

*Scienze naturali*

# Quantità di moto e velocità

*Giubiasco, ottobre 2009*



# Quantità di moto e velocità

## Piano di svolgimento – indicazioni e tempi

Unità	Indicazioni	Tempo previsto
Il moto e le leggi orarie	<ul style="list-style-type: none"><li>• Il sistema di riferimento</li><li>• Spazio tempo e velocità</li><li>• La legge oraria con il sonar: grafici spazio tempo e velocità tempo.</li></ul>	4 h
Gli urti e le forze	<ul style="list-style-type: none"><li>• Relazione tra: massa (capacità meccanica), velocità (potenziale meccanico), quantità di moto (grandezza estensiva)</li><li>• Equazione di bilancio della quantità di moto: grandezza conservata che può assumere valori sia positivi che negativi.</li><li>• Le forze: correnti di quantità di moto</li><li>• Gli urti: trasferimento di quantità di moto.</li></ul>	6 h
La gravità	<ul style="list-style-type: none"><li>• Forza di gravità: corrente di quantità di moto nel campo gravitazionale terrestre</li><li>• La caduta libera con e senza attrito</li></ul>	4 h

# SOMMARIO

<b>1. Il moto e le leggi orarie</b> .....	2
1.1. Il sistema di riferimento .....	2
1.2. Spazio, tempo e velocità.....	3
<b>2. Gli urti</b> .....	5
2.1. Massa, velocità e quantità di moto .....	5
2.2. Analogia con il modello idraulico .....	6
2.3. Bilancio della quantità di moto.....	7
2.4. La quantità di moto può assumere valori positivi e negativi...	8
2.5. La quantità di moto è una grandezza conservabile.....	12
2.6. Le forze: correnti di quantità di moto .....	13
<b>3. La gravità</b> .....	17
3.1. L'attrazione terrestre – il campo gravitazionale .....	17
3.2. Da cosa dipende l'attrazione terrestre .....	18
3.3. La caduta con attrito .....	19

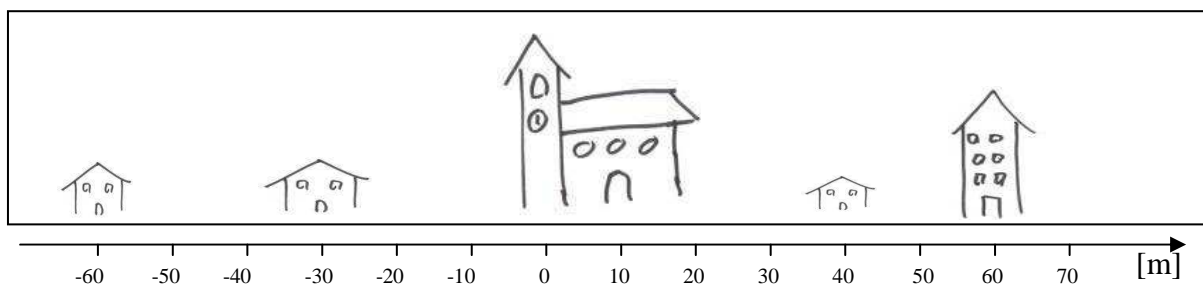
# 1. Il moto e le leggi orarie

## 1.1. Il sistema di riferimento

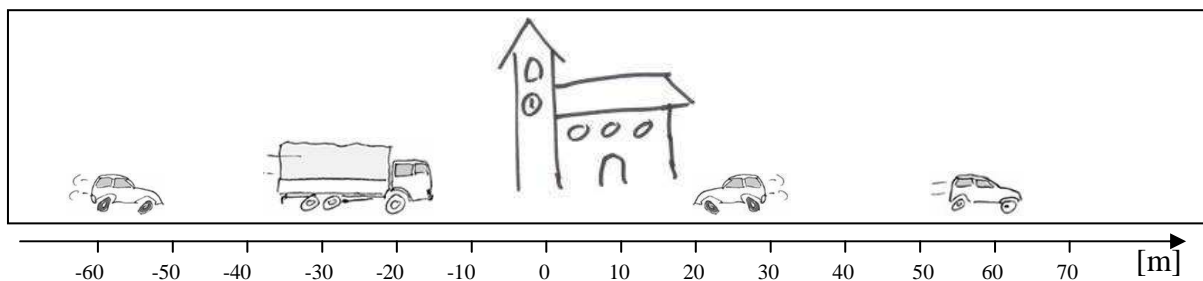
Per determinare la posizione di un oggetto è necessario ricorrere ad un sistema di riferimento.



A dipendenza della posizione e della scelta del sistema di riferimento, questa può assumere valori sia positivi che negativi.



Allo stesso modo per descrivere il moto di un oggetto è necessario definire un sistema di riferimento.



Oltre alla direzione nella quale avviene il moto, è necessario specificare il verso.

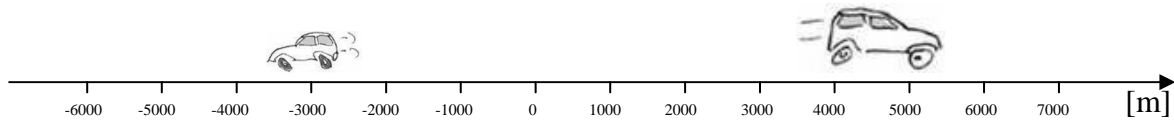
## 1.2. Spazio, tempo e velocità

Esperienze con il sonar:

