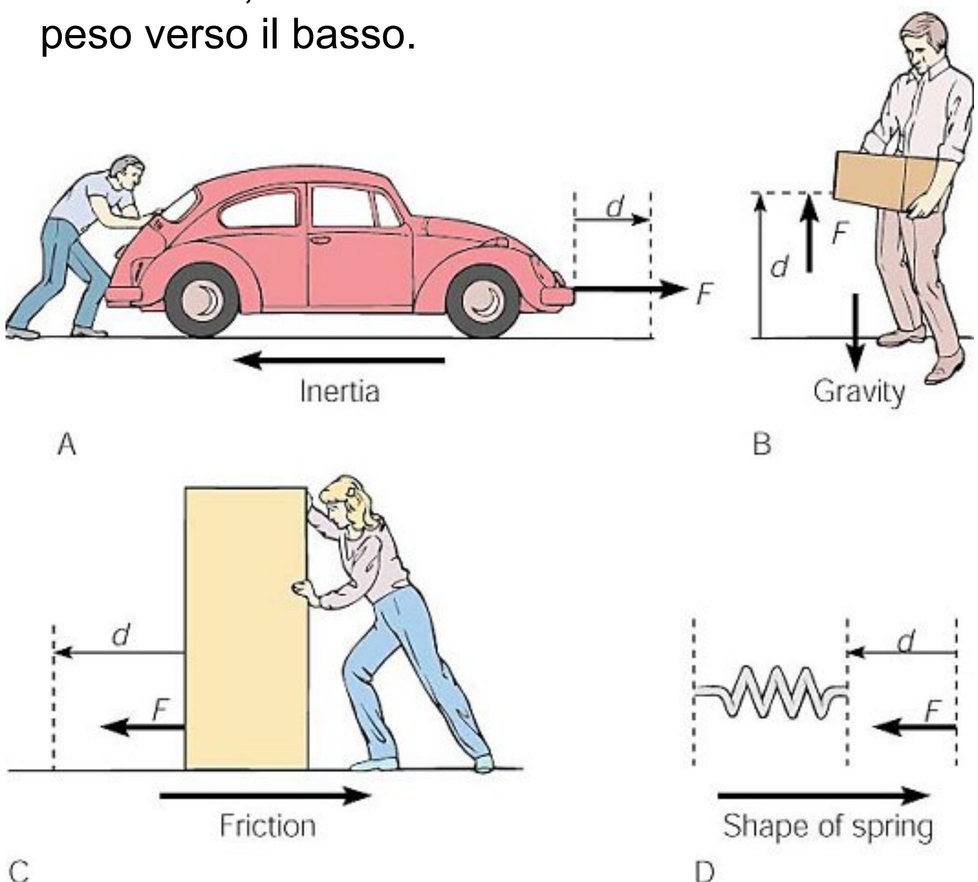
Lezioni in http://www.fisgeo.unipg.it/~fiandrin/didattica_fisica/did_fis1718/

Lez 8 18/10/17

Fisica Sperimentale e Applicazioni Didattiche

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.



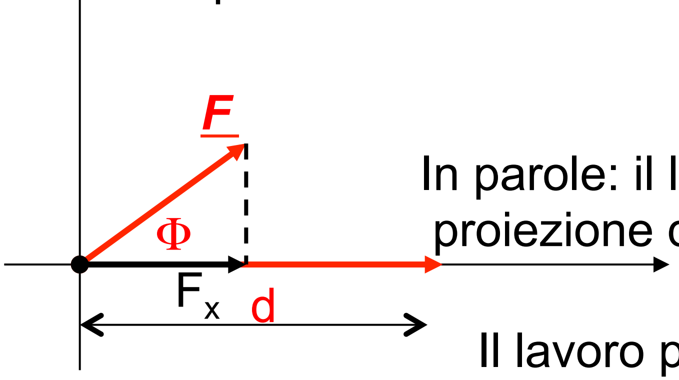
Siamo tutti d'accordo che spingere un'auto o sollevare un peso è una fatica; per la fisica è un **lavoro**. Ma la misurazione esatta della quantità di lavoro svolta richiede di misurare una forza e una lunghezza, lo spostamento. Se spingiamo la nostra macchina per 10 metri avremo fatto un certo lavoro;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

