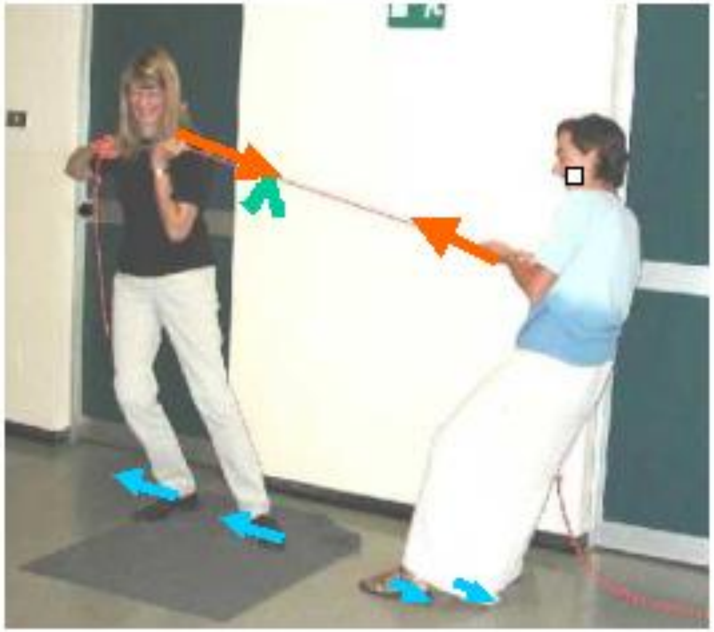
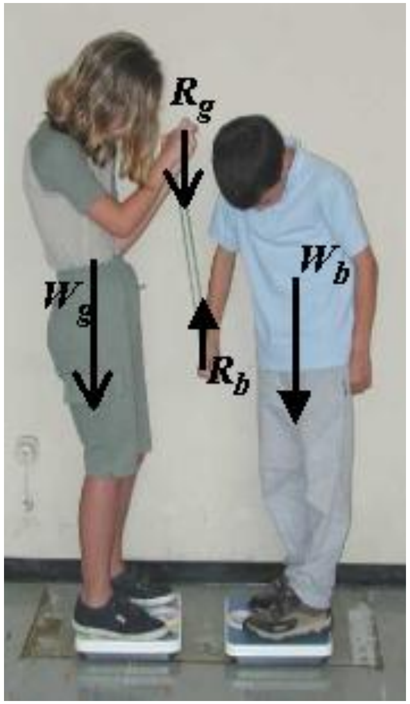
Lez 9 271015



fissare la bandierina a metà della fune. Chiedere a due studenti di afferrare le due estremità della fune, poi di allungarla e tirarla in direzioni opposte stando in posizioni fisse sul pavimento. Ciascun studente deve provare a trascinare l'altro verso la sua posizione avanzando con la sua presa sulla fune fino a raggiungere la bandierina. In un primo tempo lasciare che tirino la fune stando su un pavimento liscio, poi chieder loro di ripetere l'esercizio dopo aver messo la stuoia antiscivolo sotto i piedi di uno dei due studenti, preferibilmente il "più debole".

- *forza e interazione*: le forze "visibili" sono le forze muscolari applicate dagli studenti alla fune, ma ci sono molte altre forze (la forza elastica, le forze applicate dagli studenti al pavimento e dal pavimento ai piedi, le forze di gravità, ecc.)
- ogni forza agisce lungo una data *direzione*,
- quando lo studente tira la fune, la fune applica a lui/lei una forza opposta (freccia rossa), per il principio di *azione e reazione*,
- poiché lo studente spinge sul pavimento, il pavimento applica a lui/lei una forza opposta (frecce blu), per il principio di *azione e reazione,*
- la *composizione* delle frecce blu e rosse dà come risultante la forza applicata allo studente,
- poiché la fune applica forze uguali alle due estremità, le frecce rosse sono uguali e opposte, le forze che sono differenti sono quelle applicate dal pavimento (frecce blu) e "vince" lo studente che riesce ad applicare la forza maggiore al pavimento,



- misurare prima con le bilance i pesi dei due bambini, poi far tirare verso il basso un elastico robusto da uno dei due bambini, mentre l'altro tira l'elastico verso l'alto: il peso del bambino che spinge in giù diminuirà, mentre il peso dell'altro aumenterà della stessa quantità. Con la riga pieghevole, misurare la lunghezza dell'elastico e verificare che la forza applicata è uguale alla variazione della forza-peso di ciascun bambino.

forza e interazione: nella pesata iniziale, le bilance misurano i pesi dei due bambini, cioè le *forze di gravità* Wb e Wg,
la forza di gravità ha la *direzione* della verticale,
quando il bambino tira l'elastico verso il basso, applica all'elastico una forza diretta verso il basso, ma l'elastico gli applica a sua volta una *forza Rb* diretta verso l'alto (*azione e reazione*),
la *composizione* delle due forze opposte dà come risultato una forza più piccola di Wb,
quando la bambina tira verso l'alto l'elastico, applica all'elastico una forza verso l'alto, ma l'elastico le applica a sua volta una *forza Rg* diretta verso il basso (*azione e reazione)*,
la *composizione* delle due forze dà come risultato una forza più grande di Wg.
NB: mettere in direzione orizzontale l'elastico e tirare: la forza elastica e' orizzontale→ la forza verticale non cambia (attenzione alla direzione)

Schemi mentali sul moto

- Esperienza comune: le forze sono causa di moto
- Sembra che le forze servano ad imprimere una certa velocità e cessata l'azione della forza il corpo tenda e restare fermo (fisica di Aristotele)
- Normalmente presente in eta' prescolare poiche' necessaria ma anche sufficiente per l'organizzazione mentale del bambino
  - Questo schema sussiste, se non corretto, anche in eta' adulta
- Solo Galilei ha mostrato che non è vero che per tenere un corpo a velocità costante occorre un'azione esterna.
- Agire su questi schemi con domande:
  - Cosa succede quando si va in bicicletta in pianura e si smette di pedalare?
  - Quale distanza si percorre prima di fermarsi?
  - Ciò dipende dal terreno?
  - Lanciare una moneta lungo un tavolo di legno? Di plastica?
  - Ci si ferma prima se si va ad una certa velocità in bicicletta, sugli sci, sui pattini?
  - Perché è difficile fermarsi sul ghiaccio? Su una macchia d'olio?
  - Quanta forza bisogna esercitare per spostare una scatola pesante su un marciapiede? Su piastrelle? Questa forza dipende dal peso della scatola?

Forze e moto

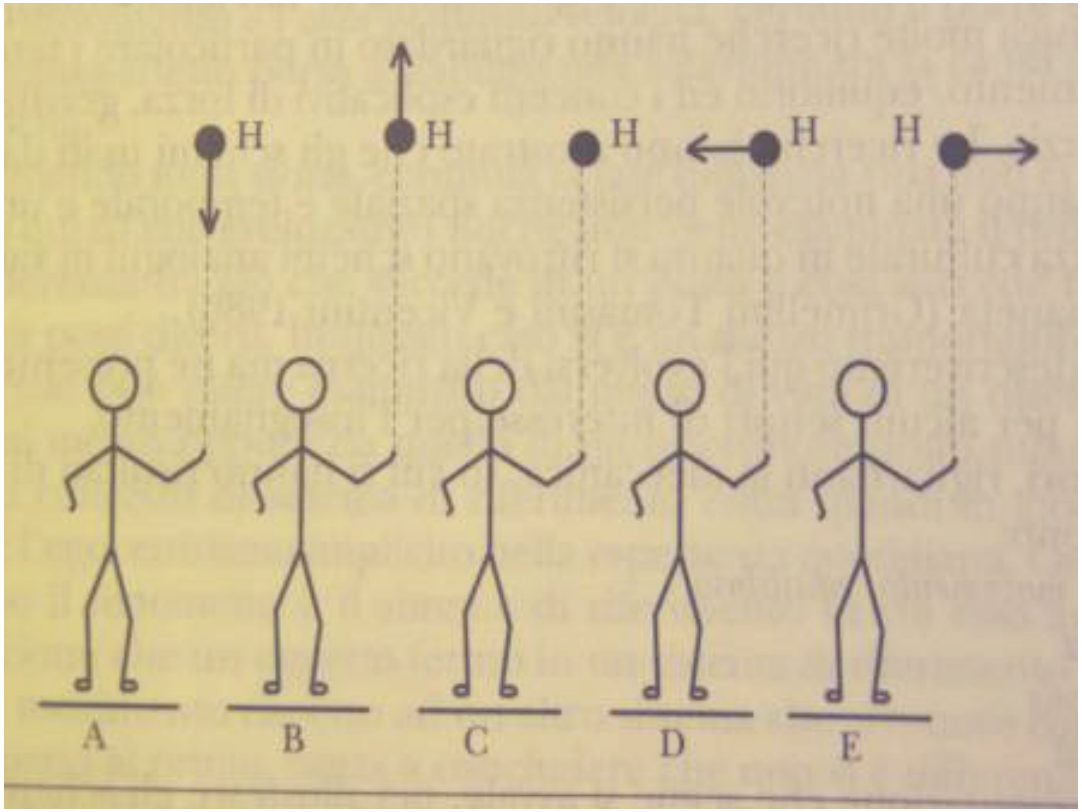
- Un oggetto fatto scivolare su una strada sterrata, sull'asfalto ed infine sul ghiaccio.
- Emerge l'idea che la forza non serve per mantenere il moto ma per cambiarlo!
- Una forza (p.es. la forza d'attrito) serve per cambiare la velocità dell'oggetto.
- Un oggetto che si muove su una superficie senza attrito tende a continuare a muoversi con la stessa velocità.
- UNA FORZA FA VARIARE LA VELOCITÀ AUMENTANDOLA O DIMINUENDOLA. NON È QUINDI LEGATA ALLA VELOCITÀ MA ALLA SUA VARIAZIONE, CIOÈ ALL'ACCELERAZIONE.
- Prima legge di Newton (Principio d'inerzia): un corpo non soggetto a forze esterne, persiste nel suo stato di quiete o di moto rettilineo uniforme.
  (quando si trova in stato di quiete, rimane in stato di quiete, e quando si trova in movimento continua a muoversi in moto uniforme rettilineo)

Concezioni erronee

- Ragionamento spontaneo: spiegare il movimento con una forza dello stesso senso e l'"arresto" con un'assenza di forza.
- Percepire i moti come si ci fosse un "capitale di forza" che si estingue progressivamente con lo svolgersi del movimento.
- Se esiste una velocità in una data direzione, allora esiste una forza nella stessa direzione.
- Se la velocità di un mobile è nulla, la forza esercitata su di esso è anch'essa nulla.
- Se le velocità sono diverse per direzione e/o modulo, o più in generale se i movimenti di due mobili sono diversi, allora le forze esercitate su di essi sono diverse.

Il giocoliere

- Un sasso viene lanciato in alto.
- Quale figura rappresenta meglio la forza sul sasso nel punto più alto?



Il giocoliere

Sei palle lanciate da un giocoliere si trovano alla stessa quota, ma con velocità diverse.