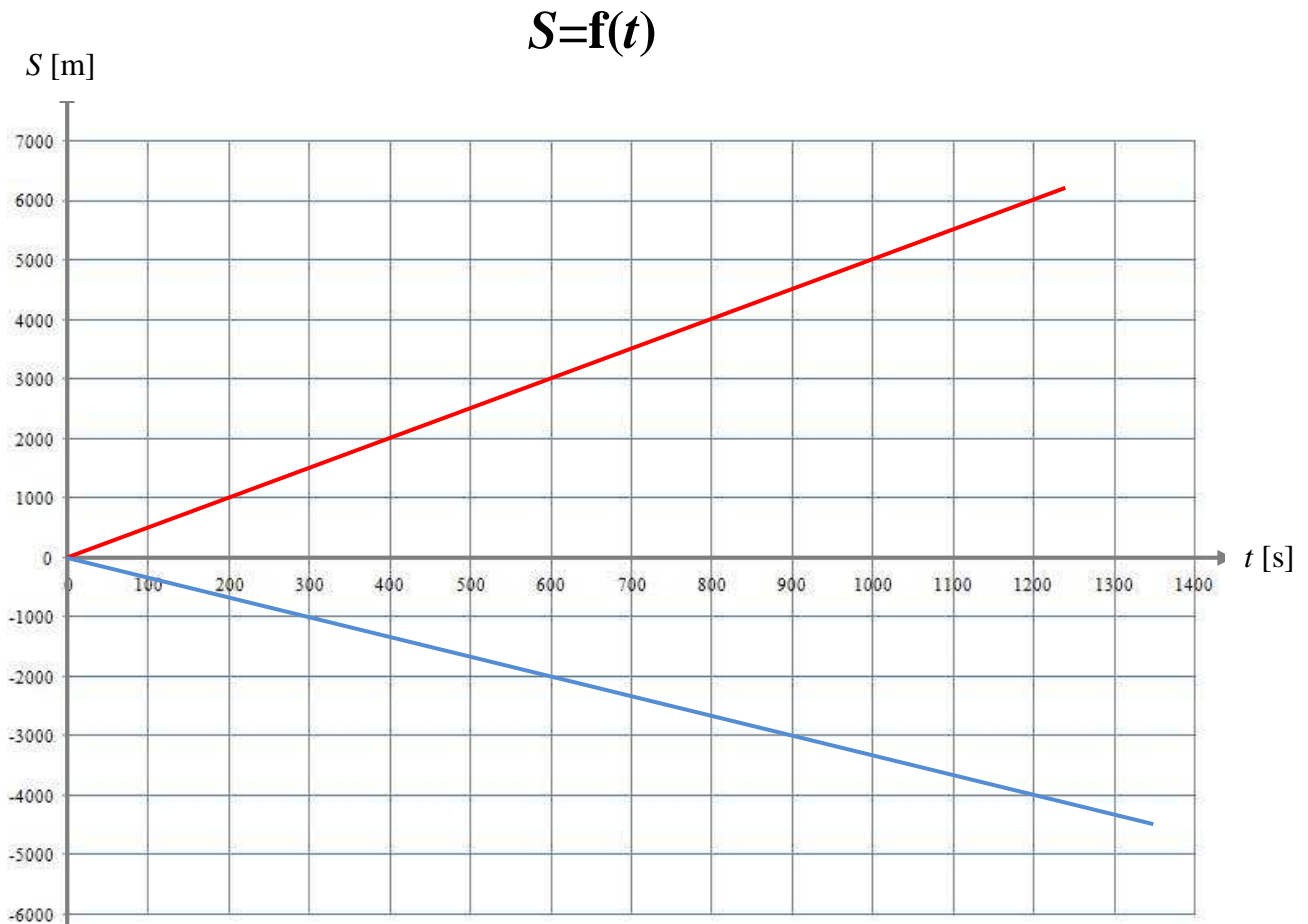
dato un movimento di un oggetto predire il grafico  $S=f(t)$ .

Rispettivamente dato un grafico predire il movimento: sia per la posizione che per la velocità.

Due automobili si allontanano da uno stesso punto nello stesso istante.



Sul seguente grafico è riportata la posizione di ciascuna automobile in funzione del tempo.



Dal grafico possiamo dedurre quanto segue:

Dopo 600 s l'auto rossa ha percorso 3000 m mentre l'auto blu ha percorso 2000 m

Per percorrere 4000 m la rossa ha impiegato 800 s e quella blu ha impiegato 1200 s

Se il moto delle auto non cambia, dal grafico è pure possibile fare delle previsioni su:

- tempo impiegato per percorrere un certo spazio
- spazio percorso dopo un determinato lasso di tempo

Il rapporto tra la **distanza percorsa** e il **tempo** impiegato a percorrerla esprime la rapidità del moto e rappresenta la distanza percorsa in una unità di tempo. Questo rapporto si chiama **velocità media**.

### Trasformazioni nel sistema metrico decimale (+SI)

$$v_{media} = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

$$v = \text{velocità} \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right] \left[ \frac{\text{km}}{\text{h}} \right]$$

$$\Delta S = \text{distanza percorsa} \quad [\text{m}] \quad [\text{km}]$$

$$\Delta t = \text{tempo impiegato} \quad [\text{s}] \quad [\text{h}]$$

La velocità media permette di fare delle previsioni sui tempi di percorrenza di una tratta, rispettivamente conoscendo la distanza da percorrere ed il tempo che si vuole impiegare, si può risalire alla velocità media da mantenere.

### Parte sperimentale

- Esperienze di riepilogo con il sonar (eventualmente):  
dato un movimento di un oggetto predire il grafico  $S=f(t)$ .  
Rispettivamente dato un grafico predire il movimento: sia per la posizione che per la velocità.
- Il radar. (Nel caso non si dispone del sonar)  
Con la classe sarà possibile determinare la velocità media dei veicoli in transito su una strada nelle prossimità della scuola.

## 2. Gli urti

### 2.1. Massa, velocità e quantità di moto

Per descrivere il movimento degli oggetti che ci circondano possiamo utilizzare tre grandezze fisiche:

**la massa**  
**la velocità**  
**la quantità di moto**

Un corpo in movimento contiene quantità di moto. Se si muove rapidamente ed è massiccio, contiene molta quantità di moto. Se non si muove, non contiene quantità di moto.

L'unità di misura della quantità di moto può essere indicata con *huygens*, abbreviato **Hy**, in onore del fisico Christian Huygens (1629-1695) che ha contribuito massicciamente alla scoperta della grandezza quantità di moto che viene abbreviata con la lettera *p*.

Veicolo	Massa [kg]	Velocità [m/s]	Quantità di moto
A	2'000	30	molta
B	2'000	5	poca
C	2'000	0	nessuna

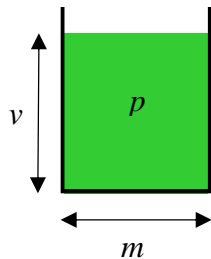
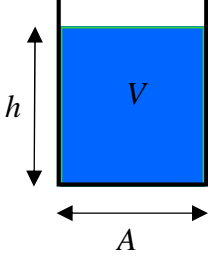


Un corpo con la massa di **1 kg** e la velocità di **1 m/s** contiene **1 Hy**.

