

# CLT Fisioterapia/Logopedia/Educatori

## Programma 2017/2018

Matteo Ceccarelli Dipartimento di Fisica 1 Piano (C20) - 0706754933  
matteo.ceccarelli@dsf.unica.it    mceccare@katamail.com

1. Introduzione
2. Meccanica
3. Liquidi (sistema cardiocircolatorio)
4. Termodinamica
5. Fenomeni elettrici
6. (Onde e suono)

**Ricevimento su appuntamento (e-mail)**

# **CLT Fisioterapia**

## **Orari & Esami 2017/2018**

**Lezioni:** Lu-Me-Ve

**Inizio:** 8 Gennaio **Fine:** 24 Gennaio

**Esame:** scritto, esercizi + domande con risposte multiple

**Appelli:**

Febbraio-Giugno-Luglio-Settembre-Dicembre

Lezioni **OBBLIGATORIE**

**Corso Riallineamento**

**<http://elearning.unica.it/corsi-di-riallineamento/>**

# Testi consigliati

**Fisica Biomedica**, Edises, D. Scannicchio (prima era Borsa, Scannicchio)

**Fondamenti di Fisica**, Zanichelli, D. Halliday, R. Resnick, J. Walker

**Fondamenti di Fisica**, Pearson, James S. Walker

## Esame Modulo di Fisica e CI

L'esame di fisica prevede 2 CFU che si sommano a 1 CFU di Fisica Applicata e 3 CFU di Statistica.

L'esame da 6 CFU sarà registrato SOLO dopo che i tre moduli verranno sostenuti. Per la registrazione occorre iscriversi all'appello online e PRESENTARSI durante l'appello per la firma dal coordinatore del Corso Integrato, il sottoscritto.

# Sommario (1)

- Le Grandezze
- Concetto di Misura
- Sistema Internazionale e Unità derivate
- Multipli e Sottomultipli
- Vettori e loro operazioni
- Esercizi
- Cinematica
- Forze e dinamica

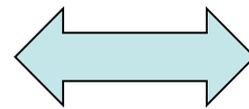
# Lezione (1) 08/01/18

# Introduzione alla Fisica

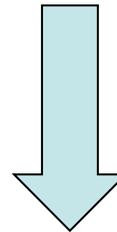
Scienza sperimentale

```
graph TD; A[Scienza sperimentale] --> B(Descrizione matematica quantitativa dei fenomeni); A --> C(Osservazione dei fenomeni); B <--> C; B --> D[Leggi della Fisica]; C --> D; D --- E[Relazioni quantitative tra grandezze fisiche indotte dall'osservazione]; E --- F["F=ma"];
```

Descrizione matematica  
quantitativa dei fenomeni



Osservazione  
dei fenomeni



**Leggi della Fisica**

Relazioni quantitative tra grandezze  
fisiche indotte dall'osservazione

$$\mathbf{F=ma}$$

# Perché la fisica

**La fisica cerca di rispondere alla domanda:  
Perché e come accade ciò che vediamo?  
Svela i meccanismi dei fenomeni**

**Fisica**



STRUMENTI

Matematica: numeri vettori operazioni metodi

PROBLEMI

Discipline varie: chimica biologia medicina  
economia geologia

STRUMENTAZIONE MODERNA

Comprensione dei principi di funzionamento:  
RMN-TC-Xray-Ultrasuoni-Laser-Microonde



# Sistema Internazionale

Sistema Internazionale - S.I.

<u>Grandezza</u>	<u>Unità</u>	<u>Simbolo</u>
Lunghezza	Metro	m
Tempo	Secondo	s
Massa	Kilogrammo	Kg
Corrente	Ampère	A



Primo sistema unità di misura (accademia francese delle scienze)

**Metro** unità campione a Parigi= 1 decimilionesimo della distanza tra l'equatore terrestre e i poli

*Oggi:* Lunghezza percorsa dalla luce in  $1/299792458$  di secondo

**Secondo** 1 giorno=86400 secondi

*Oggi:* Tempo di 9192631770 periodi della radiazione del cesio 133

**kg** unità campione a Parigi=cilindro di platino-iridio

**1 protone  $m_p=1.6726485 \cdot 10^{-27}$  kg  $m_{el}=m_p/1836$**

# Metro campione Platino vs Ottone



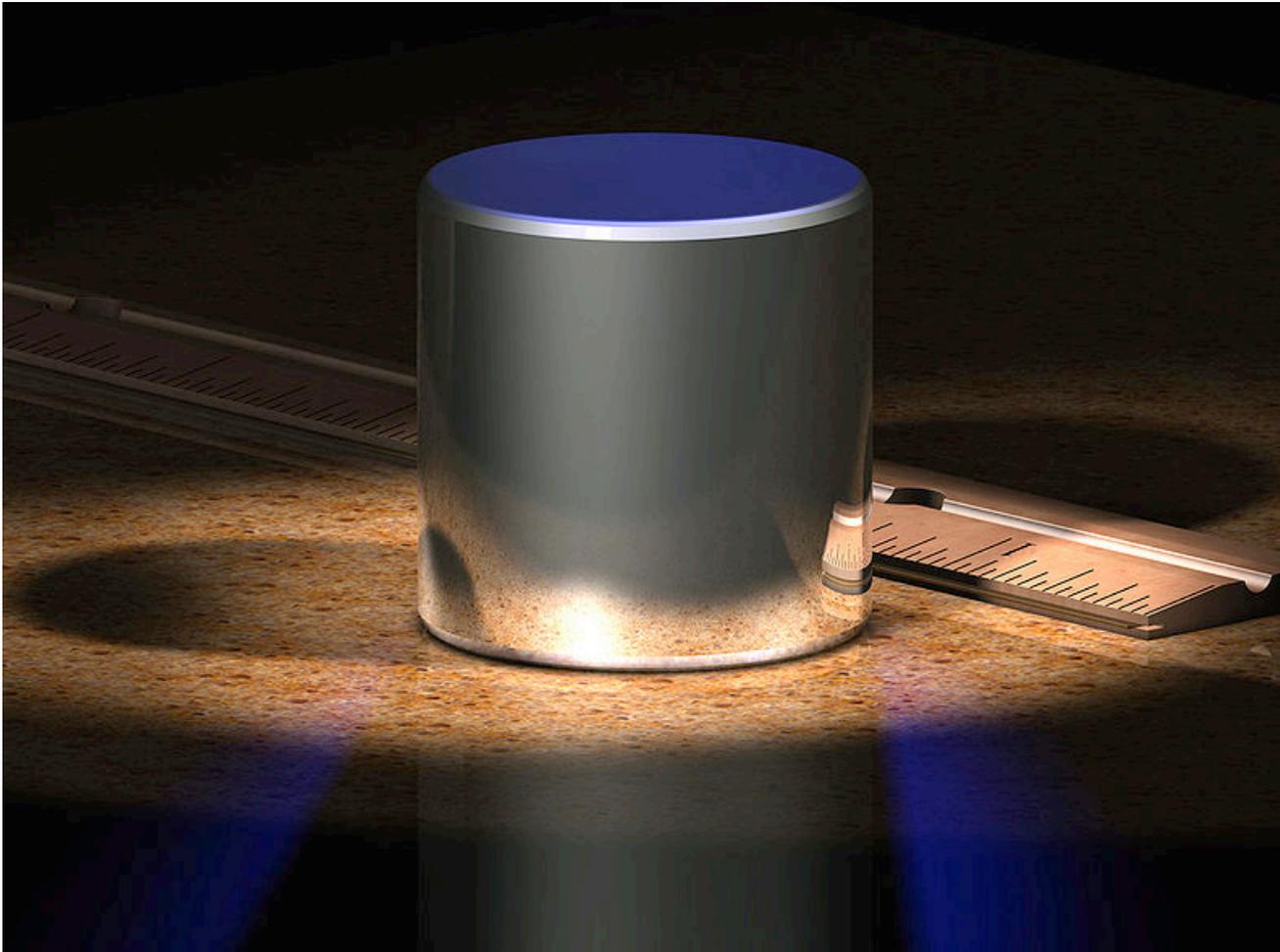
Questo bell'esemplare di metro campione in ottone reca inciso *Mètre, Dilatation du métal pour un degré centigrade 0<sup>m</sup>000019129*, e a sinistra la firma *Gambey à Paris*, rispondente a Henri Prudence Gambey (1789-1847), uno dei più abili e famosi costruttori francesi di strumenti di precisione della prima metà dell'Ottocento.

Il regolo presenta tacche al cm e, per i primi dieci cm a sinistra, al mm.

La custodia di legno riporta al suo interno un certificato di conformità con le seguenti informazioni:

"Renseignements relatifs au mètre de platine et au mètre de laiton dont l'identité, avec le mètre ci-joint, e été constatée par procès-verbal. La comparaison du mètre type de laiton avec le mètre en platine, établi conformément à la loi du 7 Avril 1795 (18 Germinal an 3), ayant été effectuée à la température de la glace fondante, point de départ admis pour la détermination du mètre, ces deux mesures ont été reconnues identiques à cette température. Le mètre de laiton ci-joint portant l'indication de sa dilatation linéaire pour un degré du thermomètre centigrade, sa longueur vraie peut ainsi être constatée à toute température".

