



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DEL MOLISE

Prof. Roberto Capone

Cinematica

Corso di Fisica e Geologia –mod. Fisica
2013/2014

Corso di laurea in Ingegneria edile

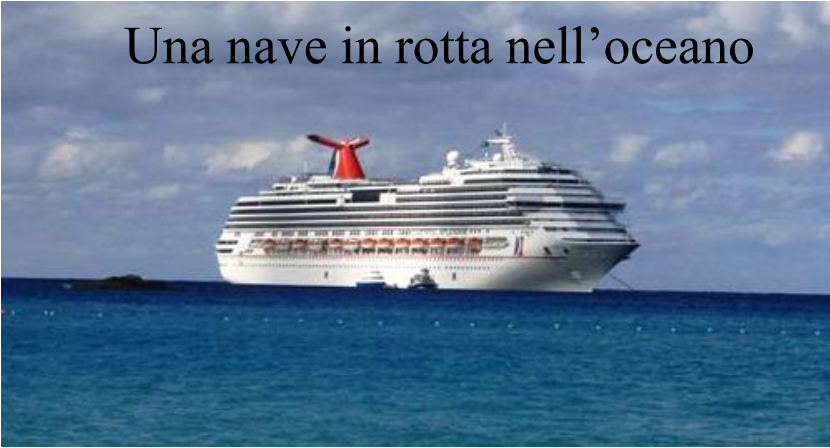
La Meccanica

- Meccanica studia il moto dei corpi spiegandone relazioni tra le cause che lo generano e le sue caratteristiche leggi quantitative
- Se il corpo è esteso la descrizione è complessa.
- Iniziamo studiando il caso più semplice: la meccanica del punto materiale o particella partendo dalla sua cinematica
- Cinematica, fa parte della Dinamica, una delle branche della fisica studia il moto dei corpi senza occuparsi delle cause che lo generano
- Definisce quantità necessarie a descrivere il moto quali spazio percorso, velocità e accelerazione



Il punto materiale

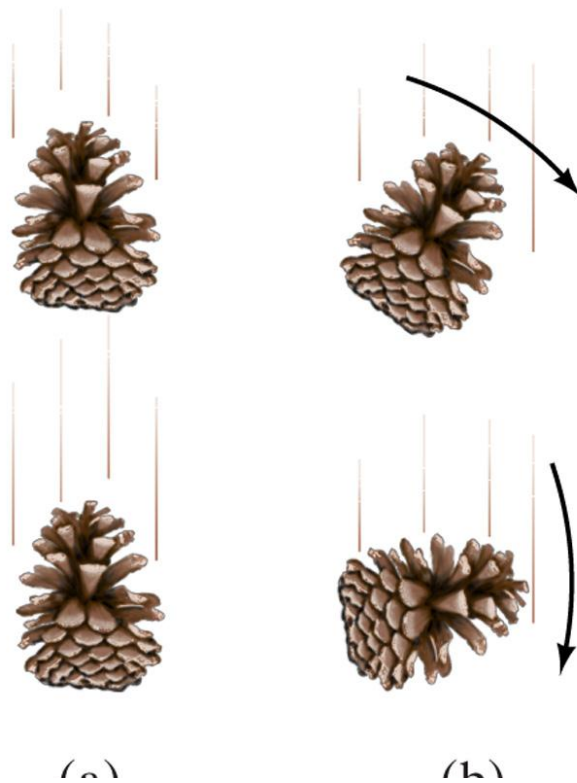
Una nave in rotta nell'oceano



Una nave che ormeggia nel porto



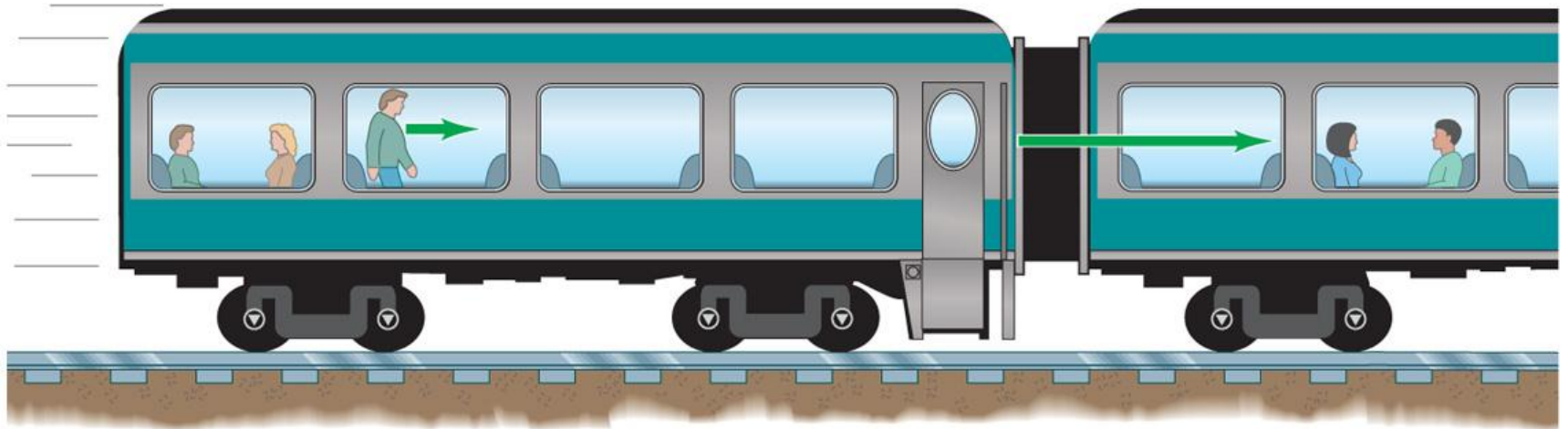
Il più semplice tra i sistemi fisici è quello schematizzabile come un punto materiale; si dice che un sistema fisico è schematizzabile come un punto materiale se le sue dimensioni sono trascurabili rispetto alla precisione con cui interessa determinarne la posizione.



Il moto degli oggetti (palle da baseball, automobili, corridori e anche il Sole e la Luna) è un fenomeno comune della vita di tutti i giorni. Sebbene gli antichi avessero già acquisito nozioni significative al riguardo, le moderne conoscenze del moto furono determinate solo in tempi relativamente recenti, cioè nel XVI e XVII secolo. Molti contribuiscono a questa comprensione ma, come presto vedremo, due studiosi hanno avuto un ruolo preminente: Galileo Galilei (1564-1642) e Isaac Newton (1642-1727).

Ogni misura di posizione, distanza o velocità deve essere fatta rispetto a un sistema di riferimento.

La posizione di un corpo è nota quando sappiamo dove si trova. In uno spazio completamente vuoto (omogeneo ed isotropo) tutte le posizioni sarebbero tra loro equivalenti. Perciò la posizione è un concetto relativo: ha senso parlare di posizione di un corpo solo rispetto alla posizione di altri corpi che vengono presi come riferimento

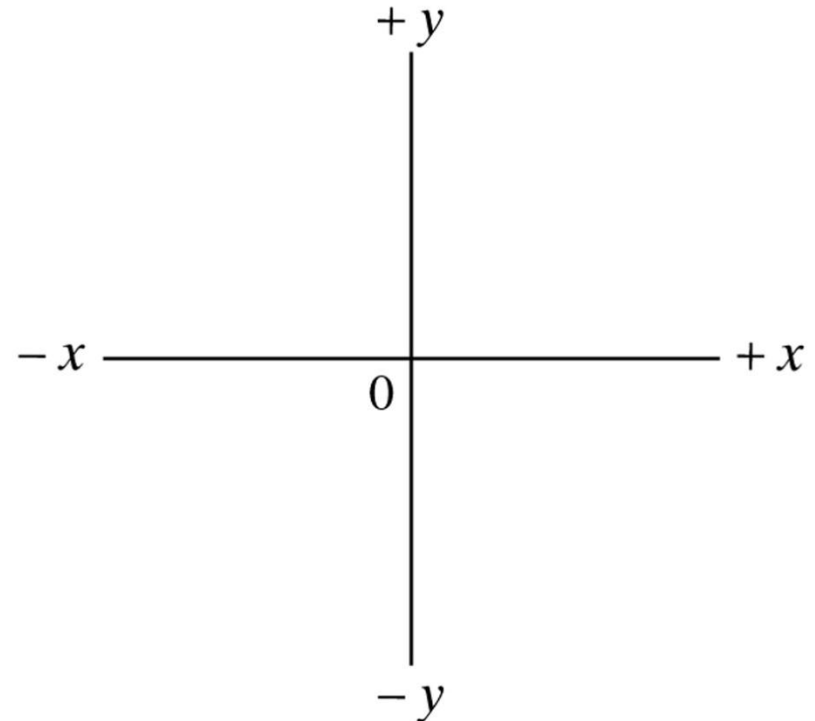


Per esempio, mentre siete su di un treno che viaggia a 80Km/h, potreste notare una persona che cammina accanto a voi verso la testa del treno a una velocità di 5Km/h. Questa è la velocità della persona rispetto al treno. Rispetto al terreno quella persona si sta muovendo a una velocità di $80\text{Km/h} + 5\text{Km/h}$

Anche le distanze dipendono dal sistema di riferimento. Spesso si traccia un sistema di assi cartesiani per rappresentare un sistema di riferimento. Per un moto unidimensionale, spesso l'asse x viene scelto come linea lungo cui avviene il moto

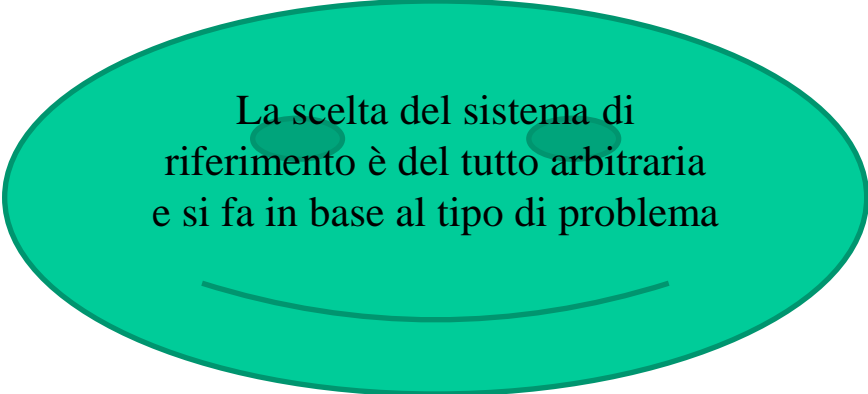
Il numero di parametri indipendenti tra di loro che servono per individuare la posizione di un sistema fisico viene detto numero di gradi di libertà di quel sistema fisico. Così, ad esempio, un punto materiale che si muove liberamente su un piano ha due gradi di libertà

Tuttavia il numero dei gradi di libertà di un sistema non coincide con il numero di dimensioni dello spazio in cui il sistema si muove. Se un sistema fisico non è puntiforme, il numero dei gradi di libertà è più grande del numero delle dimensioni dello spazio



La Cinematica

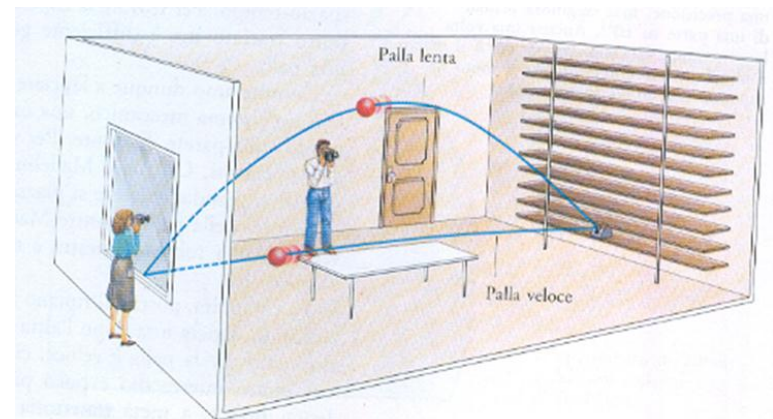
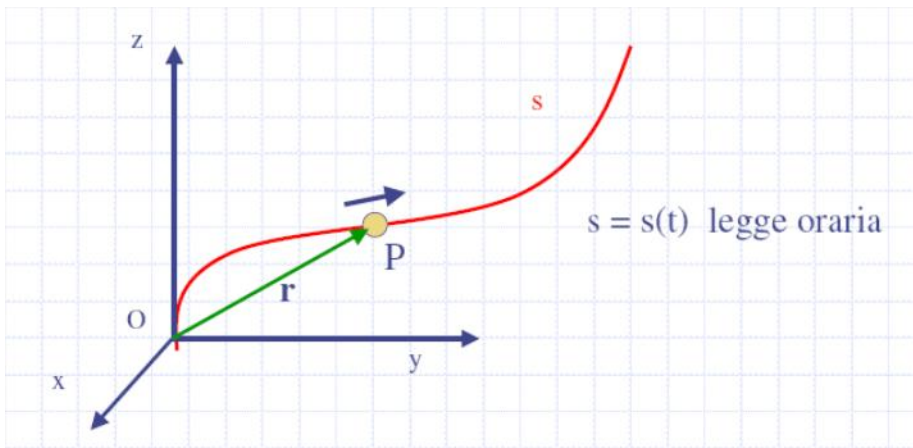
- La cinematica si occupa del moto dei sistemi descrivendone la posizione in funzione del tempo
- La posizione di un oggetto fisico ha senso solo se definita rispetto alla posizione di altri oggetti presi come riferimento
- Per descrivere il moto occorre servirsi di un **sistema di riferimento** rispetto al quale si definisce la posizione del corpo studiato e il suo movimento.



La scelta del sistema di riferimento è del tutto arbitraria e si fa in base al tipo di problema

Concetti fondamentali della Cinematica

- **Traiettoria:** è il luogo dei punti occupati successivamente dal punto in movimento. In genere è una linea curva continua. Se la linea è chiusa il moto è limitato e il punto percorre continuamente la stessa traiettoria, come nel caso delle orbite planetarie.
- Lo studio della variazione della **posizione** in funzione del tempo porta a definire il concetto di **velocità**, lo studio della variazioni della velocità con il tempo introduce l' **accelerazione**.