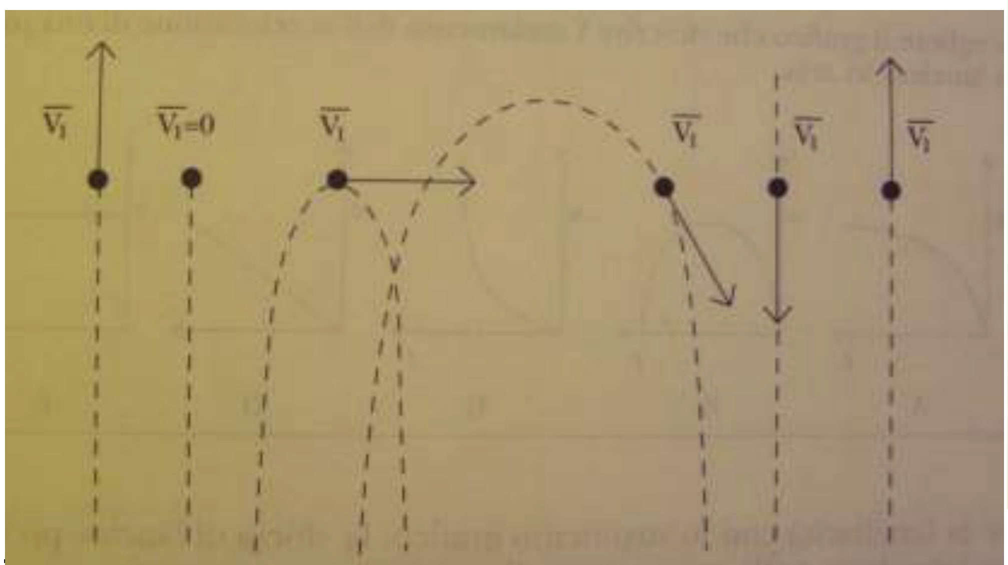
Dire se le forze sono

A) tutte uguali

B) tutte diverse

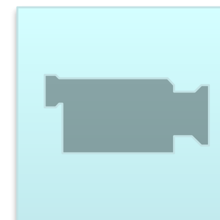
C) alcune uguali altre diverse

D) i dati forniti sono insufficienti



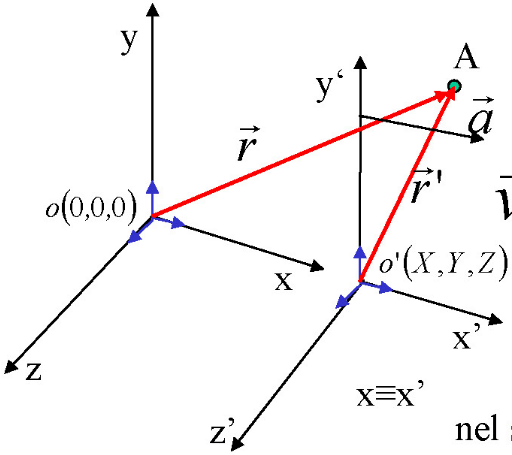
Forze apparenti

- SUPPONETE DI SALIRE SU UNA GIOSTRA
  - VISTI DALL'ESTERNO (CIOÈ DA UN SISTEMA DI RIFERIMENTO INERZIALE) VOI STATE PERCORRENDO UNA TRAIETTORIA CIRCOLARE.
    LA FORZA CENTRIPETA È DATA DALLA "FORZA MUSCOLARE" CON LA QUALE STRINGETE UN QUALCHE SOSTEGNO.
    (se mollate la presa partite per la tangente)
  - SE VOI CONFRONTATE IL VOSTRO MOTO RISPETTO ALLA GIOSTRA (AD ESEMPIO SIETE SEDUTI SU UN ELEFANTINO BLU) VOI SIETE IMMOBILI, QUINDI NON C'È ACCELERAZIONE, PERÒ VI SENTITE SPINTI VERSO L'ESTERNO (IN DIREZIONE RADIALE) DA UNA FORZA MISTERIOSA CHE CHIAMATE FORZA CENTRIFUGA
- LA FORZA CENTRIFUGA È UNA FORZA APPARENTE (NEL SENSO CHE NON C'È UNA SORGENTE) E COMPARE QUANDO USATE COME RIFERIMENTO PER IL VOSTRO MOTO LA GIOSTRA, PERCHÉ LA GIOSTRA NON È UN SISTEMA DI RIFERIMENTO INERZIALE, CIOÈ NON SI MUOVE DI MOTO RETTILINEO UNIFORME RISPETTO AD UN ALTRO SISTEMA DI RIFERIMENTO INERZIALE, MA HA ESSA STESSA UN'ACCELERAZIONE (STA RUOTANDO)



La relazione che lega le coordinate nei due sistemi "fisso" e "accelerato" (considerimo per ora un moto traslatorio non uniforme) è più profonda. Se sul punto agisce una forza, questo, **nel sistema "fisso"** si muoverà secondo:

$$\vec{f} = m\vec{a}$$



$$\vec{v}_{tr.} \neq costante$$

nel **sistema di riferimento mobile:**

$$\begin{cases} x' = x - X \\ y' = y - Y \\ z' = z - Z \end{cases}$$

dove : $X \neq v_{ox}t; Y \neq v_{0y}t; Z \neq v_{0z}t$

ma : $X = \frac{1}{2}a_x t^2; Y = \frac{1}{2}a_y t^2; Z = \frac{1}{2}a_z t^2$

coordinate dell' origine del Sistema "mobile".

Derivando

$$\begin{cases} v_x' = v_x - V_x \\ v_y' = v_x - V_y \\ v_z' = v_x - V_z \end{cases} \qquad \begin{cases} a_x' = a_x - A_x \\ a_y' = a_x - A_y \\ a_z' = a_x - A_z \end{cases}$$

$$\vec{r}' = \vec{r} - \vec{R} \qquad \vec{v}' = \vec{v} - \vec{V}_{tr.} \qquad \vec{a}' = \vec{a} - \vec{A}_{tr.}$$

$$\boxed{\vec{a}' \neq \vec{a}}$$

$$\vec{f} = m\vec{a} = m\left(\vec{a}' + \vec{A}_{tr.}\right) = m\vec{a}' + m\vec{A}_{tr.}$$

$$\vec{f} \boxed{- m\vec{A}_{tr.}} = m\vec{a}'$$

Forza di inerzia (massa * acc. di trasc.) detta anche "fittizia"

N.B.

Anche se l' osservatore esegue una misura statica per la quale: $\boxed{\vec{a}' = 0}$

Esiste sempre la forza di inerzia

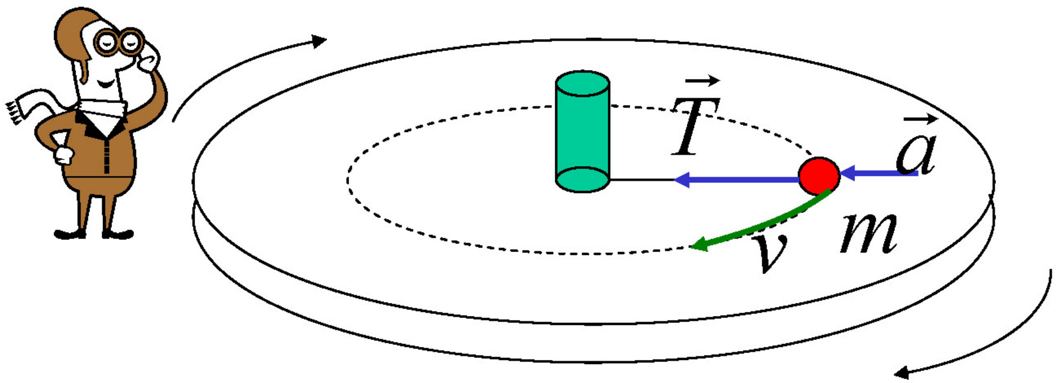
Misura "dinamica: forza "reale"+ termine inerziale

Misura statica: deve applicare una "forza reale" che sommata al termine inerziale determina l' equilibrio (cioè a'=0)

Ogni punto della piattaforma si muove di moto circolare ed ha un' accelerazione centripeta: un riferimento solidale con la piattaforma è **_NON INERZIALE._**

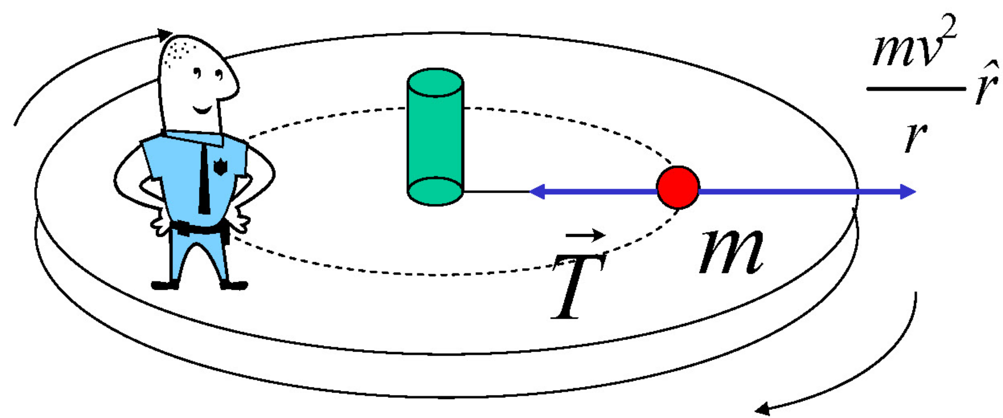
Osservatore Inerziale:

l' accelerazione è dovuta tensione della fune



Osservatore Non Inerziale:

La pallina deve esserelegata al palo sennò, se anche la colloca ferma in un punto, acquista un' accelerazione "centrifuga". Per annullarla deve usare proprio la tensione della fune per rendere valido il II principio.



FORZE APPARENTI

- NEI SISTEMI DI RIFERIMENTO NON INERZIALI COMPAIONO LE FORZE APPARENTI, CHE VALGONO:

$$\vec{F}_{APPARENTE} = -m\,\vec{a}_{SISTEMA}$$

ESEMPIO:

$$\vec{F}_{CENTRIFUGA} = -m\vec{a}_{CENTRIPETA} = -m\left(-\frac{v^2}{R}\right)\hat{r} = m\frac{v^2}{R}\hat{r}$$

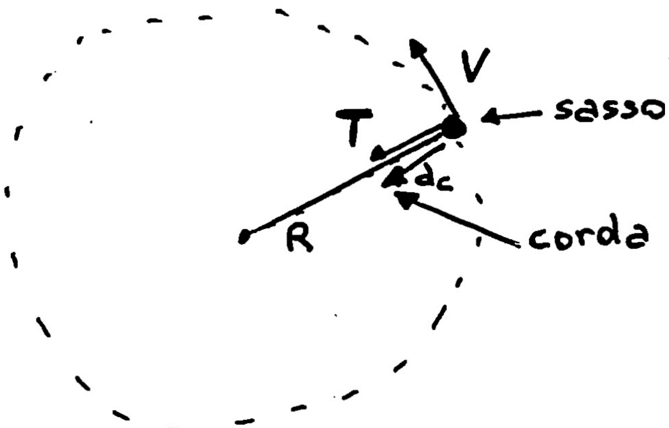
$\Rightarrow$ LA FORZA CENTRIFUGA È RADIALE ED È DIRETTA VERSO L'ESTERNO

N.B. LE FORZE APPARENTI SONO UNA MANIFESTAZIONE DEL PRINCIPIO DI INERZIA, CIOÈ CHE UN CORPO NON SOGGETTO A FORZE TENDE A PROSEGUIRE NEL SUO MOTO RETTILINEO UNIFORME

N.B. <u>NON ESISTE L'ACCELERAZIONE CENTRIFUGA!</u>

- LA TERRA NON È UN SISTEMA INERZIALE PERCHÈ STA RUOTANDO, QUINDI SE LA USIAMO COME SISTEMA DI RIFERIMENTO DOBBIAMO TENER CONTO DELLA FORZA CENTRIFUGA $m\omega^2 R$. RICORDATE IL CALCOLO DI g?