# Chilogrammo campione: Le Grand Kilo



Cilindro retto circolare di 39 mm di base e diametro, lega di platino-iridio  
Tenuto in una teca di vetro con 3 separatori per evitare che reazioni chimiche ne modifichino la massa, errore di 2 microgrammi

**Da notare: non è stata ridefinita l'unità kg, perché?**

# Sulle Misure

Uno dei problemi principali nella misura delle grandezze è la **ripetibilità di una misura**: messi nelle stesse condizioni e con degli strumenti analoghi dobbiamo essere in grado di ripetere una misura già fatta. La differenza nelle diverse misure è **l'errore casuale**.

Il processo di misura non dovrebbe in alcun modo modificare la misura stessa. Poiché questo è impossibile, bisogna prestare attenzione e limitare più che si può di perturbare la misura con il processo di misura (vedremo esempio temperatura). La differenza tra la misura e il valore reale è **l'errore sistematico**.

Per alcuni tipi di grandezze esistono due tipi di metodi di misura

1. Invasivo o distruttivo
2. Non invasivo

Sono sempre da preferire quelli non invasivi.

# Valore medio

Gli errori casuali o accidentali si valutano calcolando il valor medio di una serie di  $N$  misure indipendenti:

$$\bar{l} = \frac{\sum_{i=1}^N l_i}{N}$$

**Valor medio:** valore più attendibile di una misura, è sempre compreso tra il valore massimo e minimo della serie di misure:

$$l_{\min} \leq \bar{l} \leq l_{\max}$$

La probabilità che la misura vera sia compresa tra il valor medio e la **varianza**  $\sigma$  è del 68 % (vedi anche statistica)

$$l = \bar{l} \pm \sigma$$

# Multipli e sottomultipli

<b>mm</b>	<b>millimetro</b>	sottomultiplo
m	metro	
<b>km</b>	<b>kilometro</b>	multiplo

$10^{-18}$	atto	am	diametro elettrone	$10^{-22}$
$10^{-15}$	femto	fm	neutrone o protone	$10^{-15}$
$10^{-12}$	pico	pm	Atomo	$10^{-10}$
$10^{-9}$	nano	nm	Molecole	$10^{-8}$
$10^{-6}$	micro	$\mu\text{m}$	Cellule-Virus	$10^{-7}$
$10^{-3}$	milli	mm	Foglio di carta	$10^{-4}$
-----				
$10^{+3}$	kilo	km	Campo calcio	$10^{+2}$
$10^{+6}$	Mega	Mm	Monte Everest	$10^{+4}$
$10^{+9}$	Giga	Gm	Raggio terra	$10^{+7}$
$10^{+12}$	Tera	Tm	Terra-sole	$10^{+11}$
$10^{+15}$	Peta	Pm	Stella più vicina	$10^{+16}$
$10^{+18}$	Exa	Em		
$10^{+21}$	Zetta	Zm	Galassia più vicina	$10^{+22}$

# Altri Sistemi e Unità derivate

$$\text{Velocità} = \frac{[L]}{[T]} = \frac{m}{s} \quad \text{Volume} = [L]^3 = m^3 \quad \text{Densità} = \frac{[M]}{[L]^3} = \frac{kg}{m^3}$$

**C.G.S. Centimetro-Grammo-Secondo, lo useremo con i fluidi!**

Sistemi Pratici unità pratiche: **Angstrom, quintale, minuto**

**Per ragioni storico-geografiche in paesi diversi possono esistere unità diverse**

Miglio-kilometro    Gallone-Litro    Scala Farheneit-Celsius

# Altri Sistemi e Unità derivate

**1. Conversione tra unità di misura: conoscere la loro relazione!!!**

$$1 \text{ miglio} = 1609 \text{ m} = 1.609 \text{ km} \Rightarrow 1 \text{ km} = 1 \text{ miglio}/1.609$$

**2. Operare la conversione della misura operando sull'unità**

$$120 \text{ km} = 120 * 1 \text{ miglio}/1.609 = 74.58 \text{ miglia}$$

$$\begin{aligned} 35 \text{ mi/h} &= 35 * 1.609 \text{ km/h} = 56.315 \text{ km/h} = 56.315 * 10^3 \text{ m}/(3.6 * 10^3 \text{ s}) \\ &= 15.64 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$1 \text{ m}^3 = (10 \text{ dm})^3 = 1000 \text{ dm}^3 = 1000 \text{ litri}$$

$$1000 \text{ dm}^3 = 1000 (10 \text{ cm})^3 = 10^6 \text{ cm}^3$$

**RICORDA: a unità piccola corrisponde misura grande e viceversa**

# Analisi Dimensionale

$$\text{Velocità} = \frac{[L]}{[T]} = \frac{m}{s} \quad \text{Volume} = [L]^3 = m^3 \quad \text{Densità} = \frac{[M]}{[L]^3} = \frac{kg}{m^3}$$

Rendere esplicite le dimensioni delle grandezze nelle equazioni ci permette di verificare la correttezza delle equazioni e la loro consistenza. Questa operazione si chiama analisi dimensionale!

$x = x_0 + vt$  è la ben nota equazione oraria per un moto a velocità costante

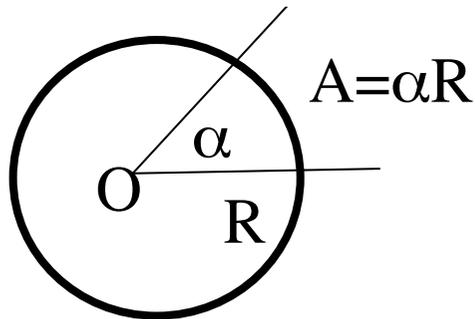
Poiché a sinistra abbiamo una lunghezza, anche a destra tutti i termini devono essere delle lunghezze

$$[L] = [L] + [L]/[T] * [T] = [L] + [L] \quad \text{OK}$$

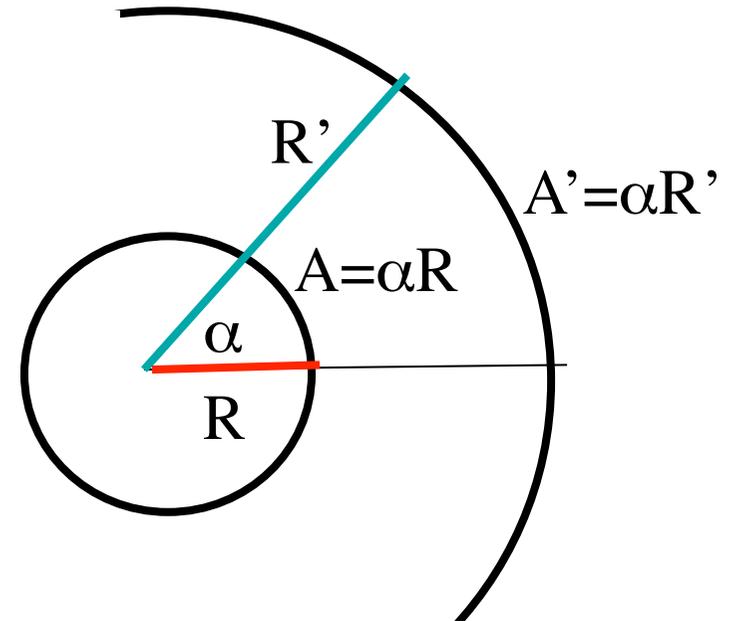
Questo controllo andrebbe fatto nell'impostare il problema e sempre prima di inserire i valori numerici delle variabili ( $x_0$ ,  $v$  e  $t$ )

# Angoli

Angolo  $\alpha$  = parte di spazio compreso tra due semirette uscenti da O che disegnano un'arco A sulla circonferenza



$$\alpha = \frac{A}{R}$$



**Per essere una buona definizione non deve dipendere da R**

A è sempre proporzionale al raggio R della circonferenza

**Angolo giro  $A=2\pi R \Rightarrow \alpha=2\pi$  radianti**

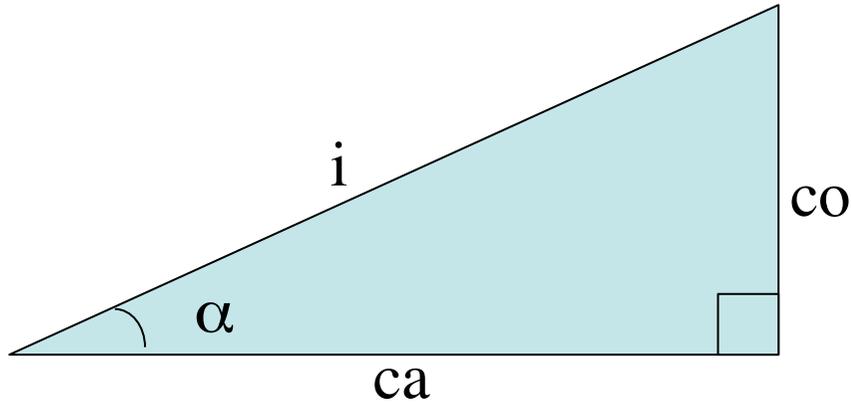
Da radianti a gradi e viceversa

$$2\pi \Leftrightarrow 360^\circ \quad x/60^\circ = 2\pi/360^\circ$$

$$x/(\pi/3) = 360^\circ/2\pi$$

L'angolo solido viene definito in maniera analoga come rapporto tra la superficie sottesa e il quadrato del raggio: max  $4\pi R^2/R^2=4\pi$