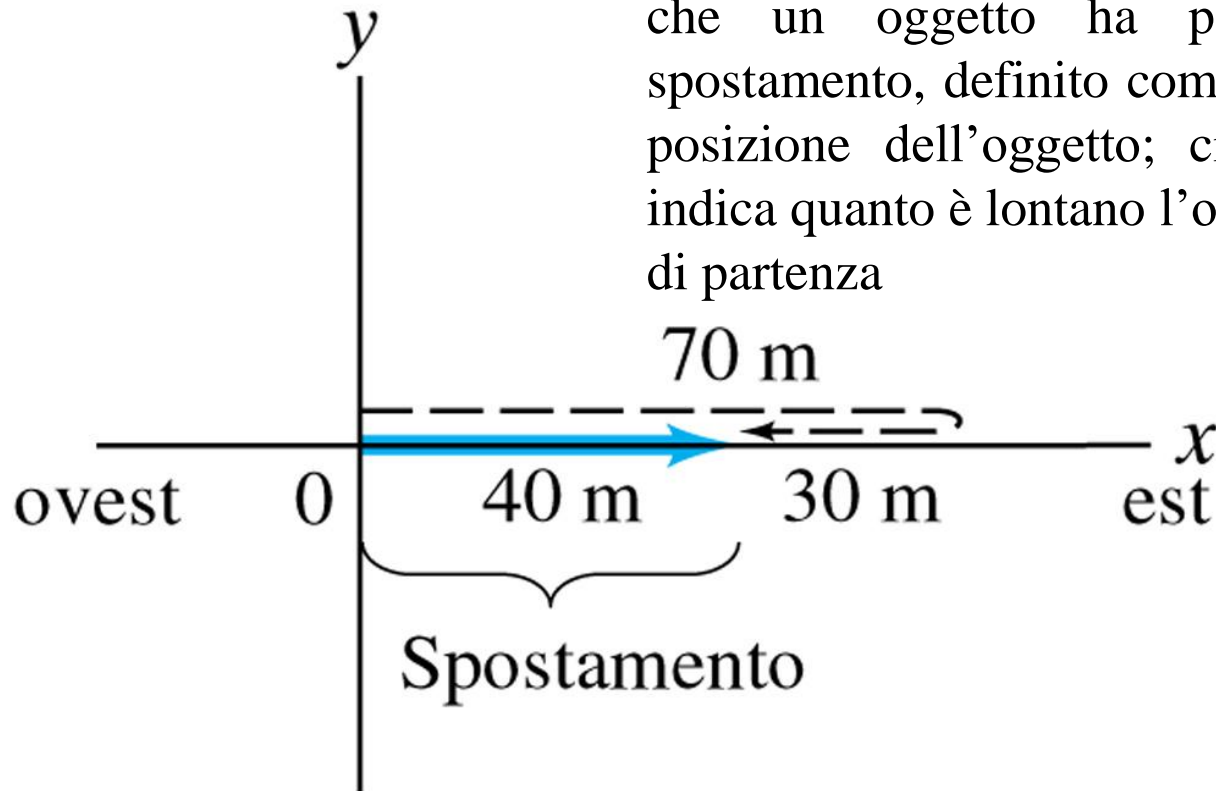
Il tempo

« Che cos'è dunque il tempo? Se nessuno me lo chiede, lo so; se voglio spiegarlo a chi me lo chiede, non lo so più. »

Agostino

- In cinematica le grandezze fisiche s , v , a sono funzioni del tempo
- La percezione del "tempo" è la presa di coscienza che la realtà di cui siamo parte si è materialmente modificata. Se osservo una formica che si muove, la diversità delle posizioni assunte certifica che è trascorso un "intervallo di tempo". Si evidenzia "intervallo" a significare che il tempo è sempre una "durata" (unico sinonimo di tempo), ha un inizio ed una fine.

Dobbiamo fare una distinzione tra la distanza che un oggetto ha percorso e il suo spostamento, definito come il cambiamento in posizione dell'oggetto; cioè lo spostamento indica quanto è lontano l'oggetto dal suo punto di partenza

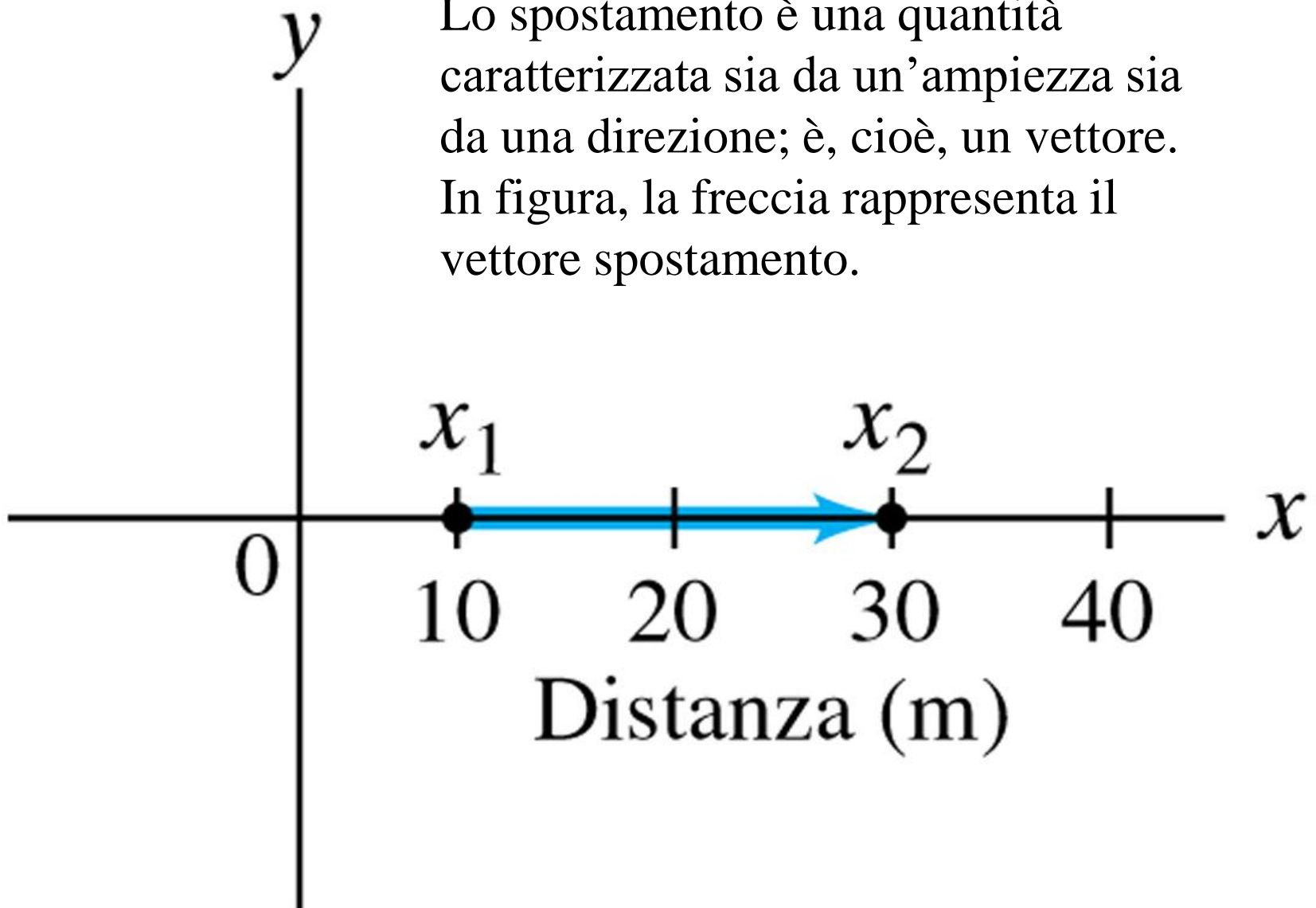


Fisica

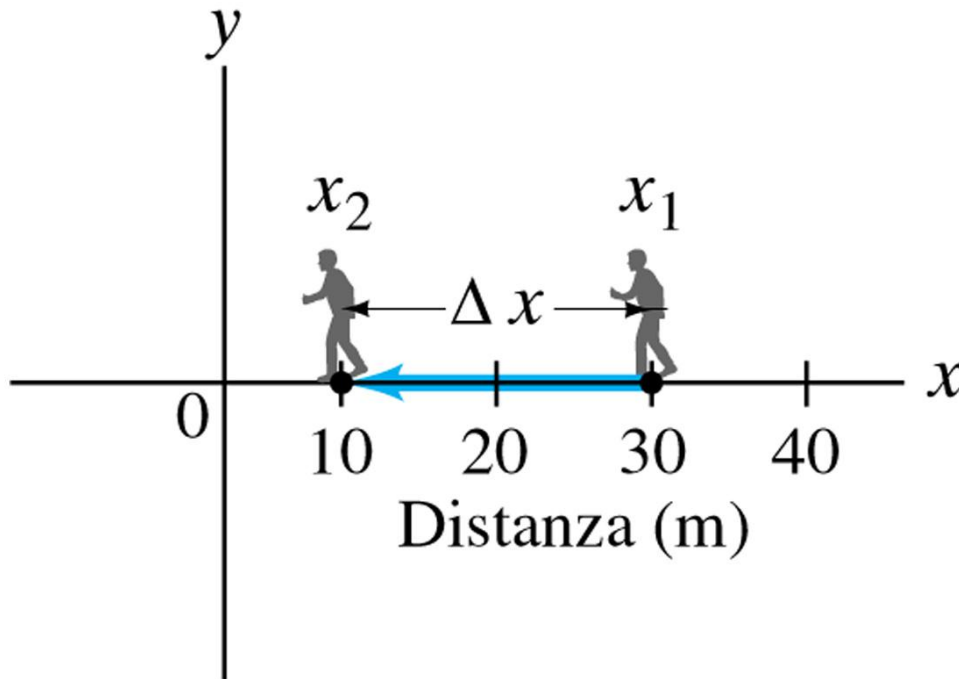
Copyright 2006 Casa Editrice Ambrosiana

Una persona cammina per 70 km in direzione Est quindi si volta e torna indietro percorrendo una distanza di 30 m . La distanza totale è 100 m mentre lo spostamento è a soli 40 m dal punto di partenza

Lo spostamento è una quantità caratterizzata sia da un'ampiezza sia da una direzione; è, cioè, un vettore. In figura, la freccia rappresenta il vettore spostamento.



Il moto unidimensionale



Fisica
Copyright 2006 Casa Editrice Ambrosiana

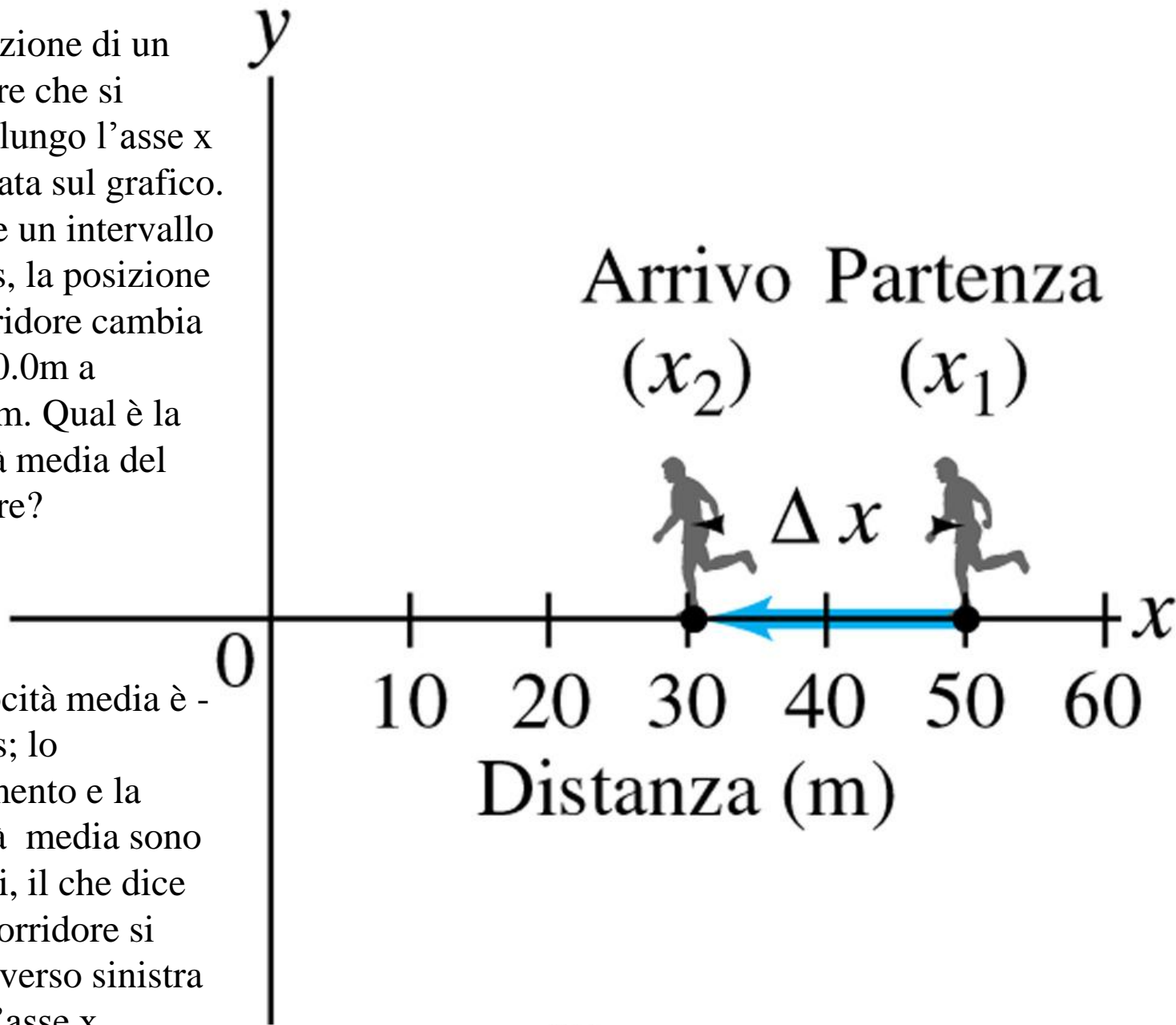
Il moto più semplice da studiare è il moto rettilineo. Esso si svolge lungo una retta sulla quale vengono fissati arbitrariamente un'origine e un verso.

Un punto materiale si muove lungo l'asse x . Il suo moto è descrivibile utilizzando una sola coordinata x .

L'insieme dei punti occupati successivamente (la traiettoria) viene indicato con $x=x(t)$. Tale funzione del tempo definisce la legge oraria del moto

La posizione di un corridore che si muove lungo l'asse x è riportata sul grafico. Durante un intervallo di 3.00s, la posizione del corridore cambia da $x=50.0\text{m}$ a $x=30.5\text{m}$. Qual è la velocità media del corridore?

La velocità media è -6.50m/s ; lo spostamento e la velocità media sono negativi, il che dice che il corridore si muove verso sinistra lungo l'asse x



Il Moto

- ✓ unidimensionale
- ✓ bidimensionale

moto
rettilineo

- se la
traiettoria è
una retta



moto
circolare

- se la
traiettoria è
una
circonferenza

moto
curvilineo

- se la
traiettoria è
una curva

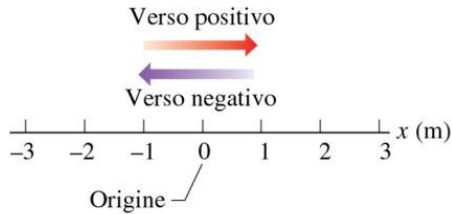


moto uniforme



Moto uniformemente
accelerato

La velocità media in una dimensione



È possibile caratterizzare la rapidità con cui avviene lo spostamento tramite il concetto di velocità media.

