un punto materiale è data dalla nostra percezione delle differenti posizioni occupate dal punto in istanti diversi.

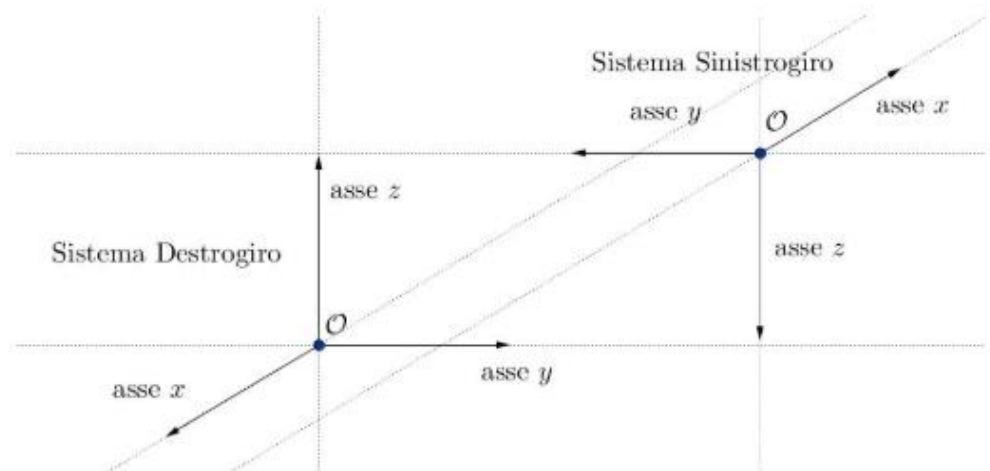
TRAJETTORIA

L'insieme complessivo delle posizioni occupate dal punto materiale nel corso del suo moto; rappresenta quella linea immaginaria (in generale, curva) che collega tutte le posizioni occupate dal punto in tutti gli istanti.

SISTEMA DI RIFERIMENTO



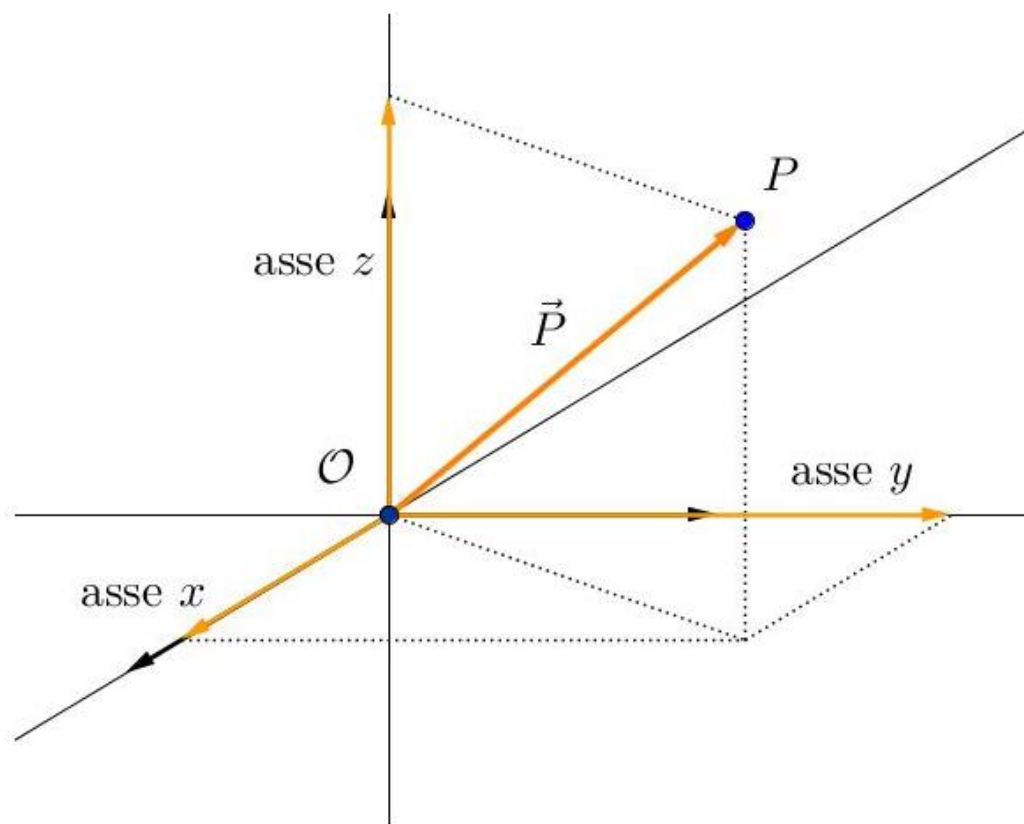
BIDIMENSIONALE



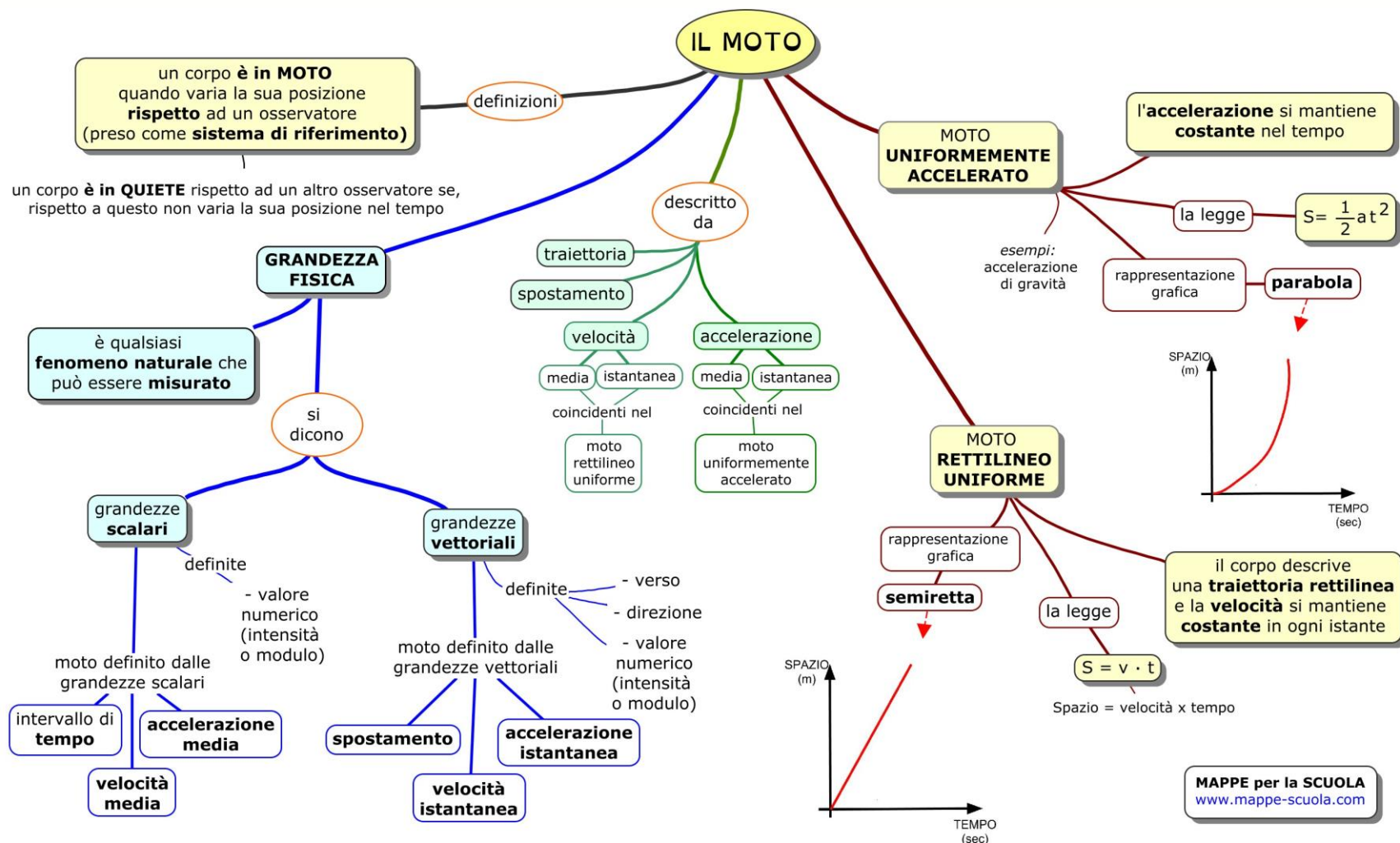
TRIDIMENSIONALE

VETTORE POSIZIONE

Una volta introdotto un sistema di riferimento (qualsiasi), la posizione del punto P è descritta dal numero opportuno di coordinate, e si identifica con il [vettore](#) che congiunge l'origine degli assi con il punto materiale (**vettore posizione**).