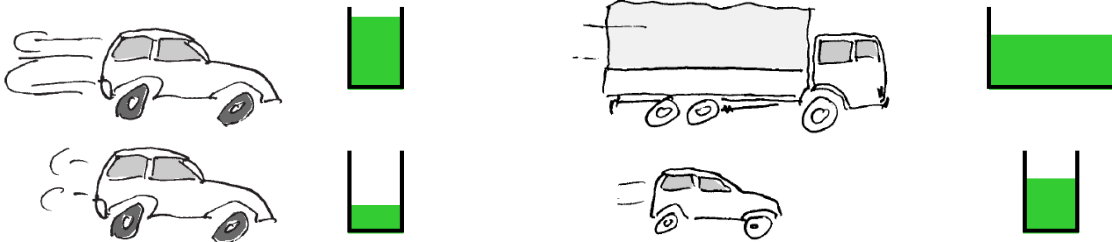


## 2.2. Analogia con il modello idraulico

La quantità di moto contenuta in un corpo può essere paragonata alla quantità di acqua contenuta in un recipiente. Gli elementi dell'analogia con il modello idraulico studiato in precedenza possono essere espressi nei termini seguenti:

	<table border="1"> <tr> <td>corpo</td> <td></td> <td>recipiente d'acqua con le pareti verticali</td> </tr> <tr> <td>massa</td> <td><math>m</math></td> <td>superficie <math>A</math> del fondo del recipiente</td> </tr> <tr> <td>quantità di moto</td> <td><math>p</math></td> <td>quantità d'acqua <math>V</math> nel recipiente (es. in litri)</td> </tr> <tr> <td>velocità</td> <td><math>v</math></td> <td>altezza <math>h</math> della superficie dell'acqua rispetto al fondo del recipiente</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>rispettivamente pressione <math>P</math> dell'acqua</td> </tr> </table>	corpo		recipiente d'acqua con le pareti verticali	massa	$m$	superficie $A$ del fondo del recipiente	quantità di moto	$p$	quantità d'acqua $V$ nel recipiente (es. in litri)	velocità	$v$	altezza $h$ della superficie dell'acqua rispetto al fondo del recipiente			rispettivamente pressione $P$ dell'acqua	
corpo		recipiente d'acqua con le pareti verticali															
massa	$m$	superficie $A$ del fondo del recipiente															
quantità di moto	$p$	quantità d'acqua $V$ nel recipiente (es. in litri)															
velocità	$v$	altezza $h$ della superficie dell'acqua rispetto al fondo del recipiente															
		rispettivamente pressione $P$ dell'acqua															

Utilizzando questa analogia è possibile descrivere quantità di moto, velocità e massa di un oggetto in movimento nel seguente modo:



Stessa massa, ma differente velocità:  
l'auto più veloce contiene più quantità di moto.

Stessa velocità, ma differente massa:  
il veicolo con massa maggiore contiene più quantità di moto.

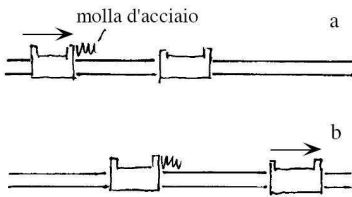
### Esercizio 1

Rappresenta, utilizzando l'analogia esposta sopra, i tre seguenti corpi in movimento. Quale ha maggiore quantità di moto? Motiva brevemente.

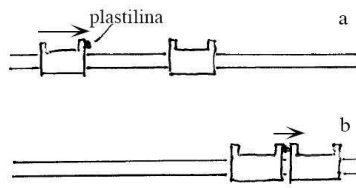


## 2.3. Bilancio della quantità di moto

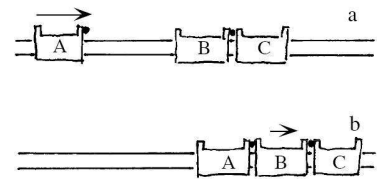
### 2.3.1. La quantità di moto può fluire da un corpo ad un altro



Prima dell'urto (a) la slitta a sinistra si muove e quella a destra è ferma. Dopo (b) si muove quella a destra ed è ferma quella di sinistra.

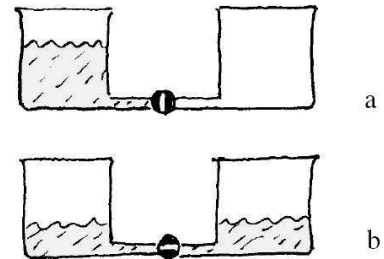


Prima dell'urto (a) la slitta a sinistra si muove e quella a destra è ferma. Dopo (b) si muovono entrambe, ma a velocità ridotta.



Nell'urto la quantità di moto di A si distribuisce su tutte e tre le slitte A, B, e C

Nell'analogia idraulica, ciò che accade in un urto non-elastico tra due oggetti aventi la stessa massa può essere rappresentato come nella figura accanto: l'acqua si distribuisce nei due recipienti così come la quantità di moto si distribuisce sulle due slitte. Dopo l'urto le due slitte procedono alla medesima velocità; allo stesso modo al termine del travaso il livello dell'acqua nei due recipienti è il medesimo.



### Esercizio 2

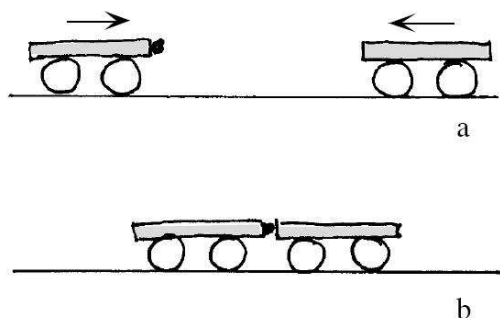
Descrivi le situazioni raffigurate nelle tre figure di inizio pagina servendoti dell'analogia idraulica.

### Esercizio 3

Durante un urto la quantità di moto fluisce sempre dall'oggetto che si muove a velocità maggiore verso quello a velocità minore. Come potresti spiegare questo fatto utilizzando l'analogia idraulica?

## 2.4. La quantità di moto può assumere valori sia positivi che negativi

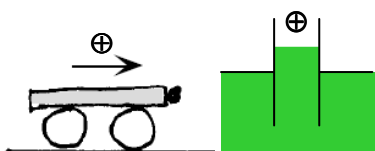
Due carrelli di massa identica si muovono alla medesima velocità l'uno verso l'altro. Nell'urto entrambi si fermano. Dov'è finita la quantità di moto?



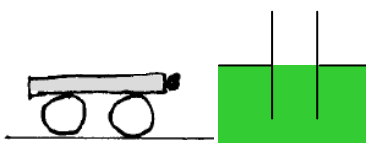
La spiegazione è molto semplice se consideriamo la quantità di moto di un corpo come positiva e l'altra come negativa. Se prima dell'urto uno dei carrelli ha  $+20 \text{ Hy}$  e l'altro  $-20 \text{ Hy}$ , allora la quantità di moto totale è  $0 \text{ Hy}$  già prima dell'urto. L'esperimento dimostra che dopo l'urto è ancora  $0 \text{ Hy}$ : il bilancio coincide. Possiamo concludere: **La quantità di moto può assumere valori positivi e negativi.** Quale dei due corpi ha la quantità di moto positiva e quale quella negativa?