# Trigonometria



## Triangoli Rettangoli:

$i$ =ipotenusa

$ca$ =cateto adiacente

$co$ =cateto opposto

$$\sin(\alpha) = co/i$$

$$\cos(\alpha) = ca/i$$

$$\text{tg}(\alpha) = \sin(\alpha)/\cos(\alpha) = co/ca$$

$$co = i * \sin(\alpha)$$

$$ca = i * \cos(\alpha)$$

$$co = ca * \text{tg}(\alpha)$$

# Scalari e Vettori

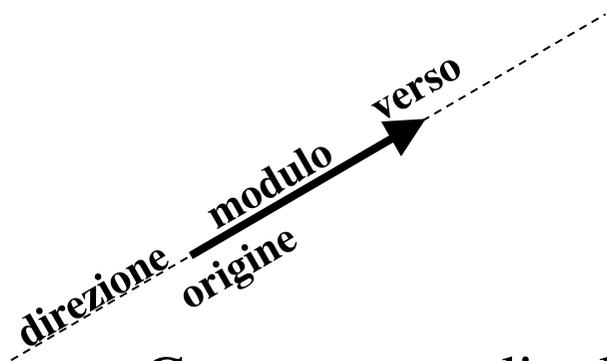
$$\text{Velocità} = \frac{[L]}{[T]} = \frac{m}{s}$$

Lunghezza e tempo  $\Rightarrow$  scalari  
Velocità  $\Rightarrow$  vettore

Grandezza Scalare  $\Rightarrow$  Numero

Grandezza Vettoriale  $\Rightarrow$  Modulo + Direzione + Verso  $|\vec{v}|$   $\vec{v}$

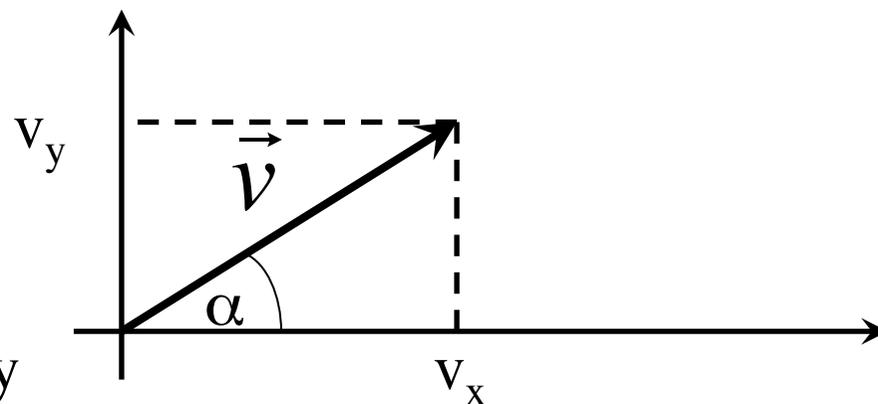
## Rappresentazione grafica e matematica dei vettori



Componente di  $v$  lungo  $x$  e  $y$

$$v_x = \vec{v} \cos(\alpha)$$

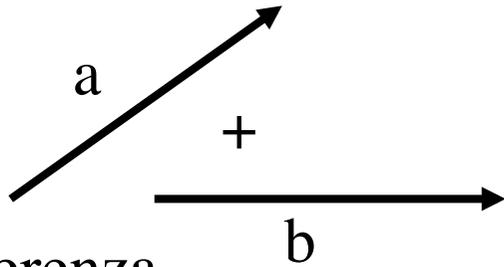
$$v_y = \vec{v} \sin(\alpha)$$



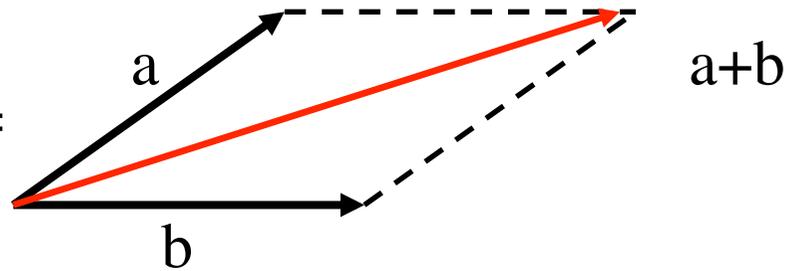
$$|\vec{v}| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

# Operazioni tra Vettori

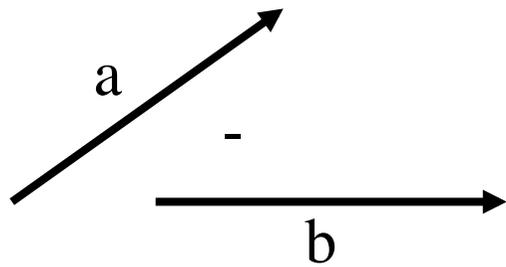
Somma



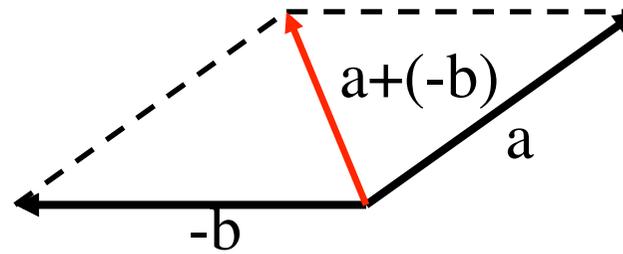
=



Differenza

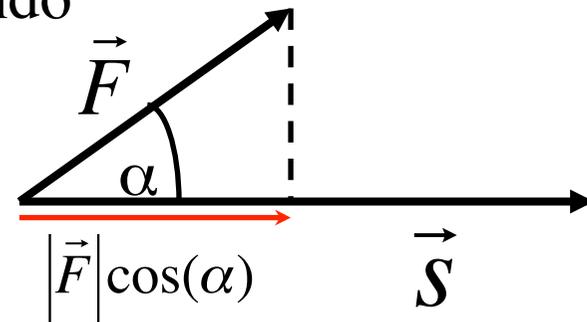


=



## Prodotto scalare

Def: Prodotto tra il primo vettore e il secondo proiettato sul primo = **è uno scalare**



$$\vec{F} \cdot \vec{S} = |\vec{S}| |\vec{F}| \cos(\alpha)$$

# Operazioni tra Vettori

## Prodotto vettore

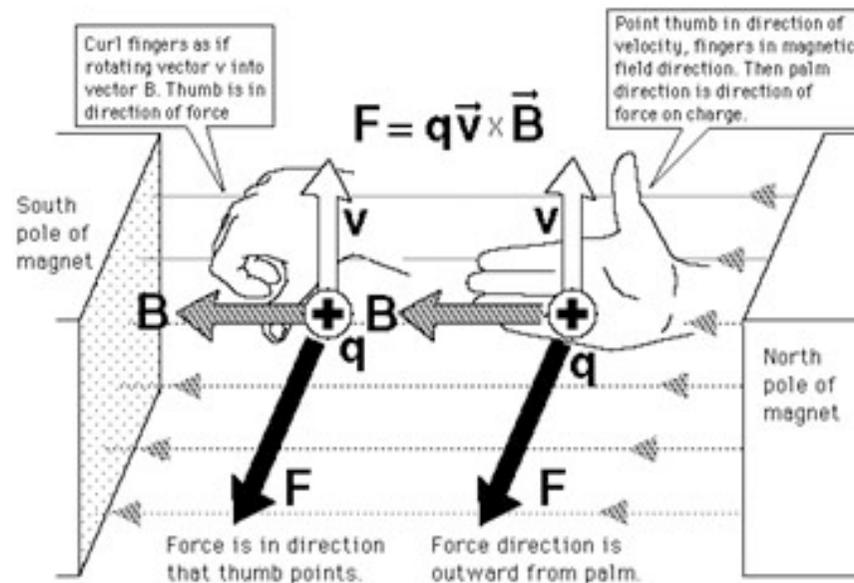
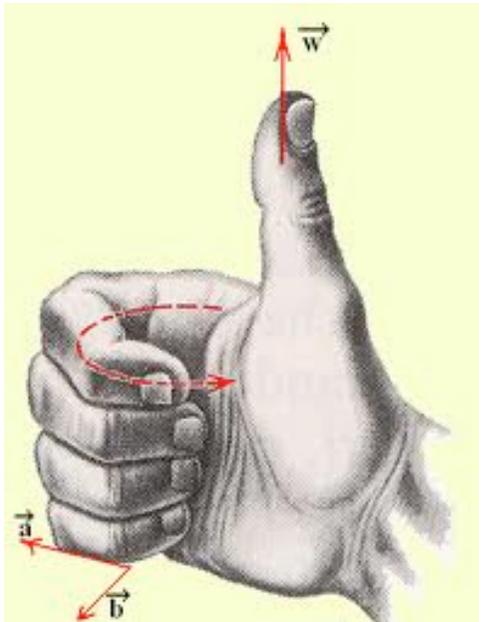
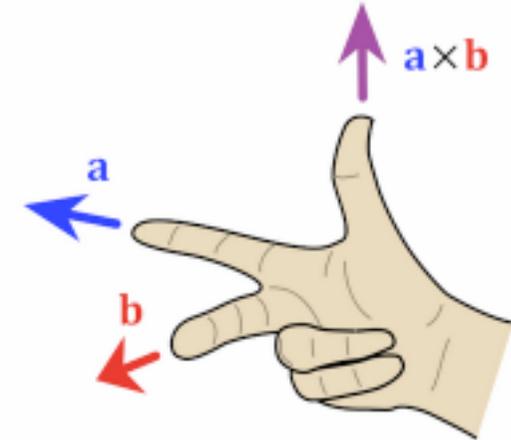
Def: Prodotto tra il primo vettore e il secondo vettore è ancora un vettore

$$\vec{a} \times \vec{b} = \vec{c}$$

Il modulo di c vale:

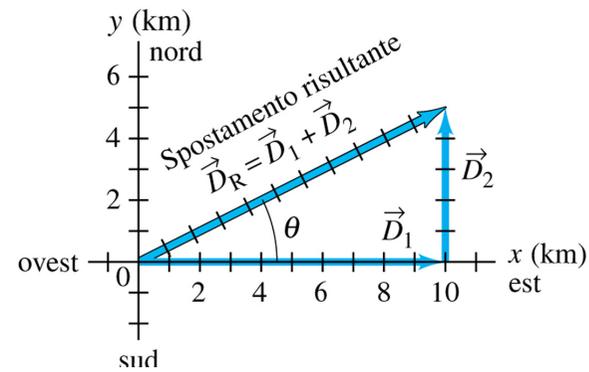
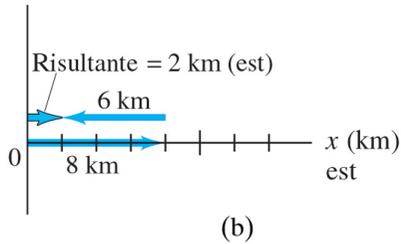
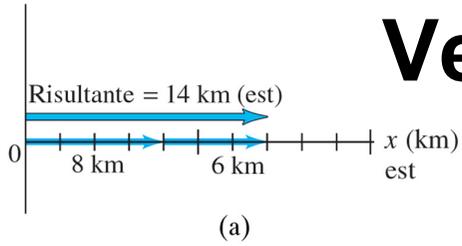
$$|\vec{c}| = |\vec{a}| \cdot |\vec{b}| \cdot \sin \theta$$

Per individuare direzione e verso del vettore c si usa la regola della mano destra nelle sue varie forme!



# Cinematica e moti elementari

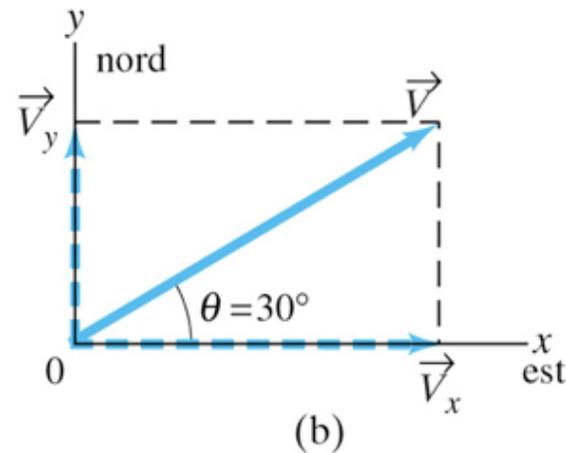
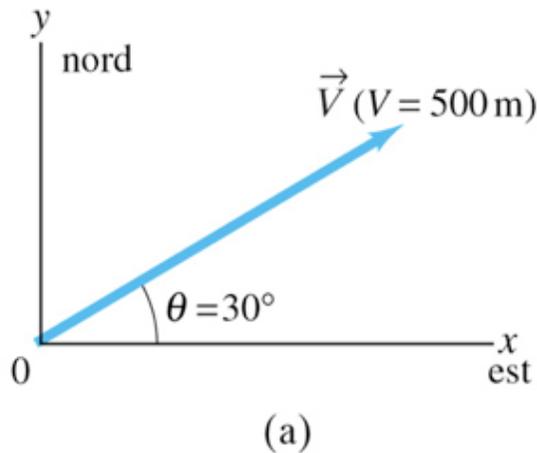
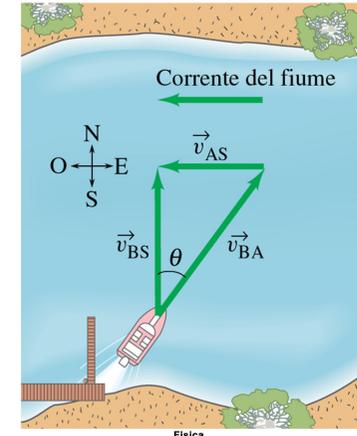
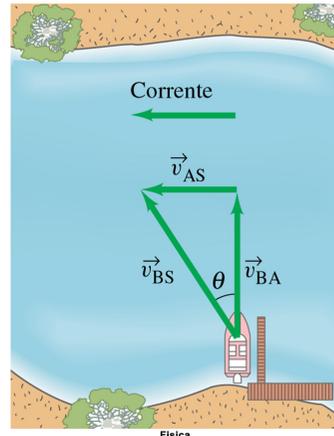
# Vettori in cinematica



Somma di Spostamenti



Somma di Velocità



$$V_y = V \sin \theta = 250 \text{ m}$$

$$V_x = V \cos \theta = 433 \text{ m}$$

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = 500 \text{ m}$$

# Cinematica: descrizione dei moti

La Meccanica è divisa in 3 filoni:

1. Cinematica
2. Dinamica
3. Statica

La cinematica studia i moti dei corpi a prescindere dalle cause che hanno provocato il moto. Queste saranno oggetto della dinamica.

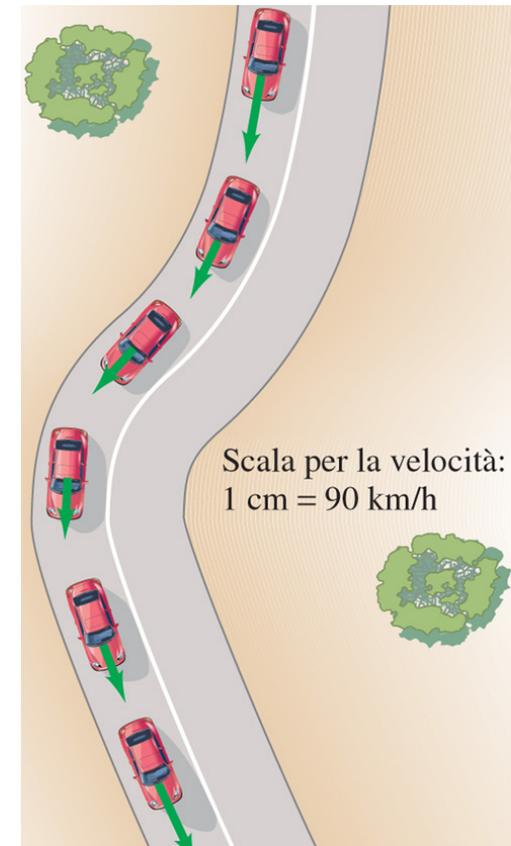
Quali sono le grandezze che caratterizzano lo spostamento di un corpo?

Spostamento  $s=[L]$  spazio percorso

velocità  $v=[L]/[T]$   $\Delta s/\Delta t$

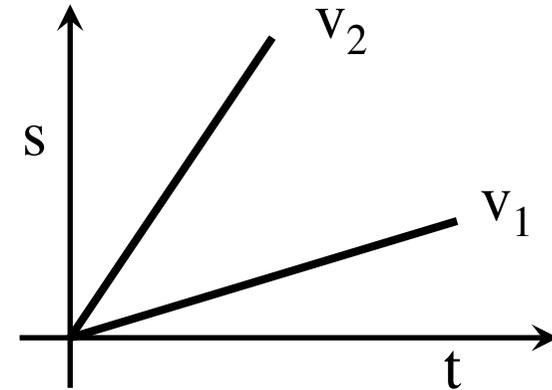
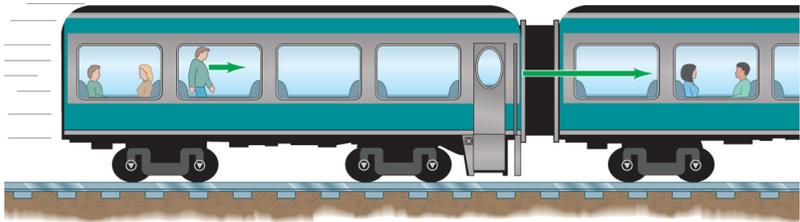
accelerazione  $a=v/[T]=[L]/[T]^2$   $\Delta v/\Delta t$

La velocità non è altro che l'incremento dello spazio percorso nell'unità di tempo, e l'accelerazione l'incremento della velocità sempre nell'unità di tempo



# Moti elementari

## Moto rettilineo uniforme, $v = \text{costante}$



### Equazione oraria

$$s(t) = v t$$

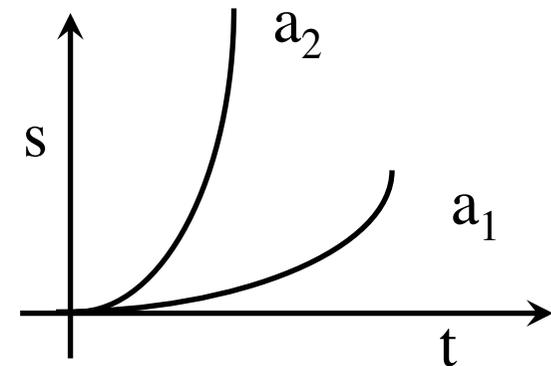
## Moto rettilineo uniformemente accelerato, $a = \text{costante}$



