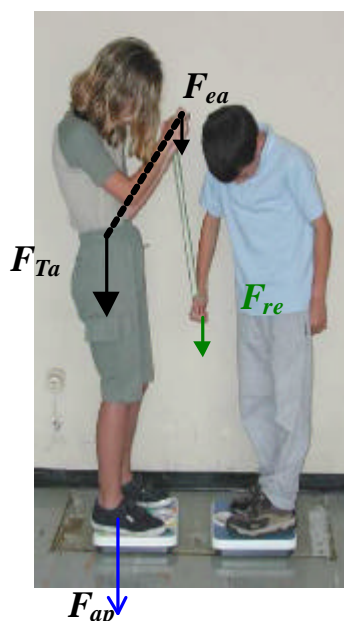
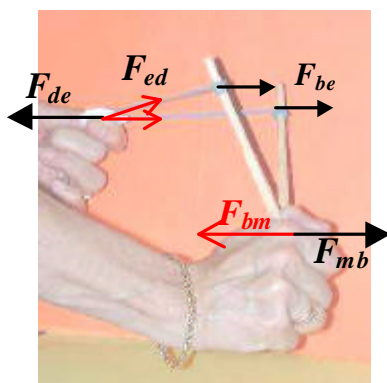


## 2. La forza e il moto

### 2.1 La forza, partendo dall'esperienza empirica quotidiana

- la forza è l'espressione dell'interazione fra due corpi
- ci accorgiamo dell'interazione perché essa ha diversi effetti (deformare, spingere, tirare, mettere in moto, frenare, accelerare, ecc.)
- per interagire occorre essere in due: chi "applica" la forza e chi la "subisce" (il "nome delle forze")
- la forza si applica in una ben determinata direzione
- a ogni forza applicata corrisponde una reazione uguale e contraria (terza legge della dinamica)
- la forza si trasmette dentro un solido

Tipiche "immagini": una fionda, una catapulta, . . . ma anche una bilancia pesa - persone

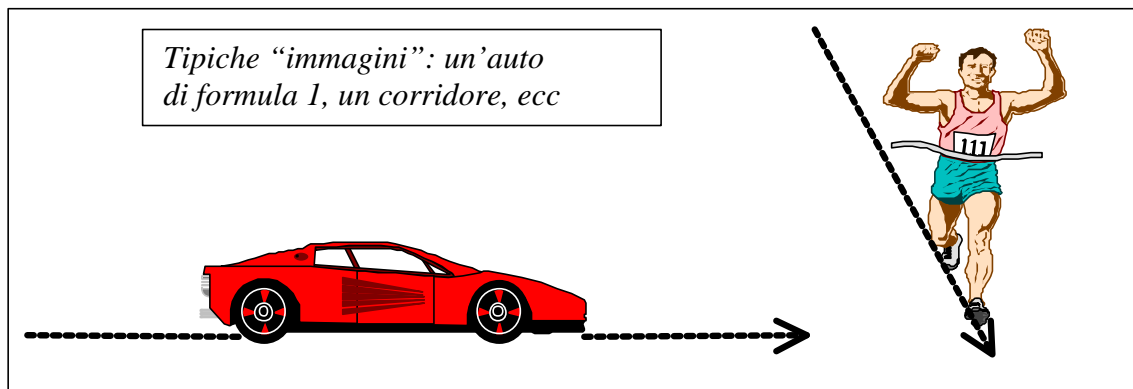


### 2.2 Partendo dalla dinamica

Ci si accorge che è utile ed economico "costruire" teoricamente il concetto relativo alla grandezza fisica "forza" passando prima attraverso l'opportunità di definire il concetto di "quantità di moto". Infatti:

- nei cambiamenti di velocità ci si accorge anzitutto che non è solo questione di *variazione di velocità* ma anche di *massa* e quindi di *quantità di moto*  $p=mv$
- tuttavia non basta la variazione di quantità di moto, perché è rilevante anche *l'intervallo di tempo*  $\mathbf{D}t$  in cui tale variazione avviene
- quindi occorre "inventarsi" una grandezza, la *forza*, che è direttamente proporzionale alla variazione di  $p$  e inversamente proporzionale all'intervallo di tempo  $\mathbf{D}t$

$$F = \mathbf{D}p / \mathbf{D}t \quad (\text{seconda legge della dinamica o legge di Newton})$$



### 2.3 Il raccordo fra i due approcci:

- Per mettere in moto o per frenare o per accelerare occorre sempre un’interazione;
- scoprire la forza responsabile dell’interazione e i due corpi fra cui essa agisce.

