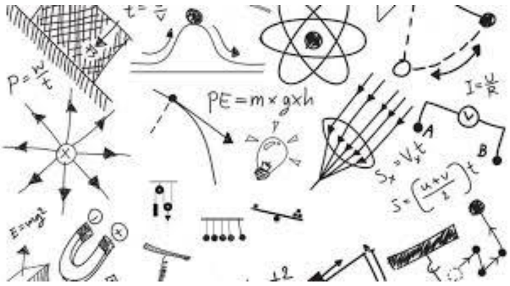
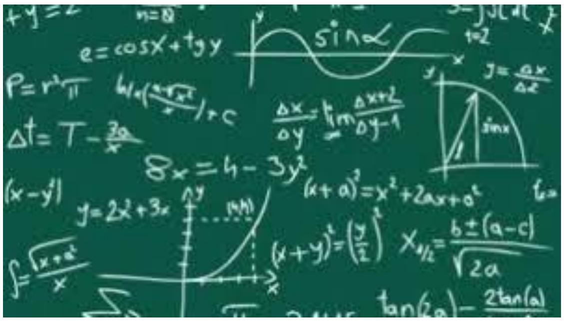
La fisica è quella scienza che studia …



Non ve lo dico. Sarete voi stessi a dirlo quando avrete cominciato a capirla.

Una definizione rigorosa significherebbe stabilire dei confini che inevitabilmente escludono aspetti importanti e necessariamente includono cose superflue. Lasciamo stare le classificazioni.

Una notizia: per studiare fisica è necessaria tanta matematica.



E' una notizia bella o brutta?

Qualcuno di voi si è iscritto al liceo classico perché "odiava" la matematica. Poi se l'è ritrovata già dal primo anno.

In terza addirittura vi si dice che anche la fisica richiede questa benedetta matematica, uffà.

Non vi preoccupate, piano piano sarete in grado di fare fisica utilizzando opportunamente gli strumenti matematici necessari. Dovete solo avere fiducia nelle vostre possibilità e non essere troppo sfaticati.

Che ne dite? Partiamo con questa nuova scienza.

1 COSA E COME MISURARE

Pesa di più una bicicletta o una matita?

Che domanda: è evidente che la bicicletta è più pesante.

Quanto pesa un coniglio?

Lo mettiamo sulla bilancia e vediamo.

Sono più belle le canzoni di Vasco Rossi o quelle di Sfera Ebbasta?

Non si può dire perché c'è chi preferisce uno e chi preferisce l'altro.

Quanto è facile una versione di latino?

Dipende da quanto piace il latino.

Quanto è bella una certa persona?

Infinitamente se è quella di cui siete innamorati, per niente se non vi interessa.

Quanto è lontana la luna dalla terra?

Si misura in qualche modo e si può sapere.

Potremmo continuare con esempi interessanti o con esempi scemi, la sostanza è che ci sono cose che si possono misurare e cose che non si possono misurare. Più precisamente: ci sono cose che si possono esprimere con un numero, certo ed incontestabile, e cose la cui valutazione è soggettiva. Le prime sono grandezze misurabili.

Misurare una grandezza significa paragonarla con un'unità di misura presa come riferimento. In concreto, se vogliamo misurare la lunghezza di una matita, possiamo confrontarla con un righello e vedere a quanti centimetri corrisponde. Questa misura, se eseguita correttamente, è incontestabile, non dipende da chi la effettua. Anche se ripetiamo più volte la misura, il risultato sarà sempre lo stesso.

Se invece vogliamo misurare la bontà di una fetta di pancarrè con un grosso strato di nutella, possiamo solo dire: “buonissima” ma non possiamo mai avere un risultato numerico.

La fisica si occupa di grandezze misurabili e delle relazioni tra esse. Lasciamo ad altre materie le argomentazioni su cose non misurabili.
Siete ora in grado di inserire qualche riga alle tabelle seguenti. E’ consentito consultare la rete, ne trovate un lungo elenco.

Cose misurabili

caratteristica	grandezza	Unità di misura
età	tempo	anni
spigolo della scrivania	lunghezza	metri
spessore di un foglio di quaderno	lunghezza	metri

Cose non misurabili

sapore
bravura a scuola
scemenza

2 IL SISTEMA INTERNAZIONALE DELLE UNITA' DI MISURA

Perché 1 metro è lungo 1 metro?

E' una domanda che sembra strana ma non lo è.

Riflettiamo meglio: dobbiamo misurare una lunghezza e quindi dobbiamo paragonarla ad un'altra lunghezza di riferimento.

Supponiamo di voler misurare la lunghezza della scrivania. Possiamo utilizzare una matita e contare quante volte è contenuta nello lo spigolo della scrivania: ad esempio 5 volte e resta un poco. Per valutare quel "poco" possiamo tracciare 10 lineette lungo la matita e verificare che il "poco" è lungo 3 lineette. Diciamo allora che la scrivania è lunga 5,3 matite.

Fino a che la misura serve solo come curiosità, questo metodo può anche andare bene. Se invece la scrivania deve essere sistemata in un altro posto dove non c'è molto spazio e, prima di spostarla, vogliamo verificare se ci va, allora non possiamo misurarla a matite.

Sapete bene che le lunghezze si misurano in metri utilizzando, se necessario, anche i suoi multipli e sottomultipli.

Vi ripeto la domanda di prima:

perché 1 metro è lungo 1 metro?

Risposta:

perché in qualche modo ci si è messi d'accordo che 1 m è esattamente la distanza tra due lineette tracciate su una certa barra conservata nel museo di Sevres. Ogni strumento per misurare lunghezze è graduato in riferimento a quello. Quando diciamo che la scrivania è lunga 87 cm abbiamo un riferimento ben preciso, uguale per tutti ed immutabile nel tempo.

E' chiaro che questa è una convenzione. Anzi non è nemmeno accettata in tutte le nazioni. Negli stati Uniti utilizzano piedi, pollici e miglia, in Inghilterra utilizzano spanne, braccia, yarde, nei paesi orientali utilizzano altre unità per noi strane.

Vediamo inoltre che alcune grandezze si mettono in corrispondenza con altre e quindi la loro unità di misura è legata a queste. L'area di un rettangolo si calcola moltiplicando la base per l'altezza, entrambe misurate in m perciò l'unità di misura delle aree è il m^2. La velocità, che esprime il rapporto tra la lunghezza di un tratto di strada ed il tempo impiegato a percorrerlo, siamo abituati a misurarla in km/h.

Queste sono dette "grandezze derivate" e si possono esprimere con un a formula che contiene solo "grandezze fondamentali".

Veniamo ora finalmente al nostro *"Sistema Internazionale delle unità di misura"* (SI), in vigore in tutti i Paesi che aderiscono alla *Convenzione del Metro.*

Il sistema si basa su 7 grandezze fondamentali per ognuna delle quali è stabilita l'unità di misura.

Grandezze fisiche di base	Unità di misura di base
lunghezza	metro (m)
massa (non è il peso!)	kilogrammo (kg)
tempo	secondo (s)
intensità di corrente	ampere (A)
temperatura termodinamica	kelvin (K)
quantità di sostanza	mole (mol)
intensità luminosa	candela (cd)

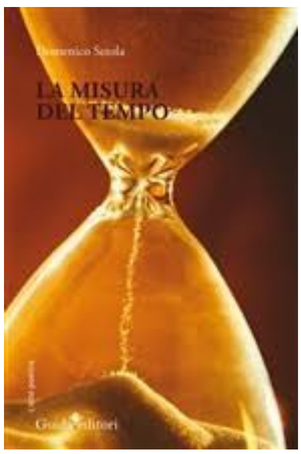
Per quest'anno utilizzeremo solo le prime tre. Le altre le ritroveremo in quarta e quinta, la mole (o grammomolecola) l'avete incontrata in chimica.

Chi ha curiosità e voglia di saperne di più può cercare in rete la definizione di ognuna di queste unità di misura.

Spesso il metro, il chilogrammo ed il secondo non sono adatte ad esprimere la misura di una certa grandezza per cui è più comodo utilizzare multipli o sottomultipli. Pensate se dovreste esprimere la vostra età in secondi piuttosto che in anni e mesi, oppure la massa di un braccialetto in chilogrammi piuttosto che in grammi o ancora la lunghezza di una formica in metri e non in millimetri.

Ecco allora una tabella di multipli e sottomultipli con i relativi prefissi e i fattori di conversione, che si utilizzano sia con le grandezze fondamentali che con quelle derivate

Avremo modo di prendere confidenza con le potenze di 10, sia positive che negative, perciò non lasciatevi impressionare da queste cose strane. E non è neanche necessario imparare a memoria questi prefissi.



prefisso		fattore moltiplicativo		esempi	
nome	simbolo			nome	simbolo
tera	T	1 000 000 000 000	10^{12}	teraByte	TBy
giga	G	1 000 000 000	10^{9}	gigaHertz	GHz
mega	M	1 000 000	10^{6}	megaHertz	MHz
chilo	k	1 000	10^{3}	kilometro	km
=		1	10^{0}	metro	m
milli	m	0.001	10^{-3}	millimetro	mm
micro	µ	0.000001	10^{-6}	micrometro	µm
nano	n	0.000000001	10^{-9}	nanosecondo	ns
pico	p	0.000000000001	10^{-12}		

Altri multipli e sottomultipli dal nome strano ed esotico si usano raramente in fisica, non perché non esistano grandezze molto piccole o molto grandi ma perché, fuori di questi limiti, si preferisce utilizzare solo le potenze di 10.

Notate che si va di 1000 in 1000, perciò non useremo decimetri, ettogrammi, ecc. ma useremo millimetri, kilometri

Notate inoltre che il secondo, unità di misura del tempo, utilizza solo i sottomultipli decimali. Per i multipli si utilizzano le unità non decimali: minuto, ora, giorno, anno, secolo.

3 OGGETTI IN MOVIMENTO - ESERCIZI

Che significa dire che un oggetto si muove?