Definizione di velocità media: rapporto tra lo spostamento Δx compiuto in un intervallo di tempo $\Delta t = t_2 - t_1$ e l'intervallo di tempo stesso

$$v_{media} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

Δx e v hanno lo stesso segno

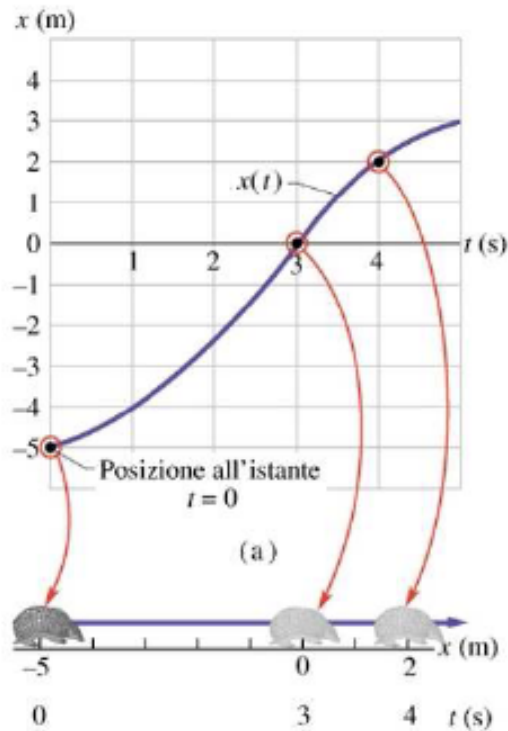
L'unità di misura SI è il m/s

NB:

$$1 \text{ Km/h} = 1000/3600 \text{ m/s}$$

Lo spostamento e la velocità media possono essere positivi o negativi a seconda che x_2 sia maggiore o minore di x_1 : un valore positivo indica un moto verso destra e un valore negativo un moto verso sinistra

Significato della velocità media



$$x_1 = -4 \text{ m}$$

$$x_2 = 2 \text{ m}$$

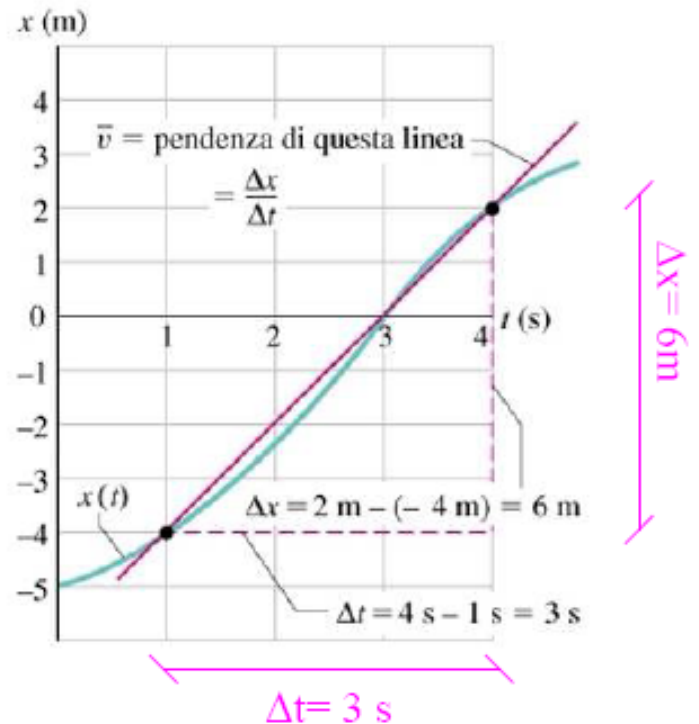
$$t_1 = 1 \text{ s}$$

$$t_2 = 4 \text{ s}$$

$$\Delta x = 6 \text{ m}$$

$$\Delta t = 3 \text{ s}$$

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{6 \text{ m}}{3 \text{ s}} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$



Il punto iniziale P_1 e quello finale P_2 sono congiunti da un segmento rettilineo;
 la **velocità media** è la **pendenza** $\Delta x/\Delta t$ di questo segmento e **dipende dall'intervallo di tempo considerato**.

La velocità media fornisce un'informazione complessiva, ma non dà quasi nessuna indicazione sulle caratteristiche del moto

Dalla velocità media alla VELOCITÀ ISTANTANEA

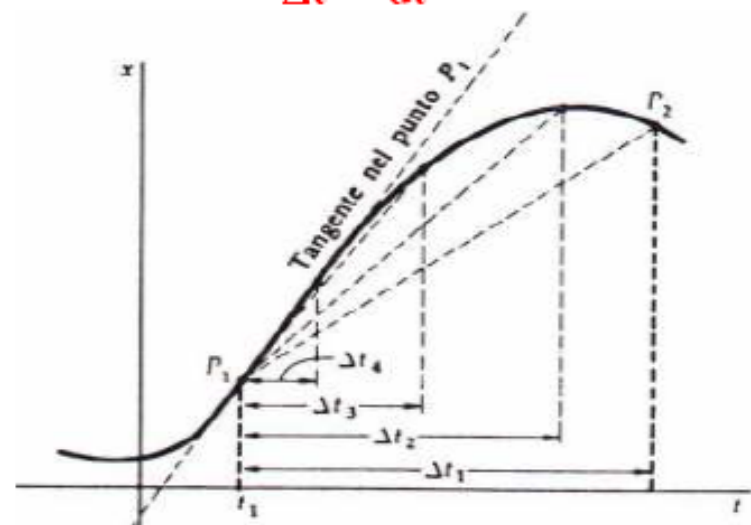
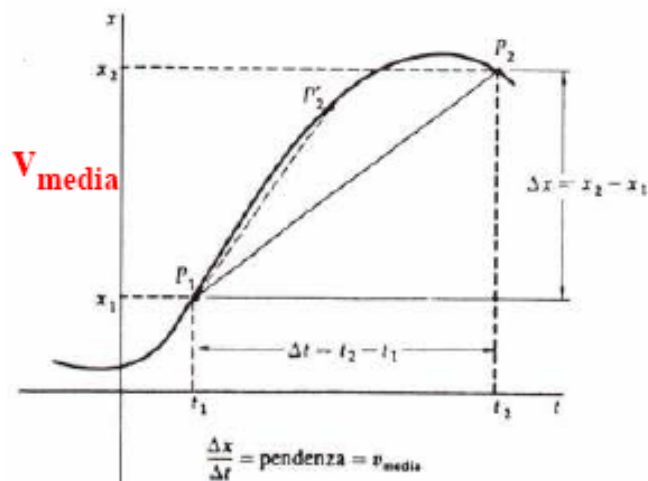
Per avere maggiori informazioni sulla legge oraria $x(t)$ e sulle sue variazioni, l'intervallo Δx può essere **suddiviso** in numerosi **piccoli intervalli**

$(\Delta x)_1 (\Delta x)_2 (\Delta x)_3 (\Delta x)_4 \dots (\Delta x)_n$ percorsi nei tempi $(\Delta t)_1 (\Delta t)_2 (\Delta t)_3 (\Delta t)_4 \dots (\Delta t)_n$

Le corrispondenti velocità: $v_i = \frac{(\Delta x)_i}{(\Delta t)_i}$ in generale non sono uguali alla velocità media v_m

Il processo di suddivisione in spazi sempre più piccolo può essere **continuato** fino a considerare spazi **infinitesimi**, arrivando così alla definizione di **velocità istantanea**:

$$v \text{ all'istante } t \rightarrow v(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$$



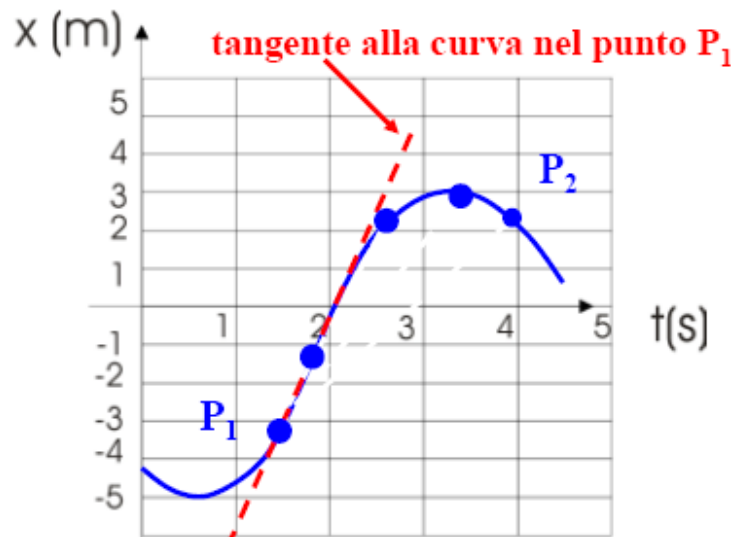
VELOCITÀ ISTANTANEA

Rappresenta la rapidità di variazione temporale della posizione nell'istante t

Definizione di velocità istantanea: rapporto fra lo spostamento compiuto in un intervallo di tempo $\Delta t = t_2 - t_1$ e l'intervallo di tempo stesso quando l'intervallo di tempo $\Delta t \rightarrow 0$

$$v(t) = \frac{dx}{dt}$$

Interpretazione geometrica della velocità scalare **istantanea**:
coefficiente angolare della tangente alla curva $x(t)$ nel punto di ascissa t



La **velocità istantanea** è, per definizione, **la pendenza di questa retta.**

Dal **grafico** si capisce immediatamente il **segno di v**

Il **segno** della velocità indica il **verso** del moto sull'asse x .

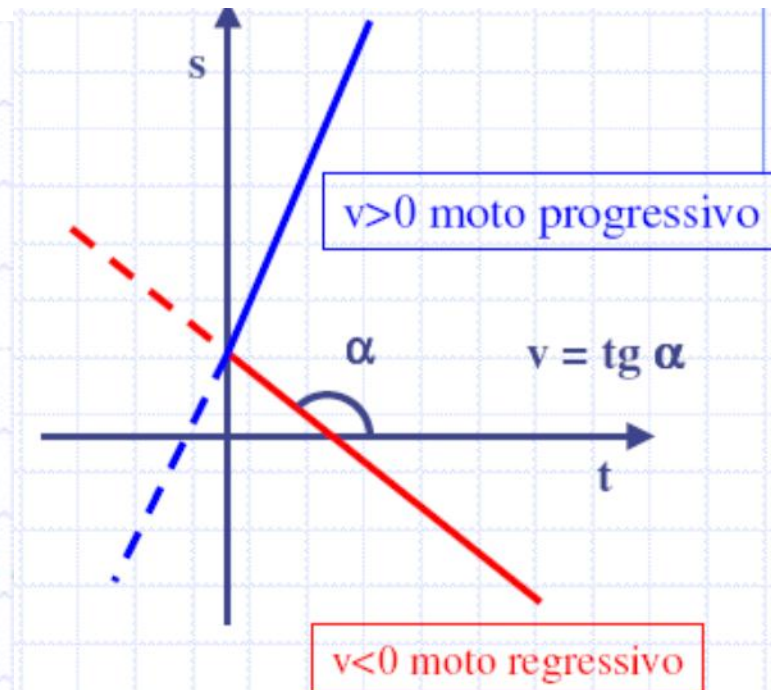
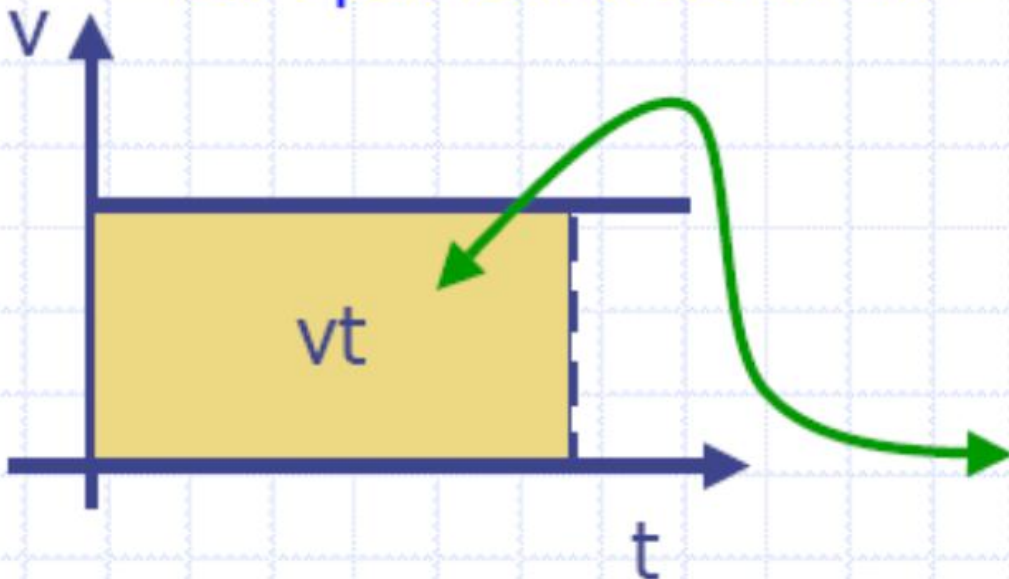
Se $v > 0$  Coordinata x cresce

Se $v < 0$  Coordinata x

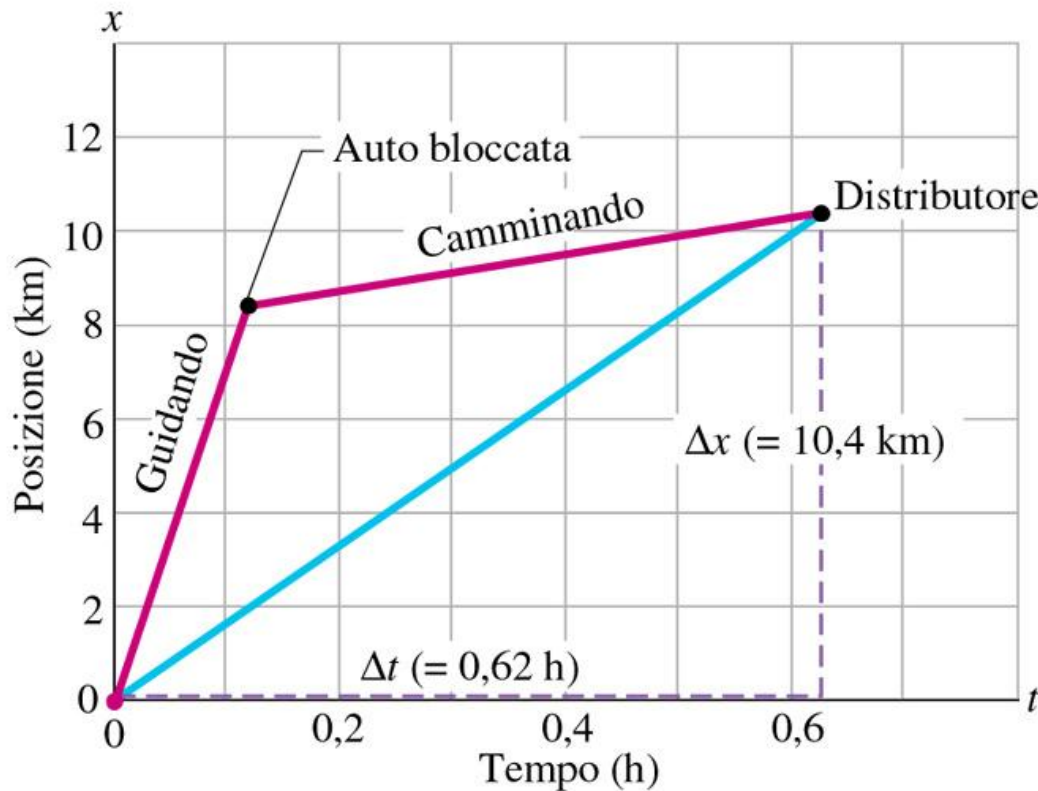
Il moto rettilineo uniforme

- È il caso del moto di un punto materiale che percorre spazi uguali in tempi uguali.
- La velocità media e la velocità istantanea coincidono
- L'accelerazione è nulla

Lo spazio come area



Alla guida di un'auto, dopo aver percorso una strada rettilinea per 5,2Km a 43Km/h, siete rimasti senza benzina. Avete quindi proseguito a piedi, sempre nella stessa direzione, per 1,2Km fino al prossimo distributore, dove siete arrivati dopo 27 minuti. Qual è stata la vostra velocità media dalla partenza in auto all'arrivo a piedi alla stazione di servizio?