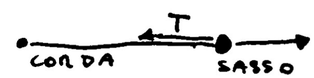
Forza centripeta e centrifuga



- SISTEMA INERZIALE (io vedo il sasso che ruota)
  - L'UNICA FORZA CHE AGISCE SUL SASSO È LA TENSIONE T DELLA CORDA (diretta verso il centro)

ABBIAMO: $\underline{T = m a_c = m \frac{v^2}{R}}$ $\quad (\vec{f} = m\vec{a})$

- SISTEMA NON INERZIALE (ovvero a cavallo del sasso)
  - IN QUESTO SISTEMA IL SASSO E' FERMO
  - COMPARE UNA FORZA APPARENTE (FORZA CENTRIFUGA)



$\vec{F}_{apparente} = -m\vec{a}_{sistema}$

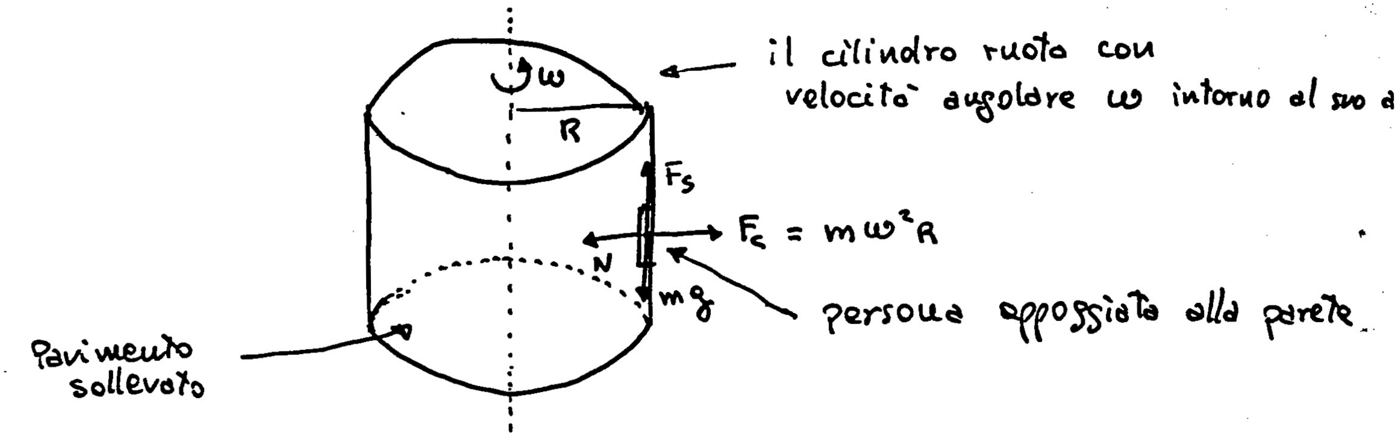
$$F_{CENTRIFUGA} = m \frac{v^2}{R} \quad \text{(diretta verso l'esterno)}$$

- IL SASSO E' FERMO, QUINDI LA SOMMA DELLE FORZE AGENTI SUL SASSO DEVE ESSERE NULLA

$$\vec{T} + \vec{F}_{CENTRIFUGA} = 0 \Rightarrow T - \frac{mv^2}{R} = 0 \Rightarrow \underline{T = m\frac{v^2}{R}}$$

- COME SI VEDE LE DUE EQUAZIONI FINALI SONO IDENTICHE. PER LA SOLUZIONE DEI PROBLEMI SI PUÒ SCEGLIERE IL PROCEDIMENTO CHE SI PREFERISCE (E CHE SI È CAPITO MEGLIO 8-)).

CILINDRO ROTANTE AL LUNA PARK



- STUDIAMO IL PROBLEMA NEL SISTEMA NON INERZIALE, CIOÈ IL CORPO È IMMOBILE RISPETTO ALLA PARETE DEL CILINDRO

- AFFINCHÉ IL CORPO NON SCIVOLI LUNGO LA PARETE VERTICALE DOBBIAMO AVERE:

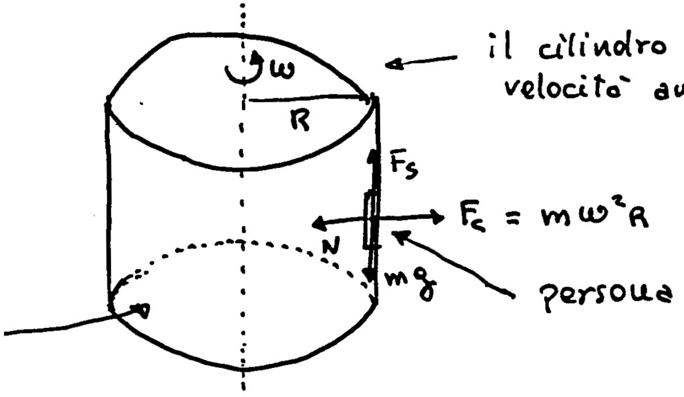
$$F_s \geq mg$$

- SAPPIAMO CHE:

$$F_s = \mu_s \cdot N \Rightarrow \boxed{\mu_s \cdot N \geq mg}$$

- LA NORMALE N SI RICAVA DALL'EQUILIBRIO DELLE FORZE SUL PIANO ORIZZONTALE (da notare che la normale forma un'angolo di 90° con mg)

$$N = F_c = m\omega^2 R \Rightarrow \underline{F_s = \mu_s m \omega^2 R}$$



- QUINDI DOBBIAMO AVERE:

$$\mu_s \cancel{m} \omega^2 R \geq \cancel{m} g$$

$$\boxed{\mu_s \geq \frac{g}{\omega^2 R}}$$

- IL VALORE MINIMO DI ROTAZIONE DEL CILINDRO VALE:

$$\boxed{\omega_{minimo} = \sqrt{\frac{g}{\mu_s \cdot R}}}$$

143

Come lo descrive un osservatore inerziale (ie uno che guarda il disco rotante)?

Queste forze apparenti:

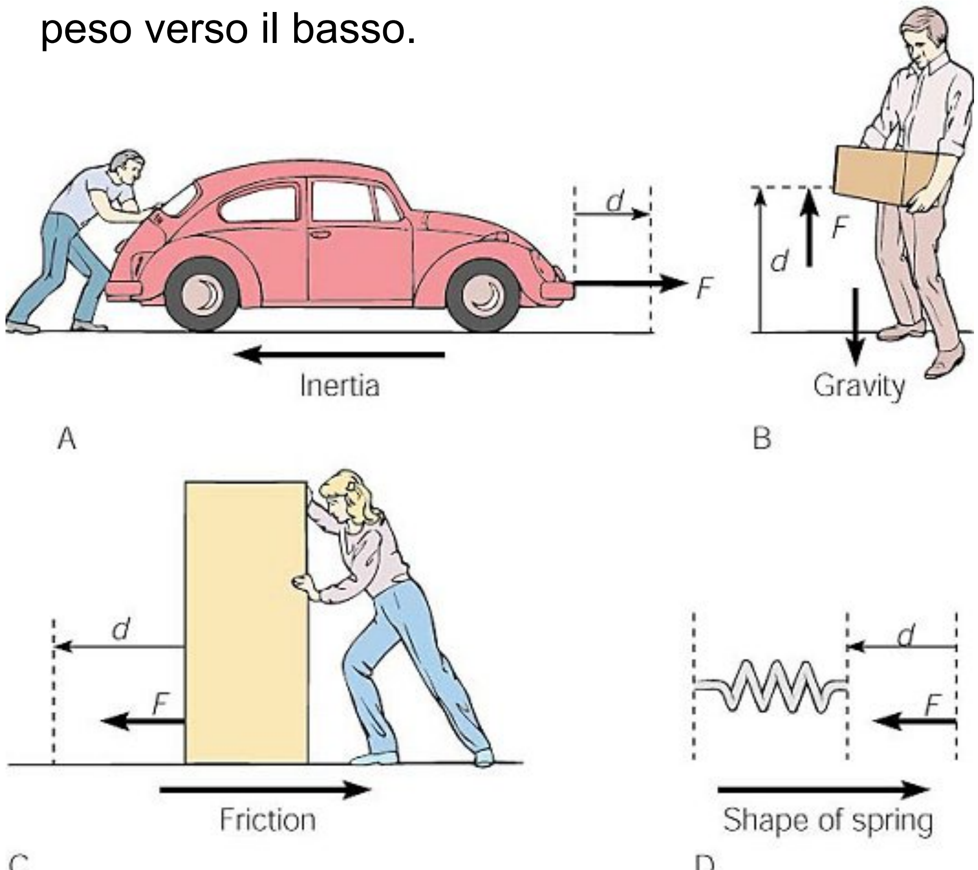
- **non** derivano dall' interazione con altri corpi;
- si chiamano **inerziali** perché dipendono dal moto del S.d.R;
- sono forze reali per il S.N.I.: ***ci vogliono forze reali per annullarne l'effetto***;
- nei sistemi accelerati non valgono i principi di Newton (vedi il primo!!)
- si può ancora usare il II principio se si considerano le forze fittizie (dette anche di trascinamento)

Tutto questo nel caso in cui il moto del S.D.R.N.I. Si muova di moto traslazionale.

Il caso generale non verra' trattato

Lavoro meccanico

Se vogliamo spingere un'automobile il cui motore non vuole proprio saperne di mettersi in moto, dobbiamo esercitare una forza contro la carrozzeria, nella direzione in cui intendiamo far avanzare l'auto; la forza che esercitiamo deve essere tale da vincere la resistenza causata dall'attrito delle ruote come conseguenza del peso dell'auto.
Se poi ci capita di sollevare un peso, dobbiamo ancora esercitare una forza, questa volta diretta verso l'alto; la nostra forza dovrà vincere un'altra forza, quella di gravità, che tende a tirare il peso verso il basso.



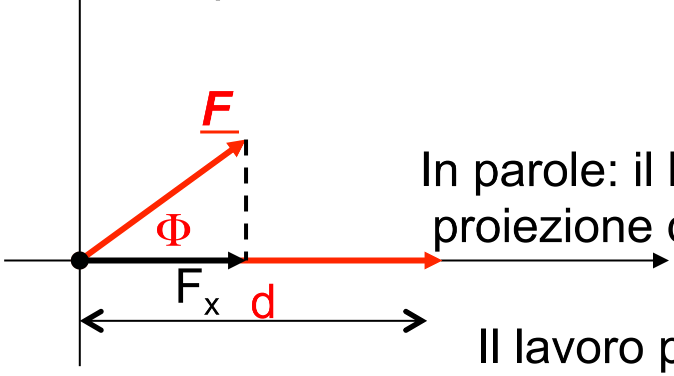
Siamo tutti d'accordo che spingere un'auto o sollevare un peso è una fatica; per la fisica è un **lavoro**. Ma la misurazione esatta della quantità di lavoro svolta richiede di misurare una forza e una lunghezza, lo spostamento. Se spingiamo la nostra macchina per 10 metri avremo fatto un certo lavoro; ma se la spingiamo per 30 metri avremo fatto un lavoro (e una fatica) senz'altro maggiori!