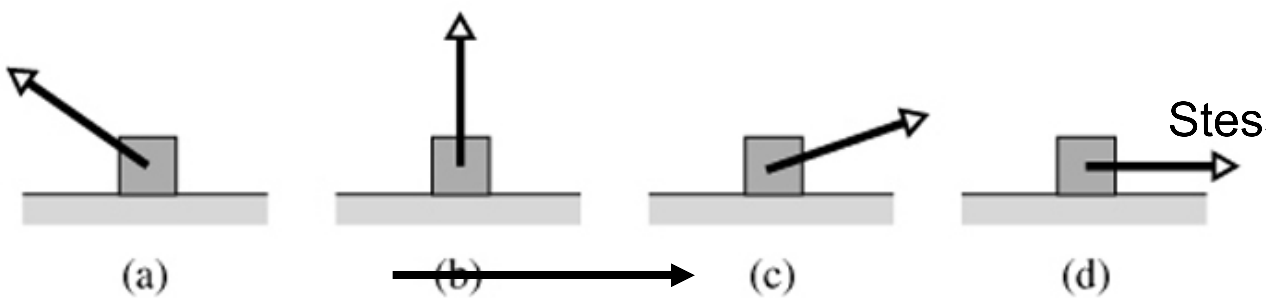


$$L = F_x d = (F\cos\phi)d$$

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)

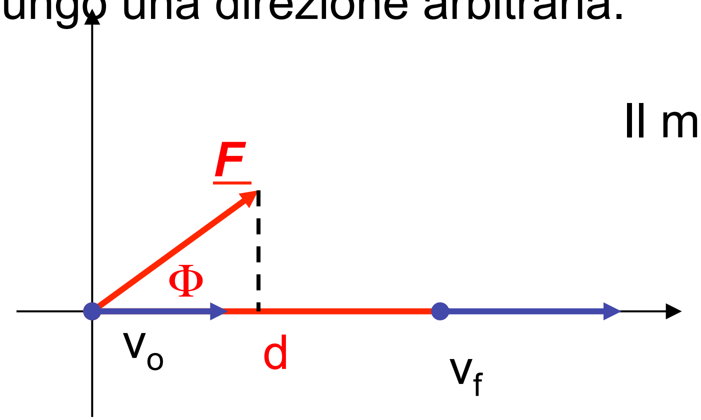
  1 J = 1 Nm

- 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 $\rightarrow v_{fx}^2 = v_{ox}^2 + 2a_x d$

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

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

Moltiplico tutto per m

$$mv_{fx}^2/2 - mv_{ox}^2/2 = ma_x d = F_x d = L$$

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

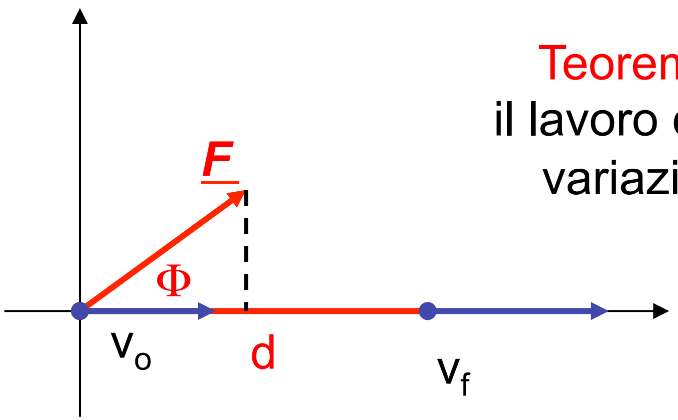
$$L = \Delta E_k = E_{kf} - E_{ki} = mv_{fx2}/2 - mv_{ox}^2/2$$

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

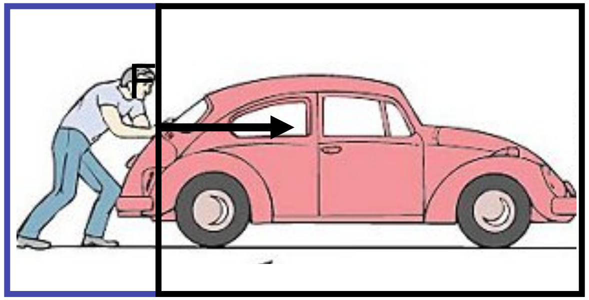
Diamo una definizione "assiomatica" dell'energia: e' una grandezza fisica scalare associata allo stato o condizione di uno o piu' corpi che puo' cambiare quando il sistema interagisce con altri sistemi (detti genericamente "ambiente esterno").