Moto e derivate

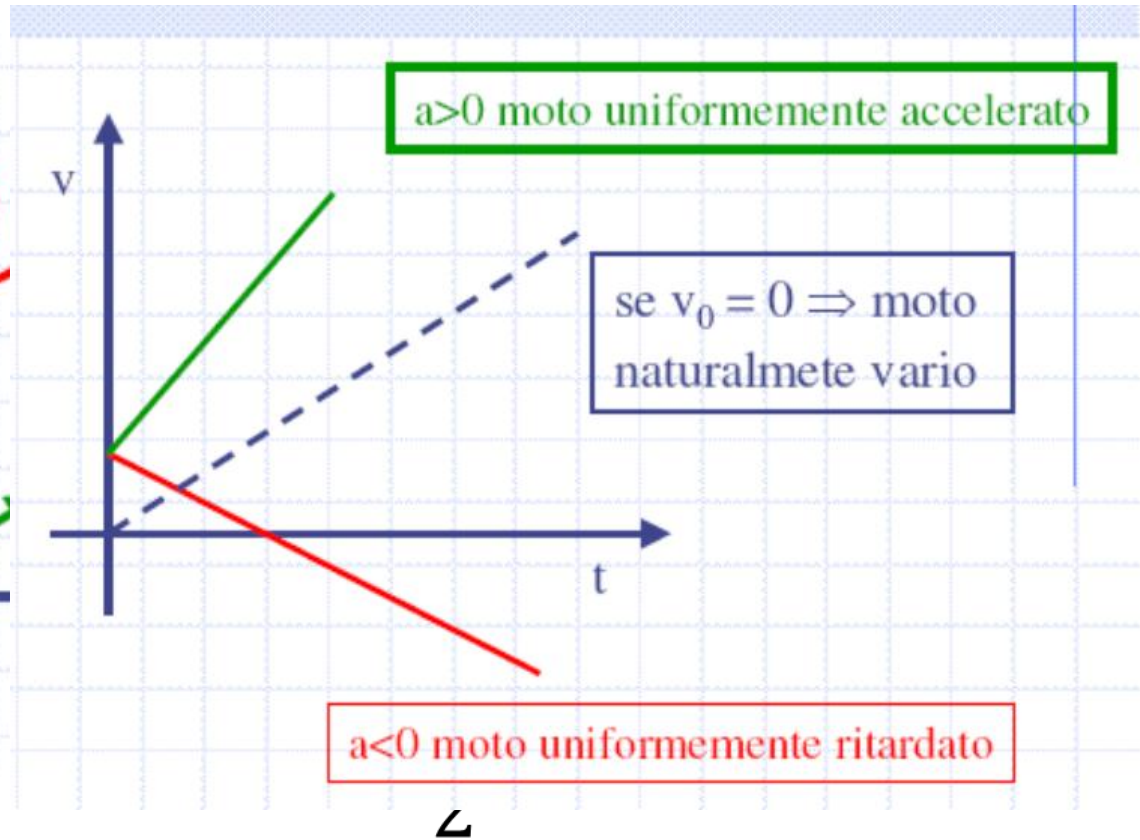
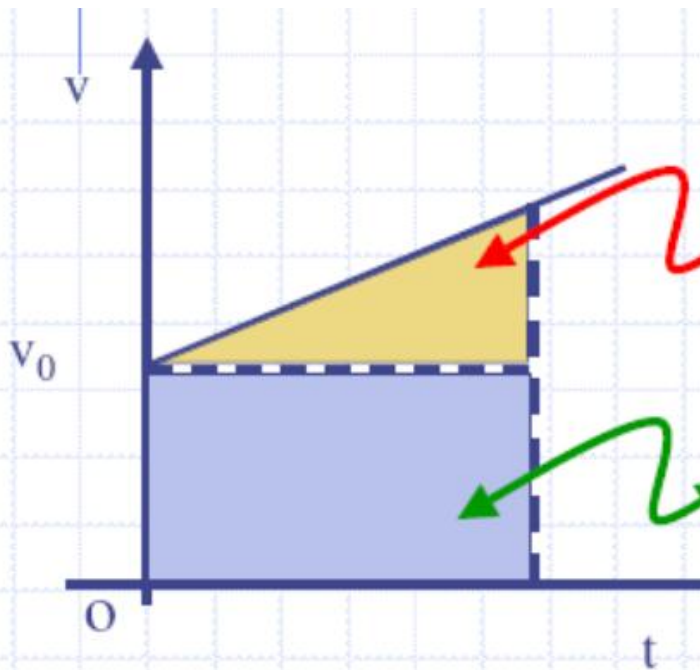
- La posizione di una particella che si muove sull'asse x è data dall'espressione

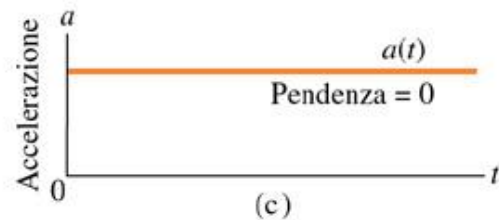
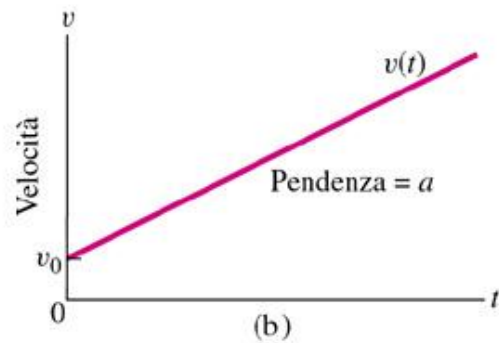
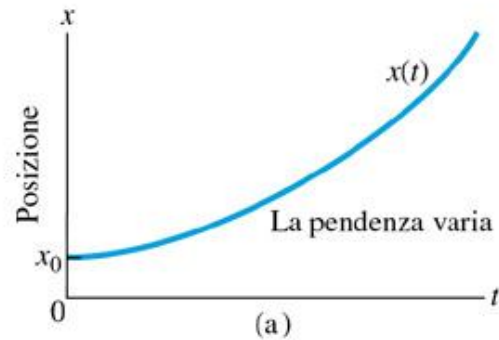
$$x = 7,8 + 9,2t - 2,1t^3$$

Qual è la sua velocità in funzione del tempo?

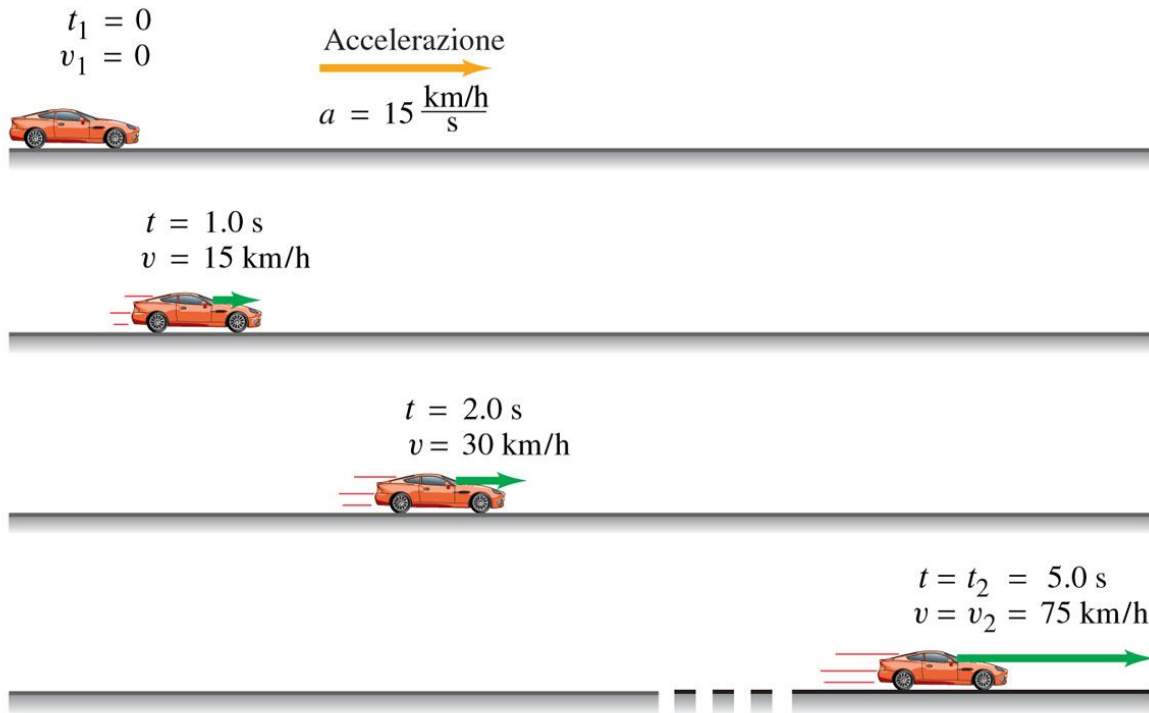
Qual è la sua velocità per $t=3,5s$?

Il moto uniformemente accelerato





A lato sono riportati i grafici della accelerazione, della velocità e dello spostamento per il moto uniformemente accelerato



Fisica
 Copyright 2006 Casa Editrice Ambrosiana

L'automobile viene mostrata alla partenza con $v=0$ a $t=0$. Poi è mostrata altre tre volte a $t=1.0\text{s}$, $t=2.0\text{s}$. Assumiamo che l'accelerazione sia costante e uguale a 15Km/h . le frecce rappresentano i vettori velocità: la lunghezza di ciascuno di essi rappresenta il modulo della velocità in quel momento. Il vettore accelerazione è rappresentato dalla freccia arancione.

Accelerazione



$$t_1 = 0$$

$$v_1 = 15.0 \text{ m/s}$$

$$a = -2.0 \text{ m/s}^2$$



$$t_2 = 5.0 \text{ s}$$

$$v_2 = 5.0 \text{ m/s}$$



$$v_2 = -5.0 \text{ m/s}$$



$$v_1 = -15.0 \text{ m/s}$$



Quanto impiega, quando il semaforo diventa verde, un'automobile ad attraversare un incrocio largo 30m se accelera da ferma con un'accelerazione costante pari a 2.00m/s^2 ?

$$a = 2.00 \text{ m/s}^2$$



$$x_0 = 0$$
$$v_0 = 0$$

$$a = 2.00 \text{ m/s}^2$$



$$x = 30.0 \text{ m}$$

1. **Leggete e rileggete** l'intero problema accuratamente prima di provare a risolverlo.
2. **Disegnate un grafico** o uno schema della situazione, utilizzando un sistema di assi coordinati ogniqualvolta sia possibile. [Potete scegliere di porre l'origine delle coordinate e gli assi ovunque vi piaccia, in maniera da rendere i vostri calcoli più facili. Scegliete anche quale sia la direzione positiva e quale la negativa. Di solito si sceglie l'asse x diretto verso destra come positivo, ma potreste sceglierlo anche positivo verso sinistra.]
3. **Scrivete** quali quantità sono «conosciute» o «date» e quali, invece, *si vogliono* trovare.
4. Cercate di individuare quali principi fisici si possono applicare a questo problema.
5. Considerate quali sono le equazioni (e/o definizioni) che collegano tra loro le grandezze coinvolte. Prima di usarle, assicuratevi che il loro **campo di applicabilità** comprenda il vostro problema (per es., le eq. 2-10 sono valide solo per accelerazione costante). Se si trova un'equazione applicabile che contenga solo quantità note, oltre a una sola incognita di cui si voglia conoscere il valore, **risolvete** algebricamente l'equazione rispetto all'incognita. In molti casi possono essere necessari vari calcoli sequenziali, o combinazioni di equazioni. È spesso preferibile risolvere algebricamente rispetto all'incognita desiderata pri-

ma di sostituire i valori numerici.

6. Eseguite i **calcoli** se il problema è numerico. Conservate una o due cifre in più durante i calcoli, ma arrotondate il risultato finale al corretto numero di cifre significative (par. 1-4).
7. Considerate attentamente il risultato ottenuto: è **ragionevole**? Ha senso secondo il vostro intuito o la vostra esperienza? Una buona verifica consiste nel fare una stima approssimata usando le potenze di dieci, come discusso nel paragrafo 1-7. Spesso è preferibile fare una stima approssimata all'inizio di un problema numerico, poiché ciò può servire a focalizzare l'attenzione sul modo per trovare una strada verso la soluzione.
8. Un aspetto importante nella soluzione di un problema consiste nell'aver cura di tenere sempre presenti le unità di misura. Si noti che il segno «uguale» implica che le unità di misura di ognuno dei due membri siano le stesse, proprio come lo è il loro valore numerico. Se le due unità di misura non si equivalgono, sicuramente è stato commesso un errore. Questo confronto può servire come **verifica** della soluzione (ma ci dice solo se si è seguito un procedimento sbagliato, non se si è ottenuta una soluzione numericamente corretta). Occorre inoltre sempre usare un insieme di unità di misura tra loro coerenti, appartenenti cioè allo stesso sistema.

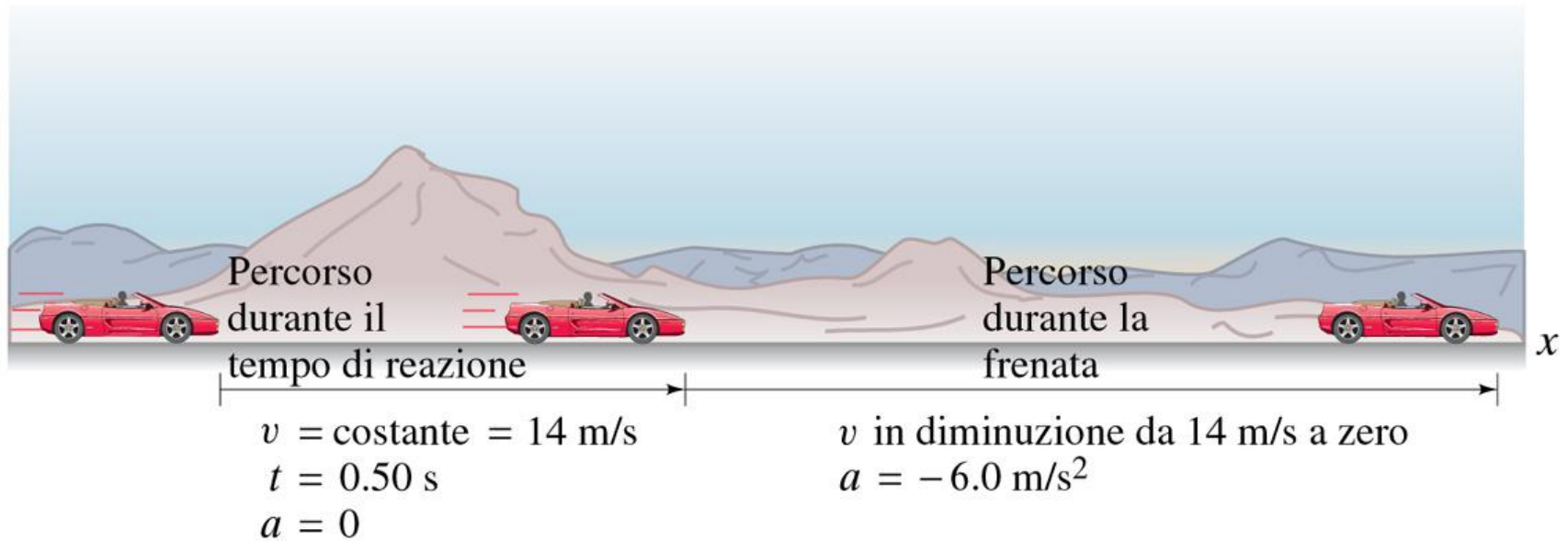
Supponiamo che si voglia progettare un sistema di airbag che sia in grado di proteggere il guidatore in una collisione frontale a una velocità di 100Km/h. Stimare quanto velocemente l'airbag deve gonfiarsi per proteggere efficacemente il guidatore. Assumete che la macchina si accartocci all'impatto per un tratto di circa 1m. Perché le cinture di sicurezza aiutano il guidatore?