Lavoro Meccanico

Prendiamo una forza ***F*** costante che agisce su un punto materiale di massa m. Assumiamo che il moto di P avvenga lungo la direzione x, ma che la forza agisca lungo una direzione arbitraria.

Dalla II legge di Newton $F_x=ma_x$

Se si sposta di un tratto d lungo la direzione x, si definisce lavoro della forza

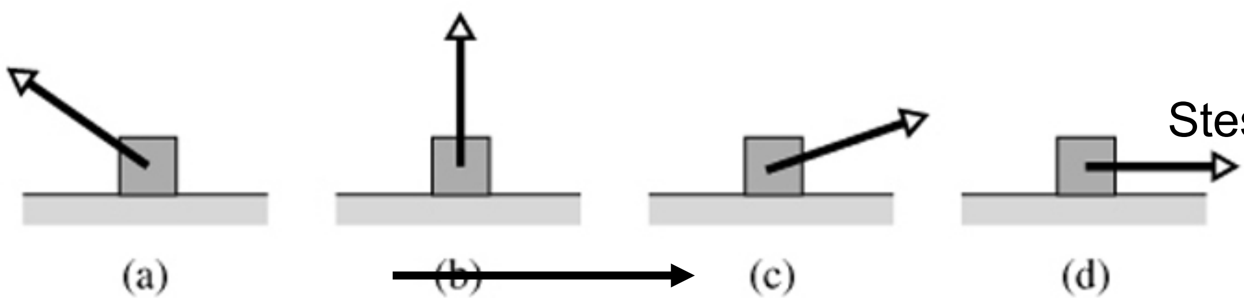


$$L = F_x d = (F\cos\phi)d$$

In parole: il lavoro di una forza (costante) e' dato dal prodotto della proiezione della forza lungo la direzione dello spostamento per lo spostamento stesso

Il lavoro puo' essere:

- positivo quando $\cos\Phi > 0$ ie F_x e d sono concordi (motore)
- negativo quando $\cos\Phi < 0$ ie F_x e d sono discordi (resistente)



Stessa forza, lavoro diverso

Lavoro meccanico

- Il lavoro unitario e' definito come il lavoro compiuto da una forza unitaria F = 1 N (eg quella che, applicata alla massa campione di 1 kg, gli imprime un'accelerazione di 1 m/s^2) che la sposta di una lunghezza unitaria d=1 m e si misura in Joule (J)

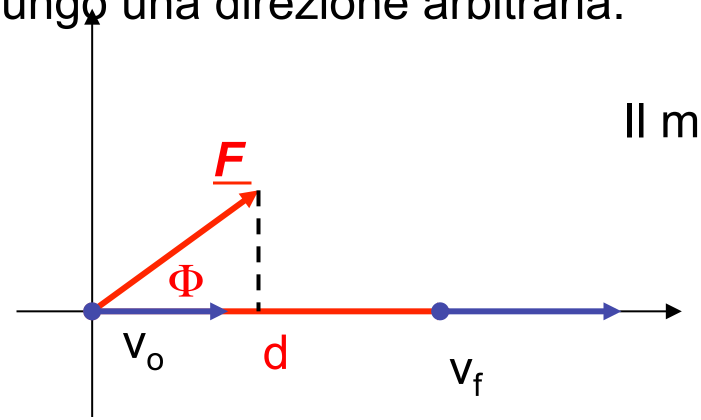
  1 J = 1 Nm

- Se agiscono N forze, il lavoro totale e' la somma dei lavori compiuti dalle singole forze

  $L_{tot} = \sum_i L_i = \sum_i F_{ix} d$ dato che $F_{totx} = \sum_i F_{ix}$

Energia cinetica

Prendiamo una forza ***F*** costante che agisce su un punto materiale di massa m. Assumiamo che il moto di P avvenga lungo la direzione x, ma che la forza agisca lungo una direzione arbitraria.



Dalla II legge di Newton $F_x=ma_x \rightarrow a_x=F_x/m$

Il moto e' uniformemente accelerato$\rightarrow$ $v_{fx}^2 = v_{ox}^2 + 2a_xd$

(cfr. Cinematica) e' la velocita' del punto dopo lo spostamento d. Quindi

$v_{fx}^2 - v_{ox}^2 = 2a_xd \rightarrow v_{fx}^2/2 - v_{ox}^2/2 = a_xd$

Moltiplico tutto per m

$mv_{fx}^2/2 - mv_{ox}^2/2 = ma_xd = F_xd = L$

Definiamo ora $E_k = mv_x^2 /2 = mv^2/2$

Il lavoro compiuto dalla forza e' pari alla variazione della quantita'

$E_k = mv^2/2$

fra lo stato di moto iniziale v_o e quello finale v_f

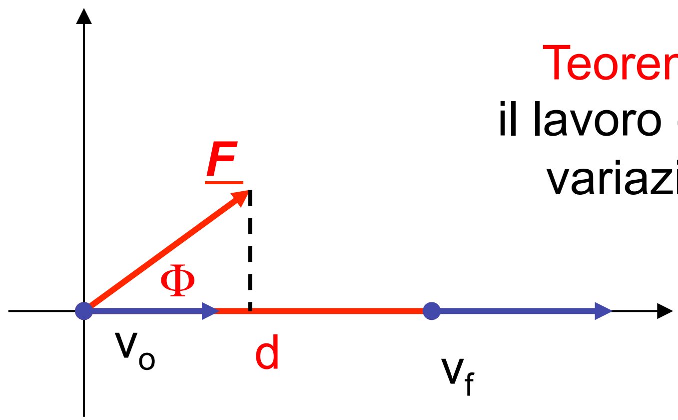
$L = \Delta E_k = E_{kf} - E_{ki} = mv_{fx2}/2 - mv_{ox}^2/2$

che prende il nome di energia cinetica

(teorema dell')Energia cinetica

Possiamo allora affermare che il punto materiale "possiede" la capacita' di compiere lavoro perche' ha energia cinetica. Questa proprieta' e' legata allo stato di moto relativo all'osservatore

$L = \Delta E_k = E_{kf} - E_{ki}$ che costituisce il cosidetto



Teorema del lavoro ed energia cinetica:
il lavoro compiuto da una forza F e' pari alla variazione di energia cinetica del corpo

Per esempio, il punto materiale potrebbe essere collegato all'estremita' di una fune e si potrebbe usare la variazione di energia cinetica per sollevare un peso contro la forza di gravita' o piantare un chiodo...

NB: l'energia e' uno scalare, non dipende dalla direzione del moto

Un altro punto di vista

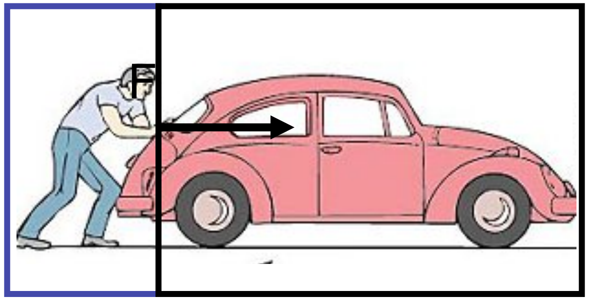
Diamo una definizione "assiomatica" dell'energia: e' una grandezza fisica scalare associata allo stato o condizione di uno o piu' corpi che puo' cambiare quando il sistema interagisce con altri sistemi (detti genericamente "ambiente esterno").

Facciamo l'esempio specifico del moto: l'energia e' un numero che attribuiamo a uno o piu' corpi e che chiamiamo "energia cinetica". Se una forza varia lo stato di moto di uno dei corpi, il numero che rappresenta l'energia cinetica cambia.

Definiamo allora come energia cinetica la quantita'

$$E_k = mv^2/2$$

Se una forza agisce concorde a v, accelerando il punto, E_k cresce, viceversa se e' discorde E_K diminuisce. Possiamo interpretare la variazione di energia cinetica dicendo che la forza ha trasferito energia cinetica fra l'ambiente esterno e il sistema



ambiente sistema

Il lavoro $L = \Delta E_k = E_{kf} - E_{ki}$ puo' essere definito come l'energia scambiata tra il sistema e l'ambiente esterno per mezzo di una forza (di contatto o a distanza).

Quindi il lavoro E' l'energia trasferita e compiere lavoro e' l'atto di scambiare energia

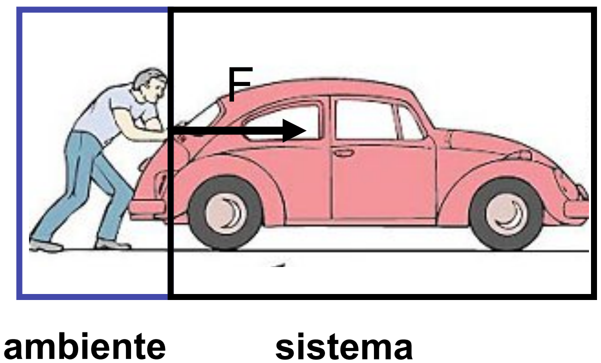
Il lavoro dipende SOLO dall'energia finale e iniziale (non ci importa di quello che succede tra i ed f)

Un altro punto di vista

Il lavoro L = $\Delta E_k = E_{kf} - E_{ki}$ puo' essere definito come l'energia scambiata tra il sistema e l'ambiente esterno per mezzo di una forza (di contatto o a distanza).

NB: il lavoro NON e' energia, nel senso che non e' posseduta da un corpo o un sistema, ma e' l'aspetto che essa assume quando viene scambiata per mezzo di forze.

- ❑ Se L e ' positivo, c'e' trasferimento di energia dall'ambiente al sistema, ie la forza compie lavoro sul sistema
- ❑ Se L e' negativo, c'e' trasferimento dal sistema all'ambiente, ie la forza e' resistente



Energia

- NB: scambiare energia non implica che una sostanza fluisca da un corpo all'altro (almeno non necessariamente). Potrebbe essere paragonato al trasferimento di denaro per via informatica. L'importo di un conto cresce mentre l'altro cala senza che vi sia trasferimento materiale di banconote: l'energia e' il capitale che permette di fare lavoro.
- Con questo punto di vista, si mette in luce l'importanza delle interazioni fra un sistema fisico e l'ambiente che puo' essere generalizzato a sistemi non meccanici (p es termodinamici, elettrici e magnetici): il lavoro e' una forma che l'energia assume nello scambio di energia
- I sistemi non contengono una quantita' definita di energia (come p es un bicchiere d'acqua), ma la quantita' di energia dipende da proprieta' relative all'osservatore (p es poiche' il moto e' relativo, anche E_k e' relativa) o relative alla configurazione delle parti che compongono il sistema.