Cercate di scrivere una risposta sensata e possibilmente precisa:

……

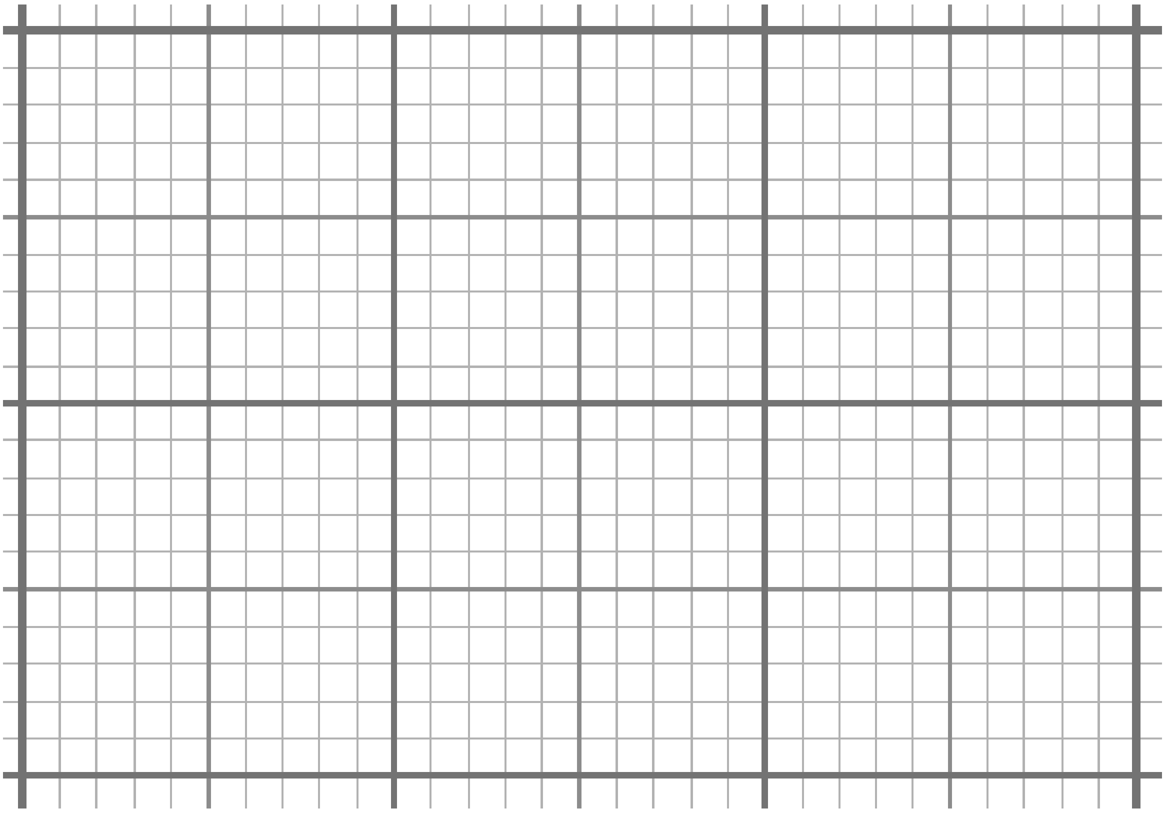
……

Bene: un oggetto si muove se cambia la sua posizione con il passare del tempo.

ESERCIZIO 1: Descriviamo una passeggiata a piedi:

1) Cammino per 10 minuti percorrendo un tratto di 500 m
2) Incontro un amico e con lui mi siedo su una panchina per 9 minuti
3) Riprendo il cammino discorrendo con l'amico e insieme percorriamo 200 m in 6 minuti
4) Mi fermo 3 minuti per salutare l'amico
5) Continuo la mia passeggiata a passo svelto e percorro 1 km in 8 minuti

Riportare i dati sul grafico seguente indicando, in ascissa il tempo espresso in minuti e in ordinata la distanza percorsa espressa in metri.



Qual è stata la velocità media dell'intero percorso espressa in metri al minuto $\left(\frac{m}{min}\right)$, in chilometri orari $\left(\frac{km}{h}\right)$ e in metri al secondo $\left(\frac{m}{s}\right)$?

……………………………………………………………..………………………………………………………………………..

a) Ser avessi percorso lo stesso tratto senza soste e mantenendo sempre una velocità uguale a quella media appena calcolata, quanto tempo avrei impiegato?

……

b) Qual è stata la velocità massima in $\frac{m}{s}$, in quali tratti e per quanto tempo è stata mantenuta?

……..

c) Qual è stata la velocità minima, in quali tratti e per quanto tempo è stata mantenuta?

……..

Il grafico ottenuto è *"l'equazione oraria"* del moto e rappresenta lo spazio percorso in funzione del tempo. Matematicamente si scrive

s=s(t) (si legge "s uguale s di t")

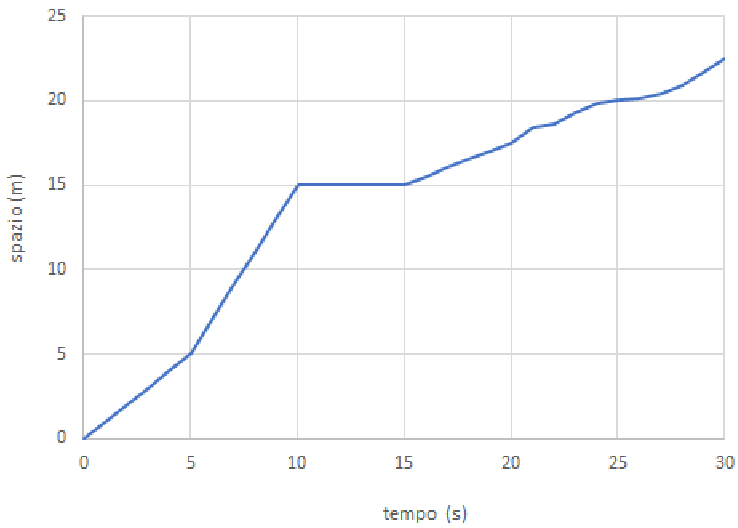
dove con s(t) si indica una qualunque espressione algebrica che contiene il tempo t.
Quando si conosce l'espressione si possono fare i calcoli mettendo dei numeri al posto di t e trovando così la posizione s a quell'istante.
Nel nostro caso non conosciamo l'espressione dell'equazione oraria ma conosciamo il grafico, da cui possiamo dedurre ad esempio
s(11)=500: all'11° minuto mi trovo a 500 metri dalla partenza (seduto sulla panchina)
s(25)=700: al 25° minuto ho completato il secondo tratto di strada
s(5)=250: se nel primo tratto impiego 10' minuti a percorrere 500 m, in 5 minuti ne avrò percorso 250

completare allora la seguente tabella oraria:

t (min)	s(t) (m)	t (min)	s(t) (m)	t (min)	s(t) (m)	t (min)	s(t) (m)	t (min)	s(t) (m)	t (min)	s(t) (m)	t (min)	s(t) (m)	t (min)	s(t) (m)	t (min)	s(t) (m)
1	......	5	250	9	......	13	......	17	......	21	......	25	700	29	......	33	......
2	......	6	......	10	......	14	......	18	......	22	......	26	......	30	......	34	......
3	......	7	......	11	500	15	......	19	......	23	......	27	......	31	......	35	......
4	......	8	......	12	......	5	......	29	......	24	......	28	......	32	......	36	......

ESERCIZIO 2

Nel grafico seguente:



a) in quali intervalli la velocità è costante

....

b) qual è la velocità media in $\frac{m}{s}$?

....

c) in quali intervalli l'oggetto è fermo

....

d) completare allora la seguente tabella oraria:

tempo (secondi)	0	5	10	15	20	25	30
s(t) (metri)							

ESERCIZIO 3

Data l'equazione oraria

$$s(t) = 3 + 0.5\,t$$

Completare la tabella oraria e tracciare il grafico

t	0	2	6	10	15	20	30	40	50
s(t)									

a) Quali sono le velocità massima, media e minima?

……………………………………………………………………………….

b) Da un grafico dell'equazione oraria come si capisce se la velocità aumenta, diminuisce o rimane costante?

……….

……….

……….

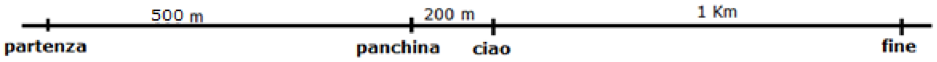
4 MOTO RETTILINEO UNIFORME

Cominciamo ad utilizzare un linguaggio più adeguato: invece di *"movimento"* diciamo *"moto"* e invece di "*oggetti"* diciamo *"corpi"*.
Studiare il moto di un corpo significa conoscerne posizione, velocità e direzione in ogni momento passato, presente e futuro, cioè *"in funzione del tempo"*. Avete visto negli esercizi che la corrispondenza tra posizione e tempo può essere rappresentata da una tabella, un grafico oppure un'espressione matematica detta *equazione oraria* (e ti pareva che non si infilasse la matematica?).

Se ci pensate un poco vi rendete conto che nell'esercizio della passeggiata abbiamo semplificato lo studio supponendo che il moto si sia svolto sempre alla stessa velocità. In una passeggiata reale invece non si riesce mai a mantenere rigorosamente la stessa velocità: si rallenta per una piccola salita, oppure per osservare una vetrina o per leggere un manifesto, si cambia velocità per salire o scendere dai marciapiedi oppure se la strada è più o meno affollata ecc. Se volessimo studiare il moto in tutti i dettagli avremmo bisogno di molte informazioni in più del semplice "in 10 minuti sono stati percorsi 600 m". Magari dovremmo sapere qual è la posizione secondo per secondo, o addirittura ogni centesimo di secondo. E' evidente che lo studio sarebbe stato molto più complicato o forse impossibile.
Per semplificarci la vita, invece del fenomeno reale, con i suoi continui cambi di velocità, abbiamo studiato quello schematizzato, supponendo che in tutto il percorso il moto sia stato "*rettilineo uniforme"* (così si dice quando la velocità non cambia né come valore né come direzione). Abbiamo considerato cioè la "*velocità media*" invece delle numerose "*velocità istantanee*".
Il moto rettilineo uniforme è quindi un'astrazione teorica che difficilmente si verifica rigorosamente nella realtà ma spesso ne è una approssimazione accettabile e, cosa che certamente non dispiace, è facile da studiare.

Avrete intuito che per studiare il moto rettilineo uniforme è necessario considerare distanze e tempi.
Mettiamoci allora subito d'accordo:

- visualizziamo il problema in un semplice schema: questa operazione è molto arbitraria. Eccone un esempio:



schema della passeggiata a piedi

- Per le distanze fissiamo un punto di riferimento da cui iniziamo a misurare. Nell'esercizio della passeggiata il riferimento era il punto di partenza, ma potrebbe essere anche la posizione della prima panchina, nel qual caso il punto di partenza sarebbe -600 m.
- Per il tempo fissiamo un istante di inizio. Per esempio il momento in cui inizia il moto, ma anche la mezzanotte, così t è l'ora che segna l'orologio, oppure il suono della campanella, o addirittura 5 minuti dopo l'inizio della passeggiata, nel qual caso il momento dell'inizio del moto sarebbe -5 minuti.
- Usiamo le unità di misura del Sistema Internazionale cioè misuriamo le distanze in metri ed i tempi in secondi.

L'equazione oraria del moto rettilineo uniforme è:

$$s(t) = s_0 + vt$$

(leggetela come "s di t uguale s zero + v t "

In questa formula

- s(t) è la distanza del corpo dal punto di riferimento calcolata all'istante t,
- s_0 è la distanza del corpo dal punto di riferimento calcolata all'istante t=0

v è la velocità (che, vi ricordo, va misurata in $\frac{m}{s}$)

- t è il tempo

Per capire bene come funziona, applichiamo la formula all'ultimo tratto della passeggiata.

Prima di tutto supponiamo che il moto sia rettilineo uniforme. Se avete risposto correttamente alla domanda b) dell'esercizio 1 dovreste sapere che v=2.083 $\frac{m}{s}$ (è un passo abbastanza veloce). Fissiamo come riferimento per gli spazi l'inizio della passeggiata perciò s_0=700 m, e per i tempi l'istante in cui si inizia l'ultimo tratto del percorso.

L'equazione oraria diventa:

$$s(t) = 700 + 2.083t$$

Dopo 10 s dove si trova?

