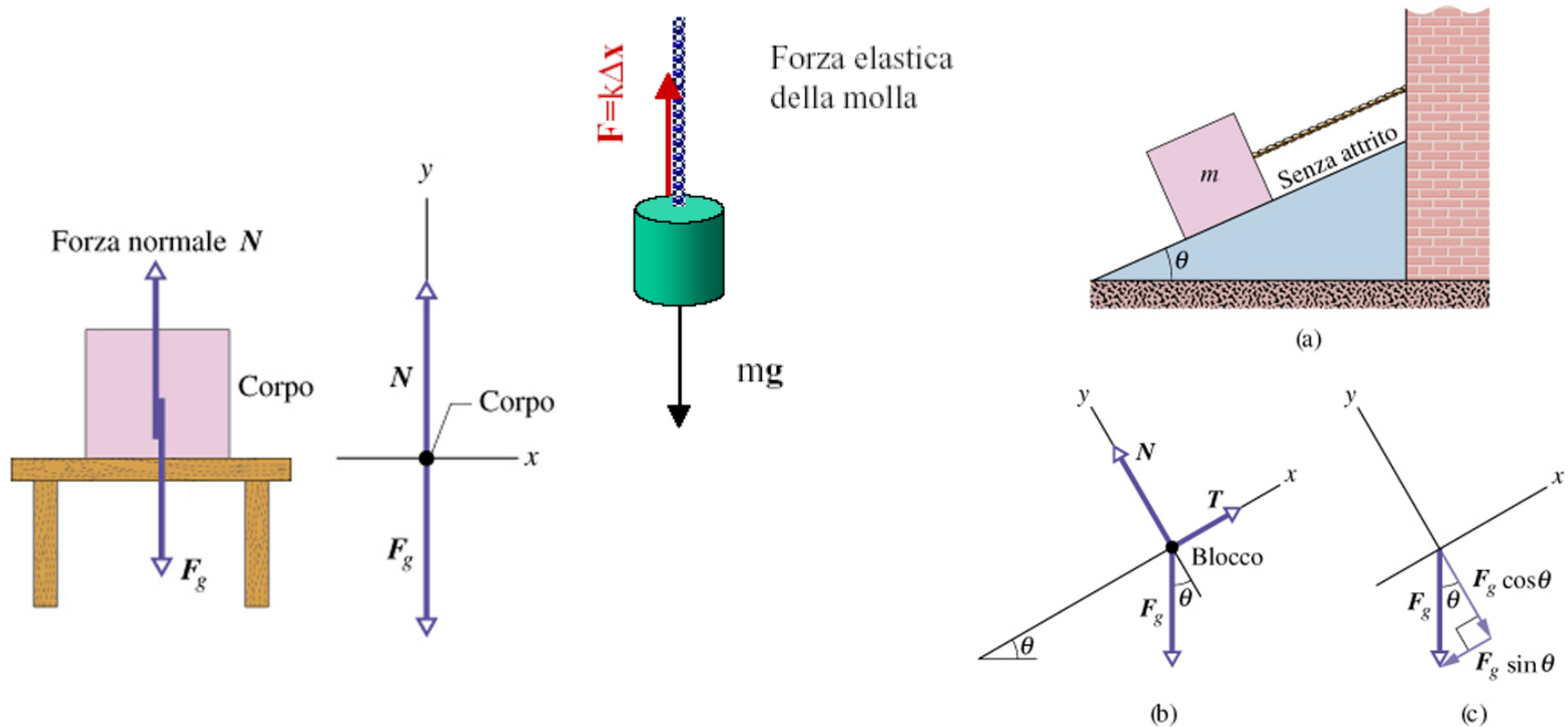


Il Corso di Fisica per Scienze Biologiche

- Prof. Attilio Santocchia
- Ufficio presso il Dipartimento di Fisica (Quinto Piano) Tel. 075-585 2708
- E-mail: attilio.santocchia@pg.infn.it
- Web: <http://www.fisica.unipg.it/~attilio.santocchia>
- Testo: Fondamenti di Fisica (Halliday-Resnick-Walker, Casa Editrice Ambrosiana)