Possiamo deciderlo noi. Dalle lezioni di matematica sai che solitamente si traccia l'asse  $x$  rivolto verso destra. Facciamo la stessa cosa con la quantità di moto. Stabiliamo che: **la quantità di moto di un corpo è positiva se il corpo si muove verso destra, negativa se si muove verso sinistra.**

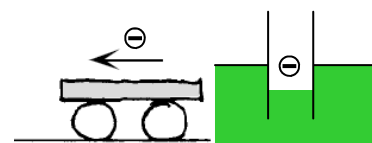
Rappresentiamo ora la situazione precedente utilizzando l'analogia idraulica. A tale scopo dobbiamo immaginarci il nostro vaso immerso in una specie di «mare»:



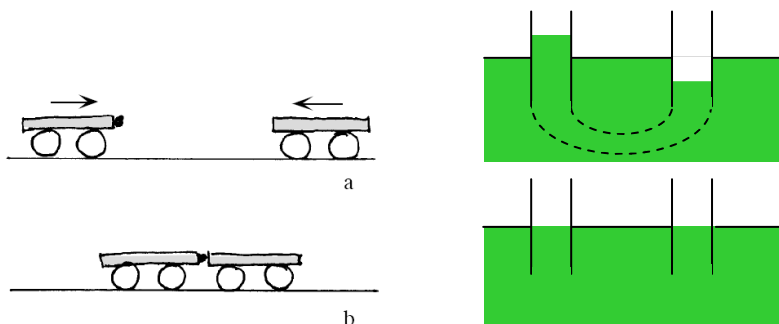
Il carrello si muove verso destra: il livello della quantità di moto è **maggiore** rispetto a quello del «mare» esterno.



Il carrello **NON** si muove: il livello della quantità di moto è **uguale** rispetto a quello del «mare» esterno.



Il carrello si muove verso sinistra: il livello della quantità di moto è **minore** rispetto a quello del «mare» esterno.



### Esercizio 4

Immagina un urto frontale non-elastico tra due carrelli di massa uguale ma di velocità diverse. Prova a prevedere l'esito utilizzando l'analogia idraulica. Verifica poi sperimentalmente la tua previsione.

### Esercizio 5

Immagina un urto frontale non-elastico tra due carrelli di massa diversa ma di medesima velocità. Prova a prevedere l'esito utilizzando l'analogia idraulica. Verifica poi sperimentalmente la tua previsione.

### Esercizio 6

Descrivi come variano la velocità e la quantità di moto della locomotiva e del vagone durante la seguente manovra: la locomotiva parte da ferma, si avvicina al capolinea e poi torna indietro. Proponi anche una schematizzazione basata sull'analogia idraulica.



Per un'animazione consulta il seguente indirizzo web  
<http://www.pegaswiss.ch/Translation/index.html>



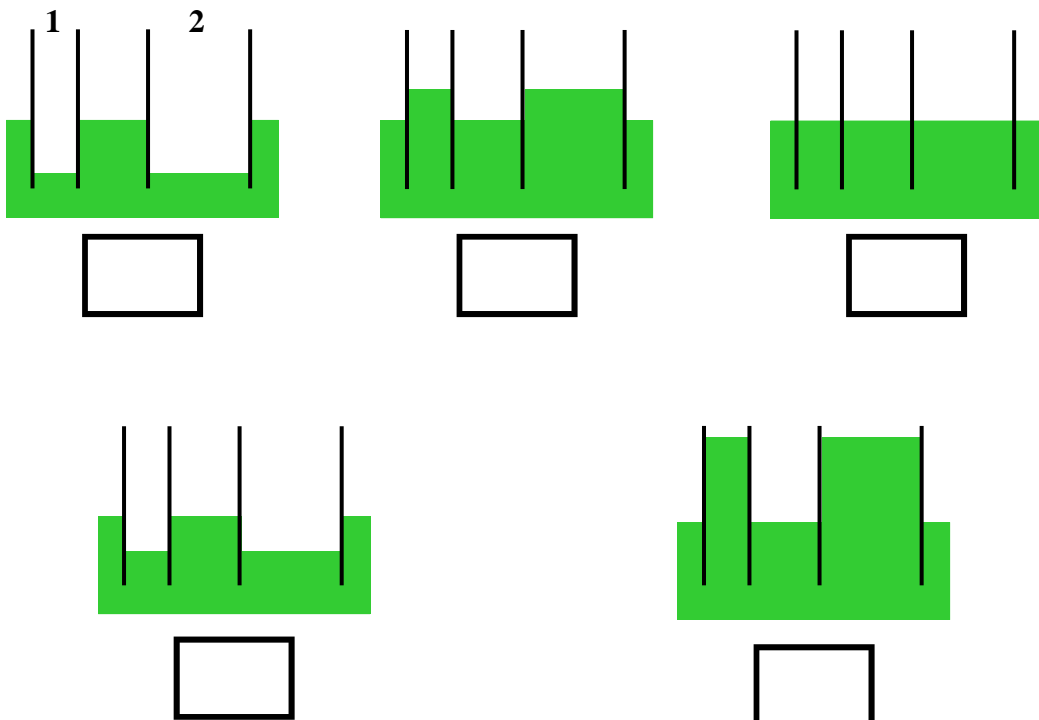
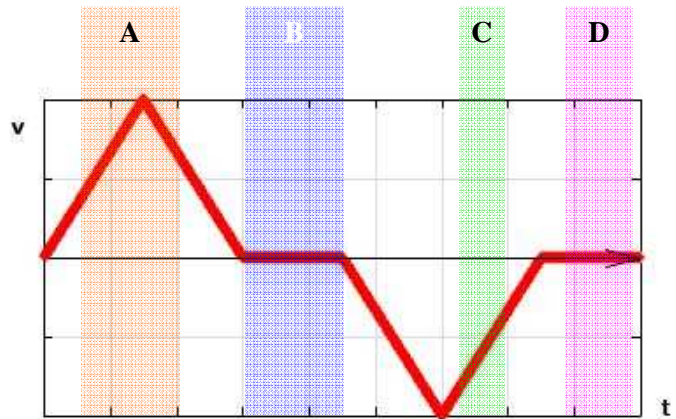
### Esercizio 7

Il grafico descrive come varia la velocità della locomotiva durante una manovra. Facendo riferimento all'analogia idraulica rispondi alle seguenti domande:

- i) Dei due recipienti disegnati (1 e 2), quale corrisponde alla locomotiva e quale al vagone? Perché?
- ii) Per quale ragione il livello del liquido nei due recipienti è sempre il medesimo?
- iii) Descrivi a parole il movimento della locomotiva. Motiva la tua risposta!
- iv) A quale istante dei vari intervalli di tempo (A, B, C e D) potresti associare le differenti rappresentazioni proposte. Argomenta le tue risposte!