Esaminando il fenomeno dal punto di vista della variazione della quantità di moto, da dove riceve “la spinta” per variare la sua quantità di moto? Dal terreno con cui le sue scarpe sono in contatto: c’è quindi un flusso di quantità di moto che va dal terreno alle gambe del corridore e, in modo analogo, un flusso di quantità di moto che va in senso opposto dai piedi del corridore verso il terreno.

Ad esempio, supponiamo che un atleta riesca a fermarsi in una corsa in due passi. Se sta correndo a una velocità di circa  $2\text{m/s}$  e fa un passo in circa  $0,4\text{ s}$ , la sua decelerazione è di circa  $2\text{ ms}^{-1}/0,8\text{ s} = 2,5\text{ m s}^{-2}$ , cioè circa il 25% dell’accelerazione di gravità. Ciò significa che i suoi muscoli sono in grado di interagire con il terreno esercitando una forza media pari al 25% della forza peso. Simile è l’accelerazione allo scatto di partenza.

Analogamente un’auto che in  $10\text{ s}$  passa da ferma a  $100\text{ km/h}$ , cioè a  $100000\text{m}/3600\text{s} \approx 30\text{m/s}$ , ha una accelerazione di circa  $3\text{ m s}^{-2}$ , molto vicina a quella di un corridore! Quale è la differenza? Che l’auto accelera per  $10\text{ s}$ , il corridore solo per  $0,8\text{ s}$ , quindi non raggiungerà mai la stessa velocità! Domanda: perché il corridore non può continuare ad accelerare?

Altra domanda: quando si fa un salto verso l’alto, qual è la variazione della quantità di moto di chi salta? E della terra? Quanto deve essere grande la forza che si esercita verso il basso? E quella verso l’alto?

### 2.4 La separazione fra i concetti di “massa”, “peso”, “forza di gravità” e “forza peso”

- La massa è una caratteristica del corpo che è legata alla “quantità di materia” che c’è nel corpo, come discusso nella lezione 1, responsabile dell’inerzia del corpo e della sua interazione con i campi gravitazionali.
- La forza di gravità è la forza con cui il corpo è attratto dalla Terra: NON può essere una caratteristica del corpo, perché, essendo l’espressione di una interazione, dipende dall’altro “attore” dell’interazione, cioè la Terra (sulla Luna, ad esempio, sarebbe diversa)
- La forza peso è la risultante di tutte le forze che attirano il corpo verso il basso, quindi anche la forza peso NON è una proprietà del corpo, perché dipende dalle interazioni con tutti i corpi che lo circondano; ad esempio:

- un corpo all'equatore ha una forza peso minore che ai poli, perché è maggiore la forza centrifuga,
  - un astronauta nella navicella spaziale ha forza peso nulla, ma sente una forza di gravità poco minore di quella che sentirebbe a terra (quando si parla di “assenza di gravità” non si intende che la forza di gravità è nulla, ma che la forza peso è nulla!);
  - un corpo che galleggia ha forza peso nulla, ma forza di gravità non nulla.
- Il termine “peso” è da evitarsi, perché ambiguo, dato che, nel linguaggio comune, può indicare sia massa che forza peso (così pure va evitato il termine “peso specifico” al posto di “densità”)

## 2.5 La misura della forza

La misura si può fare in modo *statico*, con un dinamometro tarato, oppure in modo *dinamico* misurando massa e accelerazione.

L'unità di misura della forza nel Sistema Internazionale è il *newton* (simbolo N), che è la forza che produce un'accelerazione di  $1\text{m/s}^2$  a un corpo della massa di 1 kg.

Poiché l'accelerazione di gravità è di circa  $10\text{ m/s}^2$  (a Torino è circa  $9,81\text{ m/s}^2$ ), 1 N è la forza peso sulla Terra di un corpo della massa di circa 1 hg (102g a Torino).

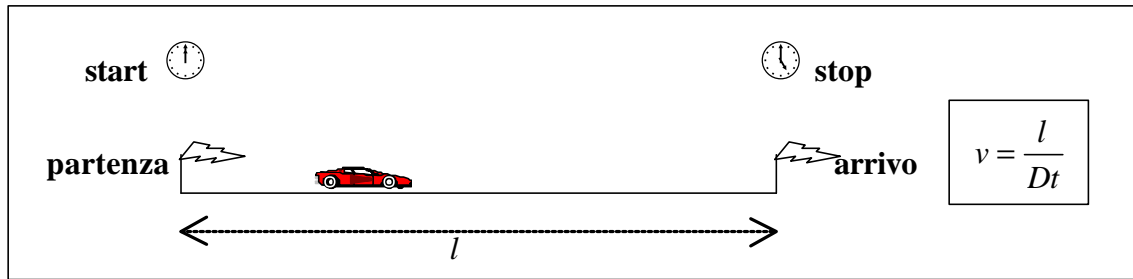
Una unità molto usata a scopi pratici, in particolare da ingegneri e architetti, è il “chilogrammo peso (kgp)”, che è la forza peso di un corpo della massa di 1 kg: da evitare, perché in queste unità la forza peso sulla Terra è numericamente uguale alla massa, il che crea confusione fra le due grandezze e induce a pensare che peso e massa siano la stessa grandezza, almeno sulla Terra, il che è profondamente sbagliato. È usata dagli ingegneri proprio per questo stesso motivo che la rende molto pratica; spesso tuttavia dimenticano, nell'esprimere la forza peso il “p” di “kgp”!