ANALOGIA

DENARO → depositato in banca

CAPITALE che rende possibile acquisto dei beni

Forza e Lavoro

- Prima idea sull’energia: Pubblicità di prodotti alimentari, energia con cui ci si sveglia e ci dà la capacità di lavorare.
- Cosa bisogna fare per mettere in moto un oggetto fermo? Intervento di una forza
- Sollevare un oggetto e metterlo su un tavolo: “costa fatica”
- E metterlo sopra l’armadio?
- Quando si fa forza per spostare, il risultato dipende dall'intensità della forza e dal tratto *(spostamento)* lungo cui la forza agisce: $L=\underline{F}\ \underline{s}$ (prodotto scalare)
- Il lavoro è una grandezza scalare, la sua unità di misura: Joule=$Nm=m^2kg/s^2$

Lavoro ed Energia

- L’oggetto sollevato cosa ha “guadagnato”? La capacità di fare lavoro (potrebbe cadere)
- Il lavoro ci permette di misurare l'energia che viene scambiata facendo forza per ottenere il risultato utile sperato
- L’energia: capacità di compiere lavoro (grandezza scalare, le stesse dimensioni del lavoro)
- L’energia può passare da un corpo all’altro (da chi solleva all’oggetto sollevato)
  - a un oggetto dal braccio che lo solleva per portarlo in alto: forza diretta verso l'alto, che la mano applica all'oggetto e l'altezza a cui lo solleva
  - in un'auto in corsa dalle ruote ai freni quando si frena: forza che i freni applicano alla ruota e distanza di frenata

Energia

- L'energia e' un concetto astratto: essa non si puo' "vedere" o toccare
- I bambini avranno qualche schema mentale, magari formatosi anche in base a forme di pubblicita' di prodotti come merendine o cibi in genere, o di petrolio e benzina, necessaria per mettere in moto veicoli (dalla combustione della benzina, si ottiene qualcosa con cui e' possibile accelerare una macchina)

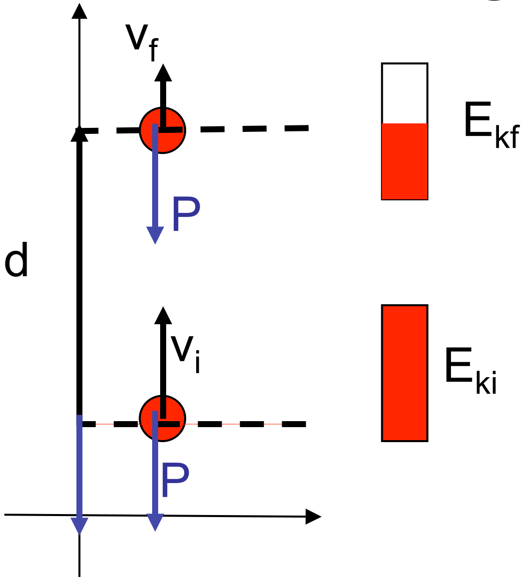
- Quindi cos'e l'energia?
- E' "qualcosa" che e' "contenuto" nell'accumulatore, nella pila, nell'insieme benzina-aria, nel cibo, nei muscoli, insomma in un qualsiasi sistema fisico
- Questo qualcosa e' lo stesso in tutti i "serbatoi": non lo si puo' vedere ne' toccare, non e' materiale ma se ne possono osservare gli effetti, per esempio l'accensione di una lampada, l'accelerazione di una macchina,...
- Questo "qualcosa" e' ENERGIA

- Ci puo' essere molta o poca energia nel serbatoio di partenza perche' la lampada puo' rimanere accesa a lungo o poco, ma in ogni caso prima o poi si spegne
- Possiamo dire che che possiamo esercitare una forza perche' possediamo energia, ma l'energia NON e' una forza!
- La forza e' l’agente che permette il trasferimento di energia da un sistema all'altro

Energia potenziale

- E’ compito della fisica identificare le forme che l’energia assume in natura
- Una e’ quella legata al movimento: per il solo fatto che un corpo e’ in moto esso e’ capace di compiere lavoro→ l’energia cinetica
- Ne esiste un’altra: l’energia potenziale. Essa e' l’energia associabile alla configurazione (cioe’ disposizione) relativa di un sistema di corpi che esercitano reciprocamente forze

Lavoro della gravita'

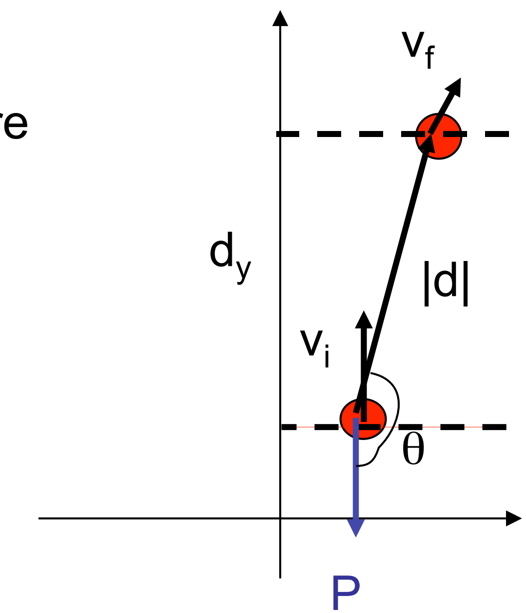


- Un pomodoro viene lanciato in aria con vel iniziale v_i e quindi con $E_{ki} = mv_i^2/2$)
- Mano a mano che sale, rallenta a causa del peso P (quindi E_k diminuisce).
- Il lavoro compiuto da P e' L = Pdcosθ = mgdcosθ. Poiche ' ***d*** e ***P*** sono discordi, $\theta = 180^o \rightarrow L = -mgd$: durante la salita la (il campo di) gravita' trasferisce l'energia mgd alla Terra (ovvero al suo campo gravitazionale) a spese dell'energia cinetica del pomodoro (che infatti rallenta)

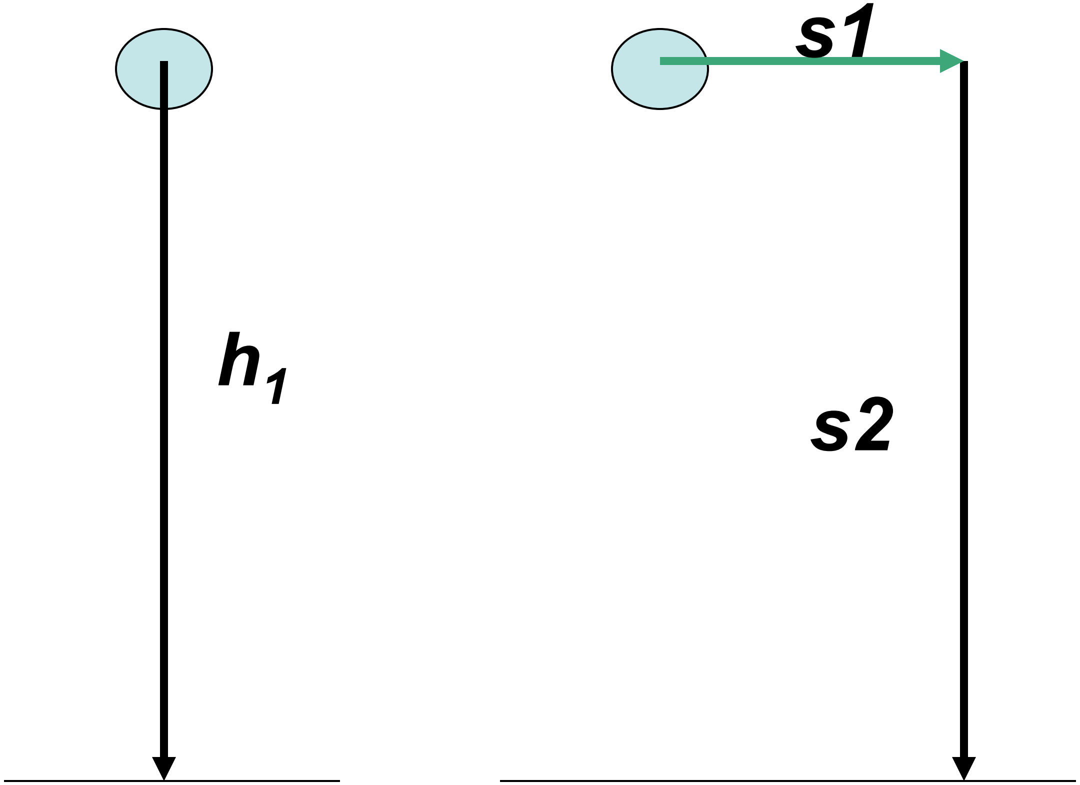
- quando E_k=0, non c'e' piu' energia cinetica da trasferire dal corpo alla (campo di) gravita'. Il corpo non puo' piu' salire
- il moto si inverte (ie ***d*** e' opposto a prima), il lavoro della gravita' e' L = mgdcos(0) = +mgd. La gravita' trasferisce al corpo l'energia mgd (che infatti accelera)

Si noti che $L_{salita} + L_{discesa} = -mgd + mgd = 0$

Se lo spostamento avviene in una direzione arbitraria $L = mgd_y = mgd\cos\theta \rightarrow$ solo gli spostamenti lungo la direzione della forza entrano in gioco



Il lavoro dipende dal percorso?