Reazioni Vincolari

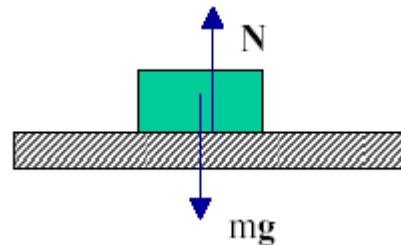
Le reazioni vincolari sono delle forze che compaiono quando un corpo è vincolato



Reazione Normale

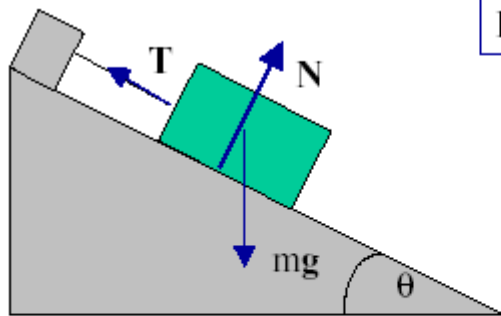
- ◆ Quando una superficie è liscia (No attrito, è un caso ideale!) la reazione (forza di superficie) è sempre normale

Piano Orizzontale \Rightarrow

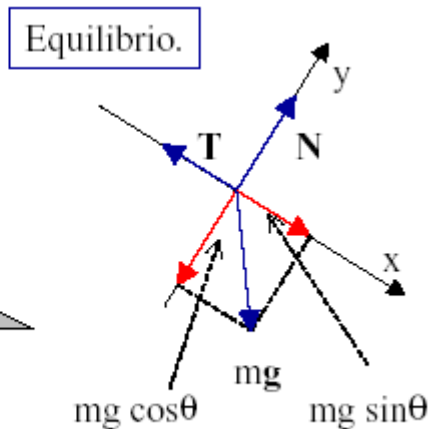


Forza di superficie

$$\vec{F}_{TOT} = \vec{N} + m\vec{g} = m\vec{a} = 0$$



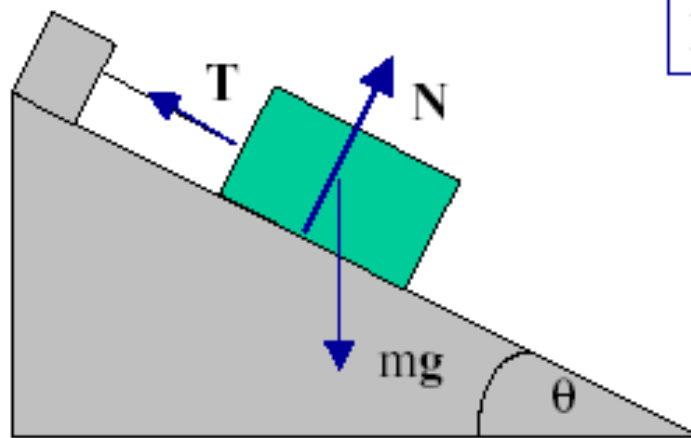
$$\begin{cases} mg \sin\theta - T = ma_x = 0 \\ N - mg \cos\theta = ma_y = 0 \end{cases}$$



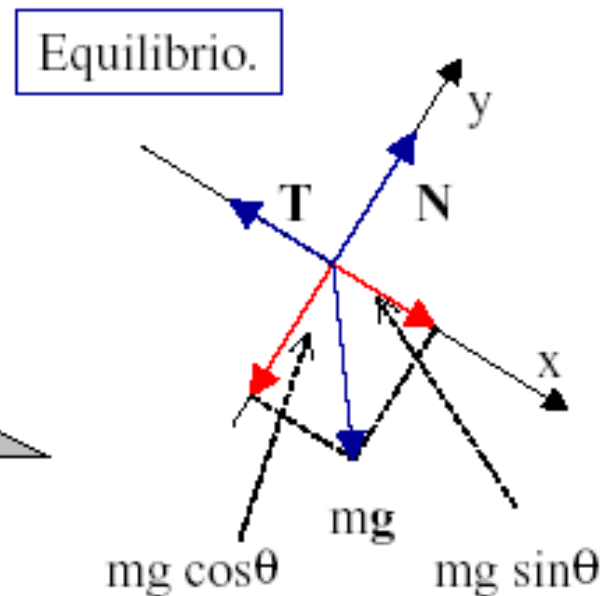
\Leftarrow Piano Inclinato

Equilibrio di un Punto Materiale

- ◆ Nella vita comune un oggetto fermo è sempre soggetto a varie forze
- ◆ Per il primo principio della dinamica, **la risultante delle forze è quindi nulla**