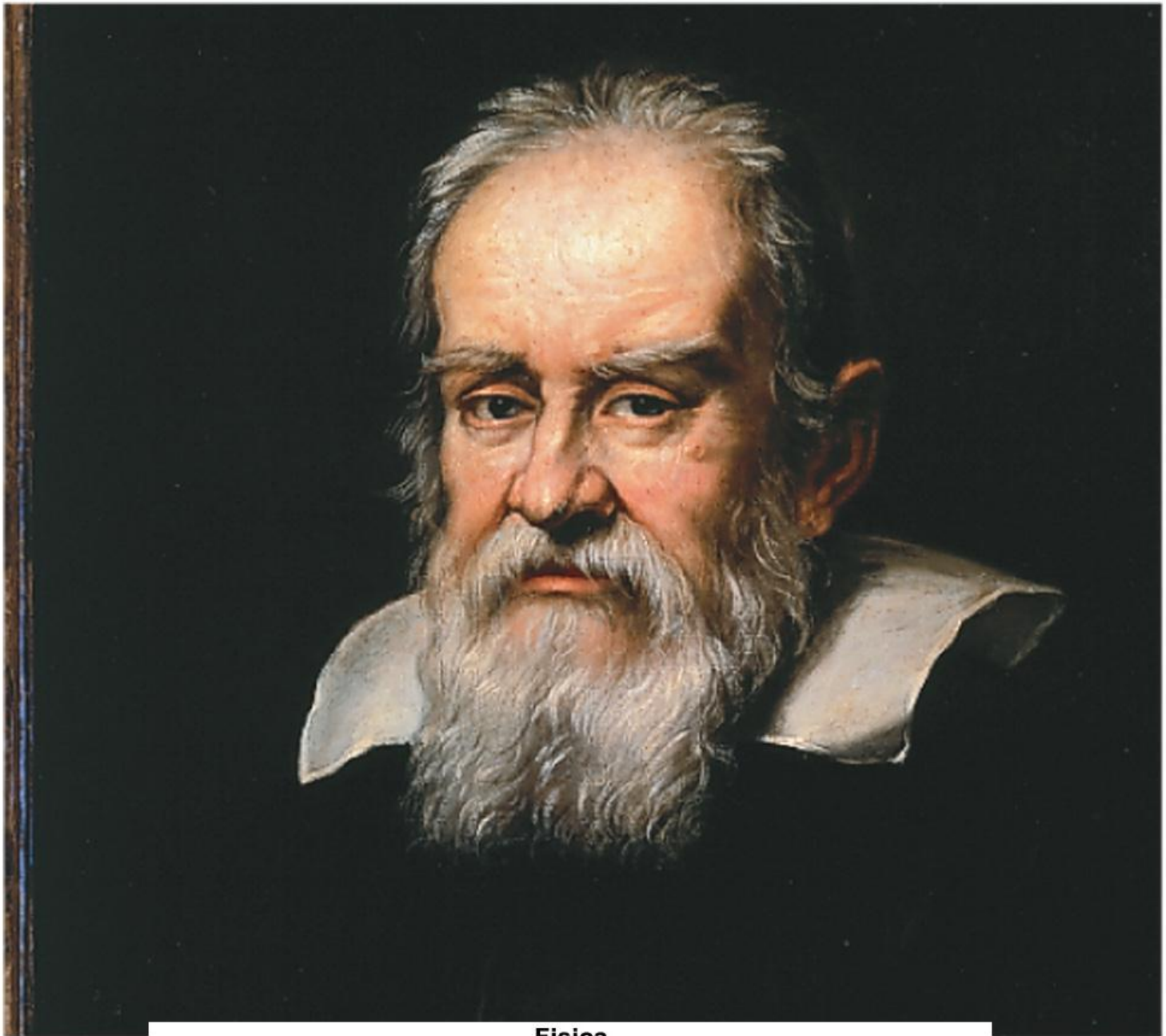


Determinare la minima distanza di frenata di un'automobile è importante sia per la sicurezza del traffico sia per la progettazione della viabilità.

Conviene separare il problema in due parti:

1. Il tempo intercorso tra la decisione di frenare e il momento in cui si frena (tempo di reazione) durante il quale assumiamo $a=0$
2. il periodo reale di frenata





Fisica

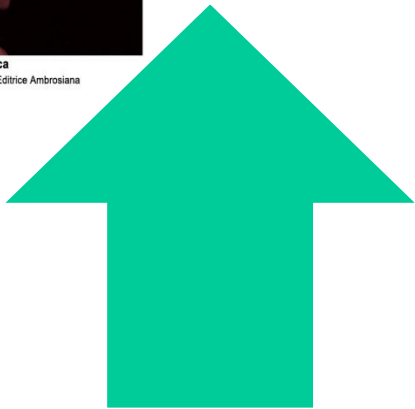
Copyright 2006 Casa Editrice Ambrosiana

IL MOTO DI CADUTA LIBERA



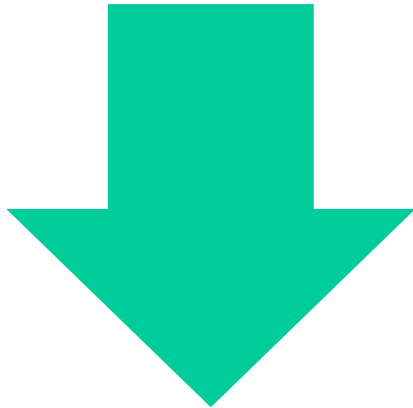
Fisica
Copyright 2006 Casa Editrice Ambrosiana

$$\begin{cases} a = -g \\ v = v_0 - gt \\ y = y_0 + v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2 \end{cases}$$



$$t = \frac{v_0}{g}$$

$$h = v_0 \left(\frac{v_0}{g} \right) - \frac{1}{2}g \left(\frac{v_0}{g} \right)^2 = \frac{1}{2} \frac{v_0^2}{g}$$



$$h = \frac{1}{2}gt^2$$

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$v = \sqrt{2gh}$$

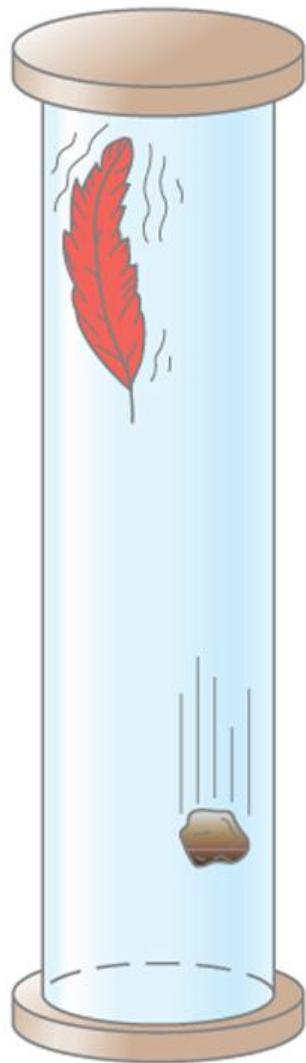


(a)



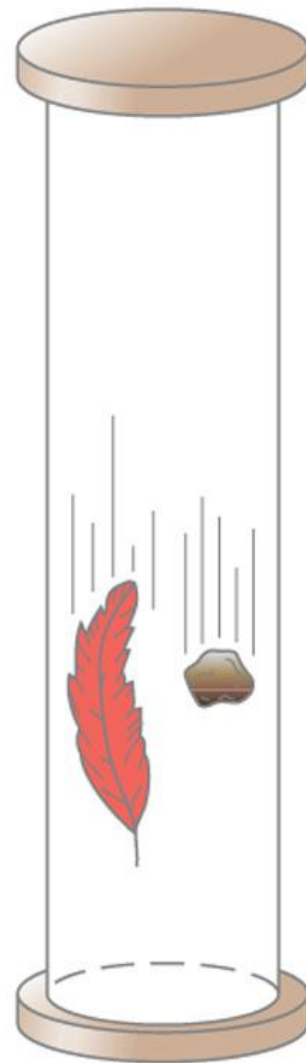
(b)

Fisica



Tubo pieno d'aria

(a)

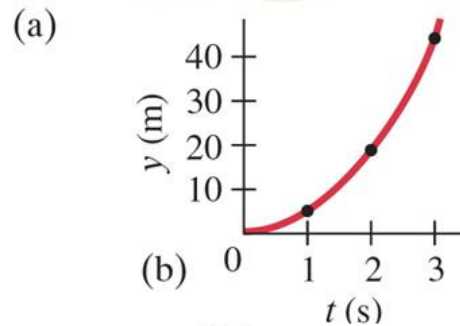
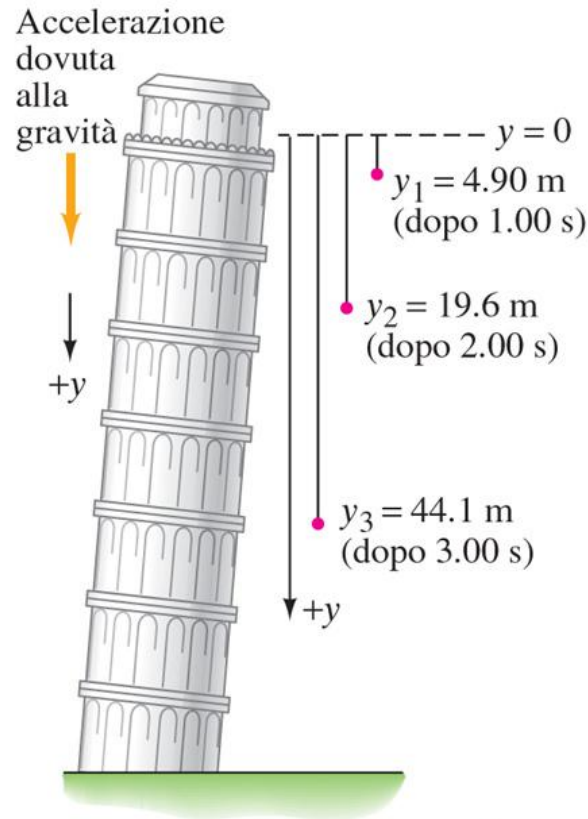


Tubo «vuoto»

(b)

Fisica

Copyright 2006 Casa Editrice Ambrosiana



Fisica

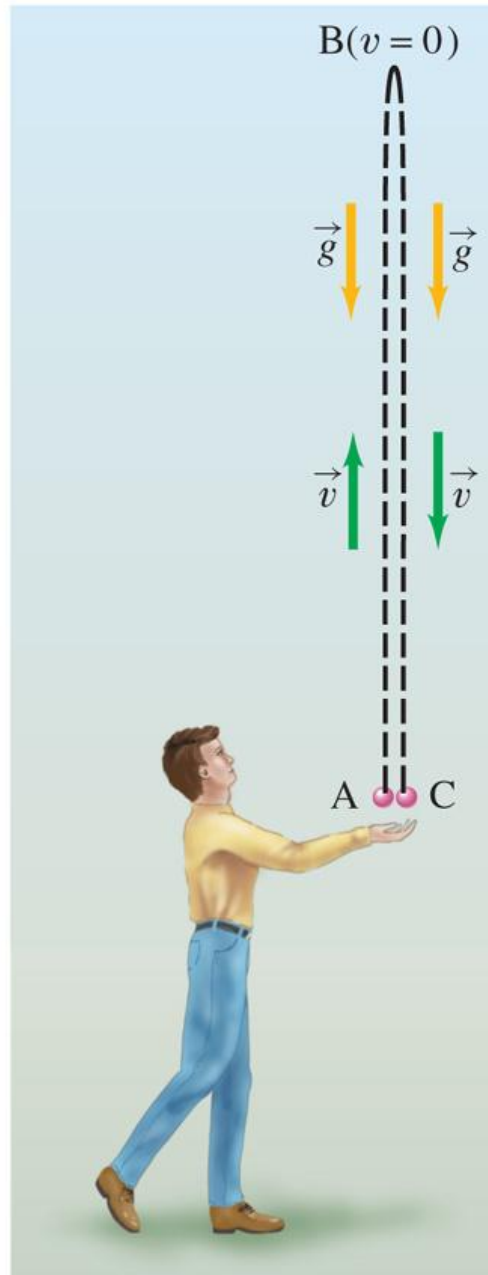
Copyright 2006 Casa Editrice Ambrosiana

Supponiamo che una palla sia lasciata cadere da una torre alta 70.0m. Di quanto sarà caduta dopo 1.00s, 2.00s e 3.00s? Si assuma che y sia positiva verso il basso e si trascuri la resistenza dell'aria

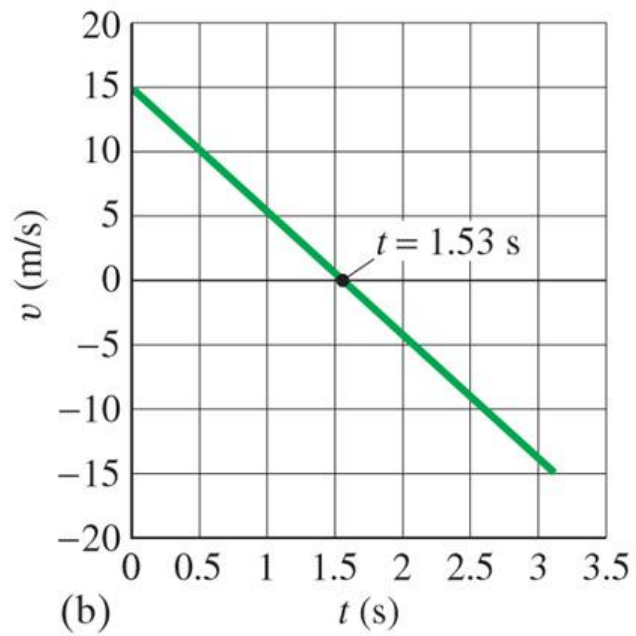
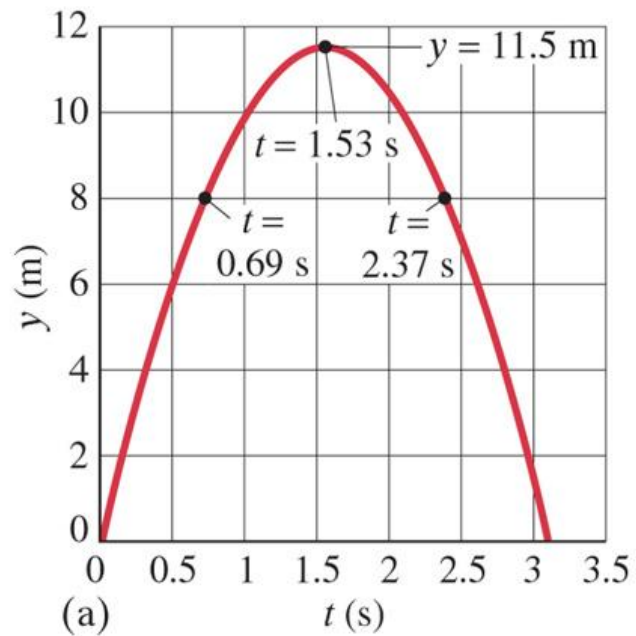
Se la palla dell'esempio precedente è lanciata verso il basso con una velocità iniziale di 3.00m/s. Quale sarà allora la sua posizione dopo 1.00s, 2.00s?

Un ragazzo lancia una palla in aria verso l'alto con una velocità iniziale di 15.0m/s . calcolate quanto arriva in alto la palla e quanto a lungo rimane in aria prima di ricadergli in mano.