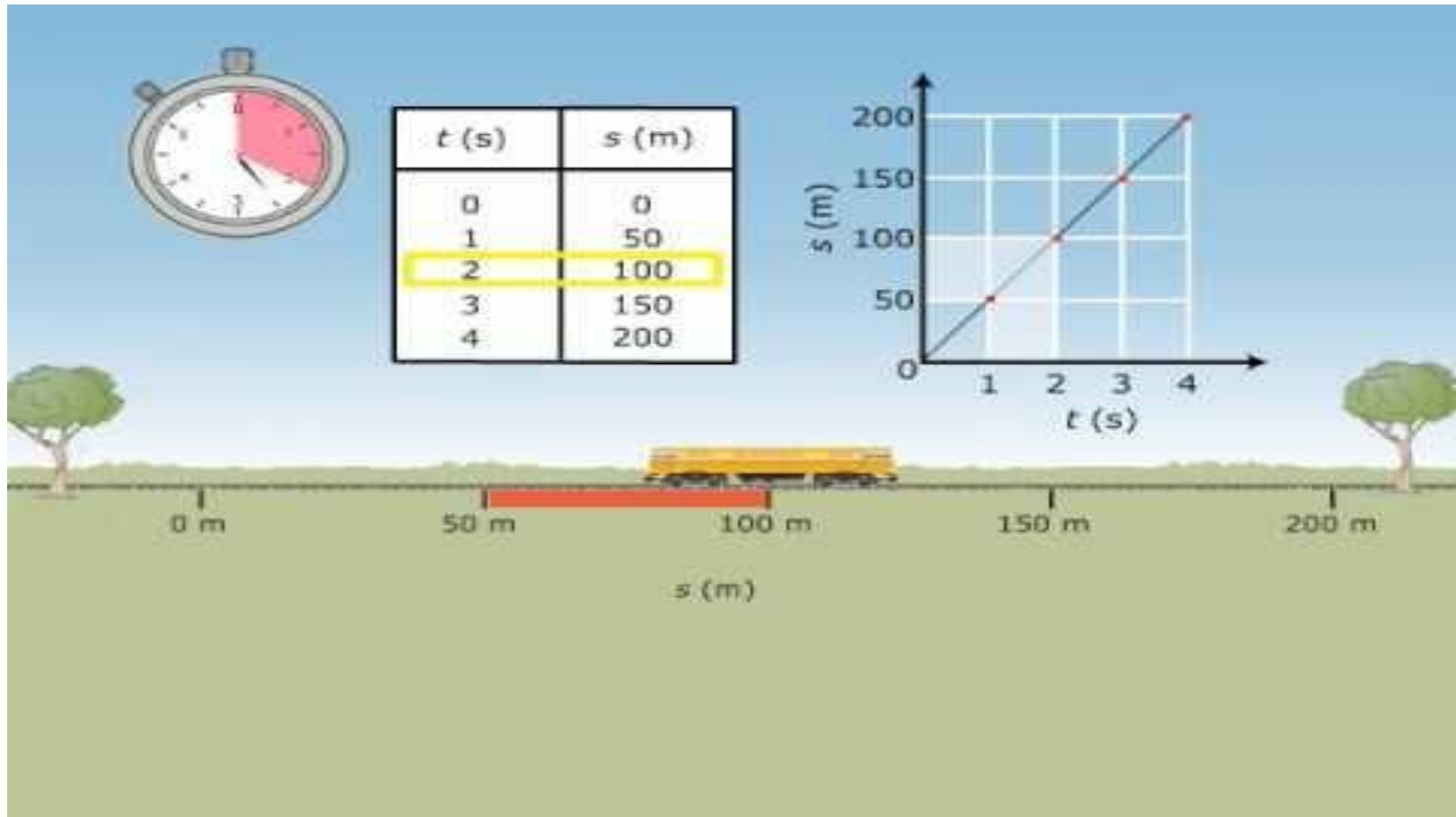


La **cinematica** studia il moto indipendentemente dalle cause che lo hanno generato



MOTO RETTILINEO UNIFORME

Il moto più semplice è il **moto rettilineo**: si tratta di un punto materiale confinato a muoversi su di una retta (sistema di riferimento monodimensionale).



VELOCITÀ MEDIA

Chiamiamo **spostamento** la differenza tra la posizione finale e la posizione iniziale:

$$\Delta x = x_2 - x_1 = x_{finale} - x_{iniziale}$$

Chiamiamo **durata** dello spostamento l'**intervallo di tempo** impiegato a compierlo:

$$\Delta t = t_2 - t_1 = t_{finale} - t_{iniziale}$$

Per un certo spostamento avvenuto in un certo intervallo di tempo, definiamo la **velocità media** v_m come il rapporto tra lo spostamento effettuato e la durata di tale spostamento:

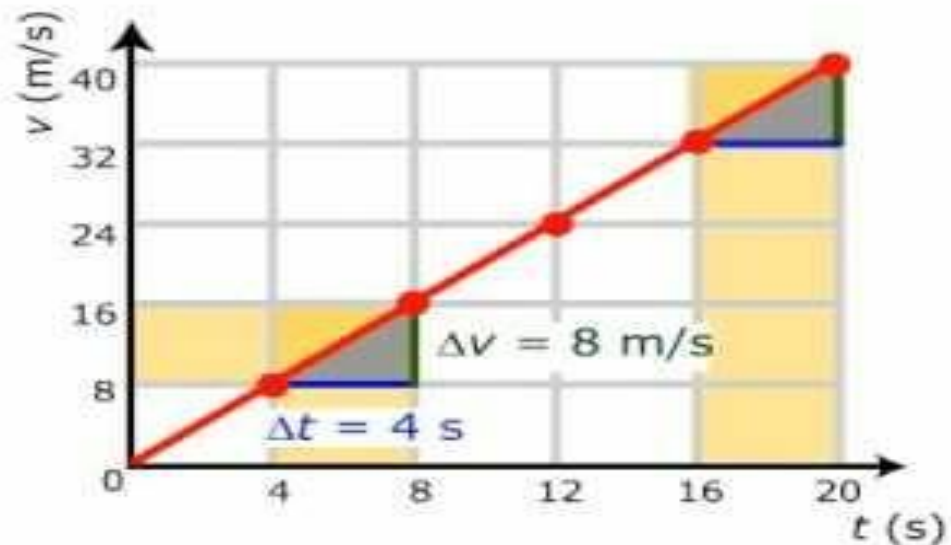
$$v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_{finale} - x_{iniziale}}{t_{finale} - t_{iniziale}}$$

Essendo un rapporto tra spazio, misurato in metri, e tempo, misurato in secondi, l'**unità di misura** della velocità è il metro al secondo, m/s.

MOTO RETTILINEO UNIFORMEMENTE ACCELERATO

Un corpo si muove di moto rettilineo uniforme solo in condizioni molto particolari: la risultante delle forze agenti sul corpo deve essere nulla, secondo il [principio di inerzia](#)). Più comunemente, un corpo modificherà la propria velocità nel corso del moto.

Istante t (s)	velocità v (m/s)
0	0
4	8
8	16
12	24
16	32
20	40



Consideriamo due istanti successivi, t_1 e t_2 , e andiamo a calcolare la **velocità istantanea** del punto materiale in questi due istanti, $v_1 = v(t_1)$ e $v_2 = v(t_2)$.

La variazione di velocità è la quantità

$$\Delta v = v_{\text{finale}} - v_{\text{iniziale}}$$

mentre la durata di questa variazione è l'intervallo di tempo

$$\Delta t = t_{\text{finale}} - t_{\text{iniziale}} = t_2 - t_1$$

Definiamo dunque l'**accelerazione media** come il rapporto tra la variazione di velocità e la durata di tale variazione:

$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_{\text{finale}} - v_{\text{iniziale}}}{t_{\text{finale}} - t_{\text{iniziale}}}$$

Essendo la velocità misurata in metri al secondo, e il tempo in secondi, l'unità di misura dell'accelerazione sarà metri al secondo per secondo, ossia m/s^2 .

LEGGE ORARIA

Moto Rettilineo Uniforme **fi** un punto materiale che si muove con velocità **v** costante lungo una retta.

Ricordando l'espressione della velocità

$$\mathbf{v} = \frac{D\mathbf{x}}{Dt} = \frac{\mathbf{x} - \mathbf{x}_0}{t - t_0}$$

→ Invertendo l'equazione e semplificando ponendo $t_0 = 0$ si ottiene la **legge oraria** del moto rettilineo uniforme.

$$\mathbf{v} = \frac{\mathbf{x} - \mathbf{x}_0}{t} \Rightarrow \mathbf{v}t = \mathbf{x} - \mathbf{x}_0 \Rightarrow \mathbf{x} = \mathbf{x}_0 + \mathbf{v}t$$

Moto Rettilineo Uniformemente accelerato **fi** un punto materiale che si muova con accelerazione **a** costante lungo una retta.

Ricordando la definizione di accelerazione

$$\mathbf{a} = \frac{D\mathbf{v}}{Dt} = \frac{\mathbf{v} - \mathbf{v}_0}{t - t_0}$$

si ricava l'espressione della velocità ($t_0=0$)

$$\mathbf{a} = \frac{\mathbf{v} - \mathbf{v}_0}{t} \Rightarrow \mathbf{a}t = \mathbf{v} - \mathbf{v}_0 \Rightarrow \mathbf{v} = \mathbf{v}_0 + \mathbf{a}t$$

Analogamente a quanto fatto nel caso del moto rettilineo uniforme, si può ricavare la **legge oraria** del moto uniformemente accelerato

$$\mathbf{x} = \mathbf{x}_0 + \mathbf{v}_0t + \frac{1}{2}\mathbf{a}t^2$$

- Per viaggiare da Milano a Bologna un aereo si sposta con la velocità costante di 252 km/h. Quanto tempo ci impiega se la distanza tra le due città è di 210 km?

1. Notiamo che il moto è **rettilineo uniforme**, con velocità costante.

La **velocità** è definita come il **rapporto tra lo spostamento effettuato e il tempo impiegato a compierlo**: $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

2. Da questo ricaviamo la formula inversa per il tempo: $\Delta t = \frac{\Delta x}{v}$.

3. Convertiamo i dati nelle unità di misura del Sistema Internazionale:

$$\Delta x: 210 \text{ km} = 210000 \text{ m}$$

v : per passare da km/h a m/s occorre dividere per 3,6: $252 :$

$$3,6 = 70 \text{ m/s}.$$

4. Sostituiamo e svolgiamo i calcoli:

$$\Delta t = \frac{21 \cdot 10^4}{7 \cdot 10^1} = 3 \cdot 10^3$$

che sono 3000 secondi, ovvero $300 : 60 = 50$ minuti.