Conviene quindi esprimere anche la forza peso direttamente in newton ed evitare l'uso del chilogrammo peso, facendo una semplice *conversione* (non una equivalenza!) fra la massa e la forza peso, ad esempio:  $1\text{ kg} \rightarrow_{\text{T}} \text{circa } 10\text{ N}$  (dove il simbolo  $\rightarrow_{\text{T}}$  significa “corrisponde sulla Terra”; è **sbagliato invece scrivere  $1\text{ kg} = 10\text{ N}$  oppure  $1\text{ kg} = 1\text{ kgp}$**  perché il simbolo “=” significa “equivale” e si può usare solo fra grandezze fisiche omogenee)

Si può usare una bilancia come dinamometro, applicando la conversione da unità di massa (kg o g), in cui la bilancia è stata tarata, a unità di forza (N).

## 2.6 Velocità e accelerazione

- Nella mappa concettuale spontanea la velocità è una grandezza *cinematica* (serve per descrivere il moto) mentre la variazione di velocità e quindi l'accelerazione sono grandezze *dinamiche*, legate cioè alle forze.
- Il ragazzo ha una intuizione quasi corporea del concetto di velocità attraverso la sensazione fisica dell'andare in fretta. Solo in un secondo tempo e in modo guidato separa i due concetti che sottendono il concetto di velocità, *spazio* e *tempo*, associandoli al tratto da percorrere in un dato tempo.
- Le due grandezze che entrano nel determinare la velocità sono: lo spazio percorso, che è la *distanza l* che separa il punto di inizio da quello finale, e il tempo che è l'*intervallo Dt* fra uno “start” e uno “stop”.



- *Riconoscere la relazione di proporzionalità diretta che lega lo spazio percorso al tempo impiegato, a parità di velocità, e, a seguire, la proporzionalità diretta fra spazio e velocità, a parità di tempo, o quella inversa fra velocità e tempo, a parità di spazio percorso.*
- *Imparare a costruire e interpretare i diagrammi spazio-tempo e leggersi il valore della velocità e della sua variazione.*
- *Unità di misura: m/s è la notazione del SI (in alcuni testi si può trovare “sec” per secondi oppure il punto decimale dopo m o s, il che è scorretto perché m e s sono simboli, non abbreviazioni); nella vita di tutti i giorni, l’unità di misura più comune per la velocità è km/h: converrà quindi fare l’esercizio di passare da una unità all’altra.*
- *Acquisire familiarità con il concetto di direzione in cui avviene il moto, quindi con la velocità come vettore, per rappresentare il quale si potrà usare, inizialmente come semplice rappresentazione iconica, una freccia orientata nella direzione del moto (la “matematica delle frecce”).*
- *La rappresentazione vettoriale della velocità aiuta a pensare alla velocità come un descrittore del moto dell’oggetto in sé, e non soltanto dello spazio percorso e quindi a correlare la velocità alla grandezza dinamica quantità di moto.*
- *Riflettere e calcolare la variazione della velocità, percependola come differenza  $Dv$  fra velocità iniziale e finale; legare tale variazione alla forza necessaria per ottenerla (proporzionalità diretta)*
- *Comprendere che la forza necessaria dipende inversamente dal tempo impiegato per variare la velocità per giungere al concetto di accelerazione ( $F=m Dv / Dt$ )*

## 2.7 Esercizi

1. Discutete un fenomeno in cui siano chiari gli effetti statici e dinamici della forza:
  - descrivete le forze che compaiono, come si potrebbero misurare e le relazioni che le legano ad altre grandezze;
  - applicate tali relazioni all’analisi di qualche “situazione problematica”.
2. Misurate, per un fenomeno di moto preso dalla vita di tutti i giorni, la velocità, l’accelerazione, la quantità di moto, la variazione della quantità di moto in un certo intervallo di tempo da cui risalire alla forza, riportando esplicitamente i valori dei dati di partenza e i calcoli eseguiti.