$$\begin{cases} mg \sin \theta - T = ma_x = 0 \\ N - mg \cos \theta = ma_y = 0 \end{cases}$$

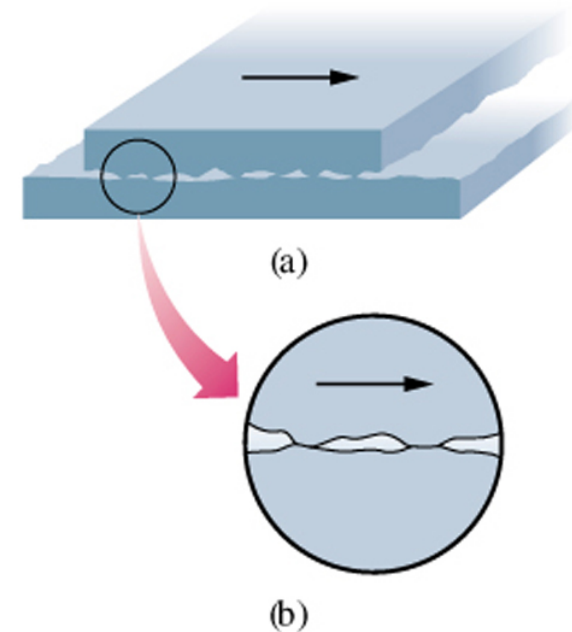


Attrito

- ◆ E' un altro tipo di forza sempre presente nella vita comune...
- ◆ Il primo principio dice che se un corpo si muove di moto rettilineo uniforme e non ci sono forze in gioco, il corpo continua a muoversi...
- ◆ ma questo non avviene mai; qualunque esperienza comune ci mostra che per mantenere un corpo in movimento devo esercitare continuamente una forza...
- ◆ O il primo principio è sbagliato o esiste una forza che deve tenere in considerazione...

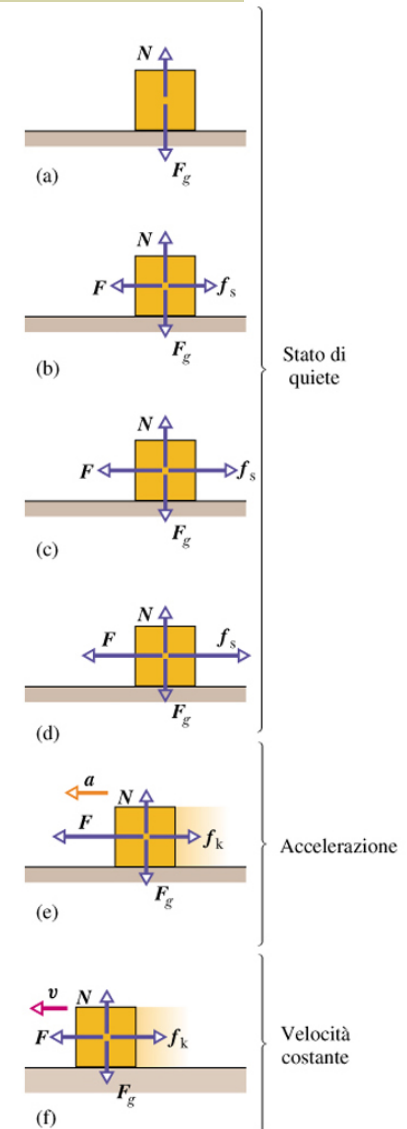
Attrito

- ◆ L'attrito è causato dalle forze che si presentano (di **contatto**: in genere di natura elettrostatica e meccanica) quando 2 corpi sono in contatto tra di loro.
- ◆ Dipende dalla natura dei due corpi...
- ◆ Si presenta anche quando si vuole muovere un corpo all'interno di un fluido (esempio qualsiasi movimento nell'atmosfera o nel mare)