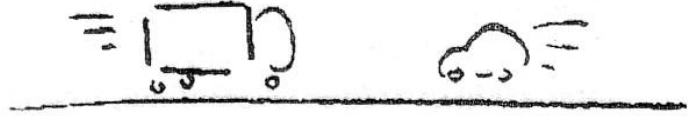
Per un'animazione consulta il seguente indirizzo web  
<http://www.pegaswiss.ch/Translation/index.html>



## Esercizio 8

Immagina uno scontro frontale fra un autocarro e un'automobile. L'autocarro giunge da sinistra mentre l'automobile da destra. Entrambi viaggiano alla stessa velocità. Nello scontro i motori si spengono e i due veicoli si incastrano. Possono comunque continuare a viaggiare poiché le ruote non vengono danneggiate. Come pensi che si muoveranno i veicoli incastrati dopo lo scontro?

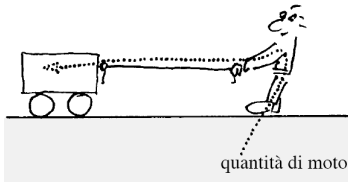
- a. Restano fermi sul posto.
- b. Si muovono verso destra.
- c. Si muovono verso sinistra.



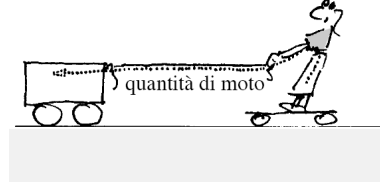
Argomenta la tua risposta!

## 2.5. La quantità di moto è una grandezza conservata

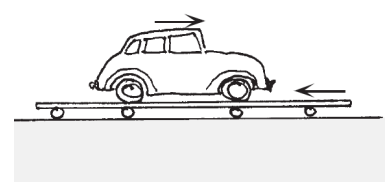
Dove finisce la quantità di moto di un corpo che perde velocità? Da dove riceve la sua quantità di moto un veicolo che viene accelerato?



Mentre la persona tira, la quantità di moto del carrello aumenta.



La persona trasmette quantità di moto da destra a sinistra attraverso la corda.

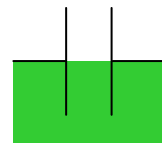
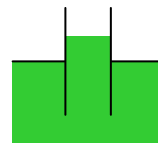


Il motore dell'automobilina giocattolo pompa quantità di moto dal cartone nell'auto\*.

La Terra può ricevere o cedere quantità di moto senza che la sua velocità cambi. Ciò è dovuto al fatto che la Terra ha una massa molto grande rispetto ai corpi da noi considerati.

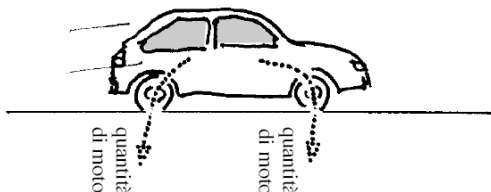
**La quantità di moto è una grandezza conservata: essa non può essere né distrutta, né creata!**

Nell'analogia idraulica la Terra può essere rappresentata come un mare (un recipiente con sezione grandissima) il cui livello non varia sia che si aggiunga, sia che si tolga acqua.

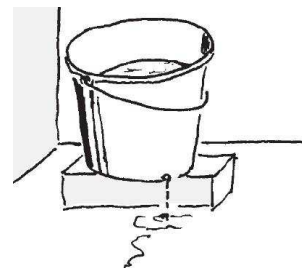


Il ruolo giocato dalla Terra nella descrizione dei movimenti dei corpi ci permette di interpretare un fenomeno noto a tutti: quello dell'attrito.

**Se un veicolo si muove subendo attrito in modo da fermarsi spontaneamente, la sua quantità di moto defluisce a terra.**



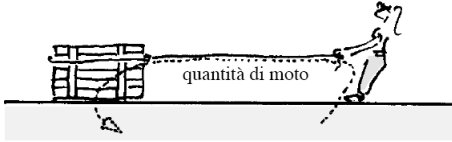
Auto in folle. La quantità di moto fluisce dal corpo a velocità maggiore verso quello a velocità minore.



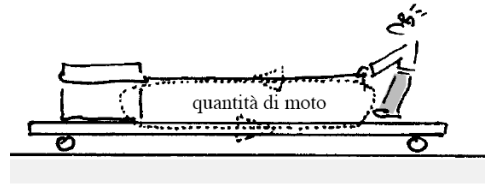
Secchio bucato. L'acqua si disperde nell'ambiente circostante, fino a che non la si nota più.

## 2.6. Le forze: correnti di quantità di moto

Può succedere che da qualche parte fluisca una corrente di quantità di moto e, malgrado ciò, in nessun punto cambi la quantità di moto presente.



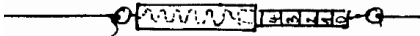
Anche se c'è una corrente di quantità di moto, la quantità di moto non si accumula da nessuna parte: la cassa non si muove!



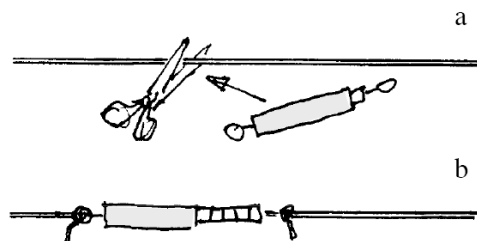
Circuito di quantità di moto.

Qual è il percorso seguito dalla quantità di moto? La persona pompa quantità di moto da terra, attraverso la corda, nella cassa. Dalla cassa rifluisce a terra a causa dell'attrito tra il fondo della cassa e il pavimento. Potremmo quindi dire che la quantità di moto fluisce "in un circuito chiuso", anche se non ne conosciamo il percorso esatto attraverso la Terra.

L'intensità della corrente di quantità di moto che fluisce nella corda può essere messa in evidenza con una molla: **la molla è un sensore di corrente di quantità di moto.**

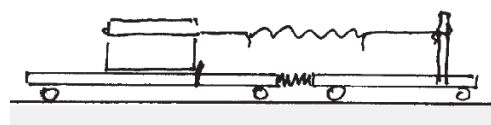
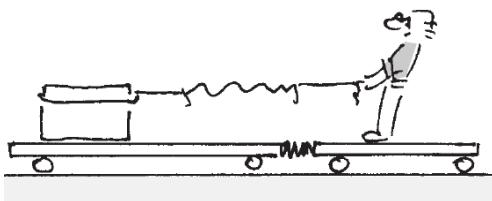


Il dinamometro è uno strumento che permette di misurare l'intensità di corrente della quantità di moto.



(a) Si vuole misurare l'intensità della corrente di quantità di moto in una corda.  
(b) Si taglia la corda e si aggancia il dinamometro alle estremità così ottenute.