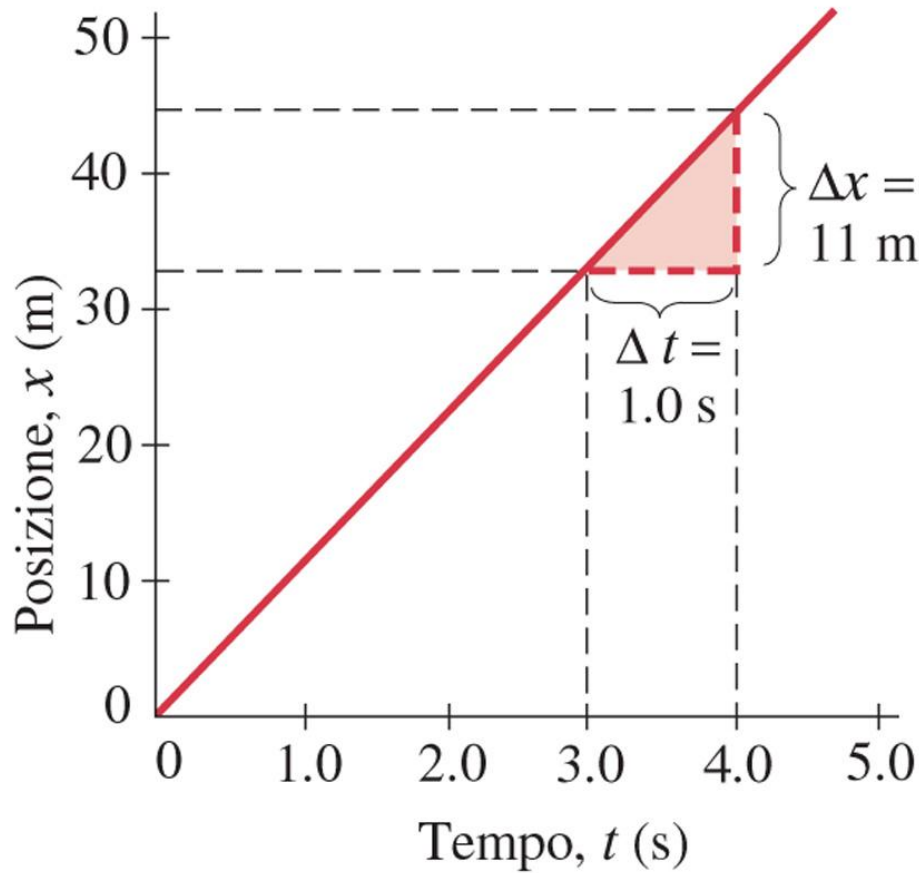
Si calcoli, inoltre, quanto tempo è necessario perché la palla raggiunga l'altezza massima; si calcoli la velocità della palla quando ritorna nella mano del lanciatore; infine, a che tempo t la palla passa nel punto posto 8m sopra la mano della persona.



Fisica



Fisica

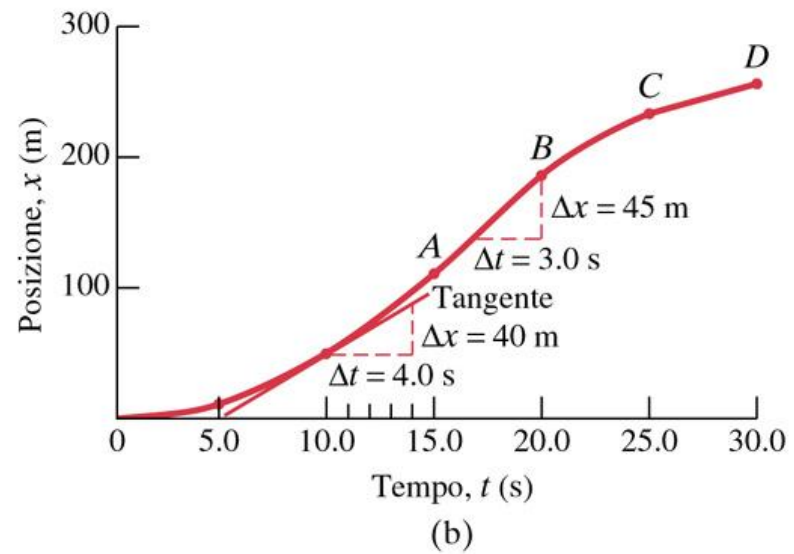
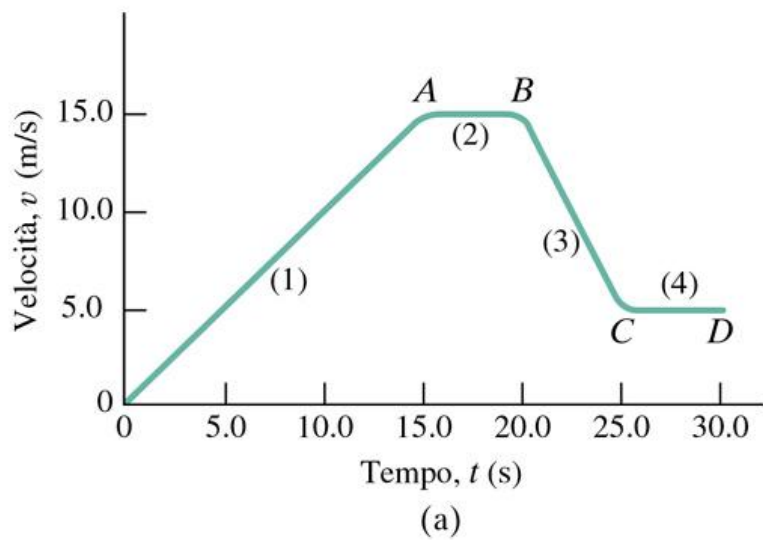


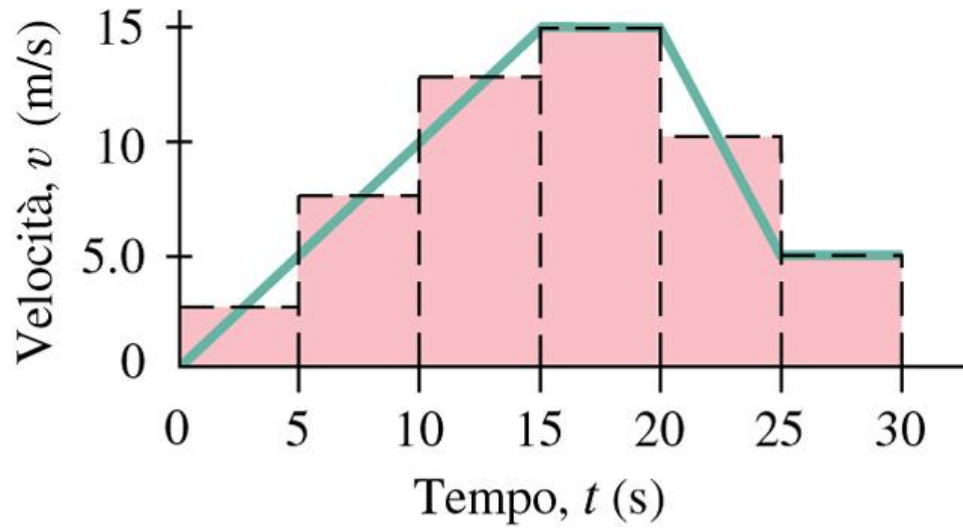
Consideriamo un'automobile che si muova a velocità costante pari a 40Km/h, ovvero 11m/s. Si vede che x cresce 11 metri ogni secondo. La posizione pertanto aumenta linearmente nel tempo, quindi il grafico di x in funzione di t è una linea retta. Ogni punto di questa linea retta ci informa sulla posizione dell'automobile in un particolare istante di tempo.

Fisica

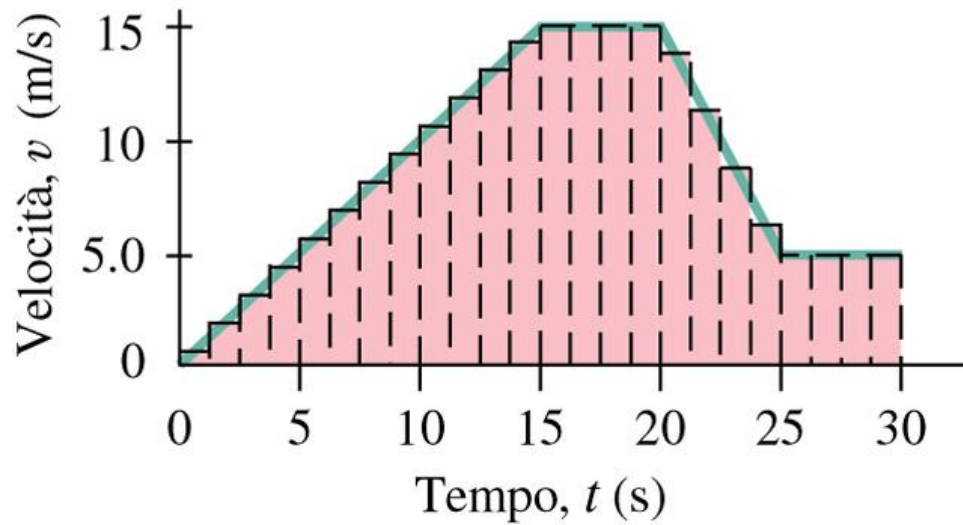
Copyright 2006 Casa Editrice Ambrosiana

Il piccolo triangolo nel grafico indica la pendenza della linea retta che è definita come la variazione della variabile x divisa per la corrispondente variazione della variabile t .



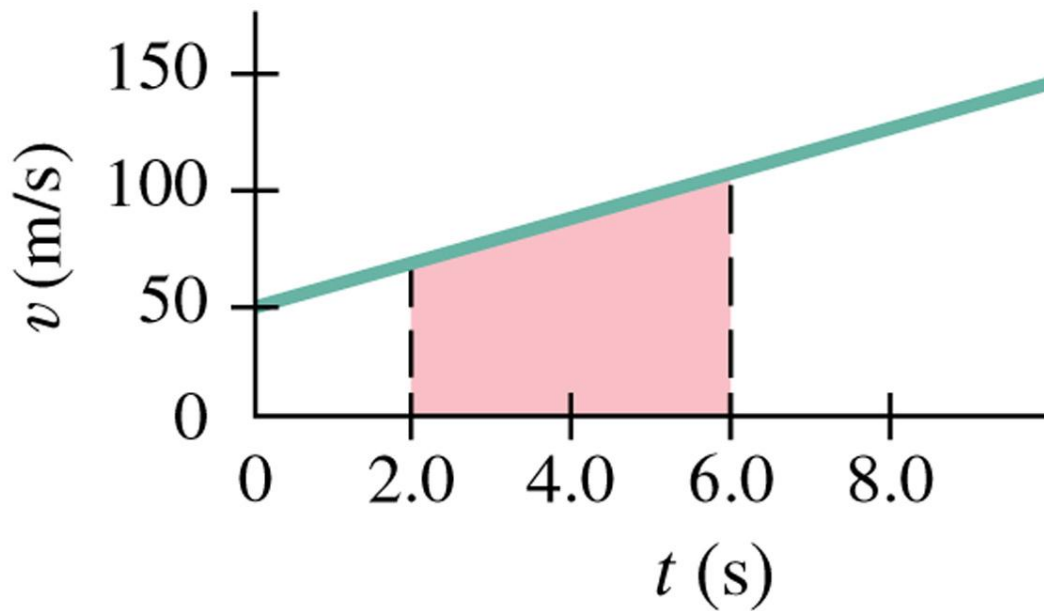


(a)

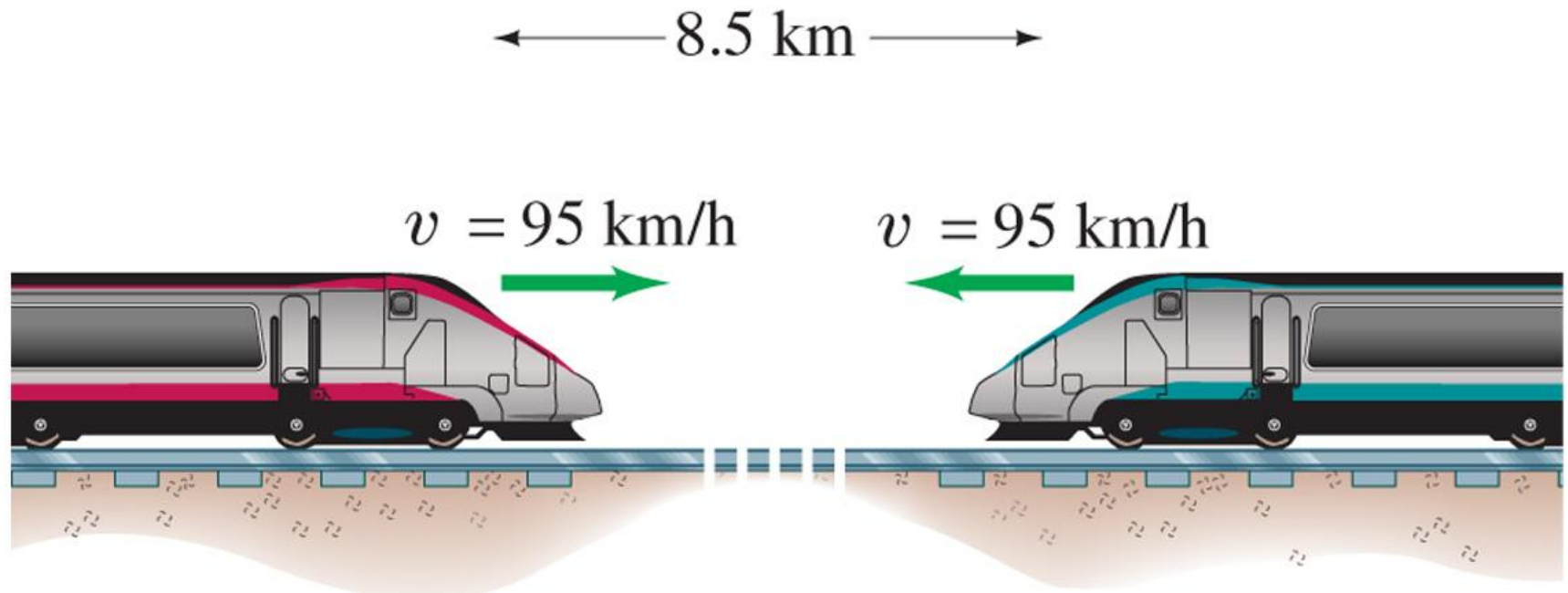


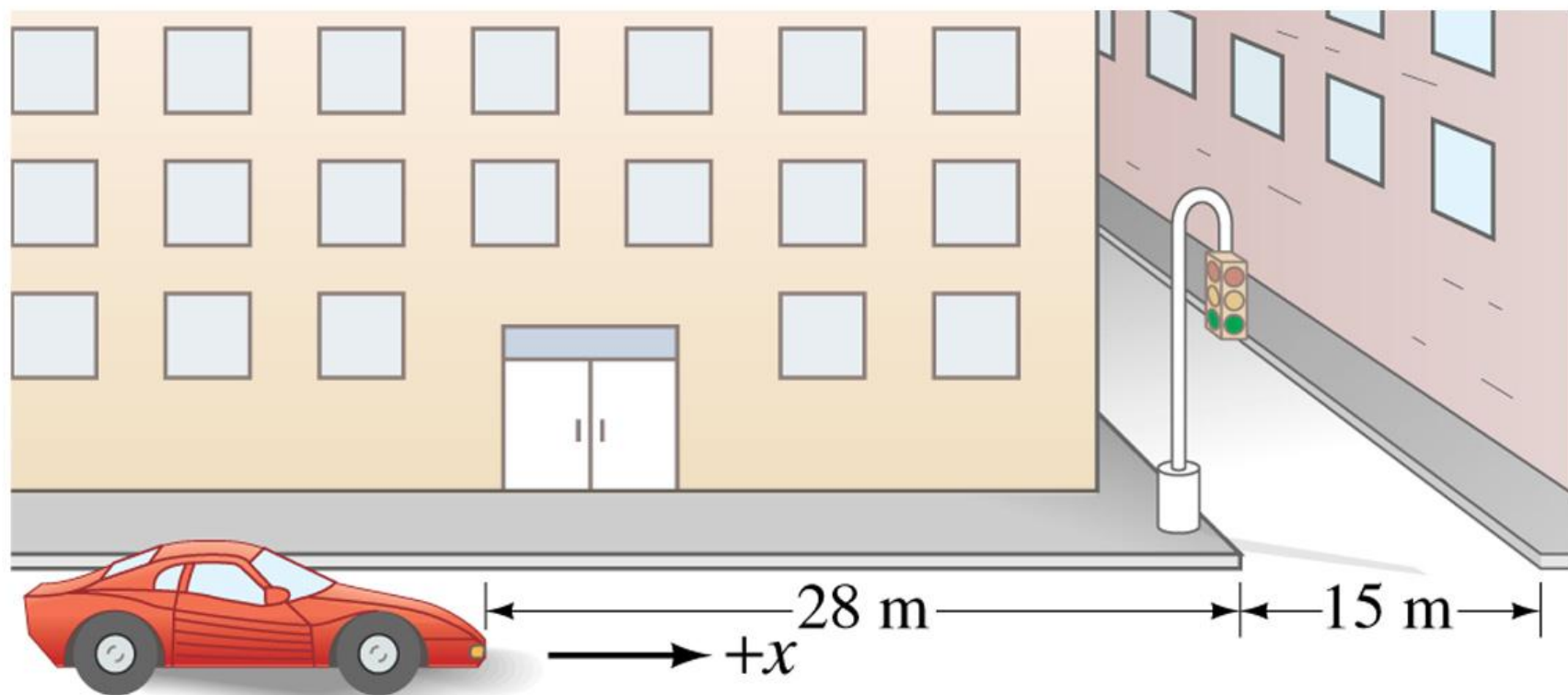
(b)