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

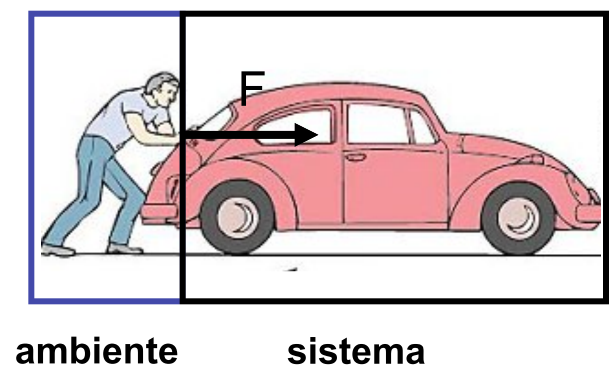
Il lavoro dipende SOLO dall'energia finale e iniziale (non ci importa di quello che succede tra i ed f)

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)

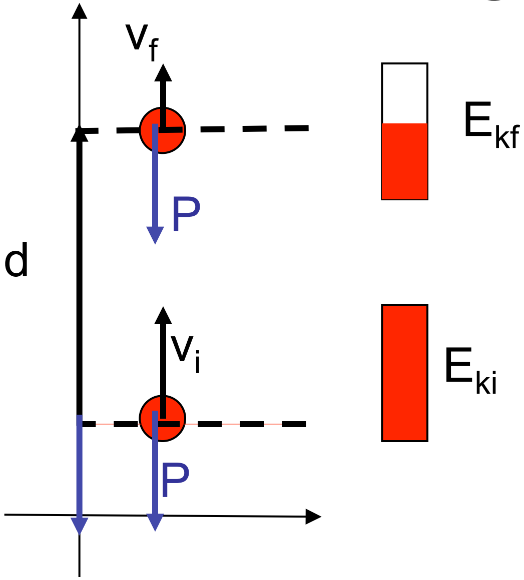
- Quindi cos'e l'energia?
- E' "qualcosa" che e' "contenuto" nell'accumulatore, nella pila, nell'insieme benzina-aria, nel cibo, nei muscoli, insomma in un qualsiasi sistema fisico
- Questo qualcosa e' lo stesso in tutti i "serbatoi": non lo si puo' vedere ne' toccare, non e' materiale ma se ne possono 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

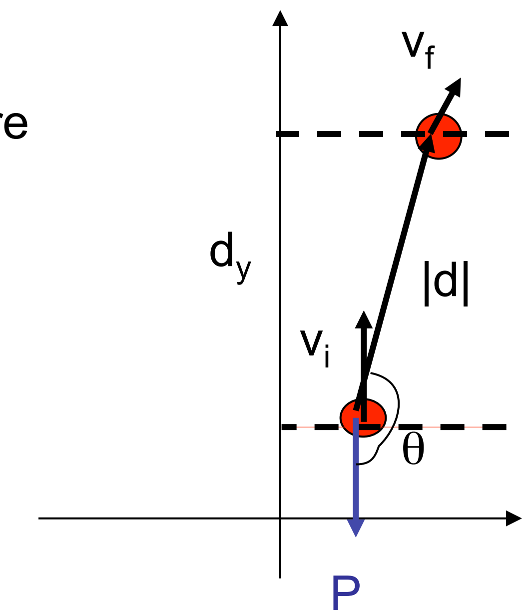
- E’ compito della fisica identificare le forme che l’energia assume in natura
- Una e’ quella legata al movimento: per il solo fatto che un corpo e’ in moto esso e’ capace di compiere lavoro→ l’energia cinetica
- Ne esiste un’altra: l’energia potenziale. Essa e' l’energia associabile alla configurazione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

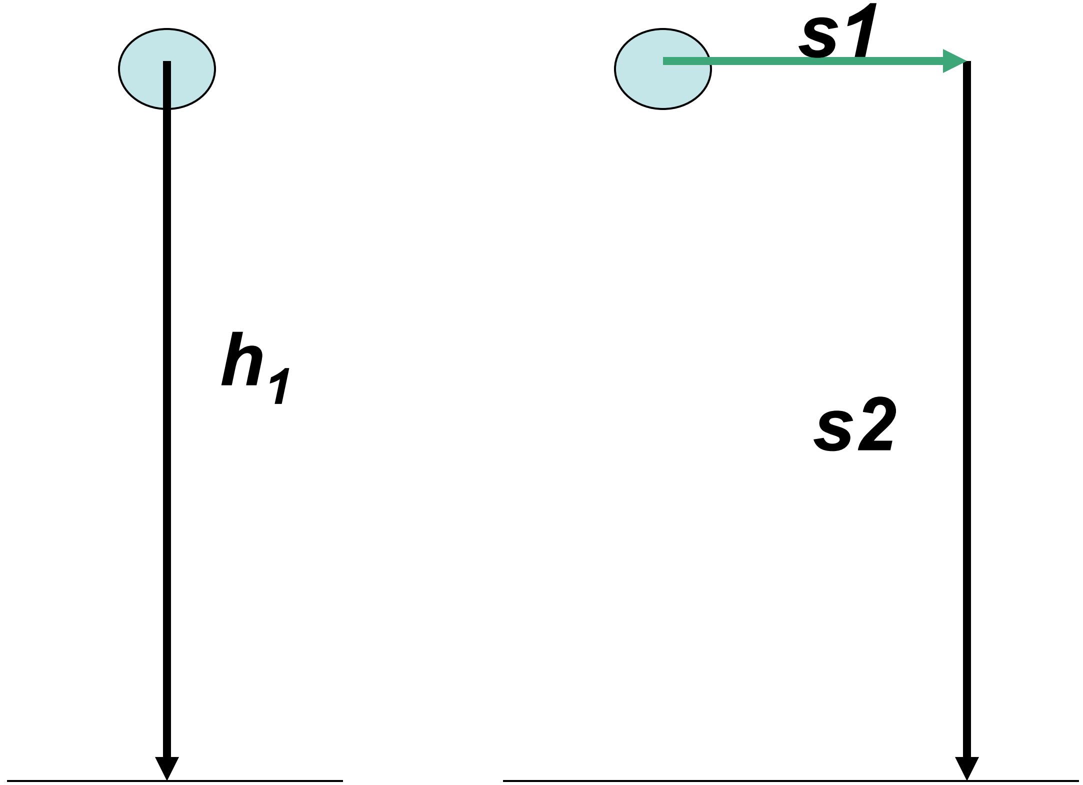
- quando E_k=0, non c'e' piu' energia cinetica da trasferire dal corpo alla (campo di) gravita'. Il corpo non puo' piu' salire
- il moto si inverte (ie ***d*** e' opposto a prima), il lavoro della gravita' e' L = mgdcos(0) = +mgd. La gravita' trasferisce al corpo l'energia mgd (che infatti accelera)