- Mario e Luca hanno fatto una gara a chi andava più veloce ed entrambi sostengono di aver vinto: Mario dichiara di aver percorso 1000 metri in 3 minuti e Luca 2,5 km in 4,5 minuti. Chi è, in realtà, che ha vinto?

1. Possiamo assumere che sia Mario che Luca abbiano corso con velocità costante, cioè si siano spostati di moto rettilineo uniforme. Per scoprire chi è stato più veloce, calcoliamo la velocità di entrambi. Dalla definizione di velocità sappiamo

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

2. Trasformiamo i dati nelle unità di misura del S.I.: 3 minuti = 3 · 60 = 180 secondi; 4,5 minuti = 4,5 × 60 = 270 secondi; 2,5 km = 2,5 · 10³ m.

3. Calcoliamo le velocità di ciascuno:

- $v_{\text{Mario}} = \frac{1000}{180} = 5,55 \text{ m/s}$
- $v_{\text{Luca}} = \frac{2,5 \cdot 10^3}{270} = 9,25 \text{ m/s}$

4. Dunque ha vinto Luca!

- Qual è la velocità finale di un'auto che accelera costantemente per 15 secondi con accelerazione uguale a 3 m/s^2 se la sua velocità iniziale è pari a 10 m/s ?

1. Poichè l'auto accelera costantemente bisogna applicare la **legge oraria** del **moto rettilineo uniformemente accelerato**:

$$v(t) = a t + v_0$$

2. I dati sono già nelle unità di misura del S.I., quindi sostituiamo semplicemente: $v = 3 \cdot 15 + 10 = 45 + 10 = 55 \text{ m/s}$.

La Dinamica studia il moto dei corpi in relazione con le sue cause: perché e come gli oggetti si muovono.

Lo stato “naturale” di moto degli oggetti è essere in quiete, oppure in moto rettilineo uniforme.

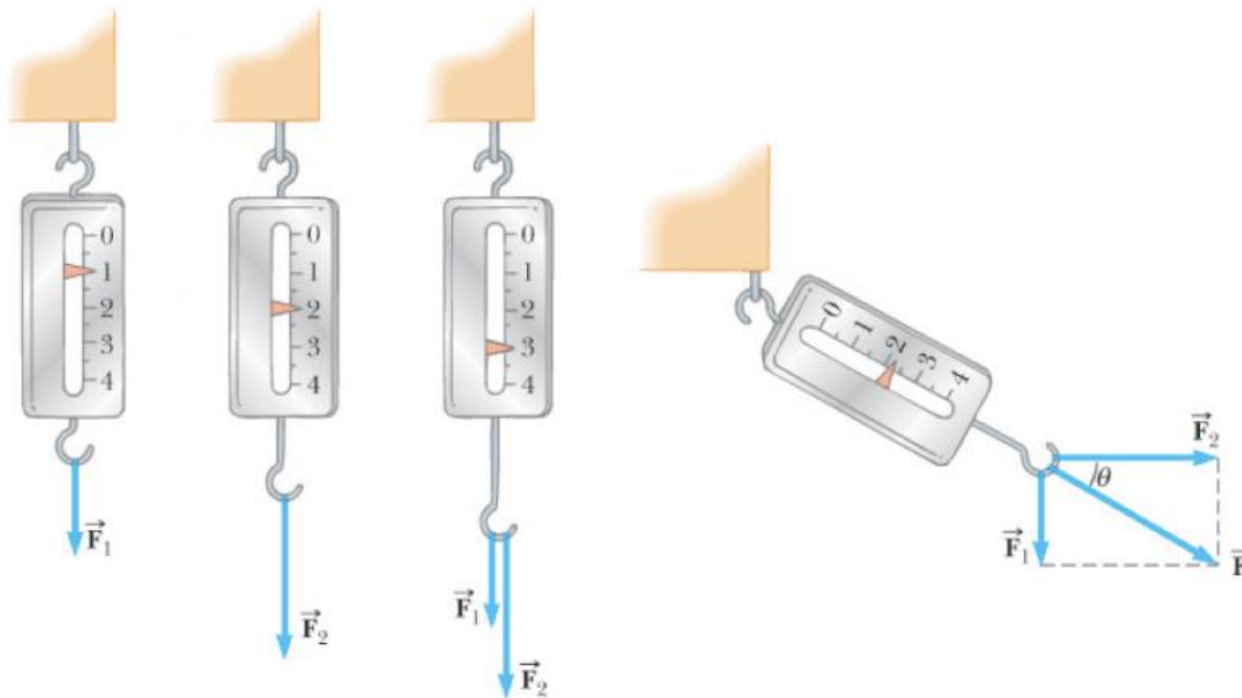
Le Forze cambiano questo stato e si classificano in:

- Forze di contatto: conseguenza del contatto fisico fra due oggetti
- Campi di forze: agiscono tramite lo spazio, senza contatto fisico



MISURA DELLE FORZE

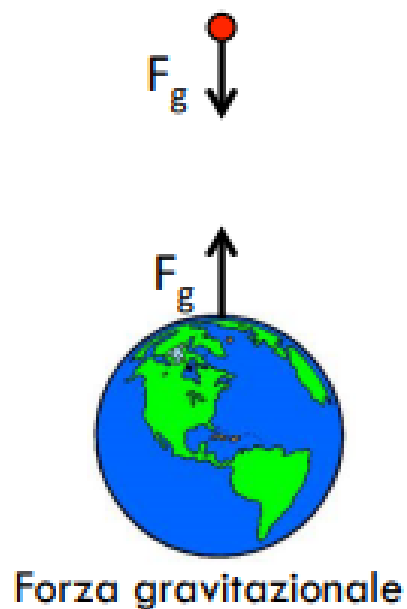
- Si può usare una molla per calibrare la grandezza di una forza
- Le forze sono vettori: bisogna usare le regole per l'addizione di vettori per trovare la forza totale (detta risultante) agente su di un oggetto



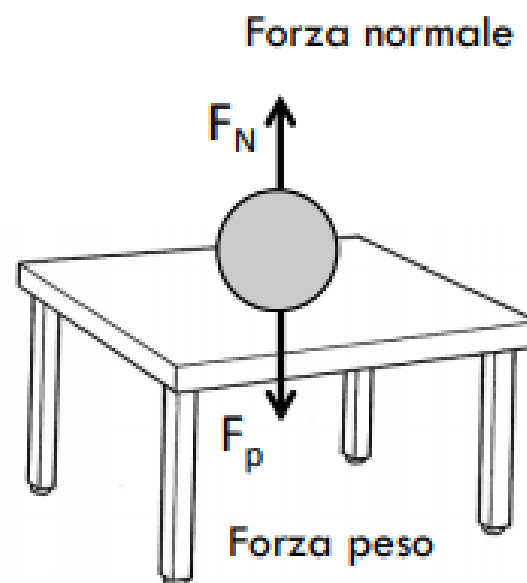
LE FORZE

Possiamo definire la forza come la manifestazione fisica dell'interazione esistente tra due corpi; le forze non esistono da sole ma "a coppie"

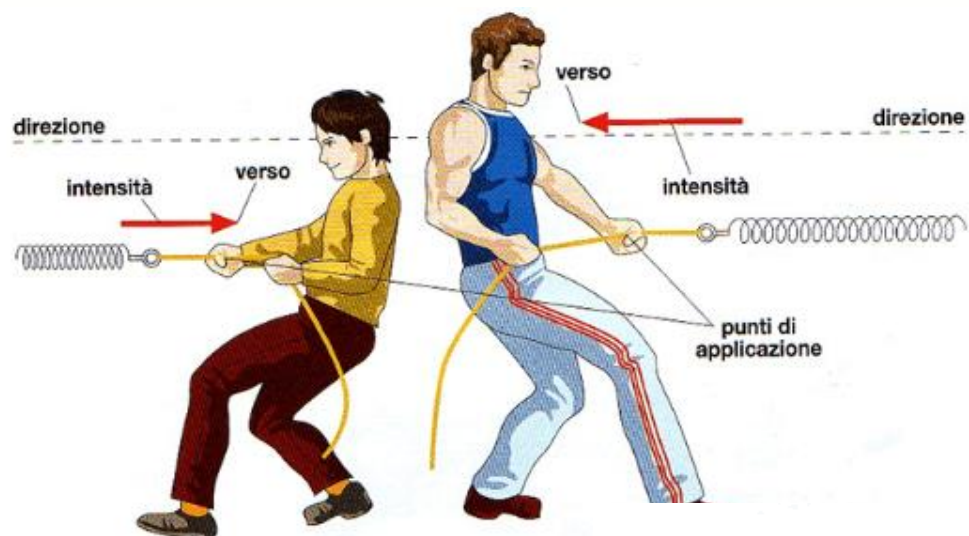
Esempi:



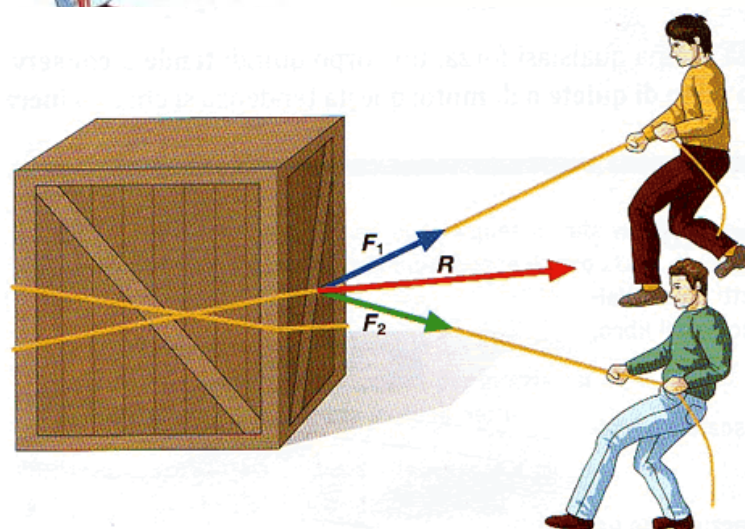
Forza di Coulomb



LE FORZE



$$F_1 \rightarrow$$
$$F_2 \rightarrow$$
$$R \rightarrow$$
$$R = F_1 + F_2$$



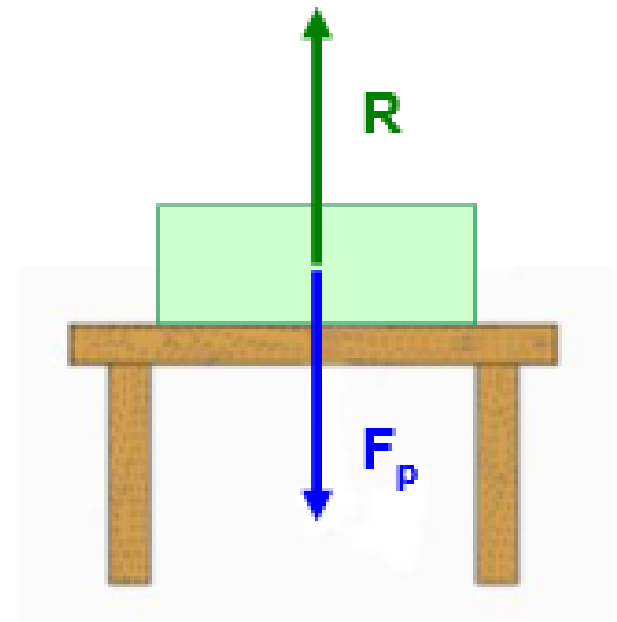
Forza peso

La forza peso è la forza a cui è soggetto un corpo che si trova sulla Terra ($g = 9.81 \text{ m/s}^2$)

$$F_p = m g$$

Reazione vincolare **R**

Le reazioni vincolari si manifestano ogni volta che esiste un vincolo, ossia un impedimento, al moto di un corpo.



Forza elastica

La forza elastica è la forza che segue la seguente legge, nota come legge di Hooke:

$$\mathbf{F} = -k \mathbf{r}$$

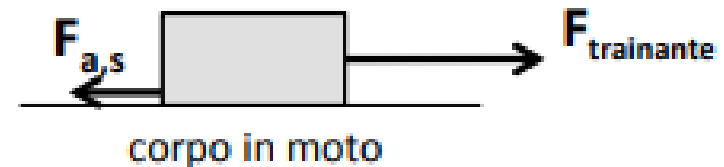
\mathbf{r} è la posizione del corpo sulla quale agisce la forza
e k è una costante, detta costante elastica.

Essa è detta forza elastica perché è la forza esercitata da un elastico o una molla per piccole deformazioni. La forza elastica è una forza di richiamo perché ha sempre segno opposto alla deformazione e tende a riportare l'elastico o la molla nello stato di riposo.

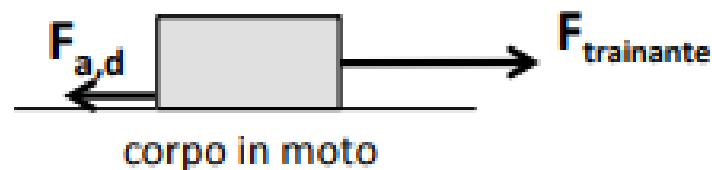
TIPOLOGIE DI FORZE

È una forza che si manifesta quando due superfici si muovono una rispetto all'altra

Forza di attrito statico $F_{a,s}$ si manifesta quando passo dallo stato di quiete a quello di moto



Forza di attrito dinamico $F_{a,d}$ si manifesta durante il moto



I TRE PRINCIPI DELLA DINAMICA

I **tre principi della Dinamica** furono introdotti da **Sir Isaac Newton** nella sua grande opera *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, risalente al 1687. Essi costituiscono le vere e proprie fondamenta su cui si regge l'intera Dinamica (e non solo), perché forniscono una caratterizzazione completa delle forze e delle leggi che regolano l'equilibrio e il movimento nel loro complesso.

Prima legge di Newton (detta anche *Principio di inerzia*)

Se la somma delle **forze** che agiscono su un corpo è nulla, allora il corpo in quiete rimarrà in quiete, mentre se è in moto, continuerà a muoversi di **moto rettilineo uniforme**.

Seconda legge di Newton (detta anche *Principio di proporzionalità*)

La forza agente su un corpo è **direttamente proporzionale** all'accelerazione e ne condivide la direzione e il verso, ed è direttamente proporzionale alla massa. Di contro l'accelerazione cui è soggetto il corpo è direttamente proporzionale alla forza e **inversamente proporzionale** rispetto alla massa.

In una formula:

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

Terza legge di Newton (detta anche *Principio di azione e reazione*)

Se un corpo A esercita una forza su un corpo B, allora il corpo B esercita su A una forza uguale e contraria.

1° PRINCIPIO DELLA DINAMICA

Prima legge di Newton (detta anche *Principio di inerzia*)

Se la somma delle **forze** che agiscono su un corpo è nulla, allora il corpo in quiete rimarrà in quiete, mentre se è in moto, continuerà a muoversi di **moto rettilineo uniforme**.

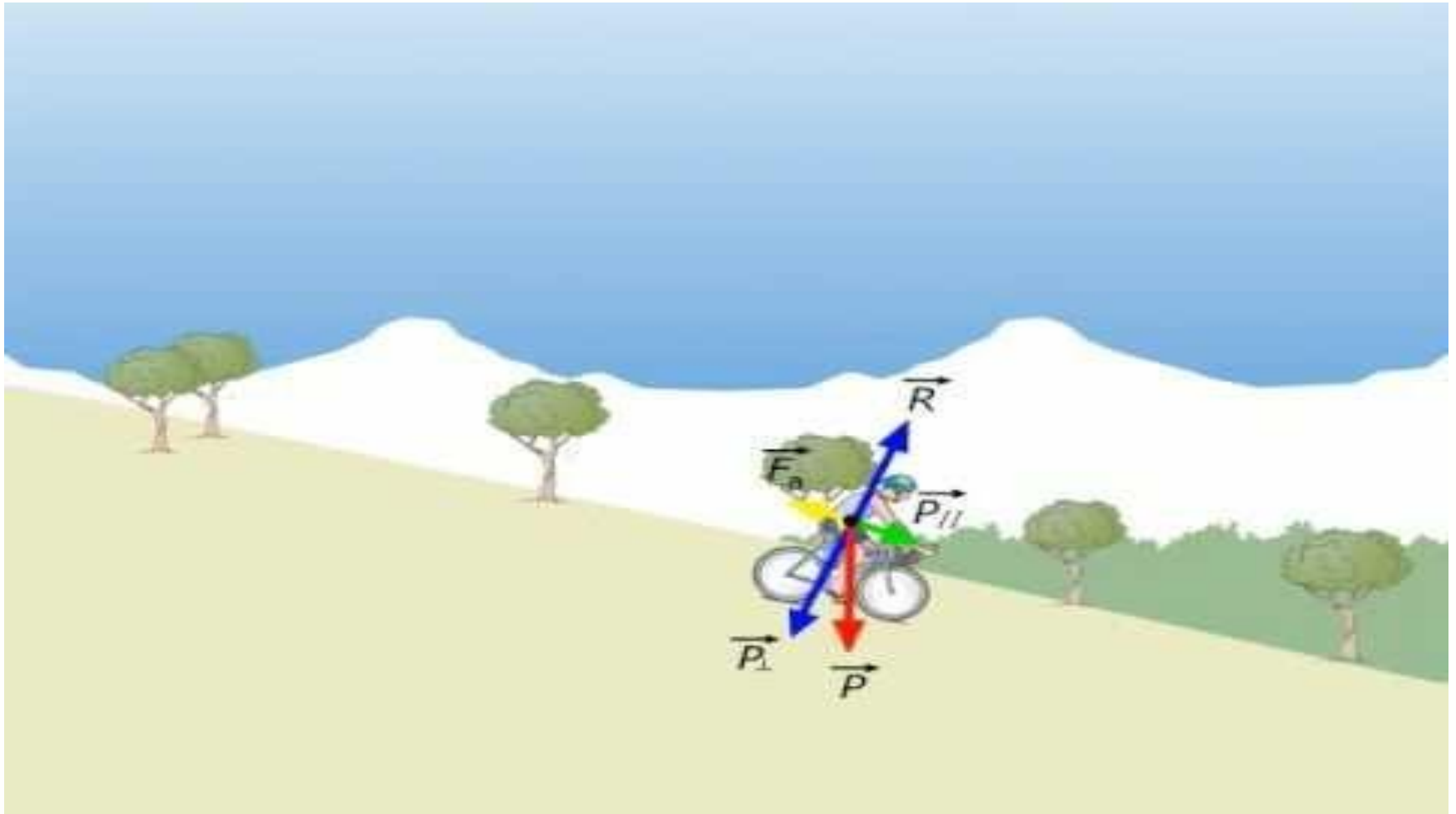
La prima legge di Newton descrive cosa succede *in assenza di interazioni*:

- Per un oggetto non interagente con altri oggetti, è sempre possibile identificare un sistema di riferimento, detto *inerziale*, nel quale l'oggetto ha accelerazione nulla.
- In assenza di interazioni con l'esterno, un oggetto *permane nel suo stato di quiete o di moto a velocità costante*, se osservato da un sistema di riferimento inerziale

Nota anche come *Principio di Inerzia*.