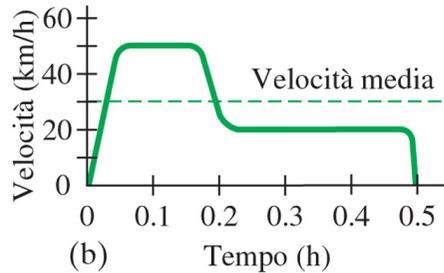
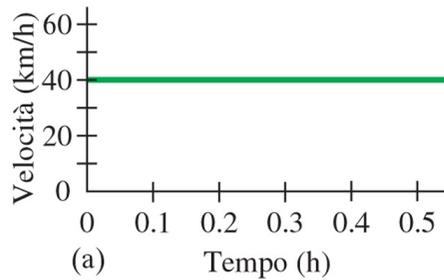
### Equazioni orarie

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

$$s(t) = v_0 t + 0.5 a t^2$$

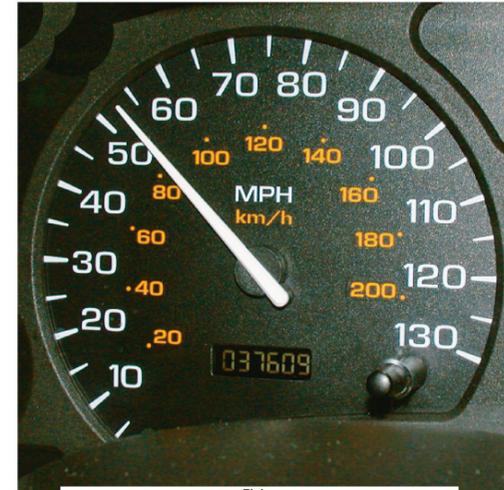


# Misure istantanee e medie



Fisica  
Copyright 2006 Casa Editrice Ambrosiana

Velocità istantanea  
e  
velocità media



Fisica  
Copyright 2006 Casa Editrice Ambrosiana

La **velocità istantanea** rappresenta la velocità a un dato istante: si misura con uno strumento che misura velocità, il tachimetro nelle auto.

La **velocità media** invece si misura attraverso la definizione stessa di velocità, cioè come rapporto tra spazio percorso e tempo impiegato. Di solito si misura per tempi lunghi (ore, ad esempio un viaggio tra Cagliari e Sassari).

# Legge oraria

Le leggi orarie sono le funzioni che definiscono  $a(t)$ ,  $v(t)$  e  $s(t)$ . Per il caso di accelerazione costante (moto rettilineo uniformemente accelerato) abbiamo trovato che:

$$a(t) = \text{costante}$$

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

$$s(t) = \frac{1}{2} a \cdot t^2 + v_0 \cdot t + s_0$$

Nel caso di velocità costante (moto rettilineo uniforme):

$$a(t) = 0$$

$$v(t) = v_0$$

$$s(t) = v_0 \cdot t + s_0$$

La giusta combinazione di queste equazioni viene usata per calcolare lo spazio di frenata di un'automobile, l'altezza a cui arriva un corpo lanciato verso l'alto e la gittata dei proiettili (esercizio)

# Dinamica: Le Forze

## Cosa è una forza?

Possiamo dire che una forza è una sollecitazione

## **Possiamo anche domandarci cosa provoca una forza:**

1. Effetto statico: Una deformazione di un corpo
2. Effetto dinamico: Un cambiamento del moto di un corpo

Con un martello posso, a seconda di come lo rivolgo a un corpo:

1. Rompere il corpo
2. Muovere il corpo

Le forze sono vettori, quello che conta è la **RISULTANTE** (vettoriale) delle forze

# Dinamica

La dinamica studia le forze applicate agli oggetti che provocano movimento. Le forze sono delle grandezze vettoriali.

Esistono 3 principi fondamentali della dinamica.

1. Se la risultante delle forze applicate è nulla, il primo principio, o principio di inerzia, dice che un corpo procede nel suo stato di quiete o di moto rettilineo uniforme.

$$F=0 \Rightarrow v=\text{costante}$$

Per  $F$  si intende somma vettoriale di tutte le forze

Quindi solo le forze sono capaci di modificare lo stato di quiete di un corpo o modificarne la velocità. Se la risultante delle forze non è nulla allora interviene il secondo principio:

# Dinamica

2. Una forza produce su un oggetto di massa  $m$  un'accelerazione quantificabile dalla legge  $F=ma$ .
3. Principio di azione e reazione: A ogni azione prodotta da un corpo 1 su un corpo 2 tramite una  $F_{12}$  corrisponde una reazione uguale e contraria del corpo 2 sul corpo 1,  $-F_{21}$ . Attenzione: le due forze sono sì opposte MA agiscono su corpi diversi!

Le forze possono anche cambiare la forma di un corpo, quando siamo in presenza di fenomeni non elastici.

Esistono delle forze dette apparenti, dovute alla presenza di sistemi di riferimento NON inerziali, come ad esempio la forza centrifuga. Un esempio è dato anche dal caso della macchina che accelera o frena.

Cosa sentiamo in questi casi?

Le forze si misurano in **Newton**: forza per produrre un'accelerazione di  $1 \text{ m/s}^2$  a un corpo di massa  $1 \text{ kg}$ .

# Forza peso

La forza peso è una forza che ci accompagna tutti i giorni. Noi siamo evoluti in presenza di una forza attrattiva verso il basso che attrae tutte le masse (vedremo caso delle ossa).

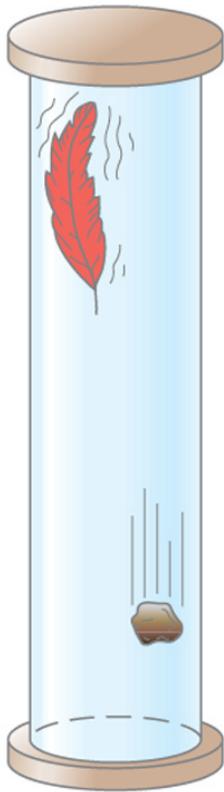
La particolarità della forza peso è che dipende dalla massa del corpo. Questa sua dipendenza viene fuori dalla legge di Newton di attrazione tra due masse:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} = G \frac{M_T}{R_T^2} m = mg$$

$g=9.8 \text{ m/s}^2$  ragionevolmente quasi dappertutto sulla terra

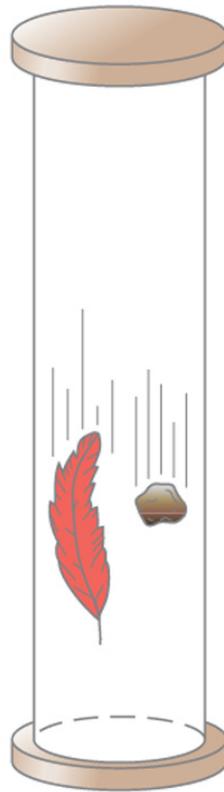
**Quali conseguenze ha la dipendenza della forza dalla massa?**

# Forza peso



Tubo pieno d'aria

(a)



Tubo «vuoto»

(b)



(a)



(b)

Cosa significano queste figure?  
Quale figure sono corrette?

# Lezione (2) 10/01/18

# Massa

La massa è l'unità di misura della quantità di materia. Molto spesso viene confusa con il peso, che invece è una forza!

Siccome la materia è costituita da atomi e molecole, la massa è la misura del numero di atomi o molecole, ed è legata al numero di Avogadro (massa molare).

È improprio dire: il mio peso è 70 kg, perché usiamo un'unità di misura della massa per esprimere una forza, **il peso è una forza**

Corretto:

La mia massa è 70 kg

Il mio peso è  $F=mg=70\text{kg}\cdot 9.8\text{ m/s}^2 \sim 700\text{ Newton}$

# Energia

Energia di un corpo: capacità di un corpo di compiere lavoro

Esistono varie forme di energia:

1. Energia cinetica
2. Energia potenziale
3. Energia interna
4. Calore

L'energia si misura in Joule, definita come l'energia che si fornisce a un corpo applicando una forza di 1 N per 1 metro

$$L=[\text{Joule}]=[L^2][M]/[T^2]=1\text{N } 1\text{m}$$

## **Principio di conservazione dell'energia:**

L'energia si può trasformare da una forma all'altra ma l'energia totale di un sistema si conserva

**Non è dimostrabile ma al momento non ci sono casi in cui l'energia non si sia conservata**

# Energia e Lavoro

Il lavoro e l'energia si misurano entrambi in joule (j) perché esprimono lo stesso concetto.

1 joule è il lavoro fatto da una forza di 1 Newton che sposta un oggetto per 1 metro lungo la sua direzione:  $L = f \cdot \Delta s$

L'energia è vista come la capacità che ha un corpo di compiere lavoro.