Attrito

- ◆ Posso identificare 2 tipi di attrito:
 - **Statico**: per mettere in moto un corpo devo esercitare una forza minima.
 - **Dinamico**: per mantenere un corpo in movimento devo esercitare una forza continua.
- ◆ Un corpo appoggiato su una superficie è fermo: la risultante delle forze è nulla
- ◆ Esercizio una forza piccola per muovere il corpo... il corpo rimane fermo...
- ◆ aumento gradualmente la forza... il corpo rimane fermo fino ad un valore limite... il corpo comincia improvvisamente a muoversi... (**attrito Statico**)
- ◆ per mantenere il corpo in movimento a velocità costante devo esercitare una forza continua (**attrito Dinamico**)

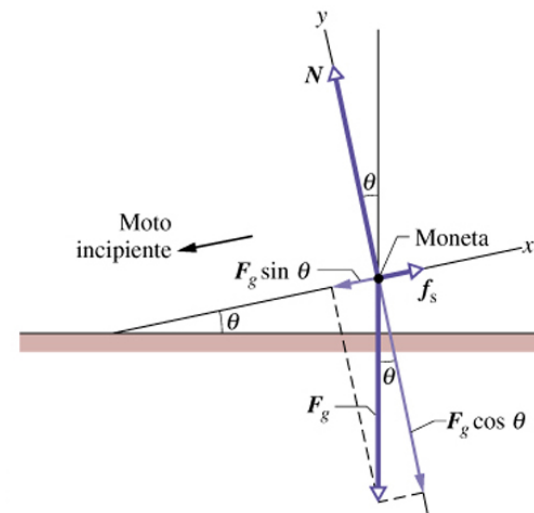
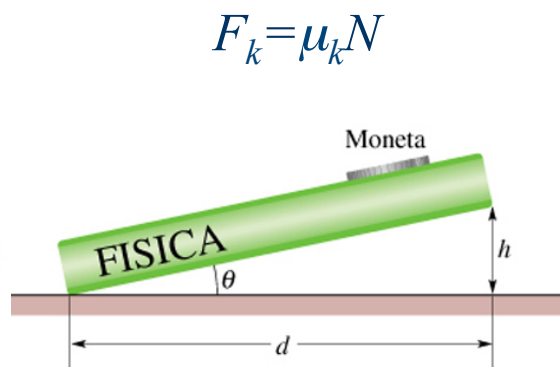
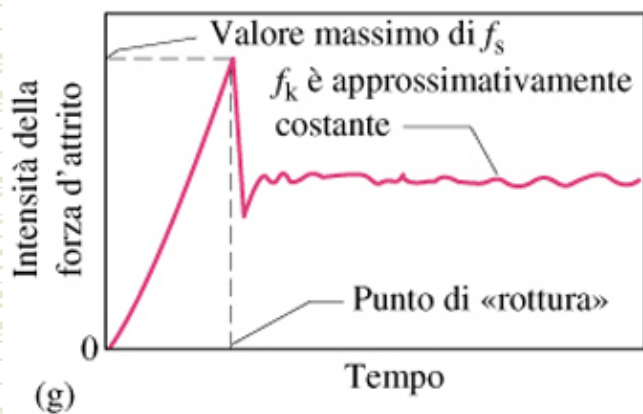