Basta sostituire 10 al posto di t:

$$s(10) = 700 + 2.083 \cdot 10 = 720.83\ m$$

Cioè di trova a 720.83 m dalla porta di casa.

Quanto tempo impiega per trovarsi esattamente a 1200 m da casa?

Questa è un poco più complicata perché dobbiamo calcolare t dall'equazione oraria

$$s(t) = s_0 + vt$$

riecco la matematica! Ma non vi preoccupate. Intanto s(t) è la distanza di 1200 m. Abbiamo detto anche che s_0=700 m e v=2.083 $\frac{m}{s}$.

Si tratta allora di un'equazione dove l'unica incognita è t. Per prima cosa allora portiamo al primo membro i termini che contengono l'incognita e al secondo membro quelli che non la contengono:

$$-vt = s_0 - s(t)$$

Poi, per comodità nostra, cambiamo il segno a tutta l'equazione in modo che inizi con un segno + :

$$vt = -s_0 + s(t)$$

Ora imparate BENE questa regoletta pratica: l'INCOGNITA, quando si trova solo in uno dei due membri dell'equazione, E' UGUALE A TUTTO QUELLO CHE C'E' DALL'ALTRA PARTE FRATTO QUELLO CHE C'E' INTORNO AD ESSA. In questo caso:

$$t = \frac{-s_0+s(t)}{v}$$

Ora possiamo sostituire i valori che conosciamo e calcoliamo t:

$$t = \frac{-700+1200}{2.083} = \frac{40}{1.5} = 240\ s$$

E' complicato?

Siiiiii !!!!!

E questo è niente!

Non vi preoccupate più di tanto perché

non esistono cose facili e cose difficili: esistono cose che si sanno fare e cose che non si sanno fare

e voi imparerete a fare le cose che ora non sapete fare.

Negli esempi che abbiamo visto che la velocità è espressa in $\frac{m}{s}$ mentre siamo abituati ad esprimerla in $\frac{km}{h}$, anzi non usiamo neppure la linea di frazione ma scriviamo km/h. Intanto abituatevi ad usare la forma frazionaria, con numeratore e denominatore, perché così vedete subito se ci sono cose da poter semplificare.

L'unità di misura poi deve essere quella del Sistema Internazionale, dove la lunghezza ha come unità il metro e il tempo ha come unità il secondo perciò la velocità va misurata in $\frac{m}{s}$.

Ma allora la velocità di 50 $\frac{km}{h}$ a quanti $\frac{m}{s}$ corrisponde? Seguite con attenzione il ragionamento rifacendo i calcoli su un foglio:

si tratta di trasformare i chilometri in metri e le ore in secondi (1km = 1000m e 1h=3600 s) e poi fare i conti. Ad intuito 50 $\frac{km}{h}$ significa 50000 metri in 3600 secondi perciò in un secondo quanti metri si fanno? Basta fare 50000 diviso 3600. Semplice no?

Vediamolo con le formule:

$$50\ \frac{km}{h} = 50 \cdot \frac{1000\ m}{3600\ s} = 13.89\ \frac{m}{s}$$

La trasformazione inversa da $\frac{m}{s}$ a $\frac{km}{h}$ è un poco più complicata perchè voi non avete troppa dimestichezza con l'uso delle frazioni. Vediamo

$$1\ m = \frac{1}{1000} km \qquad\qquad 1\ s = \frac{1}{3600} h$$

Trasformiamo la velocità dell'esercizio precedente:

$$1.5\ \frac{m}{s} = 1.5 \cdot \frac{\frac{1}{1000} km}{\frac{1}{3600} s} = 1.5 \cdot \frac{1}{1000} \cdot \frac{3600}{1} \frac{km}{h} = 5.4\ \frac{km}{h}$$

Per la frazione complicata ricordatevi che si fa numeratore per l'inverso del denominatore (km e s restano dove stanno).

E ci mancava anche quest'altra complicazione sulle unità di misura!

Pazienza, fate qualche conversione:

$$100\ \frac{km}{h} = \dots\dots\dots\ \frac{m}{s}$$

$$10\ \frac{m}{s} = \dots\dots\dots\ \frac{km}{h}$$

$$1\ \frac{km}{h} = \dots\dots\dots\ \frac{m}{s}$$

$$50\ \frac{m}{s} = \dots\dots\dots\ \frac{km}{h}$$

5 MOTO RETTILINEO UNIFORME - ESERCIZI

ESERCIZIO 1

Il rumore, o il suono, che è un rumore gradevole, viaggia nell'aria alla velocità di circa 340 $\frac{m}{s}$ (la velocità dipende anche dalle condizioni di temperatura e umidità dell'aria perciò diciamo "circa").

Alcuni aerei, specialmente quelli militari, sono detti "*supersonici*" perché riescono a superare la questa velocità anche di 2 o 3 volte. Il rapporto tra la velocità dell'aereo e quella del suono è detto Mach (simbolo Ma) perciò volano a Ma2 o Ma3.

Esprimere la velocità del suono, Ma2 e Ma3 in $\frac{km}{h}$

Velocità del suono nell'aria 340 $\frac{m}{s}$ = …………………… $\frac{km}{h}$

Ma2 = …………………… $\frac{km}{h}$

Ma3 = …………………… $\frac{km}{h}$

Aereo che supera il muro del suono

ESERCIZIO 2 (un esempio di come si impostano le equazioni per risolvere i problemi di fisica). Seguite attentamente le indicazioni.

Un'automobile viaggia in autostrada a 110 $\frac{km}{h}$. Quanto tempo impiega e dopo quanti km una seconda automobile la raggiunge se parte 10 minuti dopo viaggiando a 120 $\frac{km}{h}$?

Facciamo subito un semplice schemino della situazione al momento della partenza della seconda automobile:

v1=110 $\frac{km}{h}$

v_2=120 $\frac{km}{h}$

ritardo r=10 minuti

scriviamo le equazioni del moto rettilineo uniforme per le 2 automobili distinguendole con i pedici 1 e 2

$$s_1 = s_{0,1} + v_1\, t$$

$$s_2 = s_{0,2} + v_2\, t$$

E ragioniamo un poco:

- fissiamo l'inizio dello spazio di riferimento nel punto di partenza e il tempo di riferimento all'istante in cui parte la seconda automobile
- $s_{0,1}$ cioè la posizione di partenza dell'automobile 1, è lo spazio che ha percorso fino al momento della partenza della 2
- $s_{0,2}$ cioè la posizione di partenza dell'automobile 2 è zero perché si trova proprio nel punto di riferimento, perciò si può togliere dall'equazione

Le due equazioni perciò diventano:

$$s_1 = s_{0,1} + v_1\, t$$

$$s_2 = v_2\, t$$

ora facciamo una semplice considerazione: in quale istante l'auto 2 raggiunge la 1 ?

ovvio: quando si trovano alla stessa distanza dal punto di riferimento, cioè quando

$$s_1 = s_2$$

Ma noi sappiamo le espressioni di s_1 e s_1 quindi invece di s_1 e s_1 scriviamo le loro espressioni cioè

$$s_{0,1} + v_1\, t = \; v_2\, t$$

In questa equazione abbiamo 4 grandezze:

- $s_{0,1}$ spazio percorso dall'automobile 1 alla partenza della 2, che si può calcolare
- v_1 velocità dell'auto 1, che conosciamo
- v_2 velocità dell'auto 2, che conosciamo
- t istante di tempo in cui l'auto 2 raggiunge la 1, che non conosciamo

cioè abbiamo un'equazione con una sola incognita, perciò la possiamo calcolare. Il problema di fisica praticamente è finito, resta solo un poco di matematica.
Come si risolve l'equazione? Dovreste saperlo: si portano tutti i termini con l'incognita in un membro e quelli senza incognita nell'altro membro, ricordando di cambiare il segno ai termini che cambiano posto.

Portiamo allora $v_2\ t$ al primo membro e $s_{0,1}$ al secondo membro:

$$v_1\ t - v_2\ t = \ - s_{0,1}$$

Ora notiamo che il primo membro è costituito da 2 termini che contengono la t, perciò possiamo metterla in evidenza:

$$(v_1 - v_1)\ t = \ - s_{0,1}$$

ora che abbiamo l'incognita in una sola espressione, possiamo applicare quella regoletta che deve diventarvi familiare: L'INCOGNITA E' UGUALE A TUTTO QUELLO CHE C'E' DALL'ALTRA PARTE FRATTO QUELLO CHE C'E' INTORNO AD ESSA cioè

$$t = \frac{- s_{0,1}}{v_1 - v_1}$$

Abbiamo finito. Sostituiamo i valori che conosciamo e facciamo i conti.
NOOOO!!! Problema, anzi Problemi! :

1) non sappiamo quant'è $s_{0,1}$
2) le velocità sono espresse in $\frac{km}{h}$ e non in $\frac{m}{s}$
3) il ritardo r è in minuti e non in secondi
4) e basta. Il segno – non ci preoccupa (o almeno non dovrebbe preoccuparci)

Stavolta però non vi dico più niente, sapete continuare ed arrivare al risultato che è:
La seconda auto raggiunge la prima dopo 6593 s pari ad 1 ora, 49 minuti e 53 secondi, dopo aver percorso 219,744 km.
Complicato?
Forse perché non siete abituati a questo tipo di ragionamento.
Quando lo avrete imparato diventa tutto molto semplice.
Ora dovete rifare lo stesso esercizio, riscrivendo tutti i passaggi senza guardare la spiegazione, considerando due podisti piuttosto che due automobili, con:

$v_1=19\ \frac{km}{h}$ $v_2=20\ \frac{km}{h}$ tempo di ritardo r=3 minuti

ESERCIZIO 3

Ancora sulle automobili ma stavolta vanno una verso l’altra:

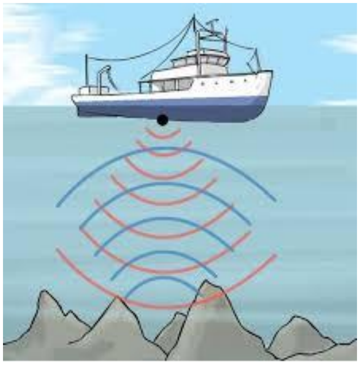
Dai due estremi di una lunga strada rettilinea di 10 km partono contemporaneamente due automobili dirette una verso l’altra. L’automobile 1 viaggia a 80 $\frac{km}{h}$, la 2 viaggia a 60 $\frac{km}{h}$. Dopo quanto tempo e a quale distanza dalla partenza si incontrano?

Fatevi uno schema del momento della partenza, con le frecce che indicano le velocità dirette una verso l’altra. Fissate l’origine nel punto di partenza dell’auto 1 e scrivete le due equazioni, come nell’esercizio 2. Chi sono $s_{0,1}$ e $s_{0,2}$?

L’unica differenza con l’esercizio 2 è che la due velocità dell’auto 2 ha direzione opposta a quella del sistema di riferimento che avete scelto, perciò non sarà 60 $\frac{km}{h}$ ma -60 $\frac{km}{h}$.