## Quantità adimensionali

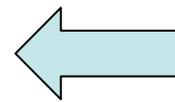
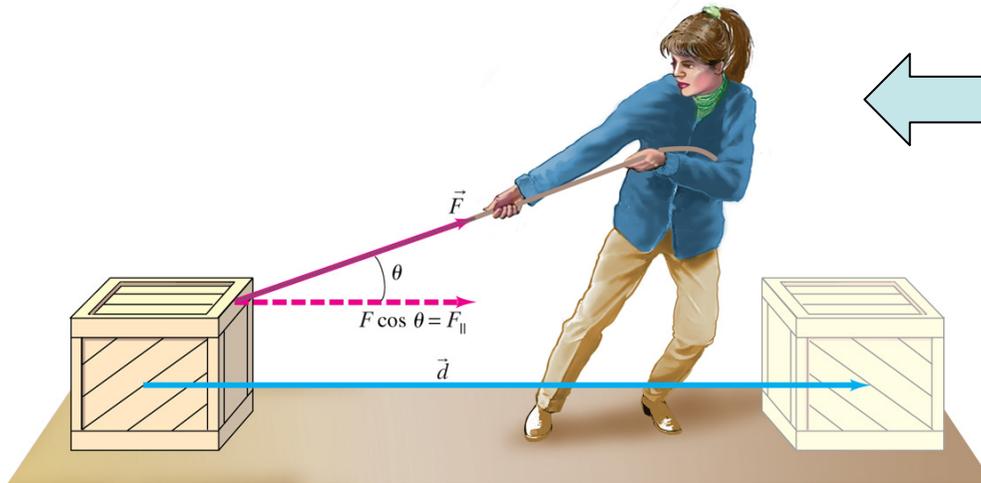
Esistono delle quantità adimensionali, cioè che non hanno unità di misura. Sono numeri puri, come il numero di Avogadro, il numero di moli o ancora il rapporto tra quantità dimensionali, come la costante dielettrica relativa o l'indice di rifrazione

# Lavoro

Definiamo matematicamente il lavoro fatto da una forza come il prodotto scalare della forza per lo spostamento

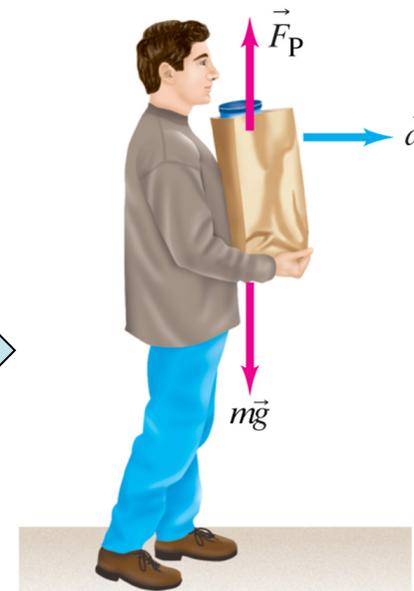
$$L = \vec{F} \cdot \vec{d} = Fd \cos \theta$$

**Una forza compie lavoro quando il punto di applicazione della forza si sposta!!!  
Si fa lavoro SOLO quando si sposta il punto di applicazione della forza!!!**



È la componente della forza lungo lo spostamento quella che conta!  $L = F d \cos \theta = F_{\parallel} d$

Nel caso in cui si trasporta qualcosa il lavoro fatto risulta nullo perché la forza applicata è perpendicolare allo spostamento,  $\theta = 90^\circ \Rightarrow \cos 90^\circ = 0$



# Potenza

Potenza= velocità con cui viene fornita/consumata energia

$$\text{Watt} = E / \Delta t = 1 \text{ J} / 1 \text{ s}$$

Un atleta di 60 Kg sale una rampo di scale alta 4.5 m in 4.0 s

Quanto è il lavoro e la potenza

$$L = mgh = 60 \text{ Kg} * 9.8 \text{ m/s}^2 * 4.5 \text{ m} = 2646 \text{ J}$$

$$W = L / \Delta t = 2646 \text{ J} / 4 \text{ s} = 661.5 \text{ W}$$

Cavallo vapore= potenza per sollevare 75 kg per 1 metro in 1 secondo

$$1 \text{ cavallo-vapore} = mgh/s = 75 * 9.8 \text{ J/s} = 735 \text{ W} = 0.735 \text{ kW} = 735 \text{ W}$$

**In Inghilterra 746 W!**



Fisica  
Copyright 2006 Casa Editrice Ambrosiana

# Teorema dell'energia cinetica

Quando applichiamo una forza a un corpo questo accelera e acquista velocità. **Nel caso la forza sia costante:**

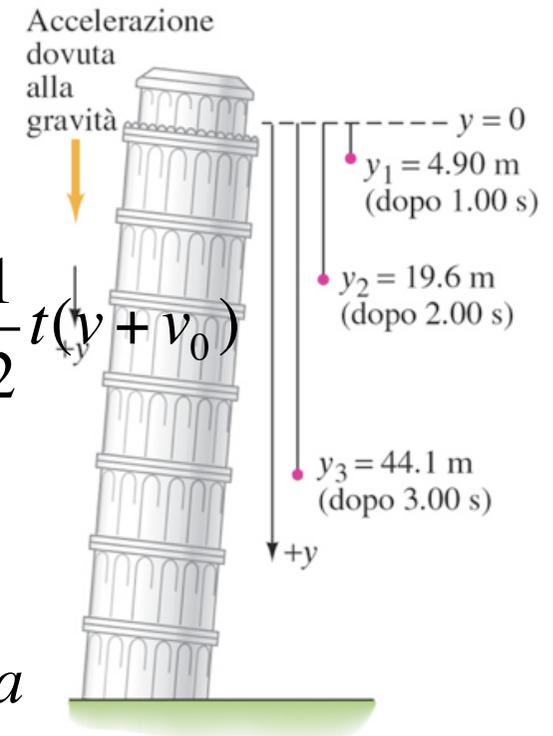
$$L = ma \cdot s$$

$$v = v_0 + at \Rightarrow a = \frac{v - v_0}{t}$$

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 = \frac{1}{2} t(2v_0 + at) = \frac{1}{2} t(2v_0 + v - v_0) = \frac{1}{2} t(v + v_0)$$

$$L = m \frac{v - v_0}{t} \frac{1}{2} t(v + v_0) = \frac{1}{2} m(v - v_0)(v + v_0)$$

$$L = \frac{1}{2} m(v^2 - v_0^2) = \text{Variazione\_Energia\_Cinetica}$$



Il lavoro fatto si è trasformato in **variazione** di energia cinetica del corpo.

$$\mathbf{L = \Delta K}$$

# Energia potenziale

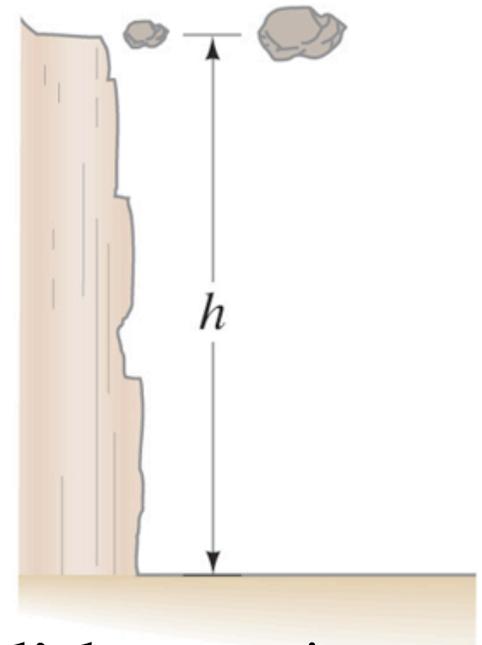
Se solleviamo un oggetto a una quota  $h$  dobbiamo compiere lavoro. Ma il corpo non aumenta la sua energia cinetica. Dove va il lavoro fatto? In presenza di campi di forze conservative (la gravità) possiamo introdurre il concetto di energia potenziale associata alla configurazione del sistema e dire che modifichiamo l'energia potenziale dell'oggetto. La relazione tra lavoro fatto **dalla forza conservativa ed energia potenziale** risulta la seguente:

$$L = U_i - U_f = -\Delta U$$

L'energia potenziale per il campo gravitazionale, a una distanza non troppo elevata dalla superficie terrestre, vale

$$U(h) = mgh$$

Vedremo ancora il concetto di energia potenziale con l'elettrostatica.



# Concetto Forza Conservativa

$$L=U_i-U_f=-\Delta U$$

Il lavoro si può scrivere come differenza tra due termini di energia (potenziale) che dipendono solo dalla posizione (locale) della particella, la sua coordinata, e non da come la particella sia arrivata in quel punto. In questo caso la forza deve essere conservativa. Esistono delle condizioni sulla forma analitica dell'espressione della forza che ci dicono quando una forza è conservativa (come dipendenza da  $1/r^2$ ).

Se facciamo lavoro positivo con una forza conservativa, spingiamo una particella lungo una retta, allora l'energia potenziale DEVE diminuire (caduta di un grave). Ma stiamo anche variando l'energia cinetica, che DEVE aumentare, il lavoro è positivo!!!