Attrito Statico e Dinamico

- La forza di attrito statico ha la stessa direzione della forza che si esercita per mettere in movimento il corpo ma ha verso opposto. Il valore limite della forza di attrito identifica il coefficiente di attrito statico (N forza normale \equiv Peso del corpo se il piano è orizzontale):

$$F_{s,max} = \mu_s N$$

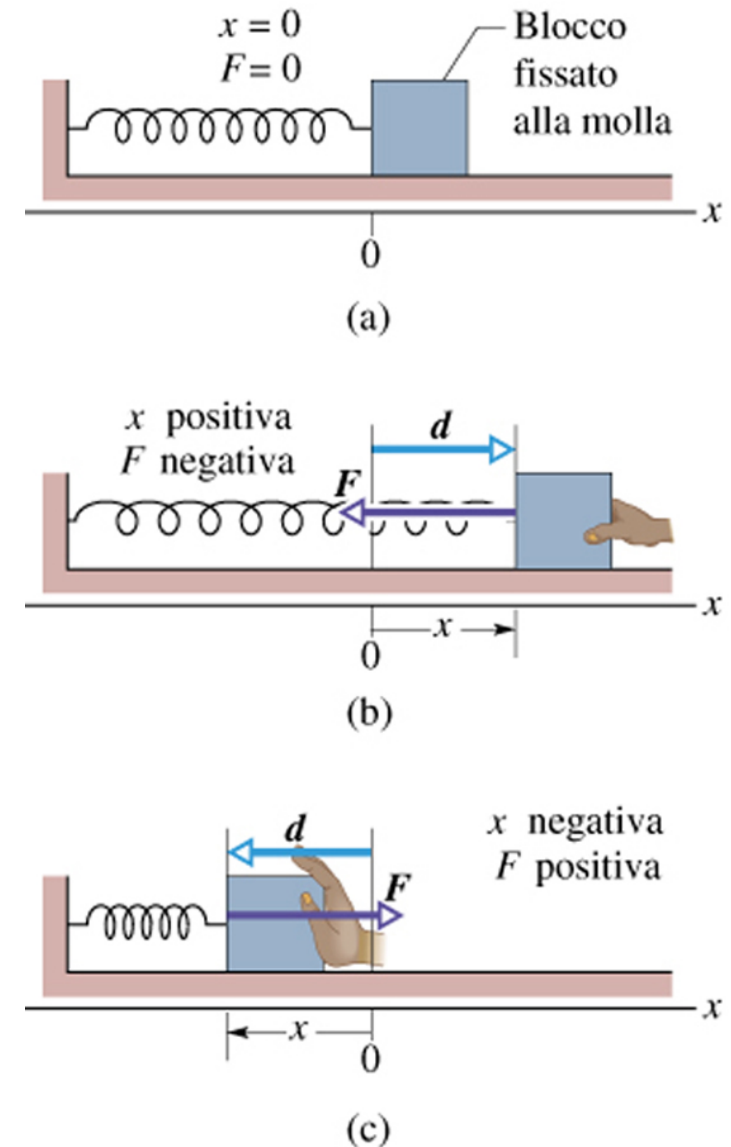
- La forza di attrito dinamico ha la stessa direzione della forza che si esercita per mantenere il corpo in movimento, verso opposto e un valore che è sempre proporzionale a N ma con un coefficiente di proporzionalità minore ($\mu_s > \mu_k$)



Forza Elastica

- ◆ Tutti sapete cosa è una molla...
- ◆ La forza esercitata da una molla compressa è una forza elastica...
- ◆ E' una forza che compare in tutti i corpi soggetti a piccole deformazioni (cioè che non alterano la struttura del corpo)
- ◆ Tale forza è proporzionale all'estensione (compressione) della molla...
- ◆ La forza quindi è data dalla Legge di Hooke (fine del 17° secolo)

$$F = -kx \quad \vec{F} = -k\vec{\Delta x}$$



Forza Elastica e Moto Armonico

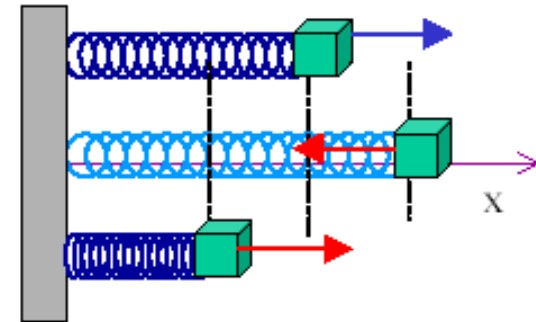
- ◆ Studiamo il moto prodotto da una **molla** (cioè da una forza elastica) in assenza di attrito. Supponiamo inoltre che la molla abbia massa nulla e costante **K** e che la forza sia applicata ad un corpo di massa **m** .
- ◆ La forza è sempre diretta verso un punto (il punto di equilibrio) e il modulo della forza è proporzionale allo spostamento da tale punto.
- ◆ Il moto è **monodimensionale**. Scelgo il punto di equilibrio come origine degli assi..