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

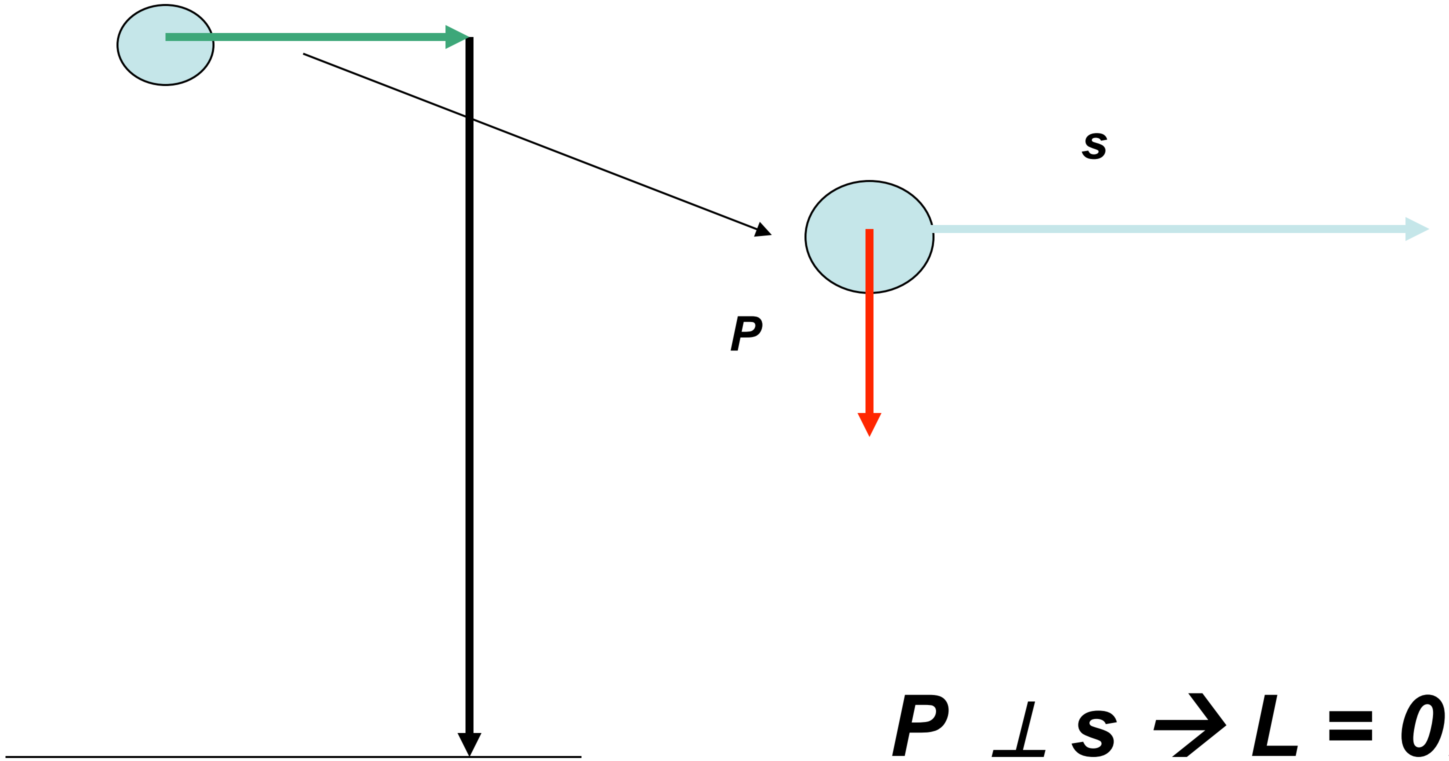
TRAIETT.2

$$h_2 = s1 + s2$$

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

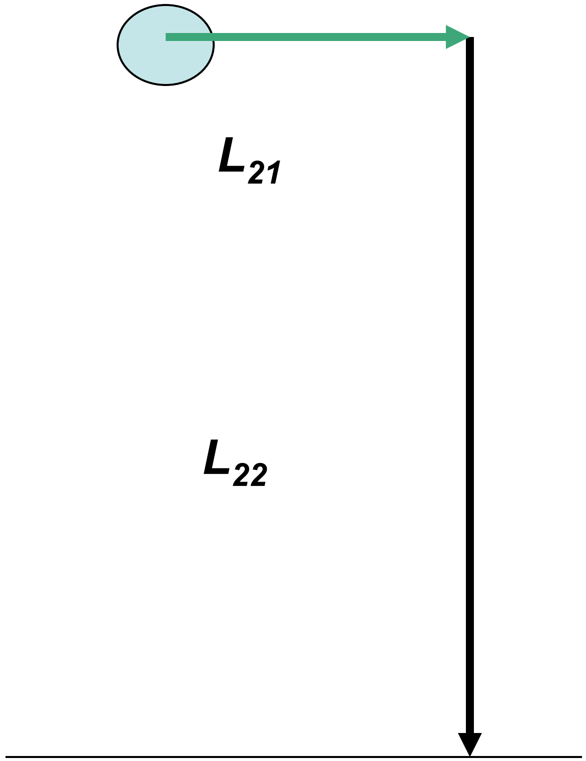
MA $L_2 = L_1$?

$$L_1 = mgh_1$$