L'intensità della corrente di quantità di moto viene comunemente chiamata **forza** ed è misurata in Newton [N]:  $1 \text{ N} = 1 \text{ H/s}$



Corrente di quantità di moto senza spinta: le molle indicano la direzione della corrente di quantità di moto.



### Le correnti di quantità di moto possono distruggere.

Il cavo di traino si è rotto al momento di mettersi in moto. Come si sarebbe potuto evitare? Prova a portare fino a una certa velocità un veicolo pesante tirandolo con un filo sottile. Se tiri molto forte, cioè se lasci fluire una corrente di quantità di moto molto forte, il filo si strappa. È comunque possibile caricare il veicolo con la quantità di moto voluta. Si deve far fluire una corrente di quantità di moto sufficientemente debole ma che in compenso scorra per molto tempo. In altre parole: si deve tirare meno forte ma più a lungo. Per il traino di un'auto questo significa: si deve partire con precauzione in modo che l'intensità della corrente di quantità di moto non diventi troppo forte.



### Esercizio 9

In un carrello privo di attrito fluisce una corrente di quantità di moto di intensità costante. In 10 secondi si accumula una quantità di moto di 200 Hy.

- A) Descrivi il movimento del carrello durante questi 10 secondi.
- B) Qual era l'intensità della corrente di quantità di moto?

### Esercizio 10

Durante la partenza di un autotreno, il gancio di traino è attraversato da una corrente di quantità di moto di 6000 N (Hy/s).

- A) Che quantità di moto ha il rimorchio dopo 5 s?
- B) Se si considera l'attrito, come cambia la risposta al punto A)? Argomenta la tua risposta aiutandoti con l'analogia idraulica.

### Esercizio 11

Le casse della figura accanto sono trascinate sul pavimento a velocità costante. Quanto intensa è la corrente di quantità di moto che defluisce a terra dalla cassa a sinistra? Quanto intensa è quella che defluisce a terra dalla cassa a destra?



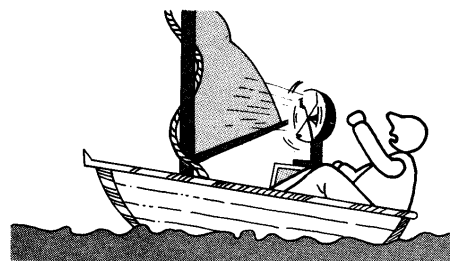
### Esercizio 12

Due uomini sono seduti su due sedie d'ufficio provviste di rotelle. L'uomo senza barba ha massa 60 kg, quello con barba 80 kg. L'uomo con la barba mette i piedi sulle ginocchia di quello senza barba (vedi disegno). L'uomo con la barba tende velocemente le sue gambe. Immagina che così facendo le due sedie si mettano in movimento senza alcun attrito. Alle spalle delle due persone sono indicati due punti A e B che si trovano alla medesima distanza dalle rispettive posizioni iniziali delle sedie. Chi raggiunge prima i rispettivi punti A e B? Motiva la tua risposta utilizzando l'analogia idraulica.



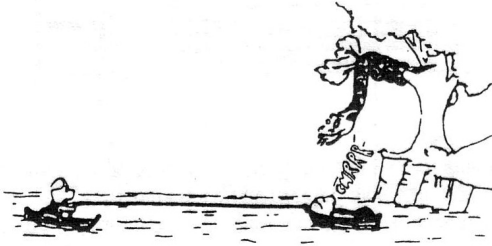
### Esercizio 13

Un bimbo è seduto su una barca a vela che si trova in un lago. Se soffia sulla vela, magari anche aiutandosi con un potente ventilatore, la barca si muoverà o no? Argomenta la tua risposta!

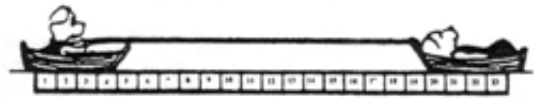


### Esercizio 14

I due gemelli Cipp e Ciopp siedono in due barchette identiche. Cipp dorme profondamente e per sicurezza ha legato la sua barca con una corda a quella di Ciopp. Vedendo un pericolo Ciopp tira la corda con la maggior forza possibile.



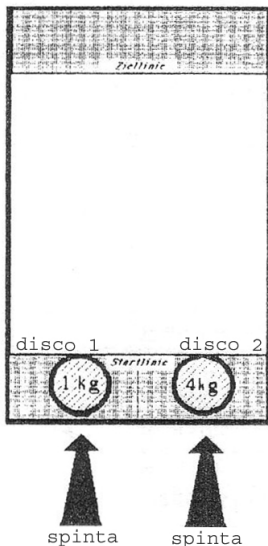
Qui sotto è raffigurata graficamente la situazione vista da lato.



Indica con una crocetta dove pensi che le due barchette si incontreranno. Prova a utilizzare l'analogia idraulica per rispondere alla domanda.

### Esercizio 15

Il disegno riprodotto sotto mostra due dischi di hockey che possono scivolare senza attrito. Il disco 2 è quattro volte più pesante del disco 1. I due dischi sono disposti sul tavolo e ricevono contemporaneamente una spinta in modo da muoversi in maniera rettilinea.



I due dischi ricevono, a seguito della spinta, la medesima quantità di moto.

*I due dischi vengono spinti con la medesima forza.*

Quale dei due dischi raggiungerà per primo il fondo del tavolo?

- a. Disco 1.
- b. Disco 2.
- c. I due dischi arrivano assieme.
- d. I dati non sono sufficienti per dare una risposta.

Motiva la tua scelta.

### 3. La gravità

#### 3.1. L'attrazione terrestre — il campo gravitazionale

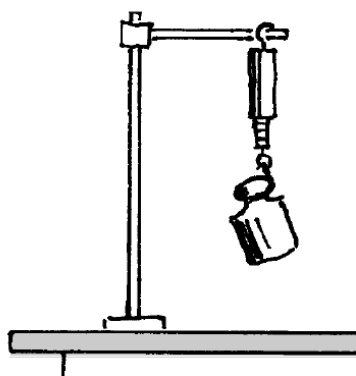
Tutti gli oggetti sono attratti dalla Terra. Lo deduciamo da due fenomeni:

**1. Prendiamo in mano un oggetto e lo lasciamo andare: cade verso il basso.**

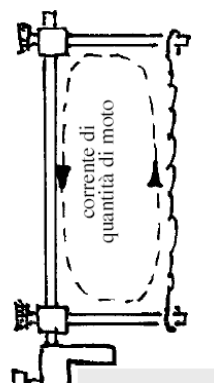
**2. Ogni oggetto ha un peso.**

Entrambi i fenomeni mostrano che l'oggetto riceve quantità di moto dalla Terra. Un oggetto che cade, durante la caduta diventa sempre più veloce. La sua quantità di moto aumenta. Anche un corpo che non cade riceve quantità di moto, come ci si rende conto appendendolo a un dinamometro. Il dinamometro indica che dal corpo una corrente di quantità di moto fluisce costantemente verso l'alto, attraverso il supporto e a terra.