(se non ho sbagliato i conti dovrebbero incontrarsi dopo poco più di 4’17” a 5.714 km dalla partenza dell’auto 1)

ESERCIZIO 4



Il sonar è uno strumento utilizzato dai sottomarini per localizzare ostacoli: emette un segnale acustico e misura il tempo che impiega per tornare indietro come eco. La velocità del suono nell’acqua è circa 1500$\frac{m}{s}$. A quale distanza si trova un oggetto la cui eco arriva dopo 1.3592 sec?

La risoluzione di un apparecchio di misura è la più piccola variazione che riesce a misurare (per una bilancia digitale da cucina la risoluzione è 1 g, per un orologio digitale che segna solo ore e minuti la risoluzione è 1 minuto, se segna anche i secondi allora la risoluzione è 1 s, per il cronometro dei telefonini la risoluzione è 1 centesimo di secondo ecc.) Se il sonar ha una risoluzione di 0.0001 (1 decimillesimo di mm), qual è la precisione della misura di distanza?

(tenete conto che il tempo può essere o 1.3592 oppure 1.3593)

ESERCIZIO 5

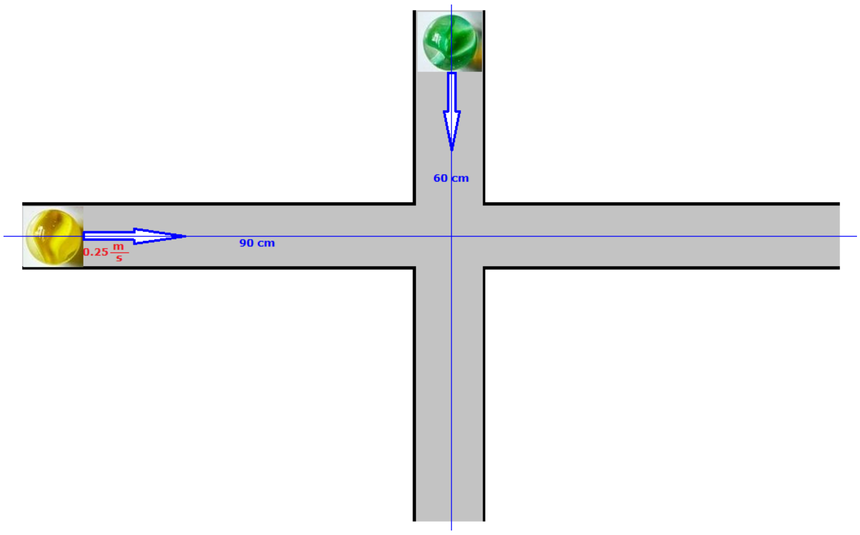
La luce viaggia a circa 300000 $\frac{km}{s}$, cioè poco meno di un milione di volte la velocità del suono nell'aria (340 $\frac{m}{s}$).

In 1 μs (1 microsecondo, milionesimo di secondo), la luce percorre già 300 m mentre il suono non ha percorso neppure mezzo millesimo di millimetro (0.34 μm). Nei fenomeni in cui luce e suono partono insieme, ad esempio in uno spettacolo di fuochi pirotecnici, si può tranquillamente trascurare il tempo impiegato dalla luce e considerare solo quello del suono. Con quale ritardo arriva il rumore di un tuono se il lampo scocca a 2.5 km di distanza?

Avete mai notato che il lampo si esaurisce pochi millesimi di secondo? Perché il tuono dura così a lungo e non è anch'esso istantaneo come si verifica nei fuochi di artificio? (questa è una domanda molto strana e difficile: fate qualche ricerca e spiegate bene la risposta)

ESERCIZIO 6

Un gioco per bambini è costituito da due guide rettilinee, che si incrociano ad angolo retto, come nello schema in figura. Il gioco consiste nel lanciare due palline con velocità tali da farle scontrare all'incrocio.



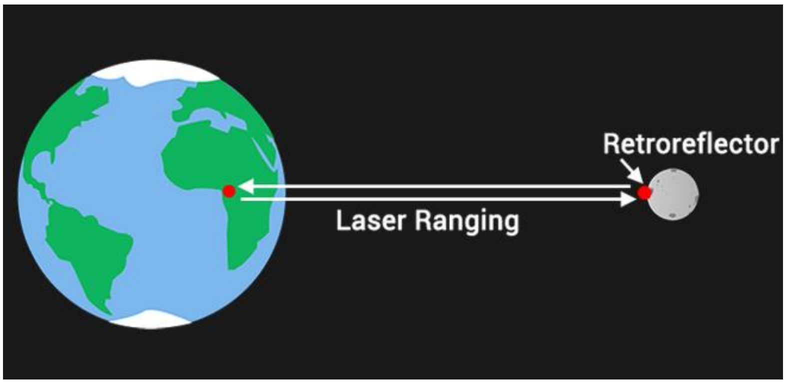
Le due palline partono contemporaneamente da 90 cm e 60 cm dall'incrocio. Se la velocità della prima è di 0.25 $\frac{m}{s}$, quanto deve essere la velocità della seconda perché avvenga lo scontro?

Questa seconda parte è complicata, ma provate lo stesso:
il diametro delle due palline è 2 cm e le distanze indicate sono misurate dal centro delle palline; quali sono le velocità minima e massima perché lo scontro avvenga?

ESERCIZIO 7

Il nastro trasportatore di una linea di imbottigliamento di vino si muove alla velocità di 15 $\frac{cm}{s}$, e le bottiglie distano 25 cm una dall'altra. Quante bottiglie l'ora si producono?

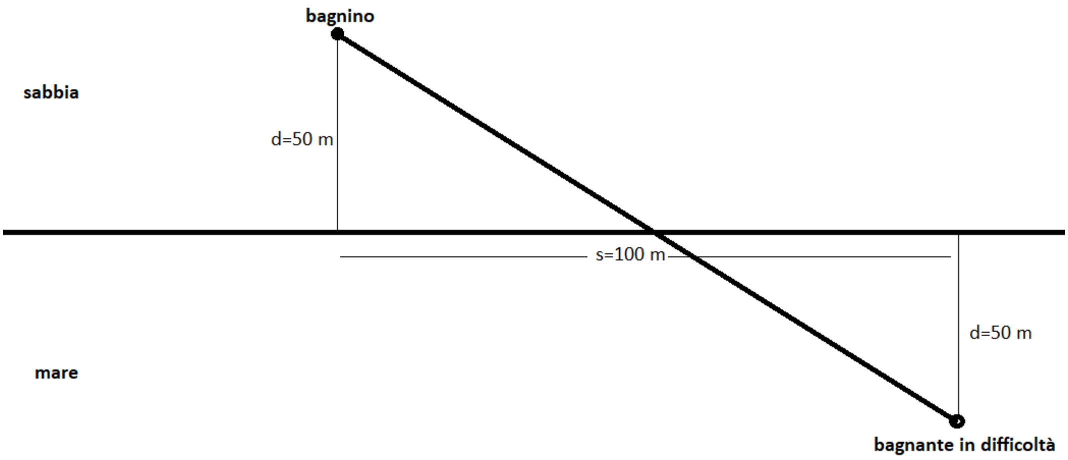
ESERCIZIO 8



In varie missioni spaziali sulla superficie lunare sono stati posizionati degli specchietti in modo che possano riflettere fasci di raggi laser sparati dalla terra. Lanciando dei lampi laser dalla terra e misurando il ritardo con cui ritorna il raggio riflesso, si riesce a misurare la distanza del nostro satellite con precisione molto elevata. Quanto dista la luna se il riflesso di un lampo laser ritarda di 1.729 s? (si assuma la velocità della luce = 300000 $\frac{km}{s}$)

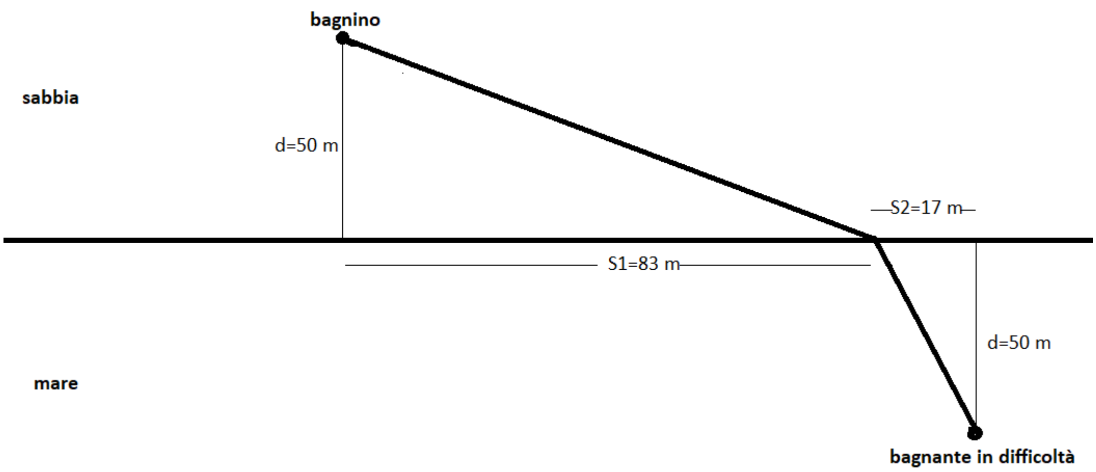
ESERCIZIO 9

Al mare un bagnante è in difficoltà ed il bagnino corre in suo aiuto percorrendo di corsa il tratto sulla sabbia, alla velocità $v_s=4\ \frac{m}{s}$, e a nuoto il tratto in acqua, alla velocità $v_s=1.5\ \frac{m}{s}$. Quanto tempo impiega percorrendo il tratto più breve, con i dati indicati in figura?



ESERCIZIO 10

Come l'esercizio 9, però ora considerate il percorso più lungo indicato nella figura seguente e calcolate il tempo. Vi aspettate un tempo più lungo, più corto o uguale a quello di prima?



Ricordatevi questo risultato: non sempre il percorso più breve è il più veloce.

Ritroveremo il fenomeno l'anno prossimo quando parleremo di ottica, e lo ritroverete in scienze quando studierete la propagazione delle onde sismiche.

6 MOTO UNIFORMEMENTE ACCELERATO

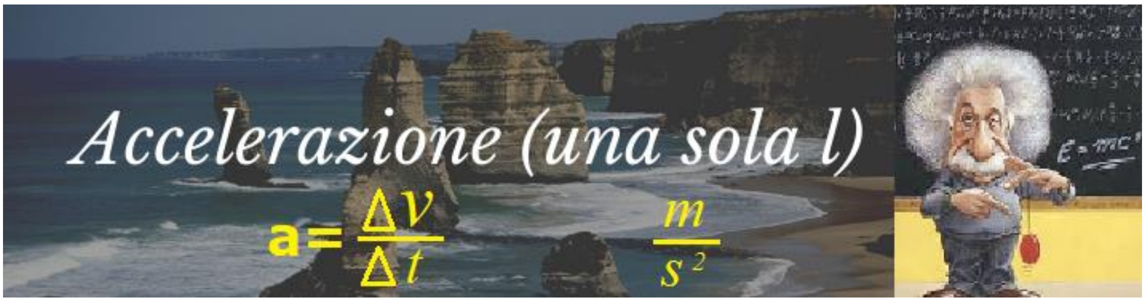
E se il moto non è uniforme, cioè la velocità cambia durante il tragitto, qual è l'equazione oraria?
Sono problemi! la situazione si complica.