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

Lo spostamento trasversale dà lavoro nullo!



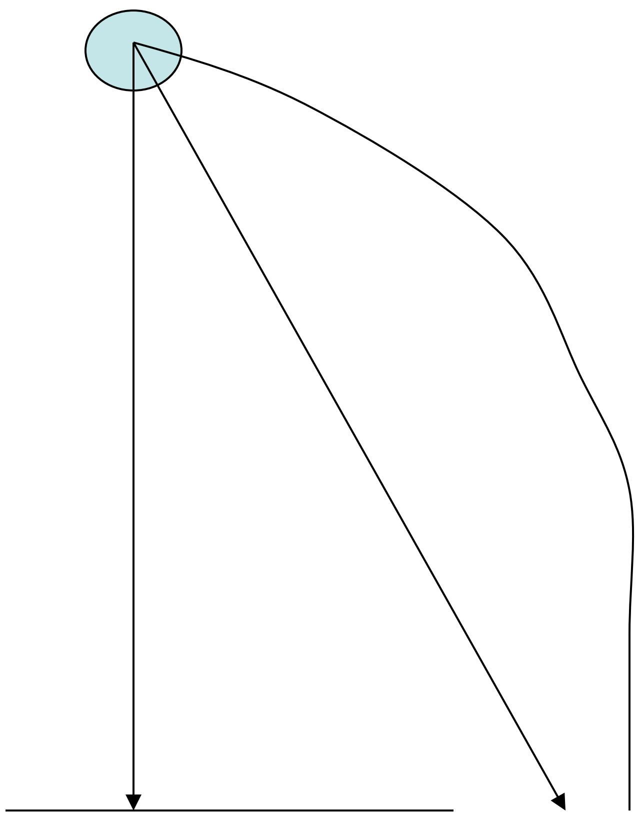
$$L_{21} = 0$$

$$L_{22} = mgh$$

$$L_2 = mgh = L_1$$

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!!