TRAIETT.1

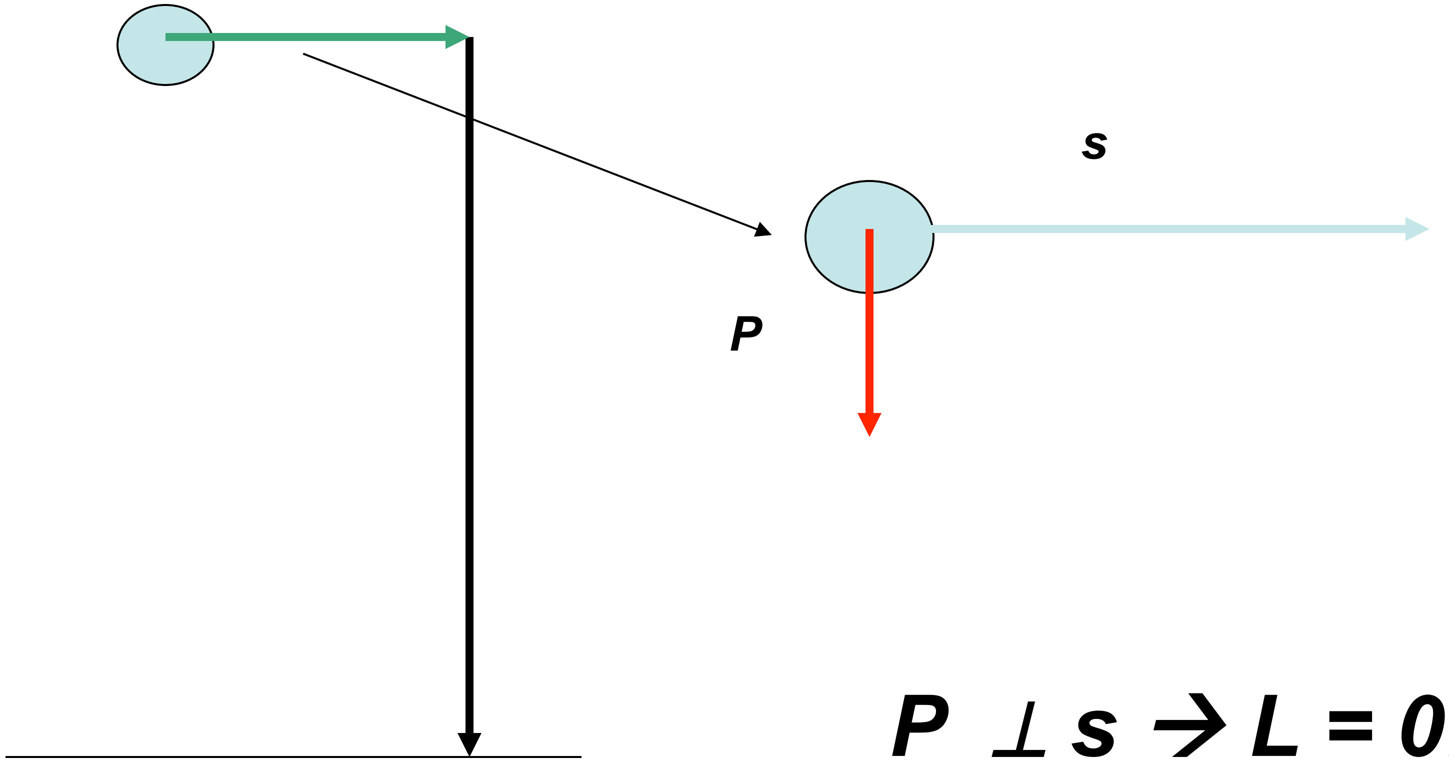
TRAIETT.2

$$h_2 = s1 + s2$$

$$L_2 = L_{12} + L_{22}$$

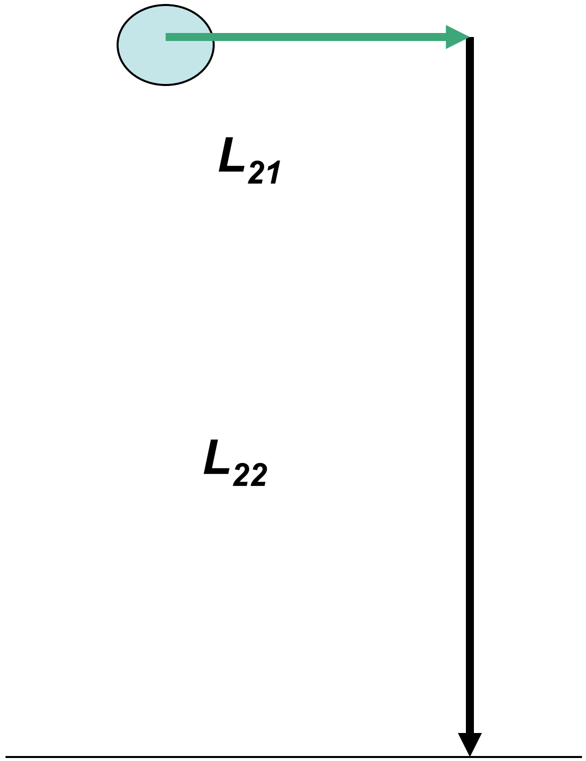
$$\boxed{\text{MA } L_2 = L_1?}$$

$$L_1 = mgh_1$$



$$P \perp s \rightarrow L = 0!!$$

Lo spostamento trasversale dà lavoro nullo!



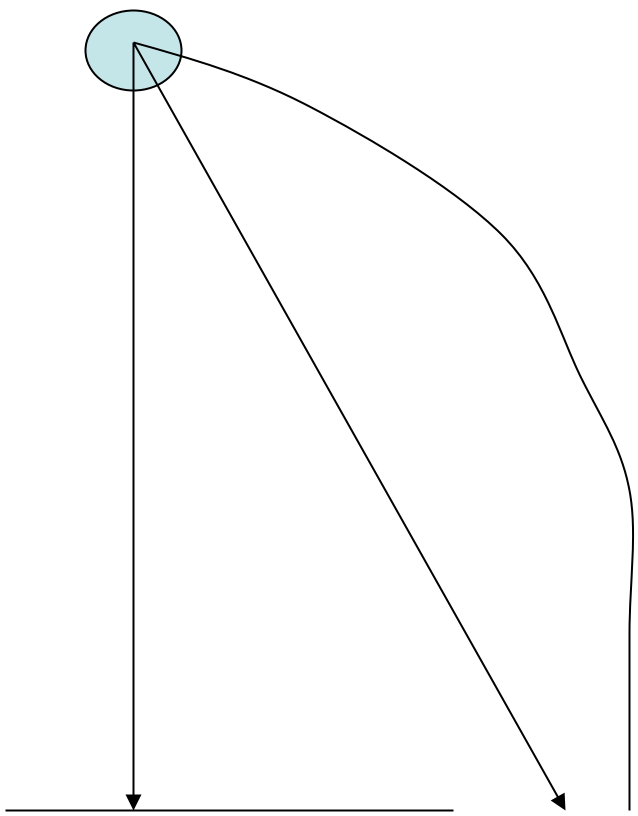
$$L_{21} = 0$$

$$L_{22} = mgh$$

$$L_2 = mgh = L_1$$

Nel caso di spostam orizz + vert., il lavoro è lo stesso che avrei per il solo spostamento verticale!!!

Il Lavoro per scendere di h è lo stesso PER QUALSIASI TRAIETTORIA SCELTA!!



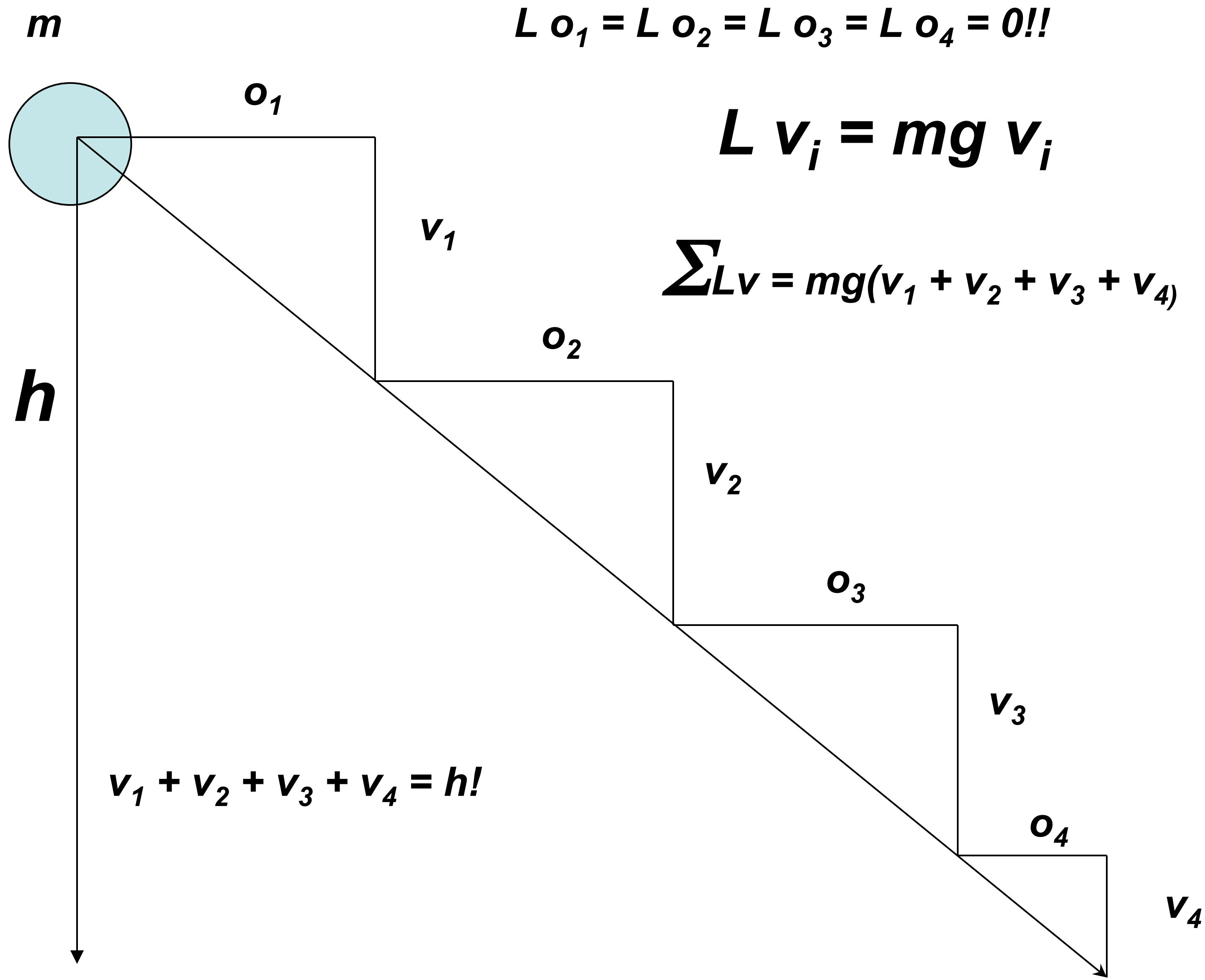
Ogni traiettoria si può pensare sempre come somma di spostamenti orizz. + verticali.

Quelli orizz.danno ***L = 0***

$$L\ o_1 = L\ o_2 = L\ o_3 = L\ o_4 = 0!!$$

$$L\ v_i = mg\ v_i$$

$$\sum Lv = mg(v_1 + v_2 + v_3 + v_4)$$



$$v_1 + v_2 + v_3 + v_4 = h!$$

$$L_{tot} = \Sigma L\ o + \Sigma\ Lv = mgh!!$$

UNA FORZA ***F*** IL CUI LAVORO NON DIPENDE DAL PERCOSO SCELTO PER LO SPOSTAMENTO SI DICE **CONSERVATIVA**

La forza peso P è conservativa!