Cominciamo subito a dare un nome ed un'unità di misura al cambiamento di velocità:

accelerazione

essendo un cambiamento di velocità, cioè un Δv, è chiaro che avviene in un certo tempo, perciò l'unità di misura deve essere velocità/tempo, cioè

$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ e quindi, come unità di misura $\frac{\frac{m}{s}}{s} = \frac{m}{s^2}$ (metri al secondo quadrato)



Ricordate che il simbolo Δ (delta) indica una variazione, cioè finale meno iniziale.

Prendiamo familiarità con questa nuova grandezza:

Andando in bicicletta alla velocità di v_1=3.5 $\frac{m}{s}$, vogliamo aumentare la velocità perciò cominciamo a pedalare più rapidamente e, dopo 7 secondi, arriviamo a v_2=8 $\frac{m}{s}$. Qual è l'accelerazione?

Basta applicare semplicemente la formula:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{8 - 3.5}{7 - 0} = \frac{4.5}{7} = 0.643\frac{m}{s^2}$$

Se applichiamo la formula ad una frenata piuttosto che ad una accelerata, avremo che la velocità finale è più piccola di quella iniziale perciò Δv sarà negativa e quindi l'accelerazione sarà negativa. In questo caso qualcuno parla di decelerazione. Voi invece parlate sempre e solo di accelerazione (positiva o negativa)

Provate qualche semplice esercizio:

1) un'automobile parte da ferma con accelerazione di 2.3 $\frac{m}{s^2}$. Quanto tempo impiega a raggiungere la velocità di 100 $\frac{Km}{h}$? (trasformate prima la velocità in $\frac{m}{s}$)

2) Un ciclista che viaggia a 7.3 $\frac{m}{s}$ frena per 4 s con un'accelerazione di -0.92 $\frac{m}{s^2}$. Qual è la velocità finale?

3) I freni di un'automobile sono in grado di imprimerle un'accelerazione di -2.3 $\frac{m}{s^2}$. Viaggiando a 90 $\frac{Km}{h}$ quanto tempo impiega l'auto per fermarsi?

Torniamo all'esercizio 1 che avete fatto (e se non l'avete fatto, fatelo prima di proseguire la lettura). Se l'accelerazione avviene a strappi, cioè l'automobilista preme e lascia più volte il pedale dell'acceleratore, oppure, nell'esercizio 2, se il ciclista tira e lascia più volte la leva del freno, qual è l'accelerazione?

Questa è un'osservazione simile a quella della passeggiata a piedi: là consideravamo che la velocità non sempre era costante, qui consideriamo che l'accelerazione non sempre è costante.
Là, per semplificare le cose, abbiamo parlato di velocità media. Anche qui, per semplificare le cose, parliamo di accelerazione media, supponiamo cioè, per semplificare, che l'accelerazione sia uguale alla media durante tutto il moto, anche se in realtà non è sempre vero.
Parliamo allora di un moto uniformemente accelerato, cioè di un moto che avviene lungo una retta, con accelerazione costante.
L'esempio più comune di moto uniformemente accelerato è la caduta degli oggetti (con un linguaggio più oscuro che elegante si parla di "caduta dei gravi").
Gli oggetti che cadono sono soggetti tutti alla stessa accelerazione: 9.81 $\frac{m}{s^2}$, generalmente indicata con g.

COME? tutti gli oggetti cadono con la stessa accelerazione? cioè se lasciamo cadere contemporaneamente una moneta ed un foglio di carta arriverebbero contemporaneamente a terra? basta provare e verificare che NON E' VERO!

Ed invece è vero: rifate l'esperimento appallottolando il foglio di carta: arrivano a terra contemporaneamente. Eppure il peso della carta è lo stesso. La spiegazione di questo fenomeno apparentemente strano è che l'aria ostacola molto la caduta del foglio di carta quando è aperto mentre la ostacola di meno quando è appallottolato.

Questo fenomeno si vede più chiaramente in laboratorio con un apparecchio detto "tubo di Newton": un tubo di vetro in cui si può togliere l'aria con la pompa pneumatica ed osservare la caduta degli oggetti in presenza ed in assenza di aria.

Prima di addentrarci nei meandri delle equazioni, rispondete a qualche domanda sulla caduta dei gravi:

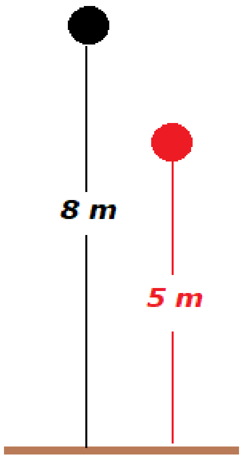
1) domanda scema: se lasciamo cadere contemporaneamente una pallina dall'altezza di 8 m ed un'altra da 5 m, quale arriva prima a terra?

   ………………………………………………………………………………………………….

2) domanda meno scema, sempre partenza contemporanea: se alla pallina nera diamo una spinta verso il basso mentre lasciamo cadere la rossa senza nessuna spinta, quale delle due arriva prima a terra?

   ………………………………………………………………………………………………….

   ………………………………………………………………………………………………….



3) la pallina nera parte prima di quella rossa: quale delle due arriva prima a terra?

   ………………………………………………………………………………………………….

   ………………………………………………………………………………………………….

4) la pallina rossa parte nell'istante in cui la nera le passa davanti: quale delle due arriva prima a terra?

   ………………………………………………………………………………………………….

   ………………………………………………………………………………………………….

5) descrivere il comportamento di un sasso lanciato verticalmente verso l'alto

   ………………………………………………………………………………………………….

   ………………………………………………………………………………………………….

7 EQUAZIONE ORARIA DEL MOTO UNIFORMEMENTE ACCELERATO

Come facciamo a calcolare velocità, accelerazioni, spazi percorsi, tempi impiegati e quant'altro di possibile per un moto uniformemente accelerato?

Se vi ponete questa domanda vuol dire che cominciano a piacervi i metodi che la fisica utilizza.
Non credo però che abbiate tanta voglia di saperlo, comunque dovete impararlo lo stesso:

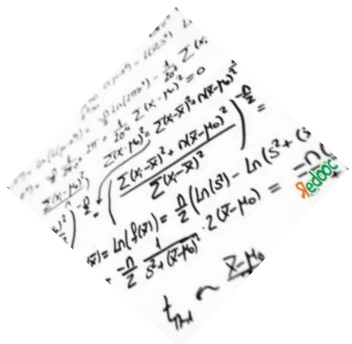
$$s = s_0 + v_0\, t + \frac{1}{2}\, a\, t^2$$

$$v = v_0 + a\, t$$

e che roba è questa?

vengono in mente i versi di Dante

Or incomincian le dolenti note
a farmisi sentire;
(Dante A. inf. c. V, vv 25,26).



Non vi preoccupate, è più difficile l'aspetto di queste equazioni che il loro contenuto:
stiamo parlando di un oggetto che si muove di moto uniformemente accelerato, cioè di un moto in cui la velocità non rimane costante ma cambia sempre allo stesso modo.
Come sapete bene (???), l'equazione oraria dà la posizione dell'oggetto, cioè la distanza dal punto di partenza.
Guardate attentamente le due equazioni:

s è la posizione dell'oggetto ad un certo istante t

s_0 (leggete sempre s-zero) è la posizione dell'oggetto quando cominciamo a contare il tempo

v_0 (leggete sempre v-zero) è la velocità che l'oggetto aveva quando cominciamo a contare il tempo

a è l'accelerazione

t è il tempo

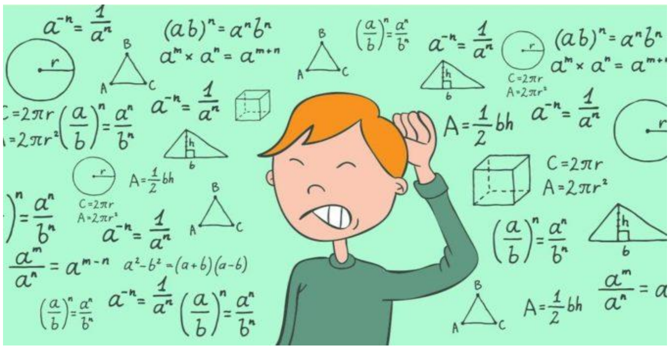
v è la velocità che l'oggetto ha all'istante t

Ormai sappiamo (o almeno ci crediamo) che gli oggetti in caduta libera, se non sono frenati dall’aria, hanno tutti la stessa accelerazione di 9.81 $\frac{m}{s^2}$, che indichiamo con g. Per comodità utilizziamo solo una cifra decimale perciò l’accelerazione di gravità è

$$g = 9.8\ \frac{m}{s^2}$$

Esercizio:

Per ogni decimo di secondo, calcolare la velocità e gli spazi percorsi da una pallina lasciata in caduta libera.



Prima di iniziare facciamo il solito schemino, che stavolta è banale riducendosi solo ad una linea verticale con l’indicazione della direzione dell’accelerazione g (ovviamente verso il basso). Assumiamo il riferimento dal punto in cui parte la pallina e consideriamo che la pallina viene “lasciata”, non spinta verso l’alto o verso il basso.

L’equazione oraria del moto e l’espressione della velocità sono:

$$s = s_0 + v_0\, t + \frac{1}{2}\, g\, t^2$$

$$v = v_0 + g\, t$$

dove l’accelerazione è g.

Il riferimento fissato nel punto di partenza significa s_0=0.

Il fatto che la pallina viene “lasciata” e non “spinta” significa v_0=0.

Le equazioni perciò diventano semplicemente

$$s = \frac{1}{2}\, g\, t^2$$

$$v = g\, t$$

Calcoliamo allora la tabella dello spazio percorso e della velocità ogni decimo di secondo:

t (s)	s (m)	v ($\frac{m}{s}$)		t (s)	s (m)	v ($\frac{m}{s}$)
0	0	0				
0.1				1.1		
0.2				1.2		
0.3				1.3		
0.4				1.4		
0.5				1.5		
0.6	1.746			1.6		
0.7				1.7		
0.8		7.84		1.8		
0.9				1.9		
1.0				2.0		

8 ESERCIZI MOTO UNIFORMEMENTE ACCELERATO

1) Tra le prestazioni di un'automobile si considera il tempo impiegato per arrivare a 100 $\frac{Km}{h}$. Calcolare l'accelerazione media e lo spazio percorso da un'automobile che impiega 5 s ed una che impiega 8 s.

2) Un'automobile che viaggia a 100 $\frac{Km}{h}$ non si ferma all'alt e la polizia parte al suo inseguimento con un'accelerazione di 2.6 $\frac{m}{s^2}$. Calcolare il tempo che impiega a raggiungerla e la distanza percorsa.

3) I treni accelerano e frenano più lentamente delle automobili o delle biciclette perciò richiedono spazi molto più lunghi per prendere velocità o per fermarsi. Viaggiando a 150 $\frac{Km}{h}$ lo spazio per fermarsi è di 2.7 Km. Calcolare il tempo impiegato e l'accelerazione.