# Conservazione energia

Se utilizziamo il teorema dell'energia cinetica e la definizione di energia potenziale tra il punto iniziale 1 e il punto finale 2:

$$L = \Delta K$$
$$U_1 - U_2 = K_2 - K_1$$

Ricaviamo che la somma di energia potenziale + energia cinetica è costante in tutti i punti, cioè l'energia meccanica si conserva!

$$U_1 + K_1 = U_2 + K_2$$

Da questa formula si ricava la ben nota formula della velocità di fuga:

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

# Esercizi

# Esercizi

- $R_{\text{terra Equatoriale}} = 6378 \text{ [km]} \Rightarrow \dots \text{ [m]}$   $1 \text{ [km]} = 10^3 \text{ [m]}$   $R = 6.38 \text{ Mm}$
- $1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ litri}$   $1 \text{ litro} = ? \text{ dm}^3$
- $1 \text{ cellula} = 1 \mu\text{m}^3$  Numero cellule in  $1 \text{ cm}^3$
- $100 \text{ km/h} = ? \text{ m/s}$
- $1 \text{ m/s} = ? \text{ km/h}$
- $30^\circ = ? \text{ Radianti}$
- $\pi/3 = ? \text{ Gradi}$
- Trasformare nel SI:  $d = 1 \text{ g/cm}^3$ ;  $d = 1 \text{ g/dm}^3$ ;  $d = 10000 \text{ g/m}^3$
- Trasformare nel SI:  $A = 100 \text{ cm}^2$
- Distanza Mi-Ca  $45^\circ, 48\text{N}$   $9^\circ, 18\text{E}$  -  $39^\circ, 22\text{N}$   $9^\circ, 12\text{E}$  usare  $A = \alpha R$
- $v_x = 2 \text{ m/s}$   $v_y = 3 \text{ m/s}$   $|v| =$
- $v = 10 \text{ m/s}$   $\alpha = 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ$   $v_x = ?$   $v_y = ?$

# Volumi

$$1 \text{ m}^3 = ? \text{ dm}^3$$

$$1 \text{ m}^3 = ? \text{ cm}^3$$

$$1 \text{ m}^3 = ? \text{ mm}^3$$

Per definizione 1 litro =  $10^{-3} \text{ m}^3$

$$\text{Litro} = ? \text{ dm}^3$$

$$\text{Litro} = ? \text{ cm}^3$$

$$\text{Litro} = ? \text{ mm}^3$$

$$1 \text{ cl} = ? \text{ cm}^3$$

$$1 \text{ ml} = ? \text{ cm}^3$$

$$1 \text{ cc} = \text{?????}$$

## Esercizi

Quanto spazio percorro muovendomi a 20 m/s per due ore?

Percorro 100 km alla velocità di 85 km/h, poi mi fermo 30 minuti e riprendo percorrendo 150 km alla velocità di 120 km/h. Quale è la velocità media?

Un corridore percorre 100 metri in 9.58 s (2009, Usain Bolt).

Quale è la sua velocità media (km/h)?

Supponendo che raggiunge la velocità massima dopo 50 m

calcolare questa velocità e l'accelerazione (in realtà la velocità di picco è di 44,72 km/h tra 60-80 metri e quella media nei secondi 50 metri di 41 km/h)

Suggerimento:  $0.5 v \cdot t_1 = v \cdot t_2$

Infatti partendo da fermi ho che:

$$S = 0.5 a \cdot t_1^2$$

$$\text{e siccome } v = a \cdot t_1 \Rightarrow S = 0.5 v t_1$$

# Gittata e scomposizione moti

Viene lanciato un proiettile con una velocità iniziale di 30 m/s e un'inclinazione di 30 gradi sopra un terreno piano. Quanto spazio percorre prima di toccare terra?

Siamo in presenza di due moti indipendenti, quello verticale con accelerazione costante e quello orizzontale con velocità costante!  
Usiamo le equazioni orarie per risolverlo anziché le formule esistenti.

$$a(t) = 0$$

$$v(t) = v_0$$

$$s(t) = v_0 \cdot t + s_0$$

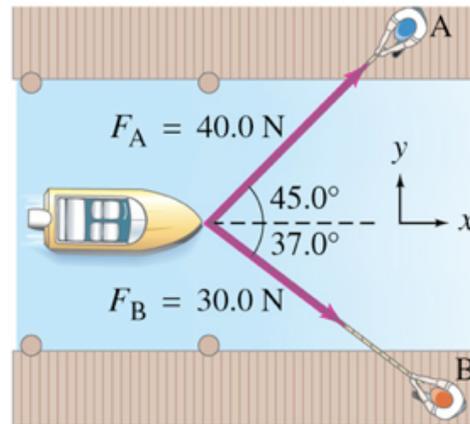
$$a(t) = \text{costante}$$

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

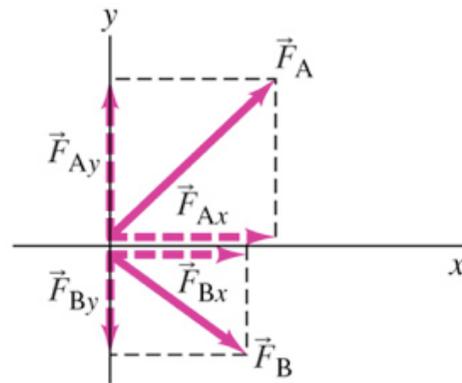
$$s(t) = \frac{1}{2} a \cdot t^2 + v_0 \cdot t + s_0$$

# Le Forze

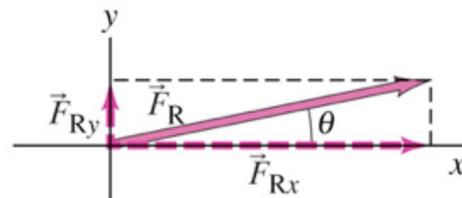
**Forze = vettori**  
modulo  
direzione  
verso



(a)



(b)



Con le due forze in figura, quanto vale la componente lungo  $y$  della forza totale? Lungo quale direzione si sposta il motoscafo, se questo non ha alcun vincolo? Quale è il lavoro fatto dalla forza totale su un percorso di 10 m parallelo al canale? E dalle singole forze? Come bisogna modificare la forza di B perché il motoscafo si sposti solo lungo  $X$ ? In questo caso quanto vale il lavoro fatto dalle due persone?

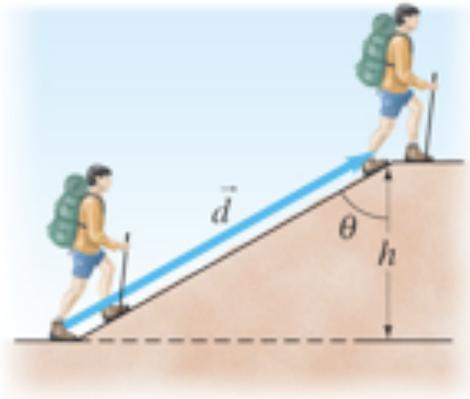
# Lavoro

Quando si trasporta qualcosa ad un'altezza  $h$  si deve compiere lavoro contro la forza di gravità:

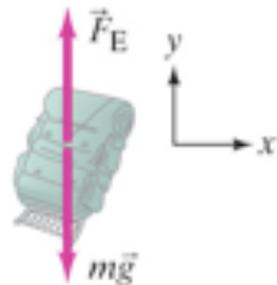
$$L = F d \cos \theta \quad \text{Ma } d \cos \theta = h$$

Non importa il percorso che facciamo ma solo il dislivello!

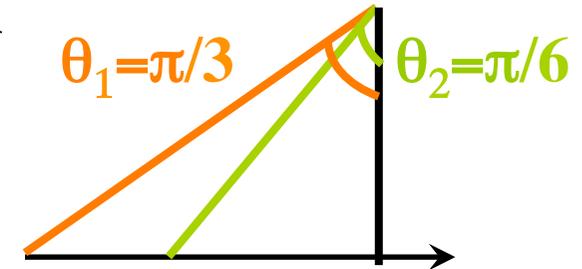
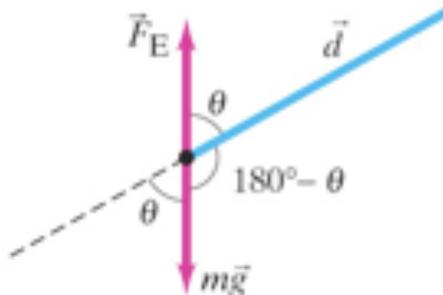
$$L = Fh = mgh$$



(a)



(b)



$$m = 15 \text{ Kg}$$

$$h = 10 \text{ m}$$

$$\theta_1 = \pi/3$$

$$d_1 = 20 \text{ m} \quad h = 20 * \cos(\pi/3) \text{ m} = 10 \text{ m}$$

$$\theta_2 = \pi/6$$

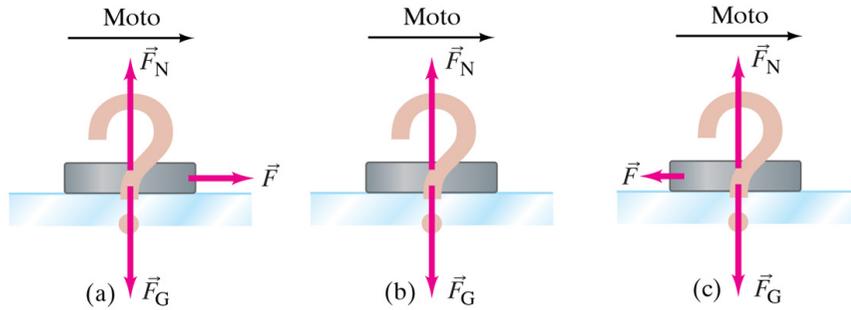
$$d_2 = 11.55 \text{ m} \quad h = 11.55 * \cos(\pi/6) \text{ m} = 10 \text{ m}$$

$$F_E = mg = 15 * 9.8 \text{ N} = 147 \text{ N}$$

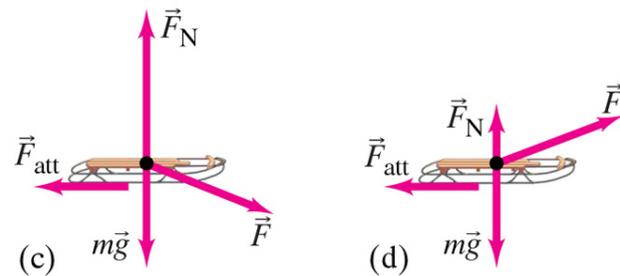
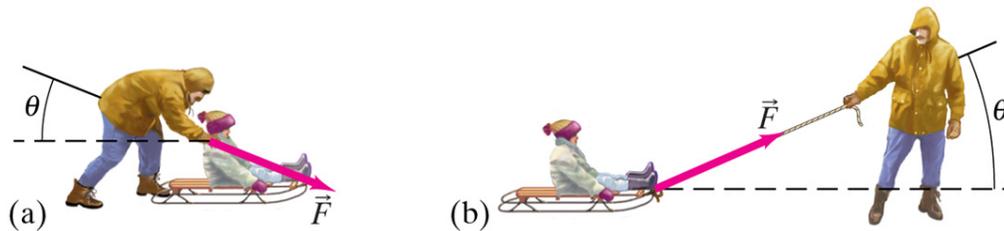
$$L = 147 \text{ N} * 10 \text{ m} = 1.47 \cdot 10^3 \text{ J}$$