$$F = -k\Delta x = -kx = ma = m \frac{d^2 x}{dt^2}$$

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = -kx \Rightarrow \frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{k}{m} x = 0$$

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \omega^2 x = 0 \quad \text{dove} \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Equazione Differenziale
del Moto Armonico



- ◆ Si può dimostrare che la soluzione dell'Eq. Differenziale è del tipo:
$$x(t) = A \sin(\omega t + \phi)$$
- ◆ Per trovare il valore i **A** e **ϕ** , è necessario specificare le condizioni al contorno...
 - $A = 10 \text{ cm}$ (massimo spostamento dalla posizione di equilibrio)
 - $x(0) = A$ (all'istante 0 la molla è nella massima estensione)
- ◆ Sostituendo le 2 condizioni al contorno nell'espressione della legge del moto, ottengo il valore di **ϕ** :

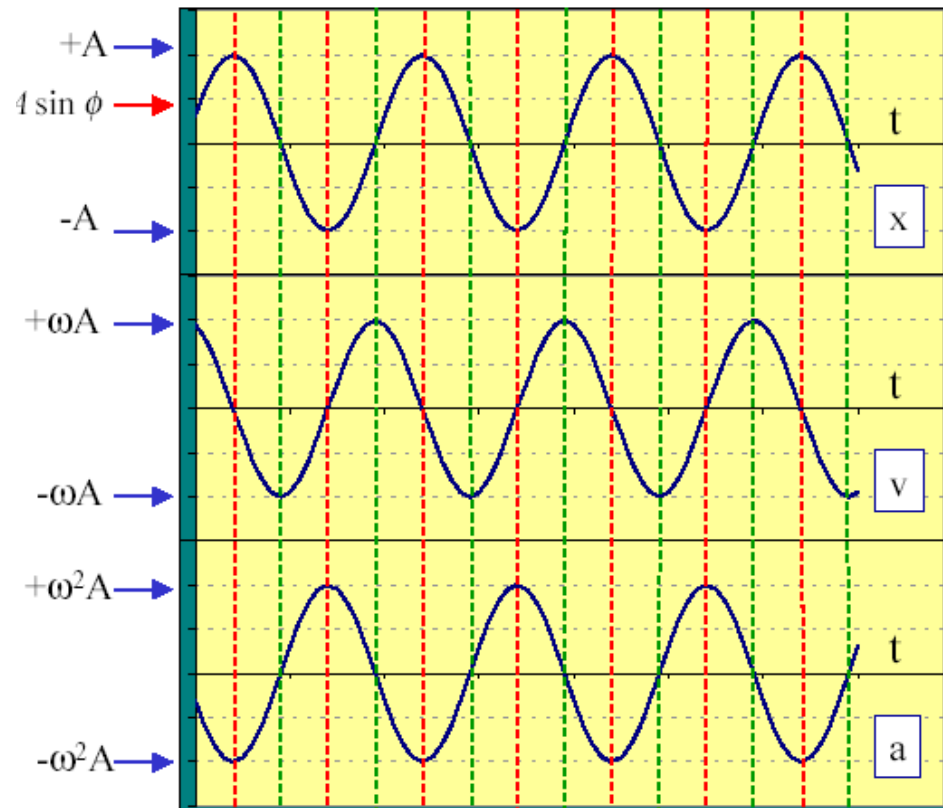
Moto Armonico

- ◆ Il moto armonico è un particolare moto periodico...
- ◆ L'equazione del moto può presentarsi in varie forme:

$$x(t) = A \sin(\omega t + \varphi_A)$$

$$x(t) = B \cos(\omega t + \varphi_B)$$

$$x(t) = C \cos \omega t + D \sin \omega t$$



$$v(t) = \frac{dx}{dt} = A\omega \cos(\omega t + \varphi_A) = A\omega \sin(\omega t + \varphi_A + \pi/2)$$