4) Un automobilista che viaggia a 120 $\frac{Km}{h}$ improvvisamente vede un ostacolo fisso e frena. Se il tempo di reazione è di 2 decimi di secondo e i freni rallentano l'auto con accelerazione di -5 $\frac{m}{s^2}$, calcolare lo spazio di frenata.

9. GRANDEZZE SCALARI E VETTORIALI

Avete capito cosa si intende per “grandezza” e che significa “misurare una grandezza”. Se l’avete dimenticato vi ricordo che si tratta semplicemente di confrontare la grandezza con la sua unità di misura ed associarle il numero corrispondente ed il simbolo dell’unità di misura: se indichiamo con t il tempo che impiega la terra a fare un giro completo su se stessa, sarà t=24 ore (o se preferite t=1440 minuti oppure, ancora meglio perché l’unità di misura del tempo è il secondo, t=86400 s).

Domanda molto strana: è sufficiente sapere la misura di una grandezza per poterla conoscere completamente?

E che vuol dire?

Riflettete su questa frase: “mi trovo a 100 m da casa”.

Posso dire il punto preciso in cui mi trovo? No, perché non so in che direzione mi trovo: potrei stare in un punto qualunque della circonferenza con il centro sulla mia casa e il raggio 100 m.

E riflettere anche su questo eserciziętto:

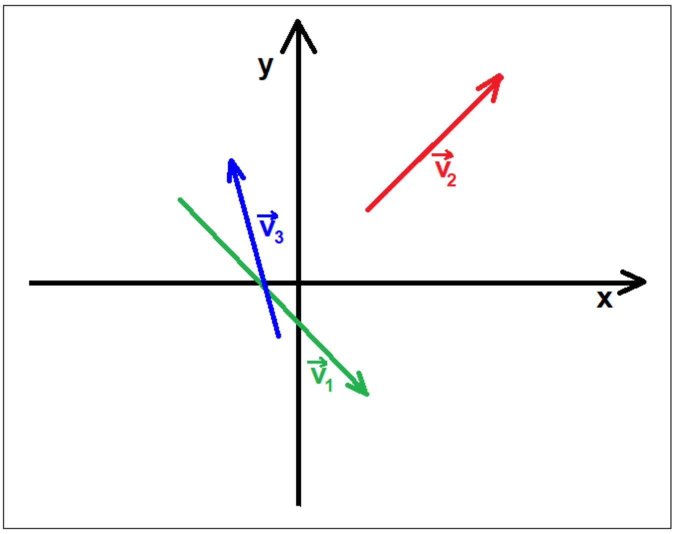
“Un oggetto, partendo dall’origine di un sistema di assi cartesiani, si muove di moto rettilineo uniforme per 3 s alla velocità di 6 $\frac{m}{s}$. Dove va a finire? “. In questo caso possiamo solo dire che ha percorso 18m perciò si trova in un punto qualunque su una circonferenza di centro nell’origine e raggio 18m. Senza altre informazioni non si può determinare la posizione finale.

Per determinare completamente alcune grandezze non è sufficiente indicarne il valore ma occorrono altre informazioni aggiuntive. Negli esempi di prima è necessario conoscere anche la direzione dello spostamento e della velocità.

Queste sono dette *“grandezze vettoriali”*, mentre quelle per cui è sufficiente solo il valore, come ad esempio il tempo o la temperatura, senza bisogno di una direzione, sono le *“grandezze scalari”*.

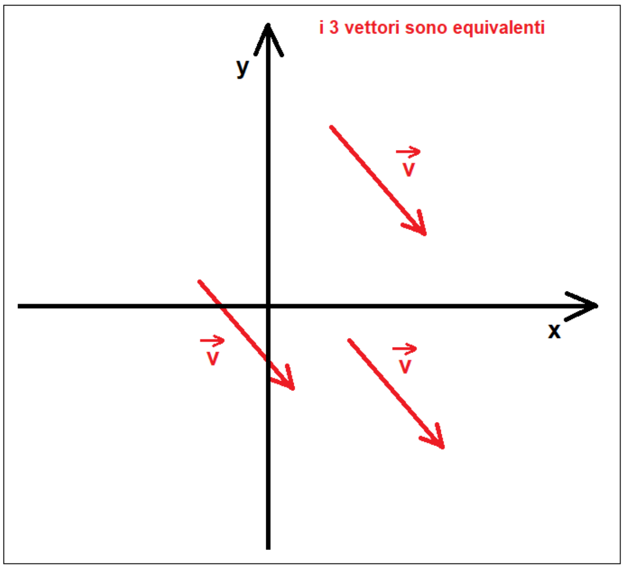
Per indicare che una grandezza è vettoriale si traccia una freccia sul suo simbolo: $\vec{s}, \vec{v}, \vec{a}$ indicano i vettori spazio, velocità e accelerazione.

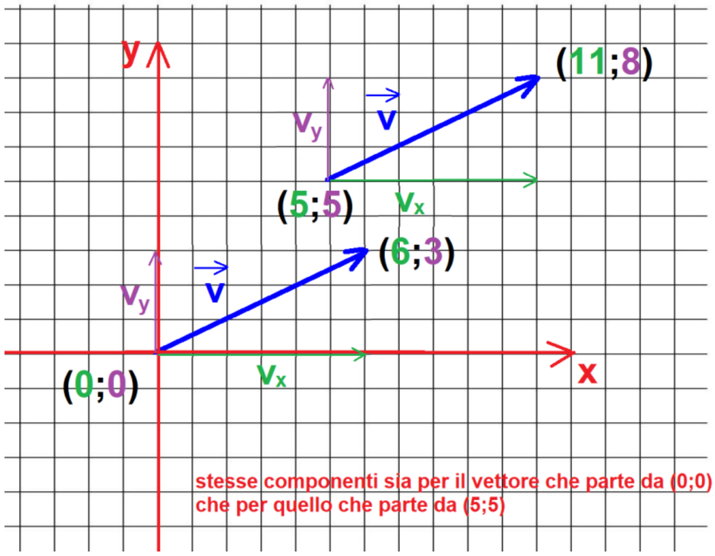
Le grandezze vettoriali si possono rappresentare su un diagramma cartesiano con frecce.



10 COMPONENTI E MODULO DEI VETTORI

Prima di passare alle operazioni è opportuno precisare che, nella maggior parte delle situazioni, quello che interessa di un vettore non è tanto la sua posizione quanto la sua lunghezza ed il suo orientamento: due vettori paralleli, della stessa lunghezza, sono equivalenti. Nei calcoli possiamo considerare uno qualunque dei due vettori. Questo significa che un vettore può essere spostato in un punto qualunque del sistema di riferimento purchè non si cambi la sua lunghezza e la sua inclinazione.





Preso allora un qualunque vettore, possiamo sempre traslarlo fino a portare il suo primo punto nell'origine del sistema di assi cartesiani. Le coordinate cartesiane della punta della freccia del vettore $\vec{v}$ sono chiamate *componenti* del vettore e si indicano con v_x e v_y. Si possono considerare le componenti di un vettore anche senza traslarlo sull'origine degli assi.

Il modulo di un vettore corrisponde alla lunghezza del segmento che lo rappresenta e si indica con il simbolo senza la freccia, oppure con il vettore racchiuso tra due barre verticali:

vettore: $\vec{v}$ modulo: v oppure $|\vec{v}|$

Il segmento che rappresenta il vettore è l'ipotenusa del triangolo rettangolo che ha le componenti per cateti perciò il modulo si può calcolare con il teorema di Pitagora:

$$|\vec{v}| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

Indicare le componenti dei vettori della figura precedente e calcolarne i moduli:

a) vettore che parte dall'origine: v_x= ……. v_y= ……. $|\vec{v}| =$ … …

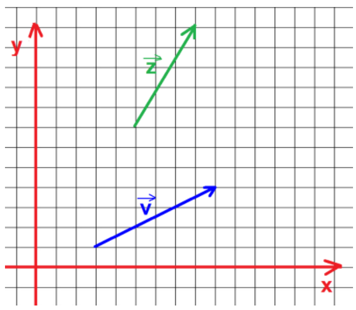
b) vettore che parte dal punto (5;5): v_x= ……. v_y= ……. $|\vec{v}| =$ … …

11 ALGEBRA DEI VETTORI

Come gli scalari, che sono solo numeri, anche i vettori si possono sommare, sottrarre e moltiplicare tra loro. La divisione tra due vettori invece non è possibile.

11.1 somma di due vettori $\vec{v}, \vec{z}$

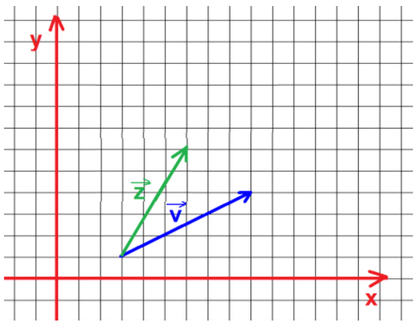
Dati i due vettori rappresentati in figura, calcolare la loro somma.

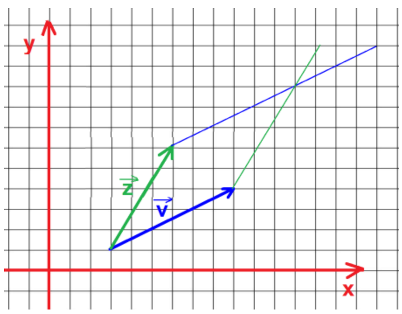


Si può ottenere la somma di due vettori sia graficamente che analiticamente.

METODO GRAFICO: PARALLELOGRAMMA:

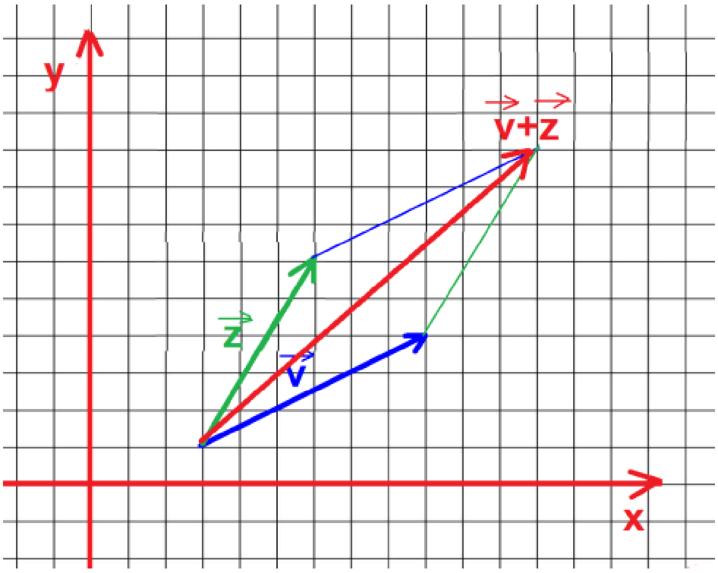
a) si sposta uno dei due vettori a partire dalla stessa origine dell'altro