1° PRINCIPIO DELLA DINAMICA

PRINCIPIO DI INERZIA



- La tendenza di un oggetto a resistere a tentativi di cambiare la sua velocità è chiamata *inerzia*.
- La *Massa* è quella proprietà di un oggetto che specifica quanta resistenza un oggetto oppone ai cambiamenti della sua velocità
- La Massa è una proprietà *intrinseca* di un oggetto: non dipende da cosa circonda l'oggetto, né dal metodo usato per misurarla
- La Massa è una quantità *scalare*. L'unità SI per la Massa è il kg.

2° PRINCIPIO DELLA DINAMICA

Seconda legge di Newton (detta anche *Principio di proporzionalità*)

La forza agente su un corpo è **direttamente proporzionale** all'accelerazione e ne condivide la direzione e il verso, ed è direttamente proporzionale alla massa. Di contro l'accelerazione cui è soggetto il corpo è direttamente proporzionale alla forza e **inversamente proporzionale** rispetto alla massa.

- L'accelerazione di un oggetto è *direttamente proporzionale alla forza totale* che agisce su esso, *inversamente proporzionale alla sua massa*.
 - La forza è quindi la causa del *cambiamento* del moto, e questo è misurato dall'accelerazione
- Formulazione matematica: $\sum \vec{F} = m\vec{a}$, dove \sum è la sommatoria delle forze agenti sull'oggetto.

In componenti: $\sum F_x = ma_x$, $\sum F_y = ma_y$, $\sum F_z = ma_z$.

- Unità: $\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$, che nel sistema SI è chiamato newton (N).

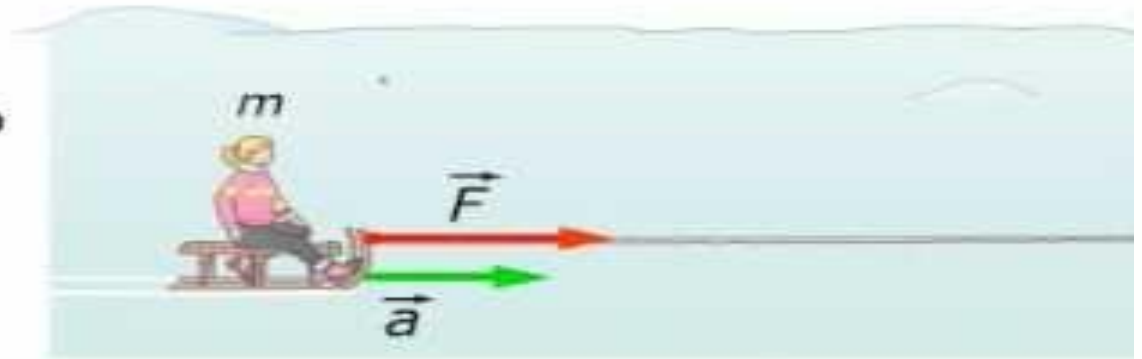
2° PRINCIPIO DELLA DINAMICA

PRINCIPIO DI PROPORZIONALITÀ (o *Legge fondamentale della Dinamica*)

Secondo principio
della dinamica

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

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

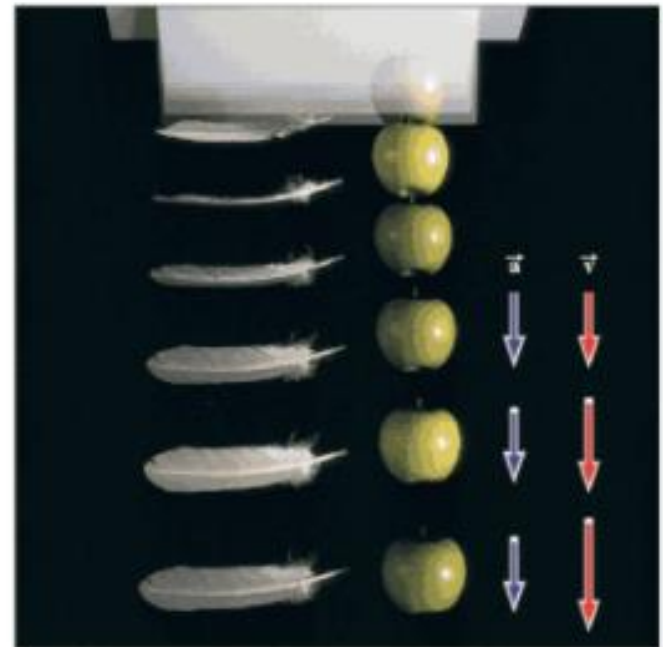


FORZA PESO

- La forza che chiamiamo *peso* è dovuta all'attrazione gravitazionale che la terra esercita su tutti i corpi
- Vicino alla superficie terrestre, un corpo di massa m risente di una forza peso \vec{P} diretta verso il centro della terra:

$$\vec{P} = m\vec{g}$$

NB: il peso di un corpo non è la sua massa!



L'accelerazione dovuta alla gravità è *indipendente dalla massa del corpo* (vedere la II Legge di Newton)

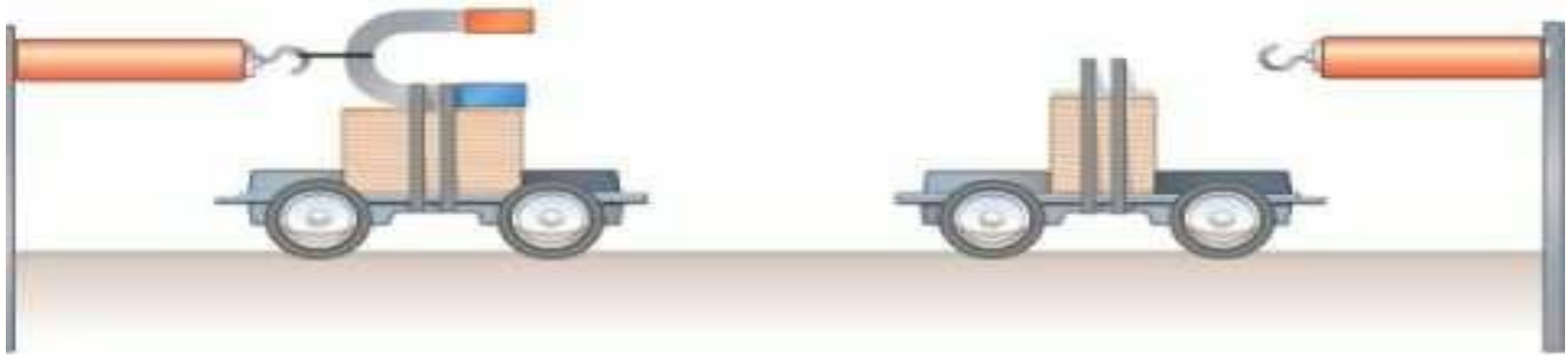
La Massa e il Peso sono due quantità differenti!

- Il Peso è uguale alla grandezza della forza gravitazionale esercitata su di un oggetto
- Il Peso varia da luogo a luogo
- La Massa di un oggetto è sempre la stessa dappertutto
- Massa *gravitazionale* = Massa *inerziale*
(ovvero: la Massa che appare nell'espressione della forza di gravità è uguale alla Massa che appare nella seconda legge di Newton)

3° PRINCIPIO DELLA DINAMICA

Terza legge di Newton (detta anche *Principio di azione e reazione*)

Se un corpo A esercita una forza su un corpo B, allora il corpo B esercita su A una forza uguale e contraria.



MOMENTO DI UNA FORZA

Ora cerchiamo di capire meglio di cosa stiamo parlando e di comprendere **cos'è e a cosa serve il momento di una forza**. Immaginiamo di dover aprire una porta spingendola. La porta è incernierata su un lato e può ruotare sui cardini attorno ad un asse verticale e perpendicolare al pavimento.

Spingiamo la porta con una certa forza \vec{F} diretta perpendicolarmente alla porta e applicata sulla maniglia. La distanza tra i cardini della porta, cioè il punto di rotazione (detto *fulcro*), e il punto di applicazione della forza si chiama **braccio della forza** e si indica con \vec{r} (talvolta con \vec{b}). Il braccio non è una caratteristica intrinseca del corpo che ruota ma cambia a seconda del punto in cui viene esercitata la forza.

Il braccio è però definito come vettore: il suo verso va dal fulcro al punto di applicazione della forza e la direzione è data dalla linea congiungente questi due punti.

Il momento, come vedremo meglio nelle prossime lezioni, è una grandezza legata all'**accelerazione angolare** dei corpi in rotazione. Si tratta dell'**equivalente rotazionale della forza**: ad ogni forza è associata un'**accelerazione** lineare e ad ogni momento della forza è associata un'accelerazione angolare.

$$\text{accelerazione (lineare)} \vec{a} \leftrightarrow \vec{F} \text{ forza}$$

$$\text{accelerazione angolare } \vec{\alpha} \leftrightarrow \vec{M} \text{ momento della forza}$$

MOMENTO DI UNA FORZA

Per **umentare il valore del momento torcente**, abbiamo due possibilità:

- possiamo aumentare il modulo della forza;
- possiamo aumentare la lunghezza del braccio.