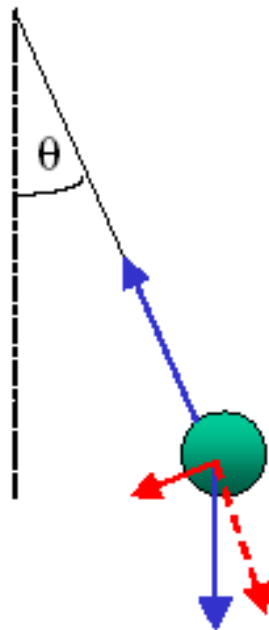
$$a(t) = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = -A\omega^2 \sin(\omega t + \varphi_A) = -\omega^2 x(t)$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\omega^2 x$$

Equazione del Moto Armonico
con $\omega T = 2\pi$ e $\omega = 2\pi\nu$

Il Pendolo Semplice

- ◆ E' l'esempio più comune di moto armonico...
- ◆ L'eq. differenziale è di difficile soluzione: si può risolvere facilmente (è il moto armonico) nell'ipotesi di **piccole oscillazioni**



$$ml \frac{d^2\theta}{dt^2} = -mg \sin\theta \Rightarrow$$

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\left(\frac{g}{l}\right) \sin\theta \cong -\omega^2\theta$$

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$$

Risultato valido solo per piccoli angoli.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Moto di un Corpo in Caduta Libera

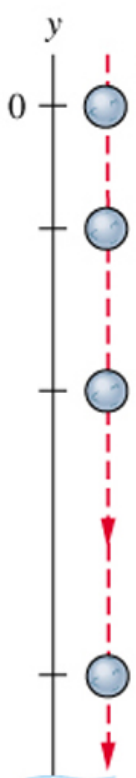
- ◆ Supponiamo di far cadere da un'altezza h un corpo di massa m .
- ◆ Supponiamo anche che la resistenza dell'aria sia trascurabile (esperimenti nel vuoto). Esso è sottoposto solo alla forza peso (costante)
- ◆ Il moto è uniformemente accelerato ($a=g$ costante):

$$y(t) = \frac{1}{2} at^2 + v_0 t + y_0 = -\frac{1}{2} gt^2 + h$$

$$0 = y(t_c) = -\frac{1}{2} gt_c^2 + h \Rightarrow t_c = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$v(t_c) = at_c = gt_c = \sqrt{2gh}$$

t	y	v	a
(s)	(m)	(m/s)	(m/s ²)
0	0	0	-9.8
1	-4.9	-9.8	-9.8
2	-19.6	-19.6	-9.8
3	-44.1	-29.4	-9.8
	-48.0		-9.8



Moto di un Proiettile

- ◆ Il moto è bidimensionale... 2 coordinate (ipotesi no attrito)
- ◆ Studio il moto proiettandolo su 2 opportuni assi cartesiani...
 - Il moto lungo l'asse x è **rettilineo uniforme**...
 - Il moto lungo l'asse y è **uniformemente accelerato** (forza di gravità)
- ◆ Il moto composto è parabolico

Tempo di salita

$$v_{0y} - gt = 0 \Rightarrow t_{salita} = \frac{v_{0y}}{g} = t_{discesa}$$

Altezza massima

$$h = \frac{1}{2} g t_{salita}^2$$

Gittata

$$R = 2v_{0x} t_{salita}$$

Equazione della Traiettoria

$$\begin{cases} x(t) = v_{0x} t \\ y(t) = -\frac{1}{2} g t^2 + v_{0y} t \end{cases} \Rightarrow y(x) = -\frac{1}{2} g \left(\frac{x}{v_{0x}} \right)^2 + v_{0y} \frac{x}{v_{0x}} = -\frac{g}{2v_{0x}^2} x^2 + \frac{v_{0y}}{v_{0x}} x$$