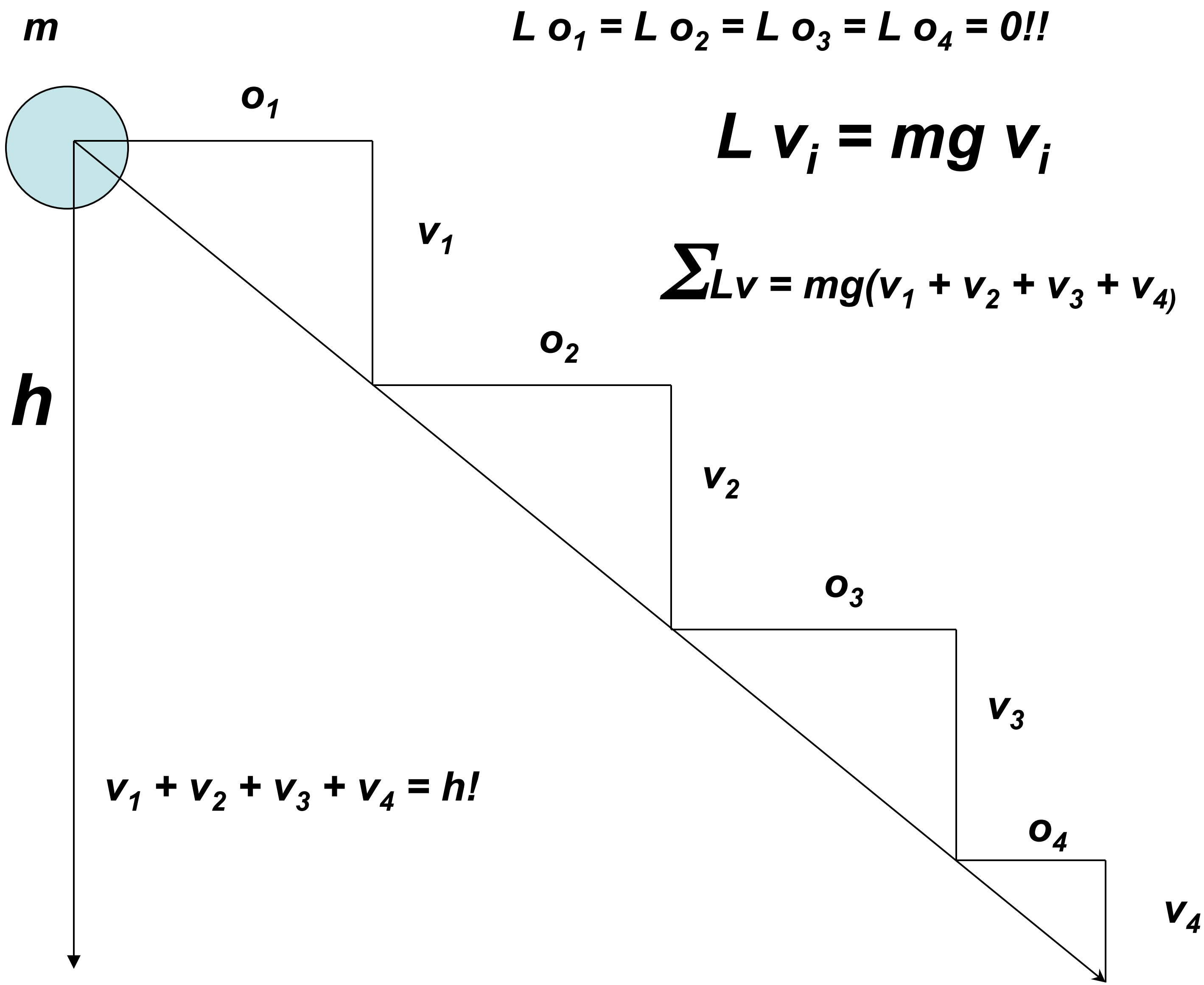
Ogni traiettoria si può pensare sempre come somma di spostamenti orizz. + verticali.

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

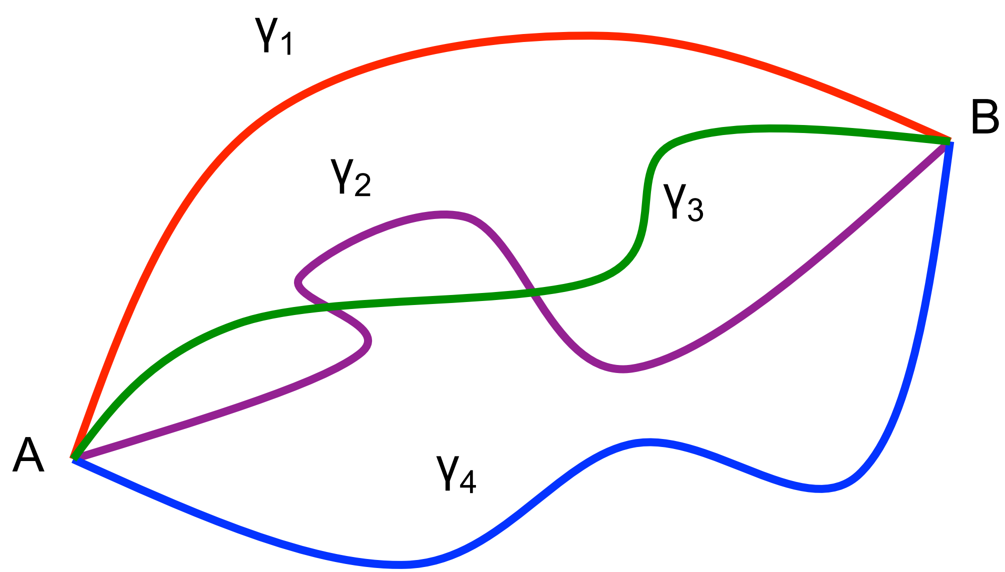
Se e' conservativa, essa ammette energia potenziale: essa e' pari al lavoro effettuato dalla forza fra la posizione iniziale e quella finale.
Corollario: se l lavoro non dipende dal percorso effettuato, allora il lavoro totale su un percorso chiuso e' nullo