È esperienza comune che, a parità di forza, è molto più vantaggioso spingere la porta sulla maniglia piuttosto che in prossimità dei cardini: nel primo caso il braccio è maggiore e otterremo così un momento della forza maggiore. È per questo che la maniglia si trova nel punto più lontano dai cardini. Nel caso limite in cui si spingesse direttamente sui cardini, allora il braccio sarebbe nullo, così come il momento, e non si produrrebbe alcuna rotazione.

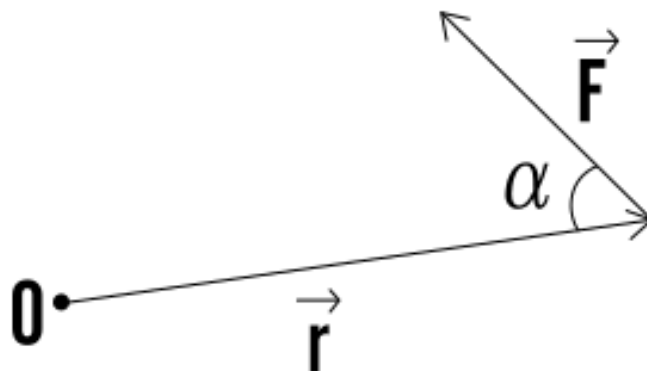
Anche l'angolo θ compreso tra il braccio e la forza gioca un ruolo importante. Il momento di una forza è massimo se l'angolo è uguale a 90° oppure a 270° cioè se i vettori braccio e forza sono perpendicolari. All'opposto, se tiriamo la porta in direzione parallela al braccio, stiamo cercando di scardinarla e non di farla ruotare; in questa situazione l'angolo è uguale a 0° oppure a 180° , cioè i vettori \vec{r} , \vec{F} sono paralleli e il momento torcente è nullo.

Il **momento di una forza** (detto anche **momento torcente**) è una grandezza inerente la Dinamica rotazionale ed è l'equivalente rotazionale del concetto di forza; per definizione è dato dal prodotto vettoriale tra il braccio della forza e la forza stessa.

La **formula del momento di una forza** definisce questa nuova grandezza come **prodotto vettoriale** tra un vettore posizione e una **forza**

$$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$$

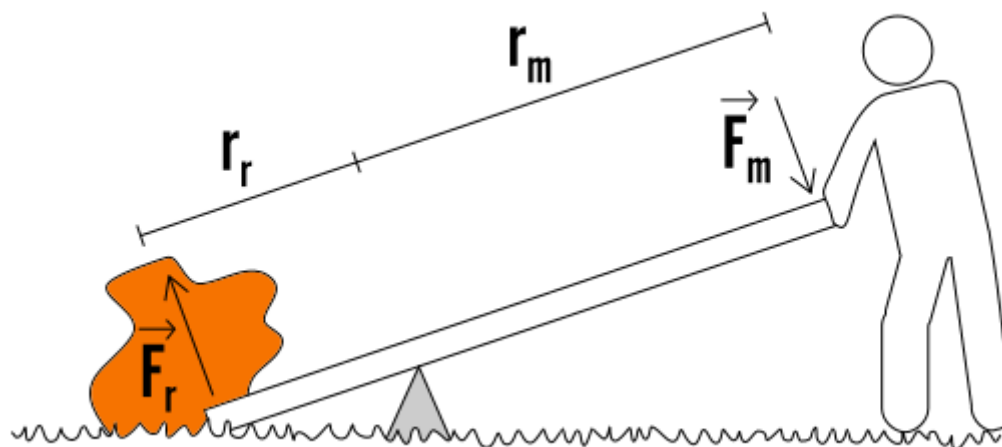
Con \vec{M} indichiamo il momento della forza, con \vec{r} il vettore posizione che individua il punto di applicazione della forza (detto anche *braccio della forza*) e con \vec{F} la forza. Essendo definito mediante il prodotto vettoriale, il momento di una forza è una **grandezza vettoriale**.



LE LEVE

Le **leve** sono macchine semplici in cui, sfruttando il momento di una forza, viene esercitata una forza motrice in modo da produrre una forza resistente. Le leve vengono usate per sollevare, spostare o rompere gli oggetti, e si classificano in leve di primo genere, di secondo genere e di terzo genere.

Come vedremo tra un attimo le leve sono costituite da un fulcro, ossia un punto fermo attorno al quale la leva può ruotare. Il loro funzionamento si basa sull'applicazione di una forza motrice (la forza che aziona la leva) grazie alla quale si genera una forza resistente, vale a dire quella forza che si genera in un determinato punto della leva e che ci permette di utilizzarla per i nostri scopi. A seconda della reciproca posizione di tali forze possiamo distinguere tre **tipi di leve**.



LE LEVE

In termini fisici tutte le leve sono caratterizzate dalla presenza di un *fulcro*, ossia un punto rispetto al quale avviene una rotazione. Il principio che caratterizza le leve è quello per cui il momento della forza motrice è uguale in modulo al momento della forza resistente. In una formula:

$$M_m = M_r$$

ossia

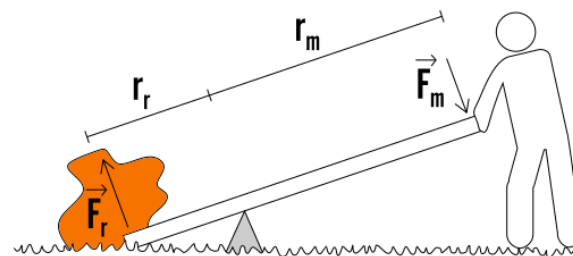
$$r_m F_m \sin(\theta_m) = r_r F_r \sin(\theta_r)$$

dove con il pedice m ci riferiamo alle grandezze relative alla forza motrice e al suo braccio, mentre col pedice r quelle riguardanti la forza resistente e il suo braccio. Poiché la forza motrice viene applicata perpendicolarmente alla leva, e poiché la forza resistente è pure perpendicolare ad essa

$$\theta_m = \theta_r = 90^\circ$$

ne consegue che entrambi i seni valgono 1

$$r_m F_m = r_r F_r$$

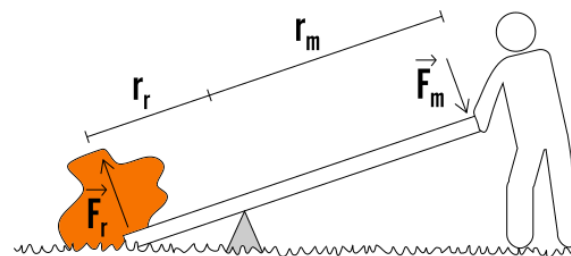


$$r_m F_m = r_r F_r$$

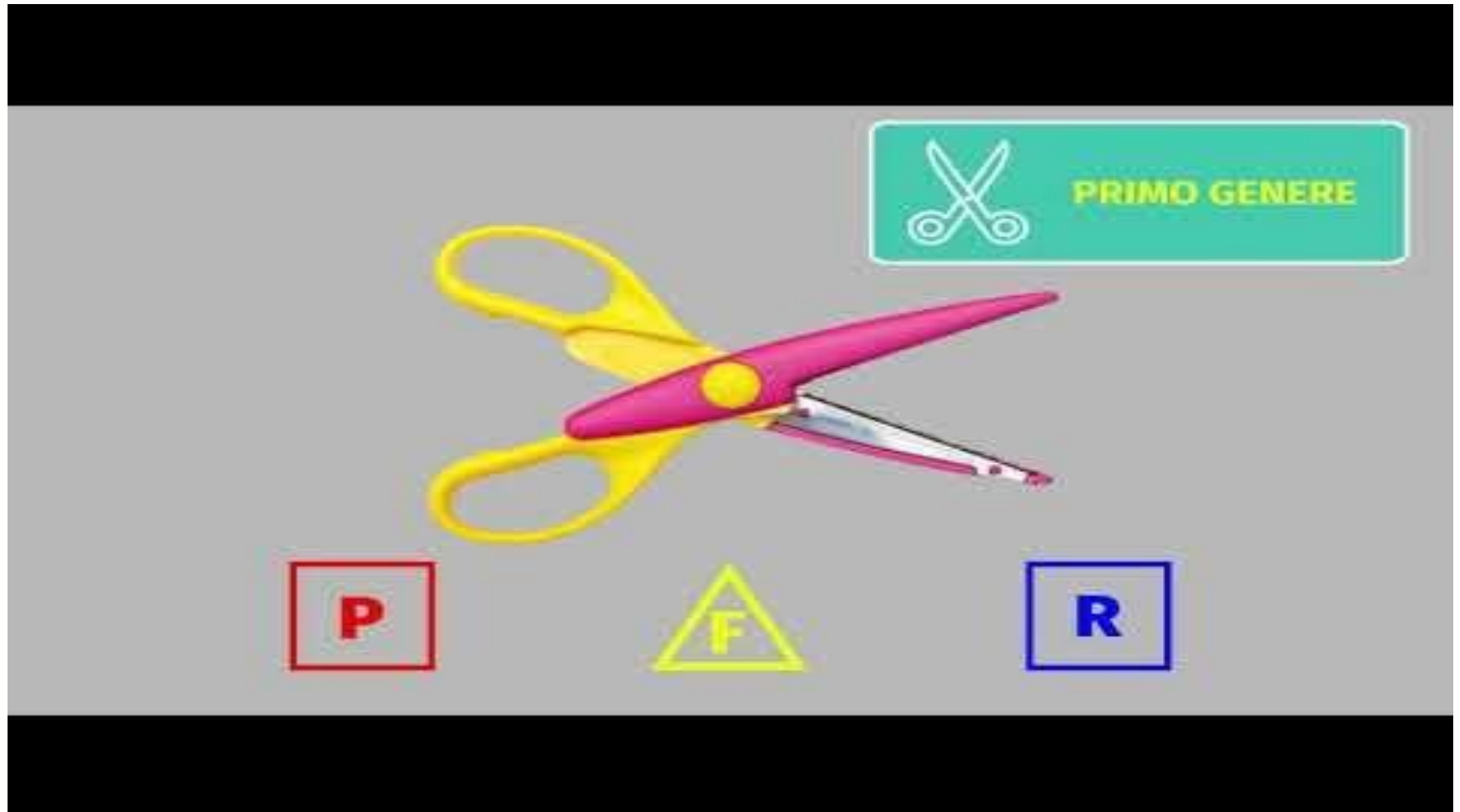
La **formula di una leva** in generale è dunque molto semplice, così come tutte le sue formule inverse:

$$r_m = \frac{r_r F_r}{F_m} \quad ; \quad F_m = \frac{r_r F_r}{r_m}$$

$$r_r = \frac{r_m F_m}{F_r} \quad ; \quad F_r = \frac{r_m F_m}{r_r}$$



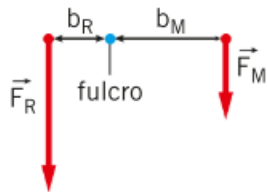
LE LEVE



LEVE

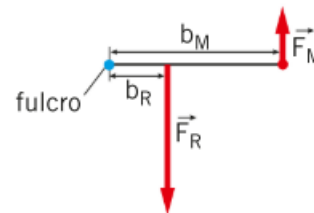
LEVE DI PRIMO GENERE

Il fulcro è posto tra le due forze



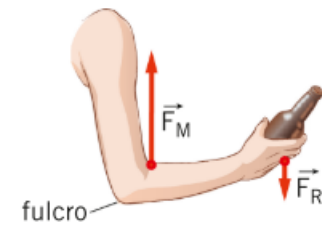
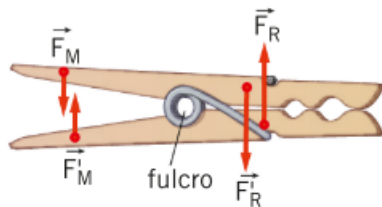
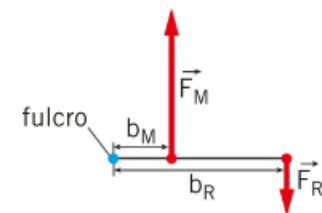
LEVE DI SECONDO GENERE

La forza resistente è tra il fulcro e la forza motrice

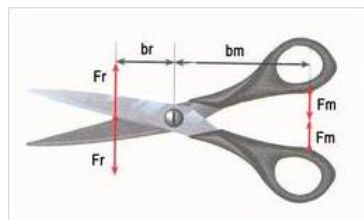


LEVE DI TERZO GENERE

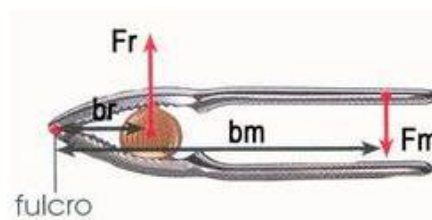
La forza motrice è tra il fulcro e la forza resistente



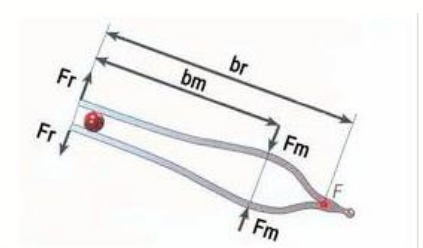
VANTAGGIOSA / SVANTAGGIOSA



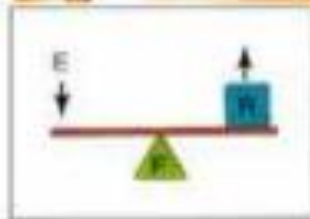
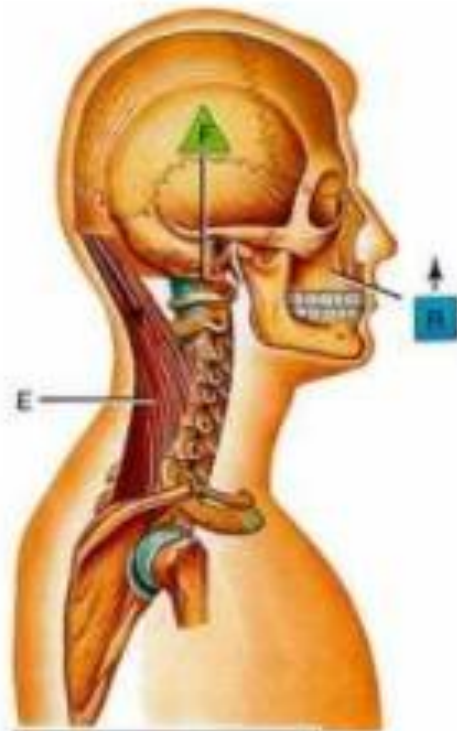
SEMPRE VANTAGGIOSA



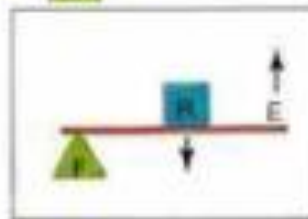
SEMPRE SVANTAGGIOSA



LEVE NEL CORPO UMANO



(a) First-class lever



(b) Second-class lever



(c) Third-class lever

ESEMPIO

Vediamo subito un esempio pratico sulle leve. In riferimento alla precedente immagine abbiamo un bastone di legno lungo 1,8 metri col quale vogliamo sollevare un sasso di 5 kilogrammi, inserendone al di sotto un'estremità del bastone. Il fulcro si trova a 40 centimetri dal sasso. Quale forza dobbiamo applicare all'altra estremità del bastone?

Noi conosciamo il braccio resistente (la distanza tra il fulcro e il sasso pari a $r_r = 40 \text{ cm} = 0,40 \text{ m}$) e possiamo calcolare anche il braccio motore (la distanza tra il fulcro e il punto di applicazione della forza motrice): è sufficiente sottrarre alla lunghezza del bastone il braccio resistente, ottenendo così

$$r_m = 1,40 \text{ m}$$

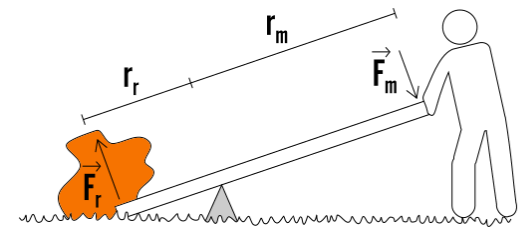
Possiamo anche calcolare la **forza resistente generata dalla leva**, cioè quella forza che dobbiamo vincere grazie alla leva, che in questo caso è data dalla **forza peso** del sasso:

$$F_r = F_p = mg = (5 \text{ kg}) \cdot \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) = 49,05 \text{ N}$$

Ora possiamo calcolare la **forza motrice applicata sulla leva**:

$$F_m = \frac{r_r F_r}{r_m} = \frac{(0,40 \text{ m}) \cdot (49,05 \text{ N})}{1,40 \text{ m}} \simeq 14,01 \text{ N}$$

ed ecco che, con una **forza** di circa 14 N, siamo riusciti a generarne una di 49 N! :)



EQUILIBRIO STATICO DI UN CORPO

L'**equilibrio di un corpo rigido**, inteso come equilibrio statico, è una condizione per cui il corpo non è soggetto ad alcuna traslazione né ad alcuna rotazione, e si verifica quando la somma delle forze esterne e la somma dei momenti delle forze esterne sono entrambe nulle.

Sappiamo che un punto materiale rimane in quiete se la somma delle forze agenti su di esso è nulla, ed è ciò che abbiamo scoperto studiando le leggi di Newton. D'altra parte tutto quello che abbiamo visto finora si applicava al concetto ideale di punto materiale, un punto privo di estensione e dotato di una certa massa. È chiaro che una situazione del genere non esiste nella realtà e che si tratta di un puro modello teorico: come si può allora estendere il concetto di **equilibrio statico ad un corpo esteso**?

Possiamo dire che **un corpo esteso è in equilibrio statico**, ossia che è fermo rispetto a un certo sistema di riferimento, se ogni suo punto è in quiete. A questo proposito dobbiamo immaginare il corpo come un insieme di tantissimi punti: se ogni punto è fermo, anche il corpo nel suo complesso sarà tale.

Poiché i corpi estesi possono essere molli o facilmente deformabili, lo studio dell'equilibrio dei corpi in generale può rivelarsi estremamente complesso. Per semplificare la trattazione qui ci limiteremo a trattare il caso dei corpi rigidi, cioè quei corpi che sotto l'azione delle forze non modificano la propria forma.

Prima condizione per l'equilibrio statico: equilibrio delle forze

Abbiamo visto che per analizzare il moto di un corpo rigido possiamo valutare soltanto il **moto del suo centro di massa**, ossia di quel punto in cui si immagina sia concentrata tutta la massa del corpo. Se vogliamo che il corpo non trasli, allora il suo centro di massa deve rimanere fermo e per fare sì che questo accada, è necessario che la somma di tutte le forze esterne sia nulla:

$$\sum \vec{F}_{est} = 0$$

Tale condizione garantisce l'equilibrio traslazionale del corpo.