Vedrema che la forza di attrito Fattr. non è conservativa, perché la lunghezza del percorso influisce sul lavoro fatto dall'attrito

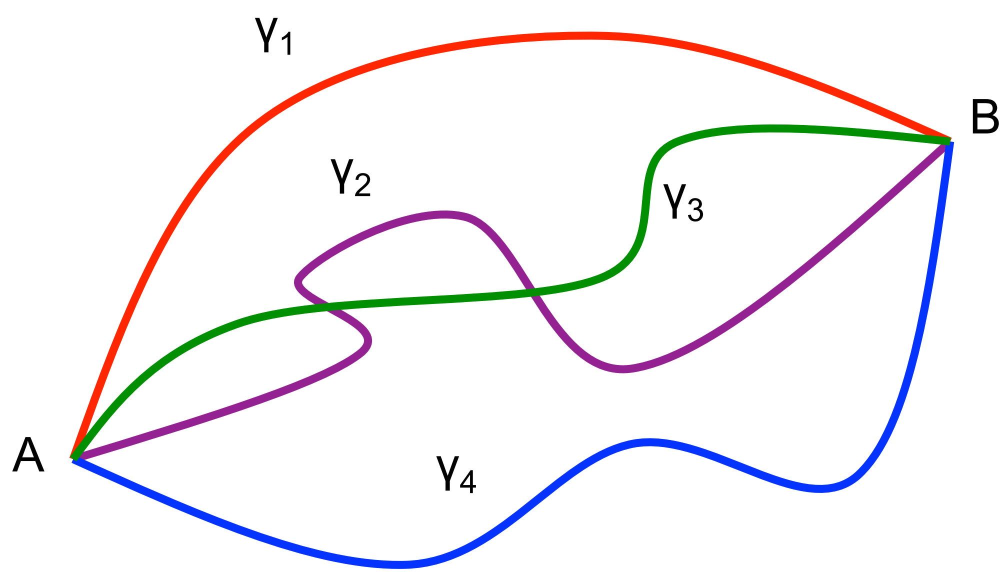
Se e' conservativa, essa ammette energia potenziale: essa e' pari al lavoro effettuato dalla forza fra la posizione iniziale e quella finale.
Corollario: se l lavoro non dipende dal percorso effettuato, allora il lavoro totale su un percorso chiuso e' nullo

Una ***F*** non conservativa si dice **DISSIPATIVA.** In tal caso il lavoro dipende dal percorso effettuato e non vale il corollario di cui sopra.

Forze conservative

Sono forze per le quali il lavoro non dipende dal percorso

- Esempi di forze conservative: forza peso, forza elastica
- Esempi di forze non conservative (forze dissipative): attrito



$$L_{AB} =_{(\gamma_1)} \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{s} =_{(\gamma_2)} \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{s} =_{(\gamma_3)} \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{s} = \dots$$

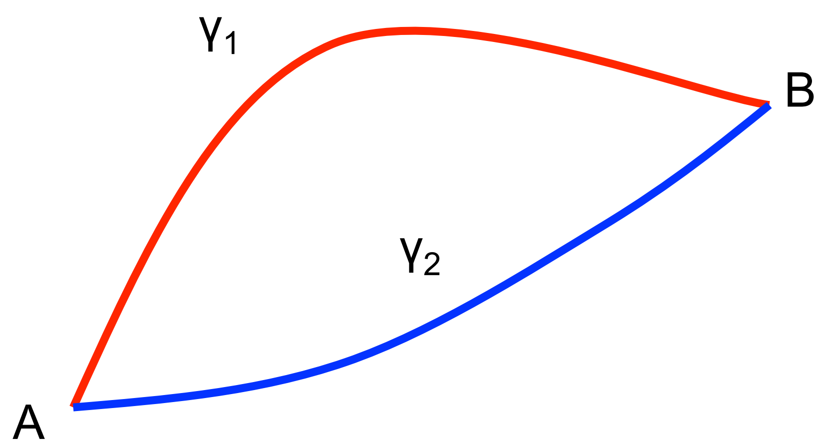
Lavoro in un percorso chiuso

Calcoliamo il lavoro di una forza conservativa quando un punto materiale si sposta su un percorso chiuso $\gamma_1 + \gamma_2$

$$_{(\gamma_1)}\int_A^B \vec{F}\cdot d\vec{s} = {}_{(\gamma_2)}\int_A^B \vec{F}\cdot d\vec{s}$$

$$_{(\gamma_1)}\int_A^B \vec{F}\cdot d\vec{s} = -{}_{(\gamma_2)}\int_B^A \vec{F}\cdot d\vec{s}$$

$$_{(\gamma_1)}\int_A^B \vec{F}\cdot d\vec{s} + {}_{(\gamma_2)}\int_B^A \vec{F}\cdot d\vec{s} = 0 \Rightarrow L = \oint_{\gamma_1+\gamma_2} \vec{F}\cdot d\vec{s} = 0$$



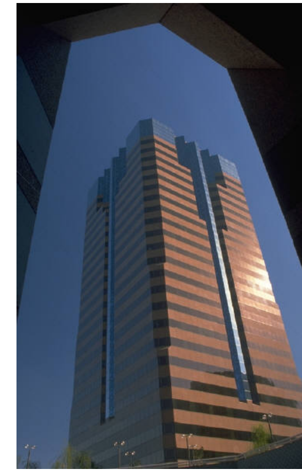
Energia potenziale gravitazionale

- Il lavoro della forza peso non dipende dalla traiettoria, ma solo dalla quota di partenza y_A e da quella di arrivo y_B
- Se il punto materiale percorre una traiettoria chiusa (A=B) il lavoro è nullo ($y_A=y_B$ e quindi $L=0$)
- Introducendo la funzione $U(y) = mgy$ il lavoro è dato da:

$$L = mgy_A - mgy_B = U(A) - U(B) = -\Delta U$$

- La funzione $U(y)$ è detta energia potenziale gravitazionale ed è una grandezza scalare associata alla posizione in cui si trova il punto materiale (data da y)
- La funzione $U(y)$ è definita a meno di una costante: se si pone $U(y)=mgy+c$ vale sempre la relazione $L= -\Delta U$

ENERGIA POTENZIALE gravitazionale



$$\boxed{E_p = L_P = m \cdot g \cdot h}$$

E' il lavoro disponibile per un corpo di massa ***m*** ad altezza ***h*** (rispetto ad un certo campo gravitazionale) rispetto ad una quota di riferimento.

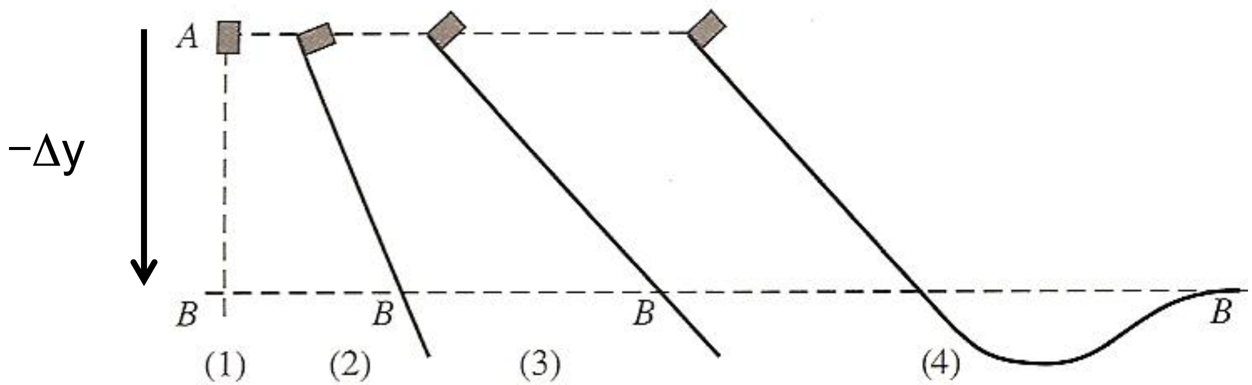
Se ho un corpo inizialmente ad altezza H1 e lo sposto ad altezza H2, il lavoro e' L = Ep2 – Ep1 = mg(H2 – H1), cioe' uguale alla differenza di energia potenziale fra le due posizioni.

Se sollevo l'oggetto, aumento la sua energia potenziale (a spese di lavoro che devo fornire, p. es. con la forza muscolare); se lo abbasso, diminuisce (e posso ottenere lavoro, p.es. posso mettere in moto un oggetto)

DIPENDE SOLO DA:
- Massa ***m***
- Altezza ***h***

Esempio

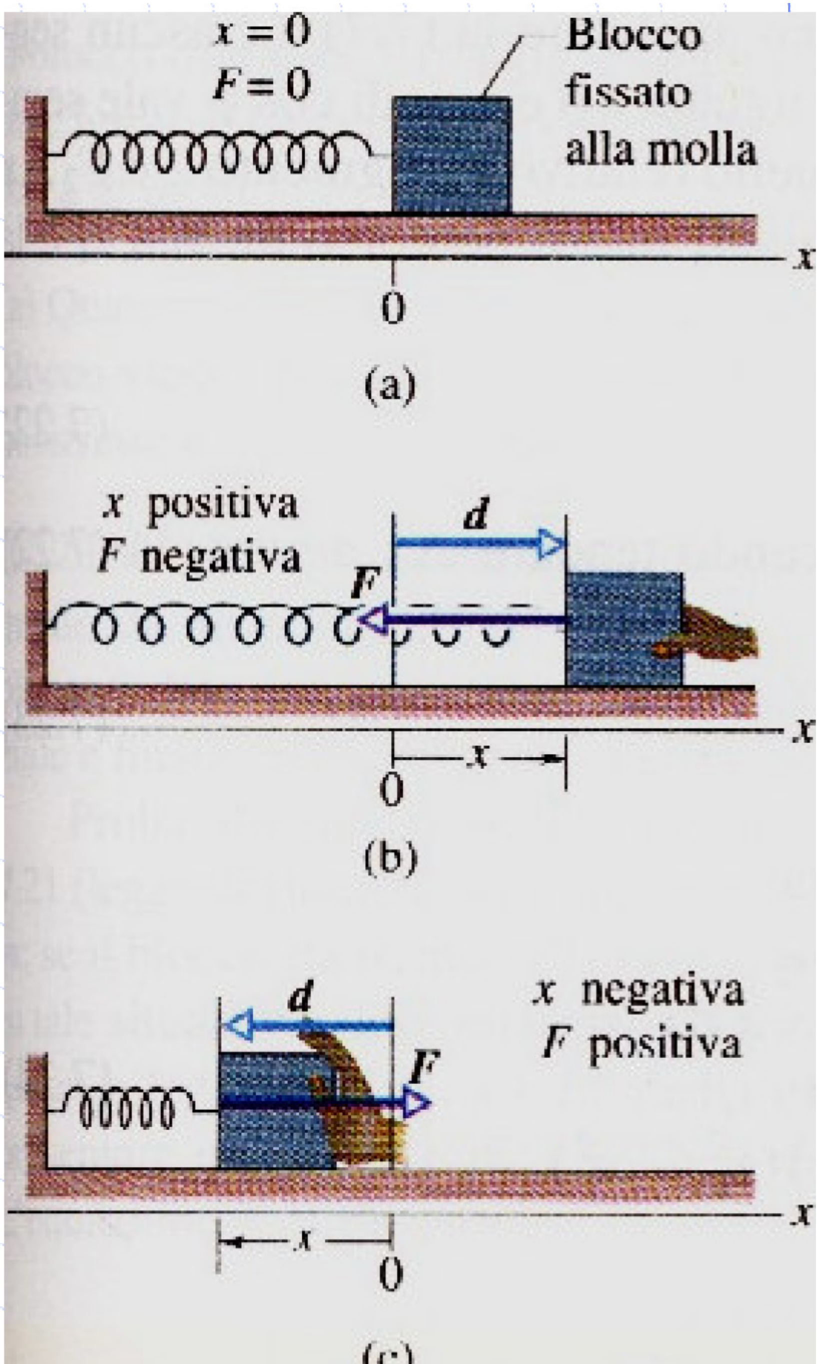
Tre scivoli con diversa inclinazione e forma