Una sonda spaziale accelera uniformemente da 50m/s a $t=0$ a 150m/s a $t=10$ s. Di quanto si sposta nell'intervallo di tempo tra $t=2.0$ s e $t=6.0$ s?



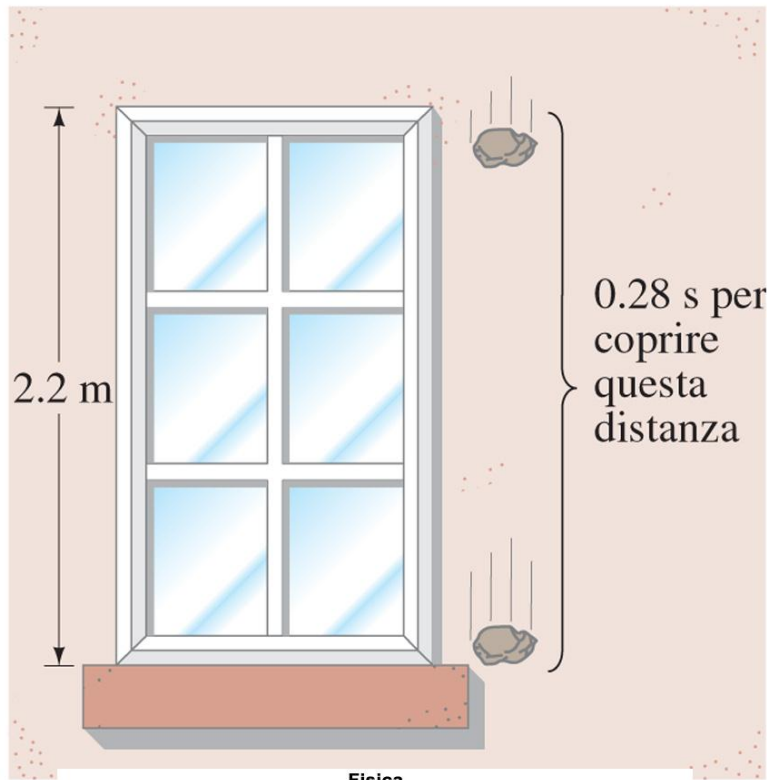
Due treni si avvicinano l'uno all'altro su binari paralleli. Ciascuno ha una velocità di 95Km/h rispetto al terreno. Se esse distano inizialmente 8.5Km, quanto tempo passerà prima che si incrocino?





Fisica

Copyright 2006 Casa Editrice Ambrosiana

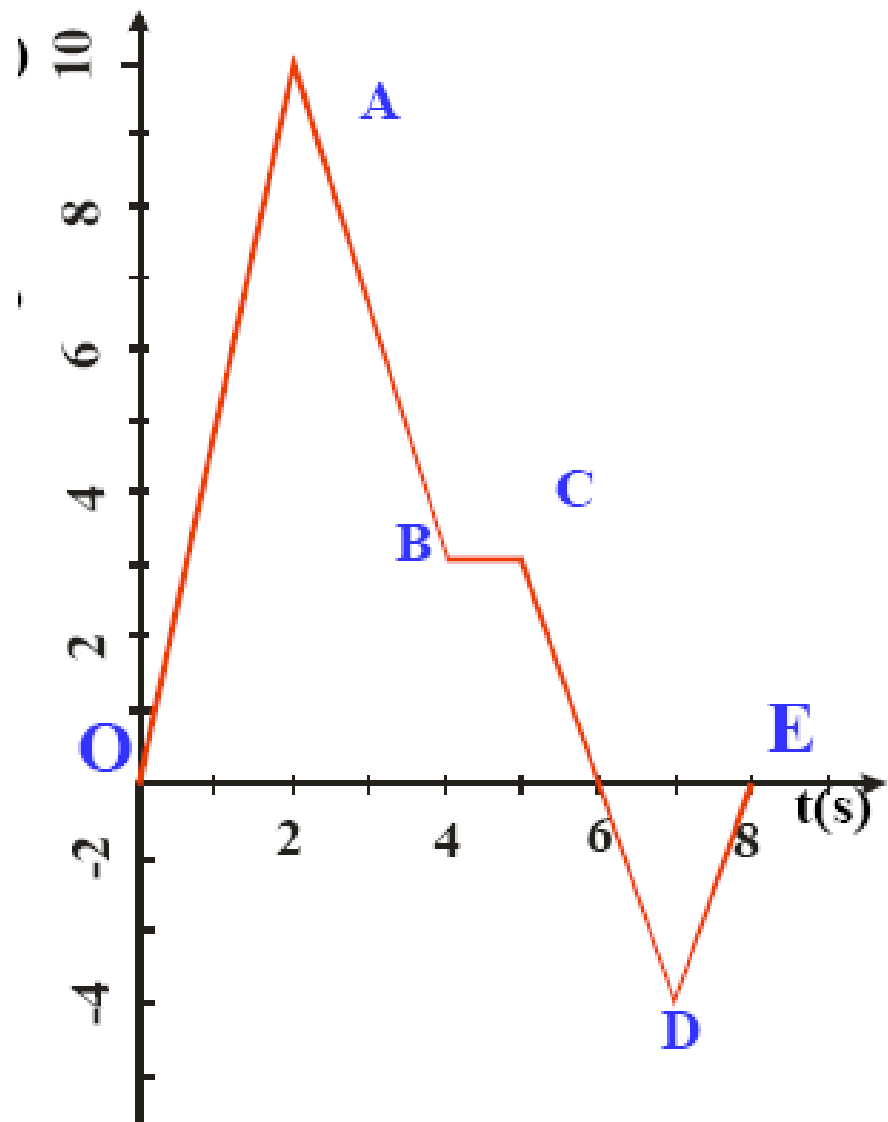


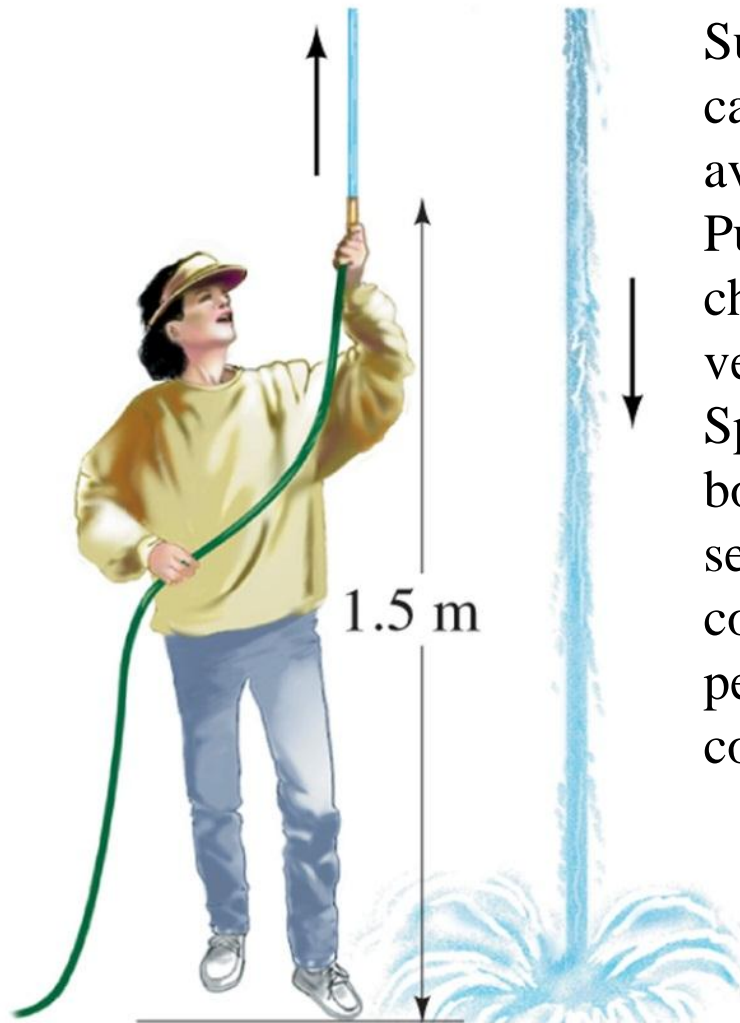
Fisica
Copyright 2006 Casa Editrice Ambrosiana

Una pietra in caduta libera impiega 0,28s per oltrepassare una finestra alta 2.2m. Da quale altezza, rispetto alla sommità della finestra, è caduta la pietra?

Per una particella che si muove con un moto descritto in figura, determinare $v(t)$ negli istanti

$$t_1 = 1s, t_2 = 3s, t_3 = 4.5s, t_4 = 7.5s$$

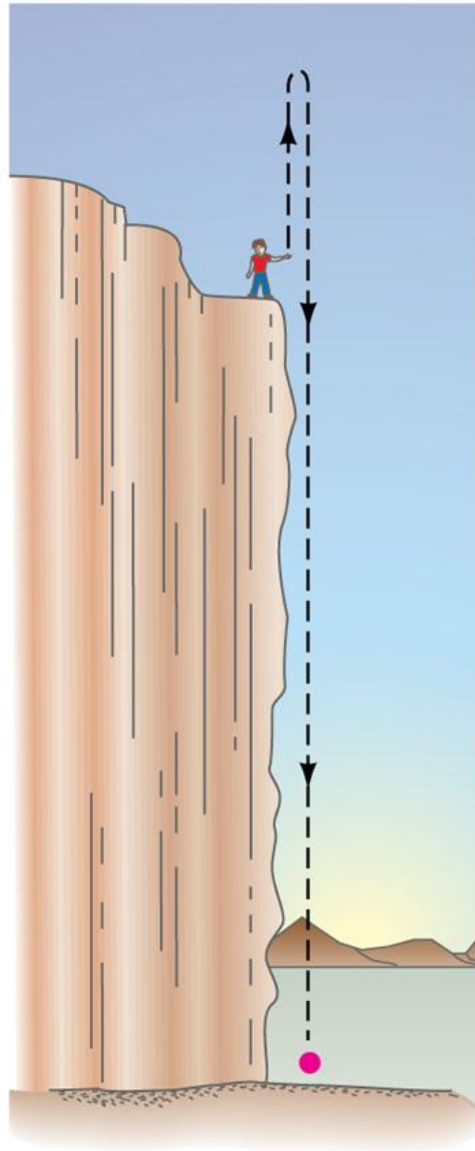




Supponete di regolare la vostra canna per innaffiare in modo da avere un getto d'acqua potente. Puntate l'ugello della canna, che si trova a 1.5m di altezza , verticalmente verso l'alto. Spostando velocemente la bocchetta rispetto alla verticale, sentite che l'acqua continua a colpire il suolo accanto a voi per altri 2.0s. Qual è la velocità con cui l'acqua lascia la canna?

Fisica

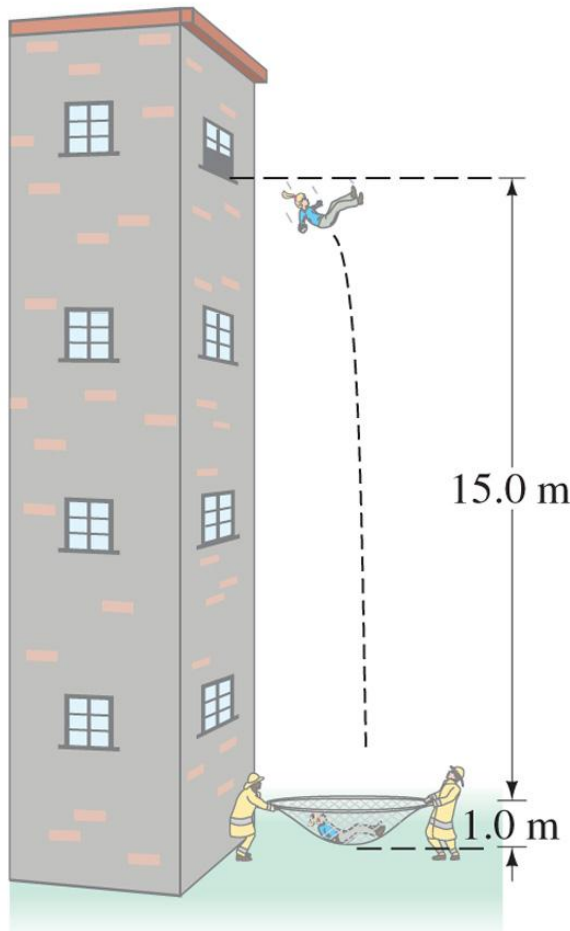
Copyright 2006 Casa Editrice Ambrosiana



Una pietra viene lanciata verticalmente verso l'alto con una velocità di 12.0m/s , dal bordo di uno strapiombo alto 75m . Dopo quanto tempo raggiungerà la base dello strapiombo? Quale sarà la sua velocità appena prima di colpire il suolo? Qual è la distanza totale percorsa?