Questa quantità di moto deve essere continuamente sostituita. Quindi, nel corpo fluisce ininterrottamente quantità di moto, ma attraverso un collegamento tra il corpo e la Terra che non si può vedere.



La quantità di moto che defluisce costantemente a terra attraverso il dinamometro e il corpo, torna al corpo attraverso un collegamento invisibile.



Circuito di quantità di moto.

**Ogni corpo è circondato da un campo gravitazionale. Più la massa del corpo è grande, più il campo è denso. Attraverso il campo gravitazionale la quantità di moto fluisce da un corpo all'altro. L'attrazione terrestre è causata da una corrente di quantità di moto tra la Terra e il corpo considerato.**

Ricorrendo all'analogia idraulica possiamo immaginarci il campo gravitazionale come una pioggia continua.



#### Esercizio 16

Come mai un libro posto su di un tavolo, pur ricevendo quantità di moto dal campo gravitazionale, non si muove? Argomenta la tua risposta utilizzando l'analogia idraulica.

### 3.2. Da cosa dipende l'attrazione terrestre

L'intensità della corrente di quantità di moto che fluisce dalla Terra in un corpo, è uguale al prodotto tra la massa del corpo e la costante locale.

Sulla superficie terrestre la costante locale vale  $9,81 \text{ N/kg} \approx 10 \text{ N/kg}$  ( $10 \text{ (Hy/s)/kg}$ ).

Luogo	$g$ in N/kg
centroeuropa	9.81
polo nord e polo sud	9.83
equatore	9.78
superficie della Luna	1.62
superficie di Marte	3.8
superficie del Sole	274
superficie di una stella di neutroni	1 000 000 000 000

$$F = m \cdot g$$

Valore della costante locale in luoghi diversi.

La grandezza  $F$  viene chiamata **forza di gravità o forza peso** e si dice che su un corpo agisce la forza di gravità. Cosa intendiamo esattamente quando di un corpo diciamo che è molto pesante? Intendiamo dire che è difficile sollevarlo da terra. Ma allora intendiamo dire che ha una grande massa? Probabilmente no. Sulla Luna non sarebbe per niente difficile sollevare questo "pesante" oggetto dal suolo (lunare). Con "pesante" intendiamo piuttosto che nel corpo fluisce una forte corrente di quantità di moto, o in altre parole, che la forza peso che agisce sul corpo è grande. Lo stesso oggetto può quindi essere pesante o leggero, a dipendenza del luogo dove si trova.

#### Esercizio 17

Un medesimo sasso viene lasciato cadere dall'altezza di 10 metri sulla Luna e sulla Terra. In quale dei due casi toccherà terra per primo? Argomenta la tua risposta utilizzando l'analogia idraulica.

#### Esercizio 18

Un medesimo sasso viene lasciato verso l'alto con la medesima velocità iniziale sulla Luna e sulla Terra.

A) Quali forze agiscono sul sasso? Argomenta la tua risposta utilizzando l'analogia idraulica.

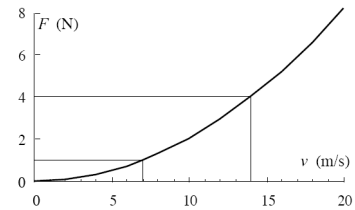
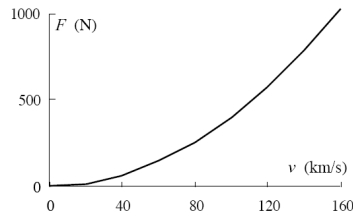
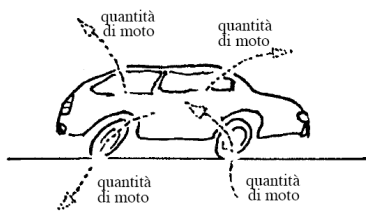
B) In quale caso arriverà prima a terra? Argomenta la tua risposta utilizzando l'analogia idraulica.

### 3.3. La caduta con attrito

Alcuni corpi sembrano cadere con velocità maggiore di altri. Per descrivere queste situazioni dobbiamo tenere in considerazione la resistenza dell'aria. Il suo valore dipende:

1. dalla forma del corpo
2. dalla sua velocità.

Sicuramente sai già che è proprio così per le automobili.



Auto che viaggia a velocità costante. Tutta la quantità di moto che il motore pompa nell'auto defluisce di nuovo nell'ambiente a causa dell'attrito.

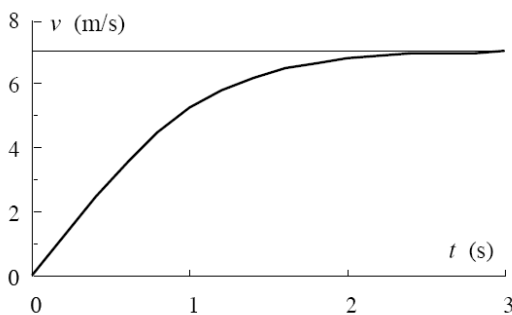
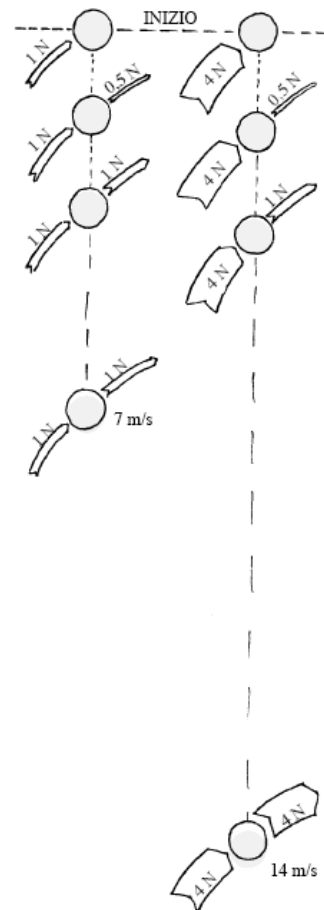
Intensità della corrente di quantità di moto che defluisce nell'aria in funzione della velocità, per una automobile utilitaria.

Intensità della corrente di quantità di moto che defluisce nell'aria in funzione della velocità, per una palla di 30 cm di diametro.