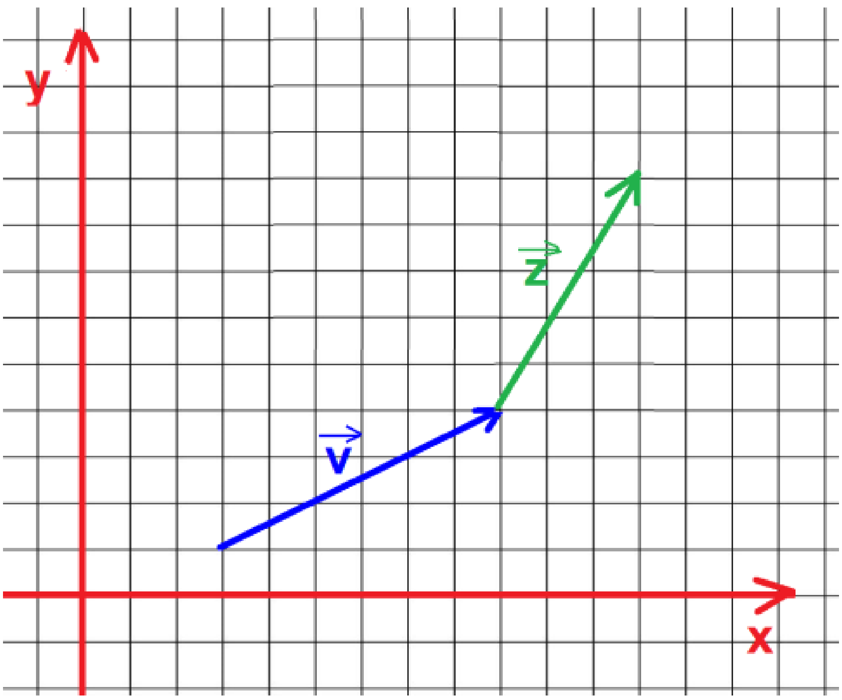
b) dall'estremo di ognuno dei vettori si traccia la parallela all'altro ottenendo un parallelogramma:

c) il vettore somma dei due vettori è dato dalla diagonale del parallelogramma

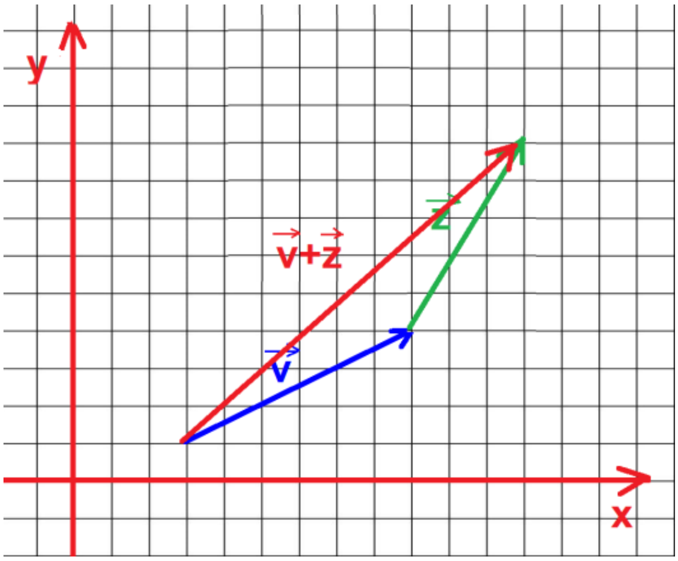


METODO GRAFICO: PUNTA-CODA

a) si sposta la coda di uno dei due sulla punta dell'altro



b) il vettore somma è dato dal vettore che va dalla coda del primo alla punta del secondo



METODO ANALITICO: SOMMA DELLE COMPONENTI

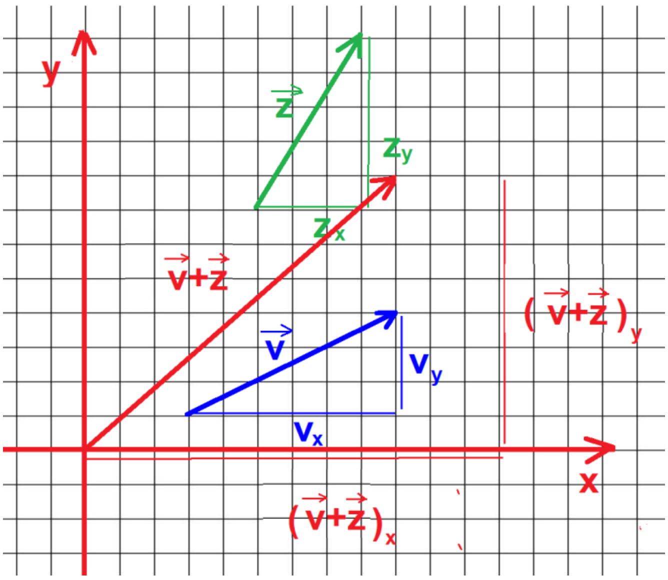
E' il metodo analitico più immediato: le componenti del vettore somma sono uguali alla somma delle componenti omologhe degli addendi.

Le componenti dei vettori da sommare sono:

vettore $\vec{v}$: $v_x=6$ $v_y=3$
vettore $\vec{z}$: $z_x=3$ $z_y=5$

vettore $\vec{v}+\vec{z}$:

componente x = $v_x + z_x = 6+3 = 9$
componente y = $v_y + z_y = 3+5 = 8$



11.2 differenza di due vettori $\vec{v}, \vec{z}$

Vi ricordo un semplice passaggio algebrico:

$$a - b = a + (-b)$$

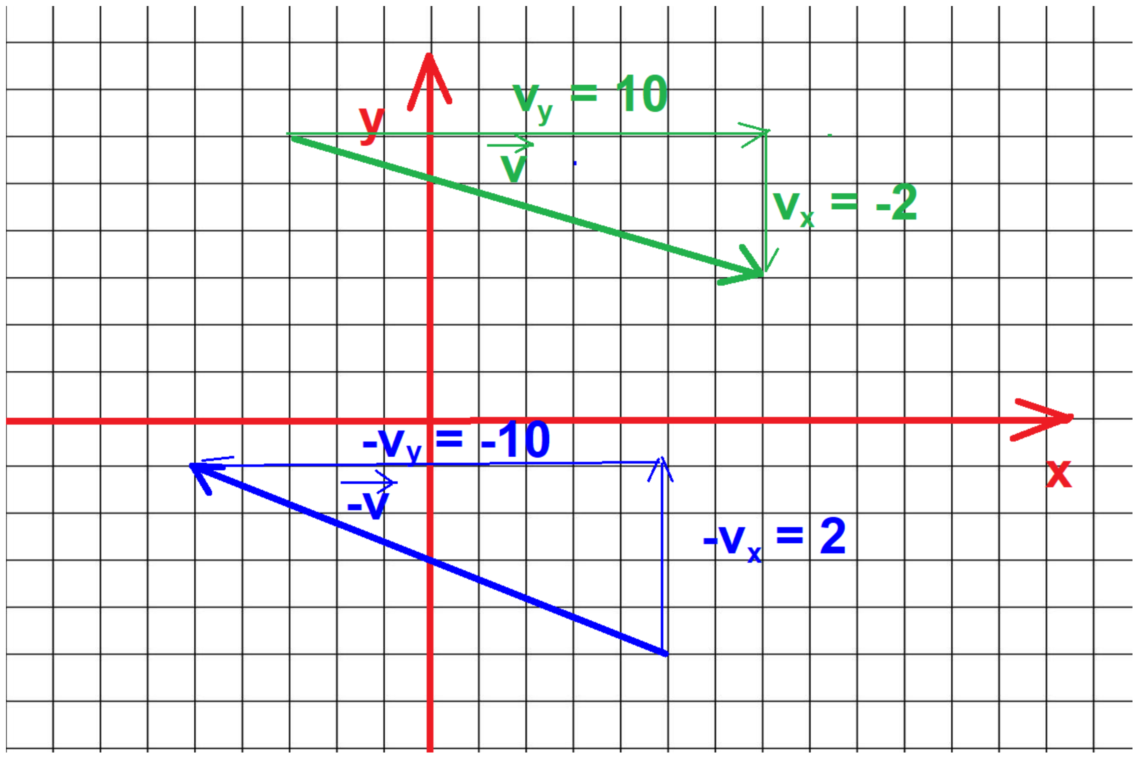
cioè invece di fare la sottrazione, posso fare la somma tra il primo e l'opposto del secondo.

La stessa uguaglianza vale anche per i vettori:

$$\vec{v} - \vec{z} = \vec{v} + (-\vec{z})$$

resta solo da capire che significa l'opposto di un vettore, cioè il vettore $-\vec{z}$.

Graficamente l'opposto di un vettore è lo stesso con la freccia al contrario. Analiticamente le componenti del vettore opposto sono l'opposto delle componenti del vettore dato.



Perciò, per fare la differenza tra due vettori, si fa la somma del primo e l'opposto del secondo.

11.3 prodotto di due vettori

Il prodotto tra due vettori è geometricamente meno intuitivo della somma.

Intanto notiamo subito che esistono due tipi di prodotto:

PRODOTTO SCALARE (il risultato è uno scalare)

PRODOTTO VETTORIALE (il risultato è un altro vettore)

Nel nostro corso di fisica non avremo bisogno del prodotto vettoriale perciò lasciamolo stare.

Avremo bisogno invece del prodotto scalare, che si indica con il simbolo del prodotto che conoscete:

$$\vec{v} \cdot \vec{z}$$

Il risultato è uno scalare non un vettore (chi lo avrebbe mai detto, con quel nome!)

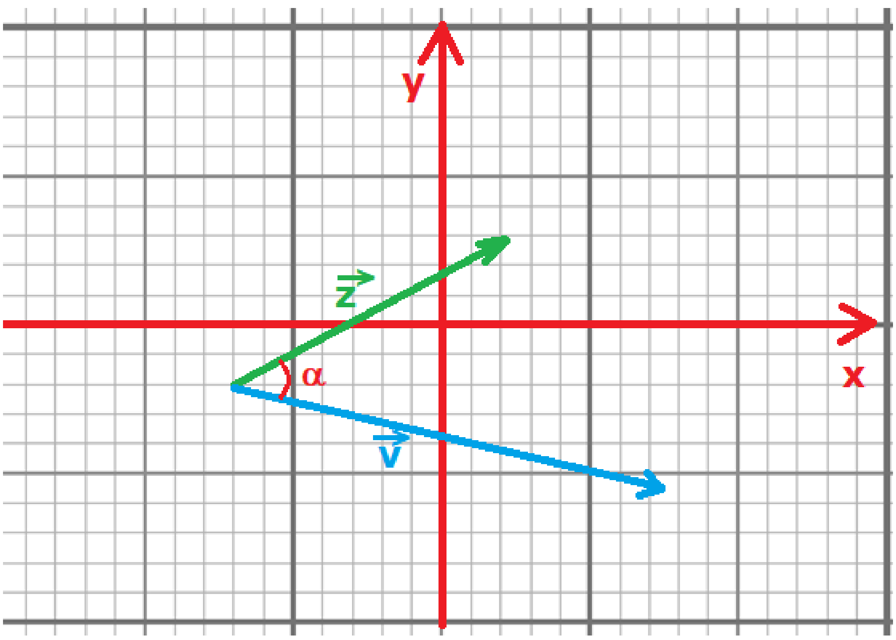
GEOMETRICAMENTE:

Il prodotto scalare tra due vettori è uguale al prodotto tra i loro moduli per il coseno dell'angolo tra essi compreso:

$$v \cdot z = |\vec{v}| \cdot |\vec{v}| \cdot cos\alpha$$

Da dove spunta quel $cos\alpha$?