La variazione di energia potenziale tra A e B e' la stessa in tutti casi, l'energia totale e' costante (trascurando l'attrito)→ la velocita' finale e' sempre la stessa

$$0 = \Delta E_{tot} = \Delta E_K + \Delta U_g \Rightarrow \Delta E_K = -\Delta U_g$$
$$\rightarrow mv^2_B/2 - mv^2_A/2 = mv^2_B/2 = -mg(-\Delta y) = mg\Delta y$$

Quali forze agiscono sul corpo che scivola? (ricordate il piano inclinato)



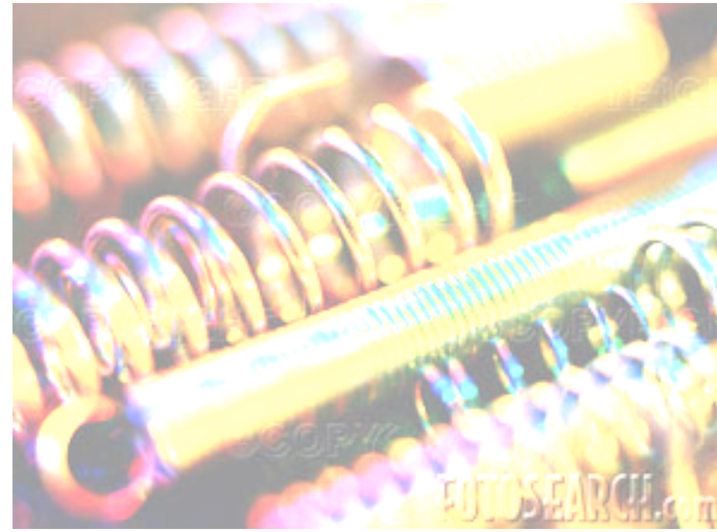
Forze elastiche

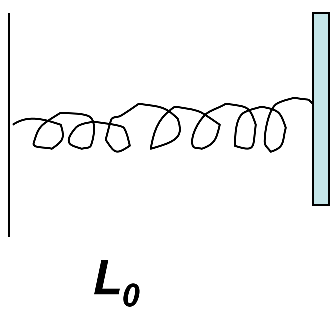
$\underline{\boldsymbol{F}} = -k\underline{\boldsymbol{d}}$

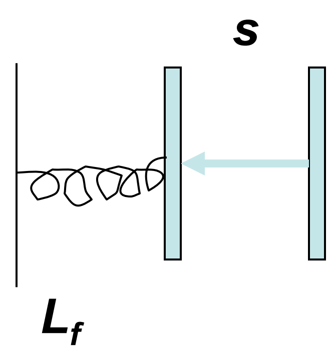
Comprimendo la molla si fa lavoro, quindi si cede energia ad essa
L'energia ceduta alla molla viene immagazzinata nella molla
Rilasciando la molla l'energia puo' essere ceduta a un corpo che acquista energia cinetica

$E_{elastica} = (1/2)kd^2$

Una molla inizialmente a riposo, viene "CARICATA" tramite ***F*** deformante che sposta l'estremo di Δs







$S = \Delta L$

Quanto vale il lavoro prodotto per la compressione?

F_{def} è concorde con ***s***, per cui se il lavoro è ***L = F •s***, sarà ***L = F ·ΔL***

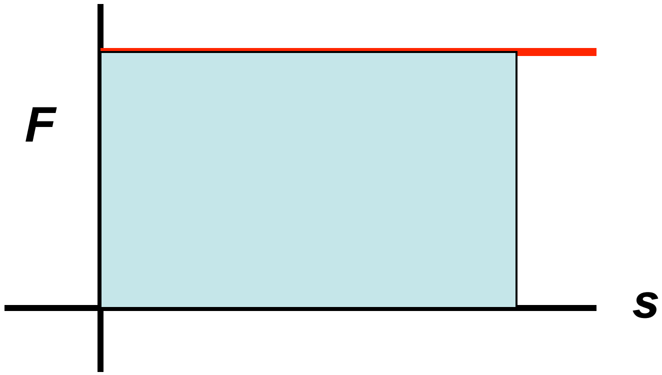
Ma la Legge di Hooke mi dice: $\boldsymbol{F_{el} = -K\,\Delta L}$

Non posso comprimere con ***F = cost***, perché il richiamo elastico dipende da ***ΔL***

Se aumenta la compressione, aumenta $\boldsymbol{F_{el}}$, e di conseguenza devo applicare $\boldsymbol{F_{def}}$ maggiore!

Devo calcolare lavoro per ***F*** non costante!

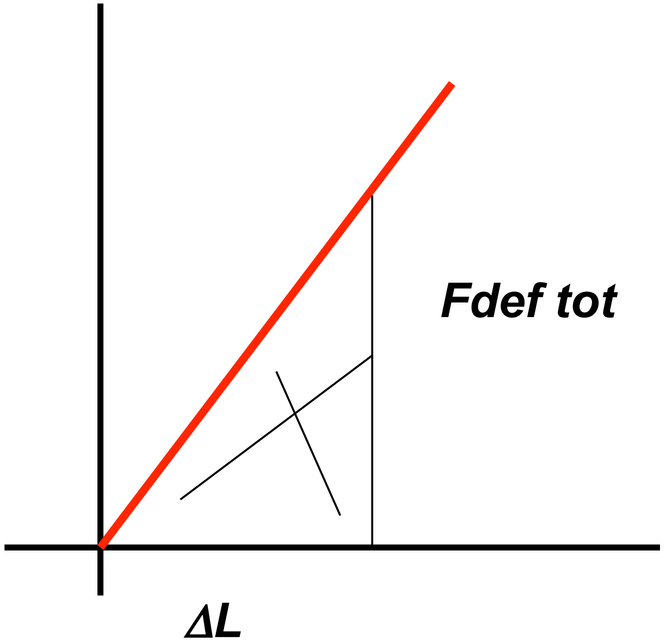
IDEA!



F costante (non dipende da ΔL)

$$L = Fs = \text{area rettangolo}$$

Allora il concetto si estende anche al caso di ***F*** non cost: ***L*** è l'area sottesa nel grafico *(s,F)*



Secondo la legge di Hooke, ***F def*** deve essere linearmente dipendente da ***ΔL*** : nel grafico ***(s,F)*** ho RETTA.

L = area triangolo!

$$L = \frac{1}{2} F \cdot \Delta s$$

Ma **$F = K \Delta s$**

$$\boxed{L = \frac{1}{2} K \cdot \Delta s^2}$$

ENERGIA POTENZIALE ELASTICA

Deformando una molla di costante K si immagazzina nella molla una quantità di energia detta "potenziale elastica" = lavoro prodotto dalla F def.

$$\boxed{U = \frac{1}{2} K \cdot \Delta s^2}$$

Se la molla ritorna alle dim. iniziali, restituisce l'energia ad un corpo appoggiato (spinta!), ovvero l'energia potenziale elastica viene trasformata in energia cinetica dell'oggetto: la molla fa lavoro sull'oggetto (tramite una forza di contatto) a spese della sua energia potenziale che acquista energia cinetica

Energia potenziale elastica

- Il lavoro della forza elastica, come quello della forza peso, non dipende dalla traiettoria, ma solo dalla posizione di partenza x_A e da quella di arrivo x_B
- Se il punto materiale percorre una traiettoria chiusa (A=B) il lavoro è nullo ($x_A=x_B$ e quindi $L=0$)
- Introducendo la funzione $U(x) = (1/2)kx^2$ il lavoro è dato da:

$$L = \frac{1}{2}kx_A^2 - \frac{1}{2}kx_B^2 = U(A) - U(B) = -\Delta U$$

- La funzione $U(x)$ è detta energia potenziale elastica ed è una grandezza scalare associata alla posizione in cui si trova il punto materiale (data da x)
- La funzione $U(x)$ è definita a meno di una costante: se si pone $U(x)= (1/2)kx^2 +c$ vale sempre la relazione $L= -\Delta U$

Alcuni punti chiave

- Il sistema fisico consiste di due o piu' oggetti: il corpo in esame e il sistema con cui interagisce
- Tra corpo e il resto del sistema agisce una forza, cioe' si ha interazione
- Quando la configurazione del sistema varia, la forza compie lavoro, trasferendo energia dall'energia cinetica del corpo a qualche altra forma di energia del sistema, eg potenziale

Trasformazioni di energia

- L'energia può trasformarsi da una forma all'altra
  - Sollevare, salire le scale: energia muscolare in energia di posizione
  - Cadere: energia di posizione in energia di movimento (esempio: dighe e centrali elettriche)
  - Camminare, correre: energia muscolare in energia di movimento
- Altre forme di energia (non meccanica):
  - In un'auto che frena: energia di movimento in energia termica (le ruote e la strada si scaldano)
  - In una candela che brucia, l'energia chimica della candela in energia termica e in energia radiante della fiamma
  - I raggi del sole o di una lampadina scaldano: è energia radiante che si trasforma in energia termica
  - In una lampadina, l'energia elettrica si trasforma in energia radiante e in energia termica

Lavoro della forza di attrito

Consideriamo un punto materiale che si sposta su un piano in presenza di una forza di attrito dinamico:

$$L = \int_{(\gamma)A}^{B} \vec{f}_{ad} \cdot d\vec{s} = -f_{ad}\, s$$

s = lunghezza della curva γ

- Il lavoro della forza di attrito dinamico è sempre negativo perchè la forza di attrito dinamico è sempre diretta in verso opposto rispetto allo spostamento
- Il lavoro della forza di attrito dinamico dipende dalla traiettoria compiuta dal punto materiale (s è la lunghezza dello spostamento complessivo)
- La forza di attrito statico non compie lavoro! (se c'è attrito statico, il punto materiale rimane in quiete!)

Conservazione dell'Energia meccanica

Poichè il lavoro non dipende dallo spostamento, ma solo dalla posizione iniziale e da quella finale, si può introdurre una funzione di stato U(x,y,z) detta energia potenziale, tale che:

$$L_{AB} = U(A) - U(B) = U(x_A, y_A, z_A) - U(x_B, y_B, z_B) = -\Delta U$$

- La funzione U(x,y,z) è definita a meno di una costante
  - Se si pone $U'(x,y,z) = U(x,y,z)+c$ si ha ancora $L_{AB}=-\Delta U'$
  - La costante viene fissata scegliendo un punto $P_0(x_0,y_0,z_0)$ e assegnando $U(P_0)=U_0$
    - ✓Forza peso: $U(y)=mgy$ significa $U=0$ in $y=0$
    - ✓Forza elastica: $U(x)=(1/2)kx^2$ significa $U=0$ in $x=0$
- L'energia potenziale non può essere definita per forze non conservative, per le quali L_{AB} dipende dal percorso da A a B

Energia meccanica

Teorema dell'energia cinetica (valido per tutte le forze):

$$L_{AB} = K_B - K_A$$

Definizione di energia potenziale (solo per forze conservative):

$$L_{AB} = U_A - U_B$$

Uguagliando le due quantità a secondo membro si ha:

$$K_B - K_A = U_A - U_B \Rightarrow \boxed{U_B + K_B = U_A + K_A}$$

La grandezza E_{mec}=U+K si chiama energia meccanica e, in presenza di sole forze conservative, si conserva (da cui deriva il nome di forze conservative):

$$E_{mec,A} = E_{mec,B} \Leftrightarrow \Delta E_{mec} = 0$$