**Questo perché le forze sono conservative,  
l'energia non dipende dal percorso!!!**

# Vincoli e attriti

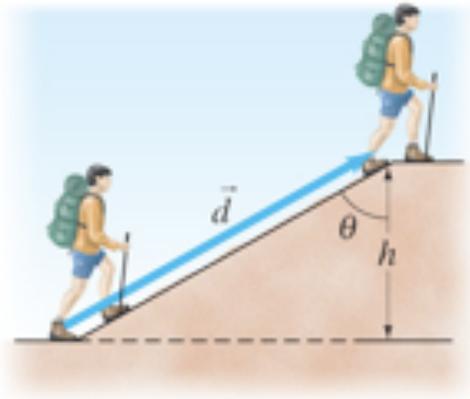


Quale è la figura giusta per un disco da hockey che scivola sul ghiaccio senza attrito?

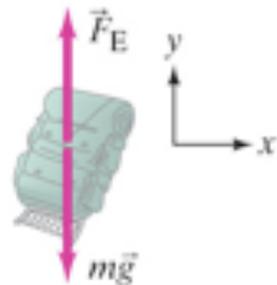


Conviene spingere o tirare una slitta?

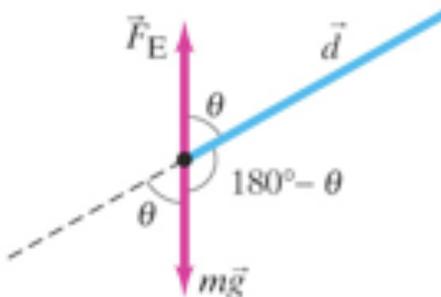
## Attrito: forza non conservativa



(a)



(b)



Se nel problema precedente ci fosse una forza d'attrito costante (che non dipende dall'angolo), dove sarebbe maggiore il lavoro per arrivare a un'altezza  $h$ ?

$$L_a = -\vec{F}_a \cdot \vec{S}$$

$$\theta_1 = \pi/3$$

$$S_1 = 20 \text{ m}$$

$$\theta_2 = \pi/6$$

$$S_2 = 11,5 \text{ m}$$

Il lavoro fatto **DIPENDE** dal cammino scelto, non dall'altezza raggiunta, abbiamo a che fare con una forza **NON CONSERVATIVA**, l'attrito.

Non possiamo più scrivere:

$$\mathbf{L} = -\Delta U$$

# Sulla conservazione dell'energia: Esercizio Saltatore con l'asta



$h=6$  m (record mondiale di salto con l'asta)  
 $m=70$  Kg  
Determinare la velocità di arrivo alla battuta

$U=mgh=70 \text{ Kg} \cdot 9.8 \text{ m/s}^2 \cdot 6 \text{ m} = 4116 \text{ J}$   
Principio di conservazione dell'energia  
 $K=U=4116 \text{ J}=0.5 m v^2 \Rightarrow$

$$v = \sqrt{\frac{4116 \times 2}{70}} \text{ m/s} \quad v=10.8 \text{ m/s}=39 \text{ km/h}$$

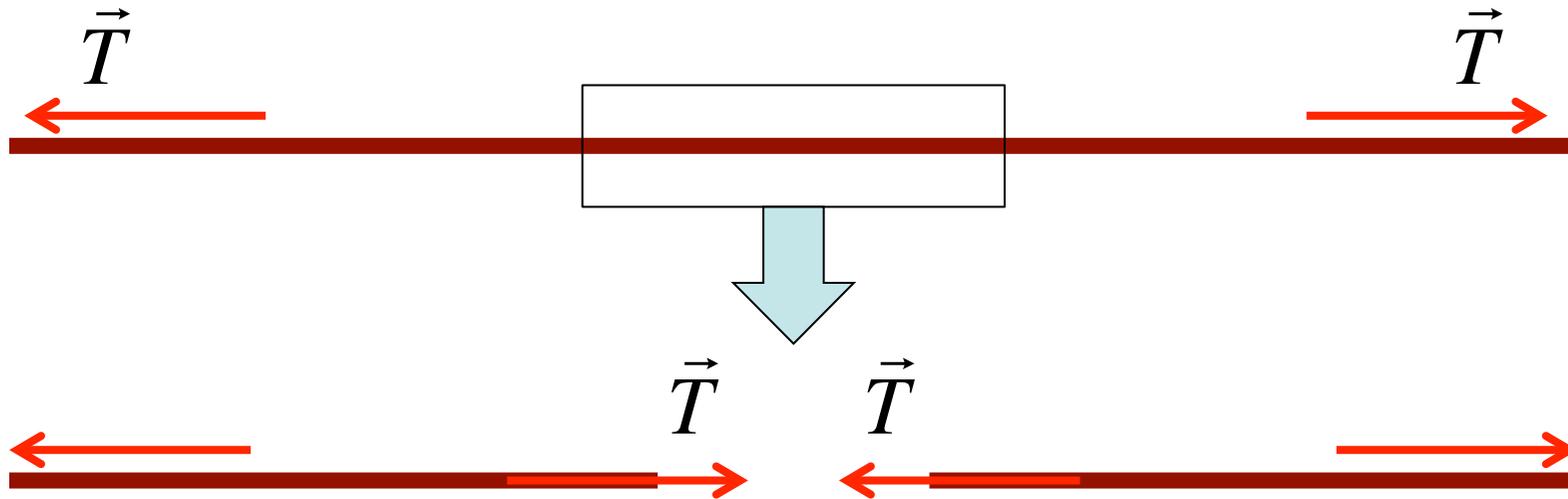
Cosa succede se  
considero  
un atleta di 50 Kg?  
velocità più grande o  
piccola?

**La stessa!**

$$v = \sqrt{\frac{mgh \times 2}{m}} = \sqrt{2gh}$$

# La tensione come forza

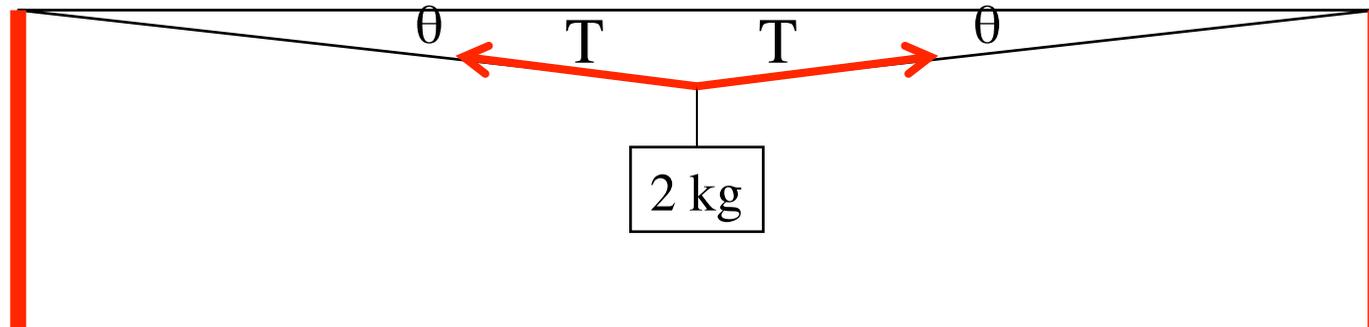
Una corda tirata da entrambi gli estremi ha una tensione  $T$ .  
Se immaginiamo di tagliare in due la corda, la tensione è uguale a quella forza che dovremmo applicare per tenere le due estremità unite



# Ancora sull'importanza dei vettori

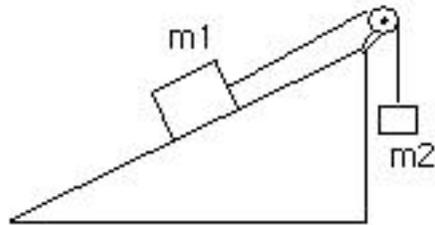
- Esercizio del filo da stendere

Una massa di 2 kg è appesa a un filo nel suo punto medio e provoca un'inclinazione del filo rispetto alla linea orizzontale di  $\theta = 2,7^\circ$ . Trovare la tensione nel filo. Comparare questa tensione con la forza peso dell'oggetto ( $2 \cdot 9.8\text{N}$ ,  $9.8 \cdot 21.2$ ).



# La tensione all'equilibrio

Quando siamo all'equilibrio la tensione di una fune uguaglia la forza applicata (qui la forza peso):



Esercizio: a quale angolo  $\theta$  si ha equilibrio se  $m_2=2$  kg e  $m_1=5$  kg? ( $m_1$  scorre senza attrito)  
Quanto vale la tensione? ( $23^\circ$ , 20N)