Si legge "cosen alfa". E' una funzione goniometrica dell'angolo α con cui faremo conoscenza l'anno prossimo. Per ora sappiate che se due vettori sono perpendicolari (cioè formano un angolo di 90°) cos90°=0 e quindi il loro prodotto scalare è zero, se invece sono paralleli (angolo di 0°) cos0°=1, se infine formano un angolo ottuso il coseno è negativo e quindi anche il prodotto scalare è negativo, fino ad arrivare al massimo per cos180°=-1. Il coseno di un angolo è un numero compreso tra -1 e 1.



ANALITICAMENTE:

Il prodotto scalare tra due vettori è uguale alla somma dei prodotti delle coordinate omonime.

Ancora peggio di prima!

NO: in realtà è molto più semplice in lingua matematica che in italiano:

$$\vec{v} \cdot \vec{z} = v_x z_x + v_y z_y$$

UFFA!

ancora matematica

11.4 ESERCIZI

1) Disegnare il vettore $\vec{v}$ di componenti (5 ; 12), e calcolarne la lunghezza

2) si considerino i vettori $\vec{a}$ e $\vec{b}$ di componenti (-2 ; 4) e (6;-3) rispettivamente.

a) tracciarli a partire dall'origine del sistema di assi cartesiani
b) tracciare la loro somma con la regola del parallelogramma
c) calcolare analiticamente la loro somma e verificare che corrisponde alla diagonale del parallelogramma
d) calcolare $\vec{a}$ - $\vec{b}$ analiticamente e con la regola del parallelogramma e verificare la corrispondenza
e) calcolare il prodotto scalare $\vec{a} \cdot \vec{b}$

12. MOTO CIRCOLARE

DOMANDA: se la traiettoria dell'oggetto in movimento non è rettilinea?

RISPOSTA: le cose sono "semplicemente" più complicate.

DOMANDA RETORICA: vogliamo parlarne?

RIPOSTA OBBLIGATA: SI, purtroppo dobbiamo parlarne!

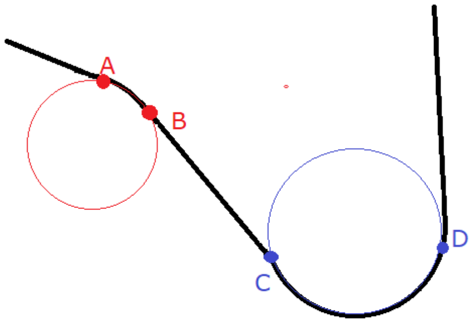
Per non complicarci ulteriormente la vita consideriamo la traiettoria non rettilinea più semplice ed uniforme possibile: la circonferenza.

Ad ulteriore semplificazione, guardiamo il caso in cui la velocità è "costante" (poi capirete il perché delle virgolette).

Si tratta di un MOTO CIRCOLARE UNIFORME:

- la punta di una lancetta dell'orologio
- un bambino sulla giostra
- un seggiolino della ruota panoramica

Può essere considerato in moto circolare uniforme anche un oggetto che sta percorrendo solo un arco e non l'intera circonferenza (archi AB e CD). La circonferenza a cui appartiene l'arco che approssima il percorso è detta "circonferenza osculatrice".



Qualunque traiettoria può essere spezzettata in tratti rettilinei e archi di circonferenza quindi si possono considerare i moti rettilinei e quelli circolari. Se i vari tratti sono percorsi a "velocità costante" (ancora tra virgolette), possiamo aggiungere l'aggettivo "uniforme". Ovviamente più la traiettoria è tortuosa, più il calcolo è lungo.

Vediamo ora di chiarire quelle virgolette di "velocità costante".

Abbiamo visto che la velocità è definita come

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$ (leggetela come "delta S su delta t")

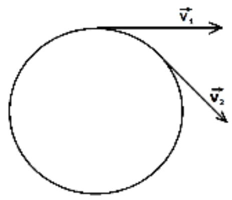
(Vi ricordo che con il simbolo Δ si intende una variazione, cioè finale-iniziale).

Abbiamo anche visto però che non è sufficiente indicare solo i $\frac{m}{s}$, cioè il modulo della velocità, ma è necessario specificare anche la direzione, perché sappiamo che la velocità è un vettore come è un vettore anche lo spostamento s, mentre il tempo è uno scalare.

La definizione "corretta" di velocità quindi è

$$\vec{v} = \frac{\Delta\vec{s}}{\Delta t}$$

(anzi, ancora più correttamente, $\vec{v} = \frac{d\vec{s}}{dt}$ ma questa è una cosa che vedremo in quinta)



Senza entrare troppo in dettagli che potrebbero disorientarvi e farvi perdere l'interesse per la fisica, accettate il fatto che la velocità ha la stessa direzione dello spostamento ed è sempre tangente alla traiettoria.

Una traiettoria curva comporta continui cambiamenti di direzione e quindi comporta continui cambiamenti anche della direzione della velocità.

Nel moto circolare uniforme non si può dire che la velocità è costante ma che è costante il modulo della velocità mentre la direzione cambia continuamente.

Poiché la velocità è una grandezza vettoriale, anche il cambio di direzione è una variazione e noi, in precedenza, abbiamo visto che la variazione della velocità significa accelerazione. Nel moto circolare uniforme quindi c'è accelerazione. Vediamo allora come è fatta (almeno qualitativamente).

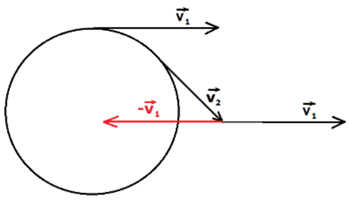
Abbiamo detto che l'accelerazione è la variazione di velocità diviso il tempo in cui avviene. Come al solito il linguaggio matematico è sempre molto più chiaro di quello descrittivo perciò

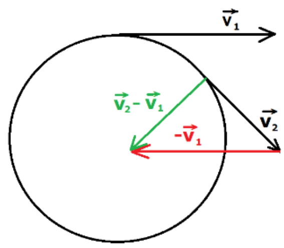
$$\vec{a} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1}$$ (notate i simboli di vettore)

Si tratta quindi di fare la sottrazione tra il vettore velocità finale e il vettore velocità iniziale. E questa è un'operazione che sappiamo fare (o no?).

Facciamola graficamente:

sposto $\vec{v}_1$ per far coincidere il suo punto di inizio con il punto finale di $\vec{v}_2$ e gli cambio il verso perché devo fare la sottrazione:





quindi la differenza $\vec{v}_2 - \vec{v}_1 = \vec{v}_2 + (-\vec{v}_1)$ è il vettore che ha inizio sulla coda di $\vec{v}_2$ e termina sulla punta di $-\vec{v}_1$ (in verde nel disegno).

Il vettore $\vec{v}_2 - \vec{v}_1$ è diretto verso il centro della circonferenza (in realtà nel disegno non è proprio così perché abbiamo considerato i vettori $\vec{v}_2$ e $\vec{v}_1$ lontani tra loro. La direzione verso il centro sarà più precisa ponendo i vettori più vicini). La divisione per l'intervallo di tempo $t_2 - t_1$ (che è uno scalare) non fa cambiare direzione perciò

l'accelerazione nel moto circolare uniforme è diretta verso il centro della circonferenza

ed è detta accelerazione centripeta (di ovvia etimologia per voi che conoscete il latino).

Per qualunque moto, in tutte le parti non rettilinee della traiettoria c'è una accelerazione diretta verso il centro della circonferenza osculatrice.

12.1 DIAMO I NUMERI AL MOTO CIRCOLARE UNIFORME

Nel moto circolare l'aggettivo "uniforme" indica che è costante il modulo della velocità. La direzione invece cambia continuamente ed è sempre tangente alla circonferenza, perciò è detta anche velocità tangenziale. L'accelerazione invece, come abbiamo visto, è centripeta. Il calcolo è un poco complicato perciò accettate il risultato:

$a_c = \frac{v^2}{r}$ (non è necessaria la freccia di vettore perché sappiamo che la direzione è verso il centro)

dove r indica il raggio della circonferenza.

Oltre alla velocità tangenziale (rapporto tra spazio e tempo) espressa in $\frac{m}{s}$, è interessante considerare la velocità angolare cioè il rapporto tra angolo e tempo, che si potrebbe esprimere in $\frac{°}{s}$ (gradi/secondo) ma nel sistema internazionale l'unità di misura degli angoli è il "radiante" (l'anno prossimo ne parleremo più diffusamente), simbolo rad perciò la velocità angolare, che normalmente si in dica con ω, è in $\frac{rad}{s}$.

La relazione tra velocità tangenziale e velocità angolare è:

$$v = \omega r \quad \text{da cui} \quad \omega = \frac{v}{r}$$

L'accelerazione centripeta quindi, in funzione della velocità angolare, è:

$$a_c = \frac{v^2}{r} = \frac{(\omega r)^2}{r} = \frac{\omega^2 r^2}{r} = r\omega^2$$

Continuando ad indicare con r il raggio della circonferenza, lo spazio di un giro completo è

$$s = 2\pi r$$

Il tempo impiegato a compiere un giro completo è detto periodo e normalmente si indica con T. Dalla formula del moto uniforme (tempo è spazio/velocità) si ha

$$T = \frac{2\pi r}{v}$$

In termini di angoli e velocità angolare, considerando che l'angolo giro è 2π radianti e $v = \omega r$, il periodo T è:

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

Ed infine (e finalmente si vede la fine di questa parte noiosissima) si chiama frequenza il numero di giri completi ogni secondo. La frequenza si indica con f e si misura in $\frac{1}{s}$ (giri al secondo) o, più comunemente, Hz (Hertz). A voi sono familiari i mega Hertz ed i giga Hertz.

Come è ovvio (anche se a voi non sembra tanto ovvio) frequenza e periodo sono uno l'inverso dell'altra:

$$f = \frac{1}{T} \text{ e, di conseguenza, } T = \frac{1}{f}$$

Concludiamo con qualche dolente nota:

domande banalissime:

- qual è il periodo delle lancette dell'orologio?

- qual è il periodo della rivoluzione della terra intorno al sole?

un po' meno banali ma non tanto complicate:

- una giostra ruota con un periodo di 10 s. Calcolare la velocità tangenziale, la velocità angolare e l'accelerazione centripeta di un bambino posto a 1.5 m e di un bambino a 2 m dall'asse di rotazione. Qual è la sua frequenza?

con qualche (semplice) calcolo in più perché spesso la frequenza è espressa in giri al minuto (rpm: revolutions per minute)

- la centrifuga di una lavatrice è costituita da un cilindro di raggio 30 cm e ruota a 900 rpm. Calcolare la frequenza, il periodo, la velocità angolare, la velocità tangenziale e l'accelerazione centripeta dei punti sul bordo.
- Le grandi turbine eoliche hanno un rotore di 90 m di diametro e ruotano tipicamente a 20 rpm. Calcolare la velocità tangenziale delle punte delle eliche.

si, basta...

...per ora