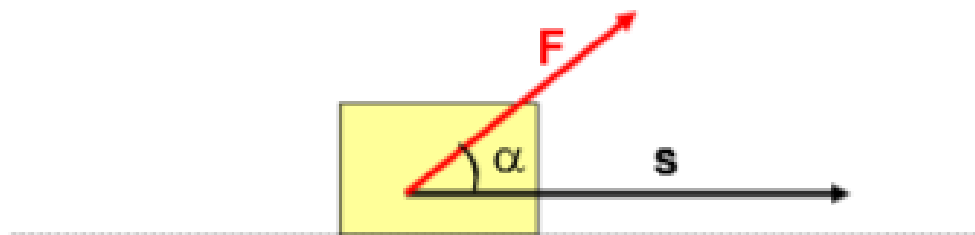
Seconda condizione per l'equilibrio statico: equilibrio dei momenti

Per quanto l'equilibrio delle forze sia una **condizione necessaria e sufficiente** per l'equilibrio di un punto materiale, non si può dire altrettanto per un corpo rigido, per il quale dobbiamo tenere conto degli aspetti di Dinamica rotazionale. Benché il suo **centro di massa** rimanga fermo è comunque possibile che il corpo possa ruotare attorno a un proprio asse.

A titolo di esempio possiamo pensare ad un giocatore di basket che fa ruotare il pallone sulla punta di un dito: il centro di massa (ossia il centro della **sfera**) è fermo, ma di certo il pallone non lo è. È necessaria allora un'ulteriore condizione di equilibrio che permetta al corpo di non ruotare. Ciò accade solo quando la somma di tutti i **momenti delle forze esterne** è pari a zero.

$$\sum \vec{M}_{est} = 0$$

Tale condizione garantisce l'equilibrio rotazionale del corpo.



Il **lavoro** è la misura dell'effetto della forza **F** nell'effettuare uno spostamento **s**

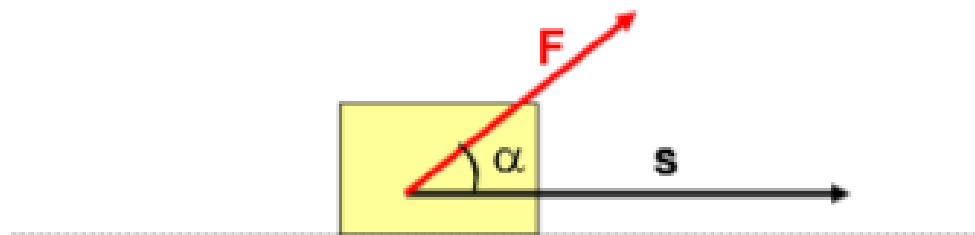
$$L = \mathbf{F} \cdot \mathbf{s} = F s \cos \alpha$$

Il lavoro è il prodotto scalare tra forza e spostamento.

Unità di misura di $L = [\text{N}] [\text{m}] = \text{Joule} [\text{J}]$

Lavoro motore = lavoro positivo che causa il movimento di un corpo

Lavoro resistente = lavoro negativo che si oppone al movimento di un corpo



Il **lavoro** è la misura dell'effetto della forza **F** nell'effettuare uno spostamento **s**

$$L = \mathbf{F} \cdot \mathbf{s} = F s \cos \alpha$$

Il lavoro è il prodotto scalare tra forza e spostamento.

Unità di misura di $L = [\text{N}] [\text{m}] = \text{Joule} [\text{J}]$

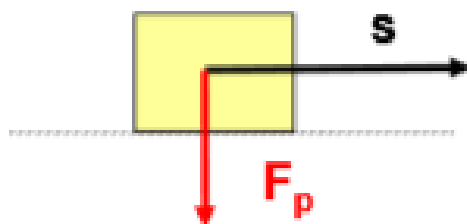
Lavoro motore = lavoro positivo che causa il movimento di un corpo

Lavoro resistente = lavoro negativo che si oppone al movimento di un corpo

LAVORO DELLA FORZA PESO

Lavoro della forza peso:

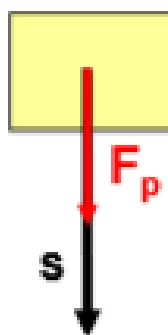
1) Traslazione orizzontale:



$$L = \mathbf{F}_p \cdot \mathbf{s} = F_p s \cos 90^\circ = 0$$

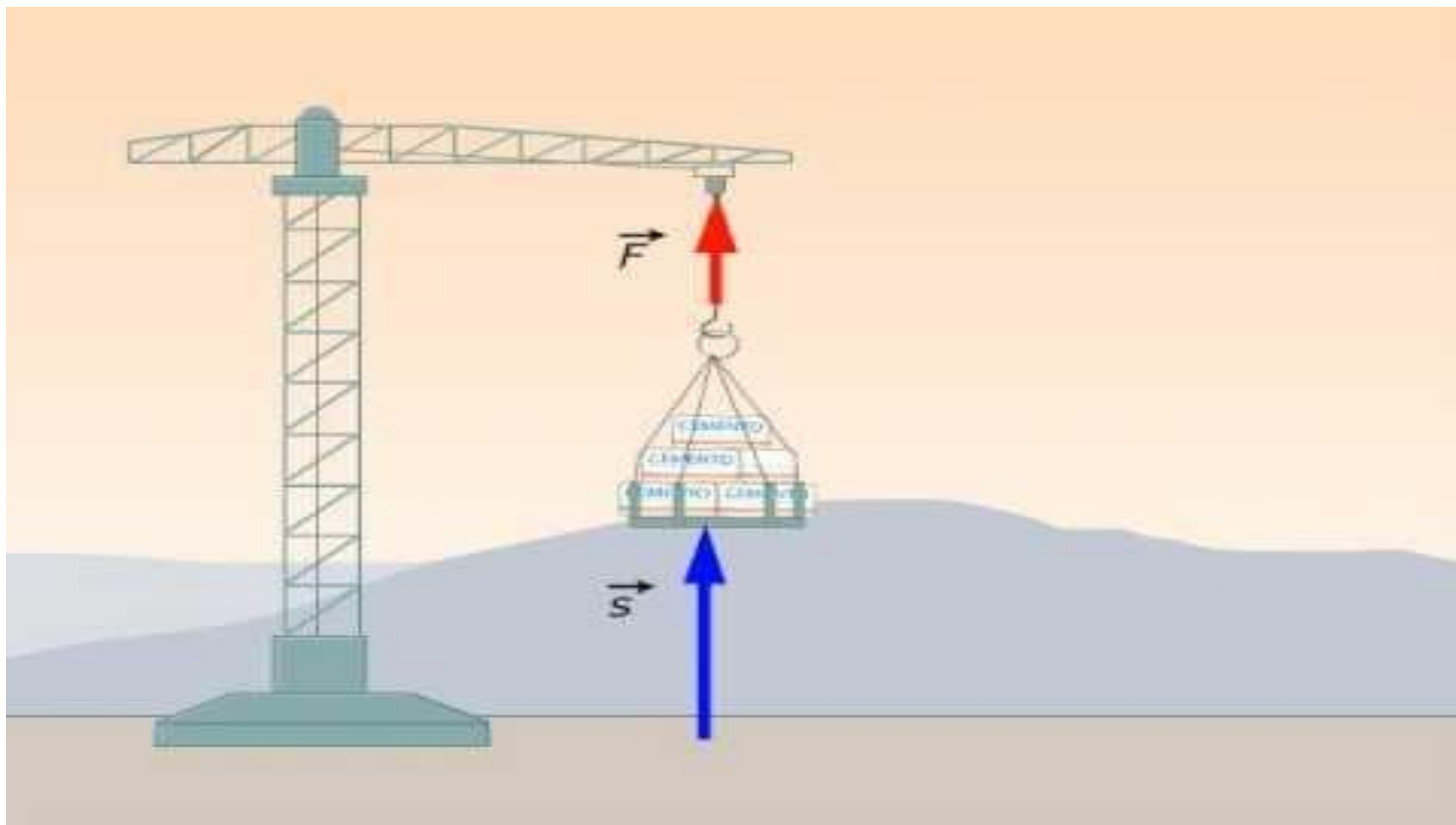
$\mathbf{F}_p \perp \mathbf{s} \Rightarrow$ lavoro nullo

2) Traslazione verticale (es: caduta di un grave):



$$L = \mathbf{F}_p \cdot \mathbf{s} = F_p s \cos \alpha = F_p s$$

$\mathbf{F}_p \parallel \mathbf{s} \Rightarrow$ lavoro massimo



Forze conservative e non conservative:

Se il lavoro che compie una forza non dipende dalla traiettoria che il corpo segue ma solo dalla posizione iniziale e finale questa forza è detta **conservativa** (es: forza peso, forza elastica...)

Se il lavoro invece dipende dalla traiettoria seguita dal corpo nel compiere lo spostamento allora la forza è detta **non conservativa** (es: forza d'attrito)

Energia cinetica:

è l'energia che un corpo di massa m possiede poiché si sta muovendo con una velocità v .

$$K = \frac{1}{2}mv^2$$

Unità di misura di $K = [\text{kg}] [\text{m}]^2[\text{s}]^{-2} = [\text{J}]$

Energia potenziale:

è l'energia associata alla posizione di un corpo.

Esempi: Energia potenziale gravitazionale $U_g = mgh$

Energia potenziale elastica $U_k = \frac{1}{2}kx^2$

Unità di misura di $U = [\text{J}]$

Teorema dell'energia cinetica:

Il lavoro totale svolto da tutte le forze agenti su un corpo è uguale alla variazione della sua energia cinetica

$$L_{TOT} = K_{fin} - K_{in} = DK$$

Definizione della variazione di energia potenziale:

$$L_C = -(U_{fin} - U_{in}) = -DU$$

Potenza = il rapporto tra il lavoro svolto **L** ed il tempo impiegato Dt .

$$W = \frac{L}{Dt}$$

Nel SI si misura in Watt $\rightarrow 1 \text{ W} = 1 \text{ J} / 1 \text{ s}$

PRINCIPIO CONSERVAZIONE ENERGIA