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



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

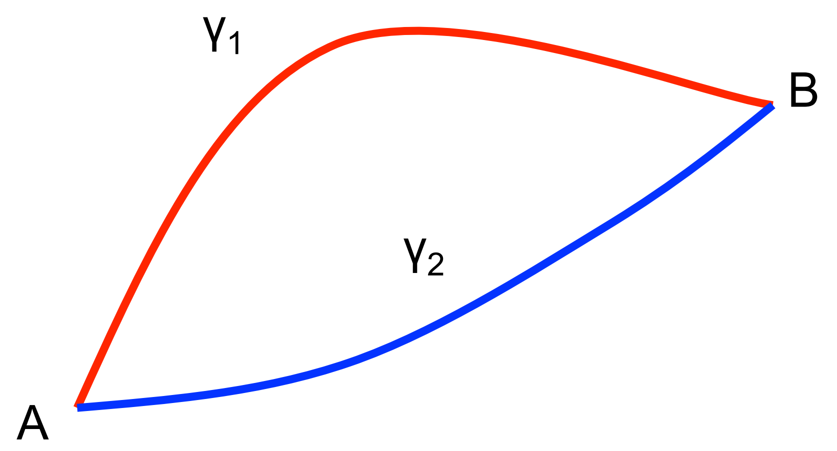
Lavoro in un percorso chiuso

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

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

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

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



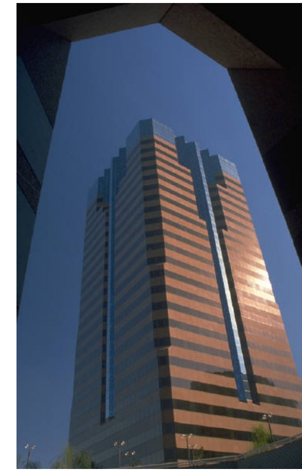
Energia potenziale gravitazionale

- 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.

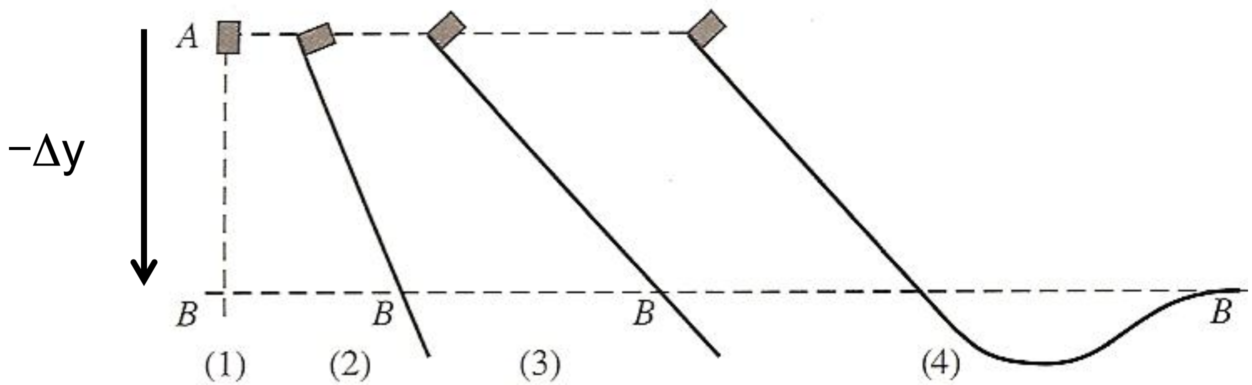
Se ho un corpo inizialmente ad altezza H1 e lo sposto ad altezza H2, il lavoro e' L = Ep2 – Ep1 = mg(H2 – H1), cioe' uguale alla differenza di energia potenziale fra le due posizioni.