**A velocità elevate l'attrito dell'aria non è più trascurabile.**

**La velocità di un corpo in caduta aumenta solo fino a una velocità limite. La velocità limite dipende dalla forma del corpo.**

**Per corpi pesanti è maggiore che per corpi leggeri.**

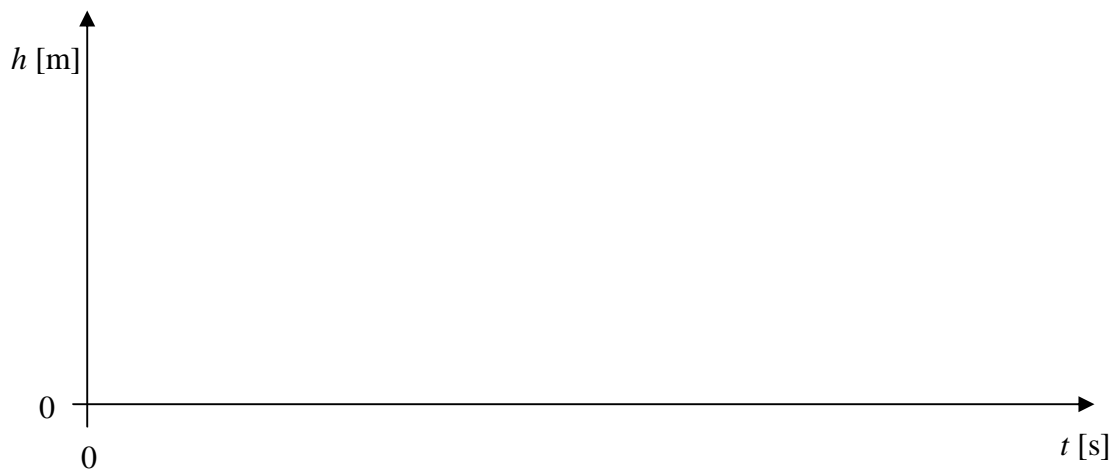
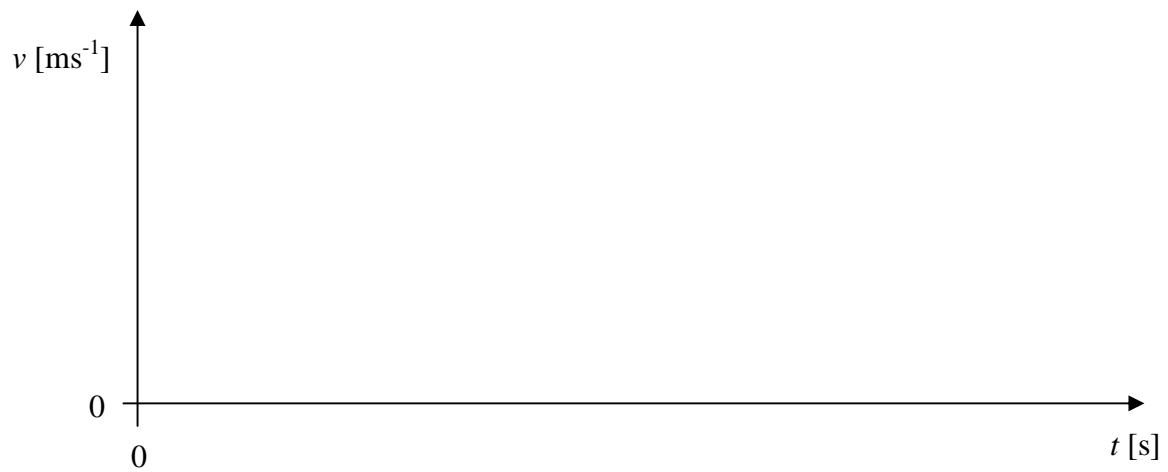
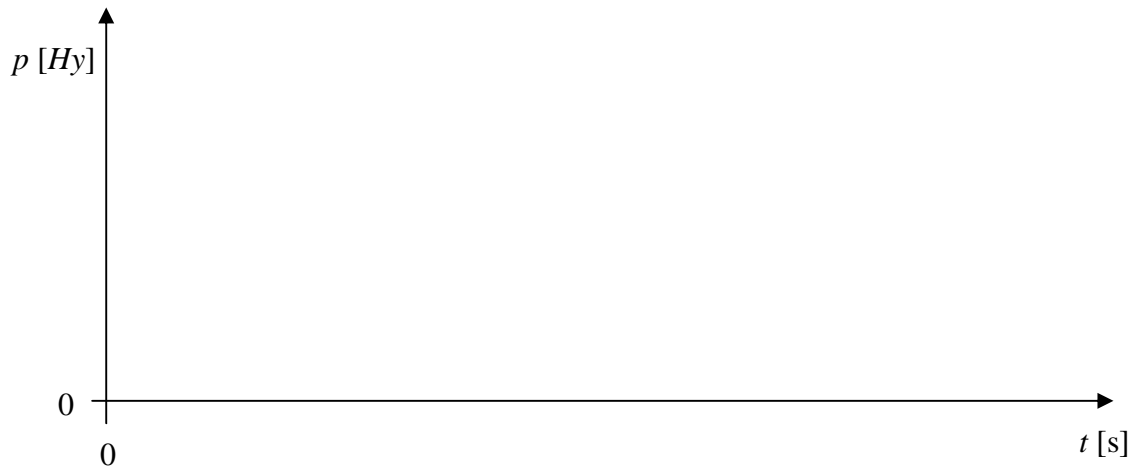


In presenza di attrito con l'aria, la velocità di un corpo che cade aumenta fino a una velocità limite.

Una palla leggera (sinistra) e una pesante (destra) cadono per terra. Quella leggera raggiunge la sua velocità limite prima di quella pesante.

### Esercizio 19

Due paracadutisti, uno di massa 50 kg e uno di massa 90 kg, si lanciano contemporaneamente da un aeroplano da un'altezza di 1000 m. Nel grafico sottostante indica, in modo qualitativo ma accurato, come ti aspetti che cambino la distanza dal suolo, la velocità e la quantità di moto dei due durante la caduta. Motiva le tue scelte!



### Esercizio 20

Il grafico sottostante riporta la velocità di caduta di un paracadutista in funzione del tempo.



- A) Cosa succede nei primi 50 secondi?
- B) Cosa pensi sia accaduto all'istante  $t=50$  s?
- C) Come mai dall'istante  $t=60$  s in poi la velocità non varia più?
- D) A che velocità ha toccato terra il paracadutista?

Nel rispondere alla domanda prova ad utilizzare l'analogia idraulica.

### Esercizio 21

Una palla di 1 kg viene lanciata verticalmente verso l'alto ad una velocità di 10 m/s. Disegna sul grafico, con tre colori diversi, come pensi che varierà la posizione, la quantità di moto e la velocità della palla nel tempo.