Fisica

Copyright 2006 Casa Editrice Ambrosiana

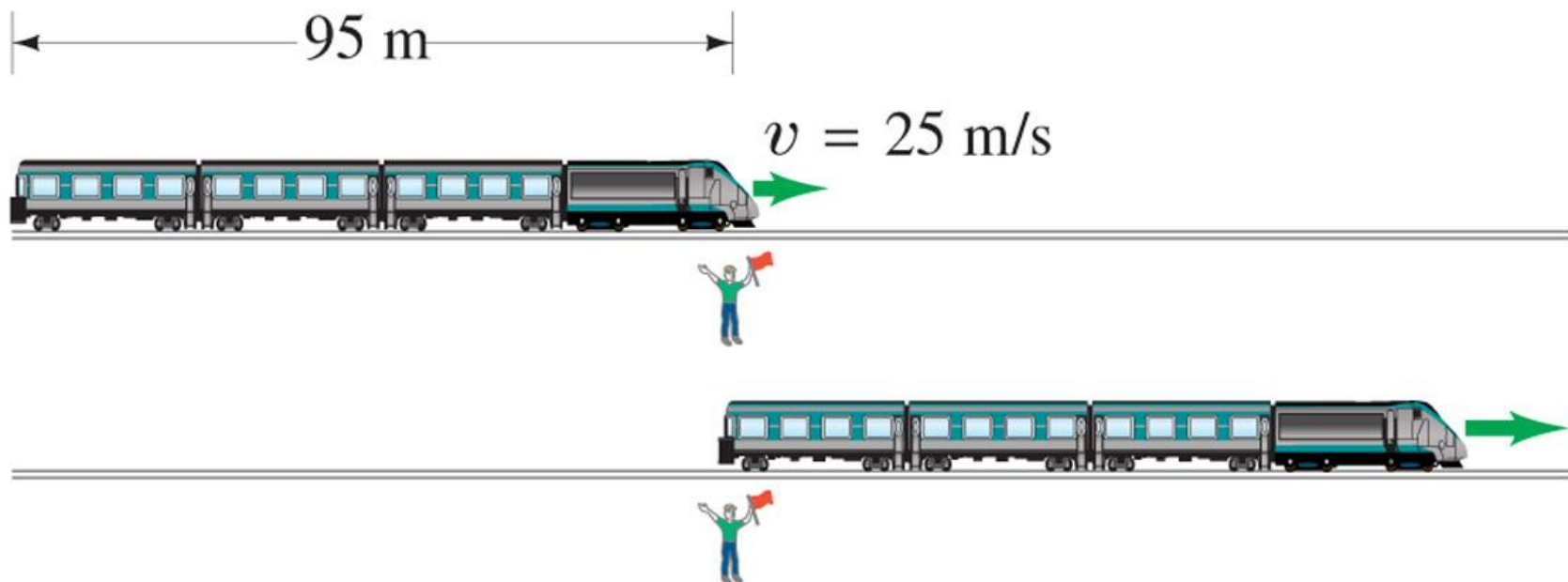


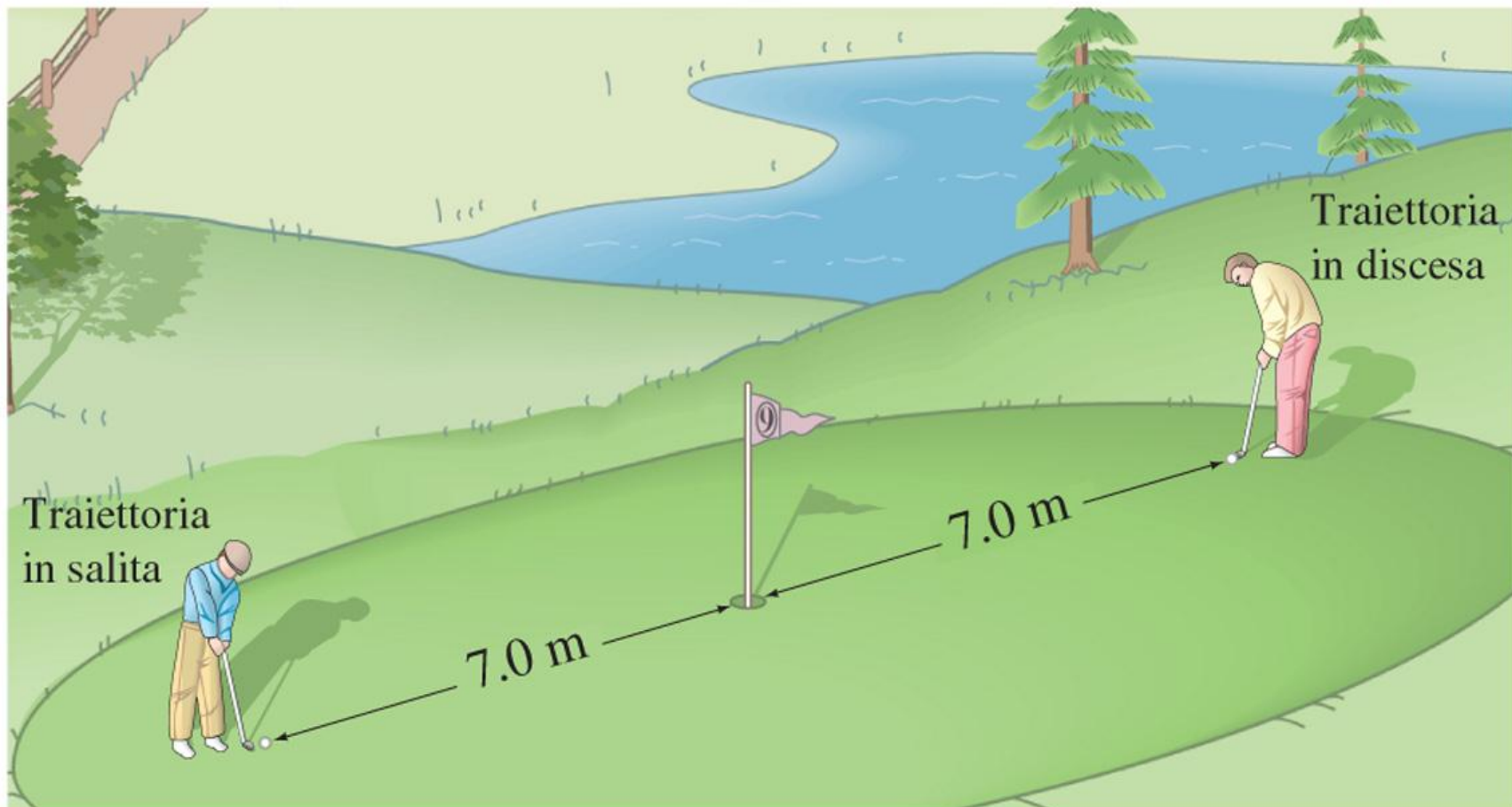
Fisica

Copyright 2006 Casa Editrice Ambrosiana

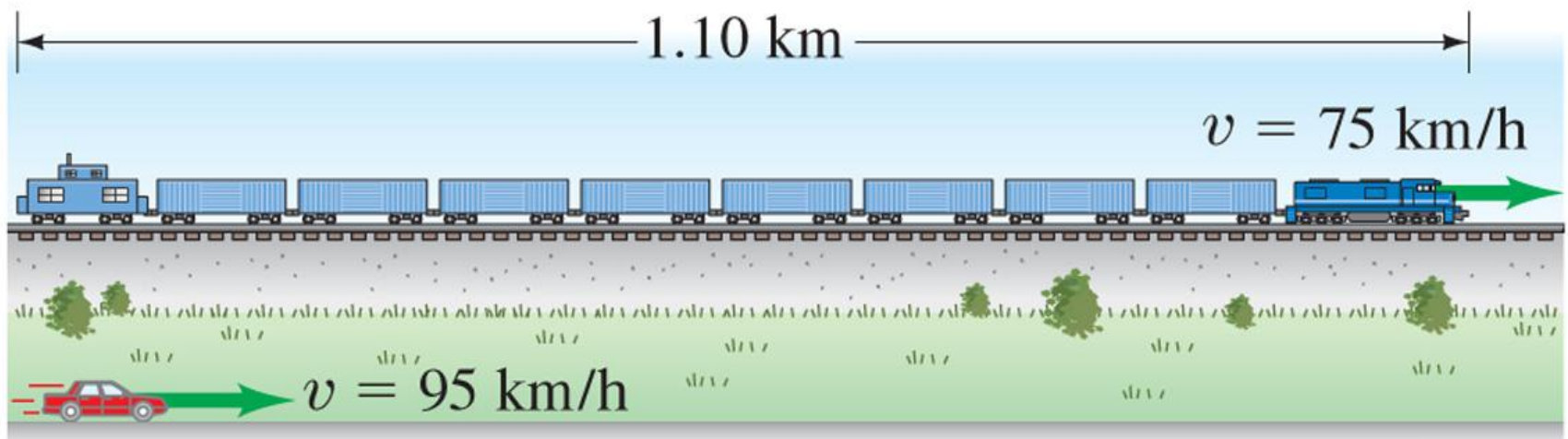
Una persona salta da una finestra del quarto piano che dista 15.0m dal telone dei pompieri. Prima di arrestarsi causa un abbassamento del telone di 1.0m. Qual è l'accelerazione media a cui è sottoposto il sopravvissuto mentre viene rallentato sino ad arrestarsi? Cosa si può fare per rendere il salvataggio più sicuro (cioè generare una decelerazione più piccola): occorre irrigidire o allentare il telone?

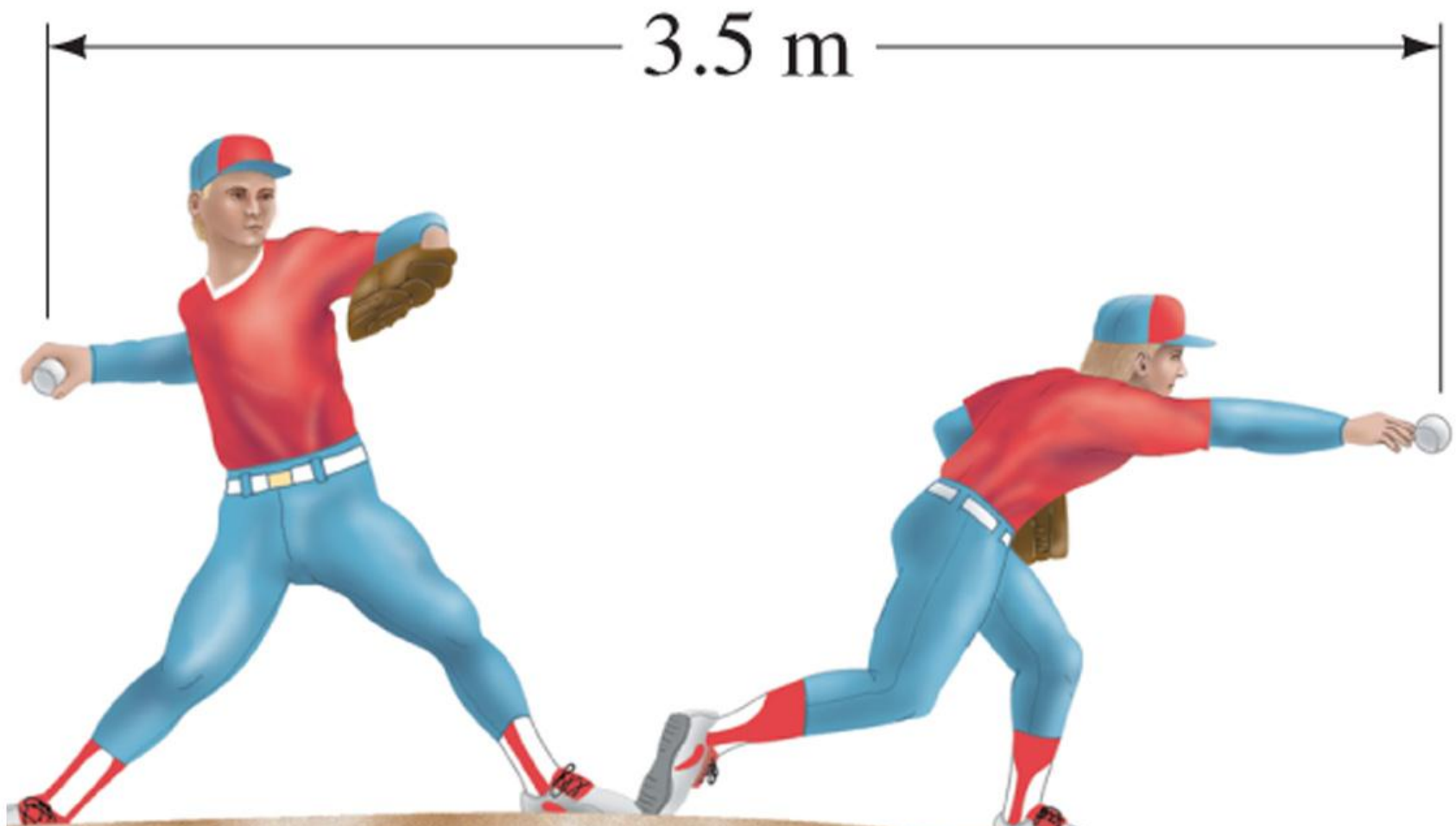
Un treno lungo 95m inizia ad accelerare uniformemente da fermo. La testa del treno ha una velocità di 25m/s quando oltrepassa un ferroviere che si trova a 180m da dove la testa del treno è partita. Quale sarà la velocità dell'ultima carrozza nell'istante in cui oltrepasserà il ferroviere?





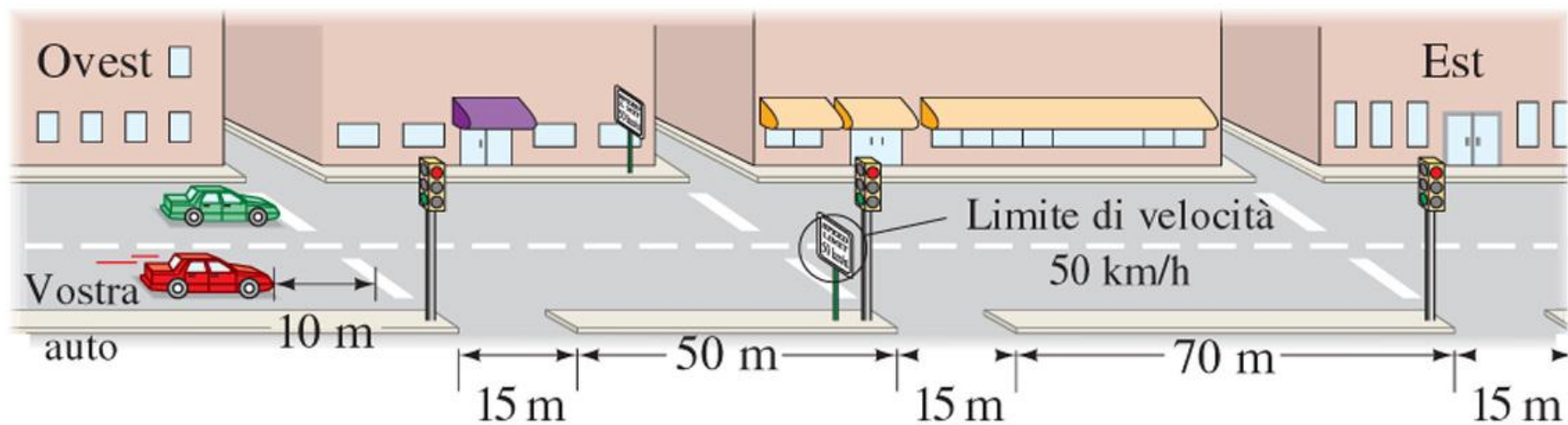
Fisica





Un lanciatore di baseball lancia una palla veloce, cioè una palla con una velocità di 44m/s . determinare l'accelerazione media della palla durante il movimento di lancio. E' stato osservato che nel lancio, il lanciatore accelera la palla attraverso uno spostamento di circa 3.5m da dietro il corpo fino al punto in cui la palla viene lasciata

Fisica



Fisica