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

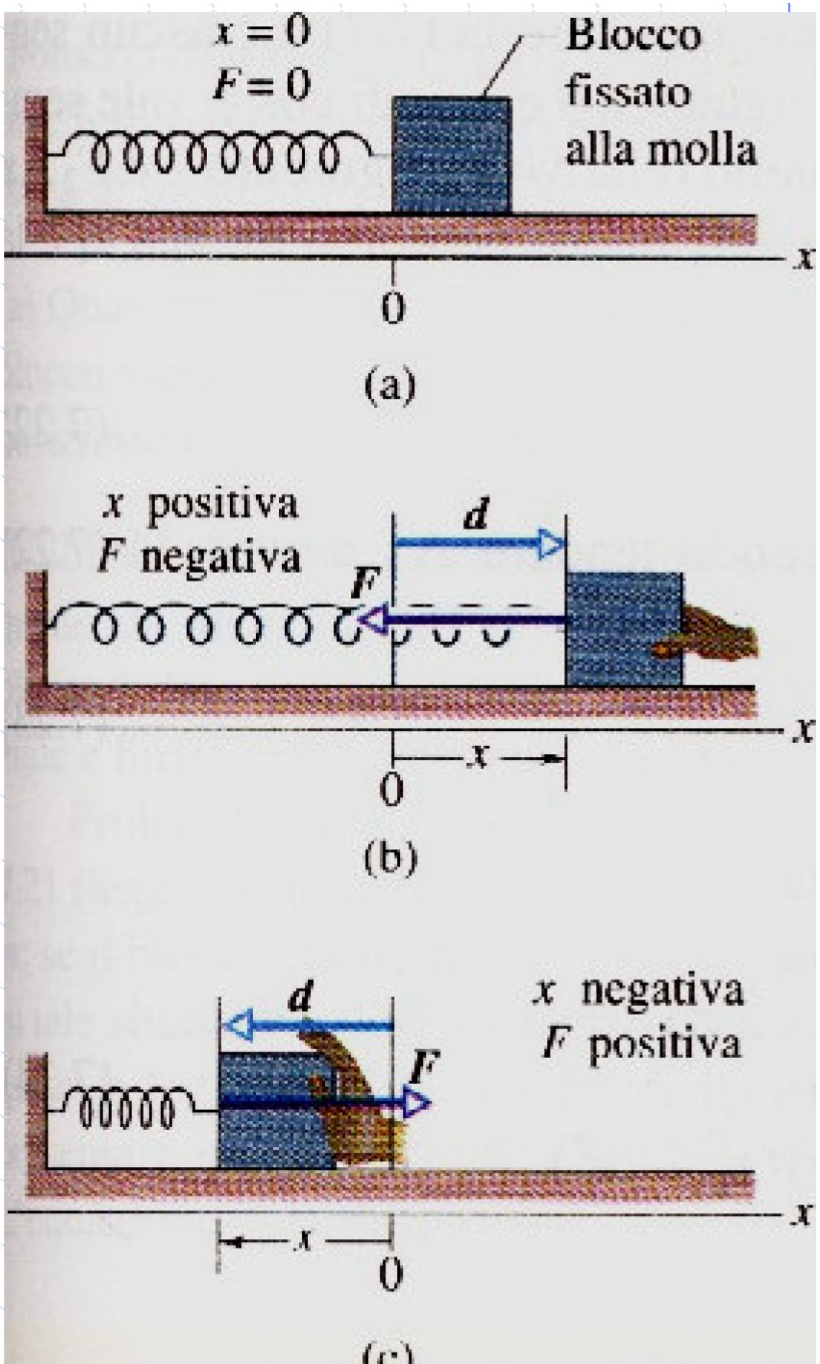
Tre scivoli con diversa inclinazione e forma



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)

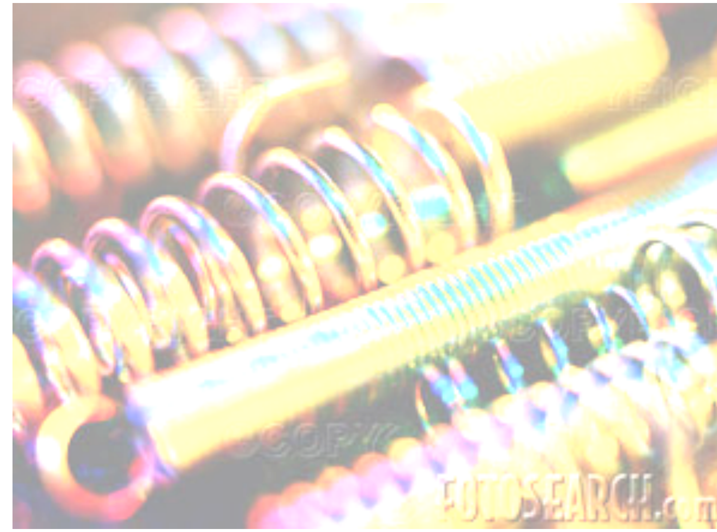


Forze elastiche

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

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 $\boldsymbol{s}$, per cui se il lavoro è $\boldsymbol{L = F \bullet s}$, sarà $\boldsymbol{L = F \cdot \Delta L}$

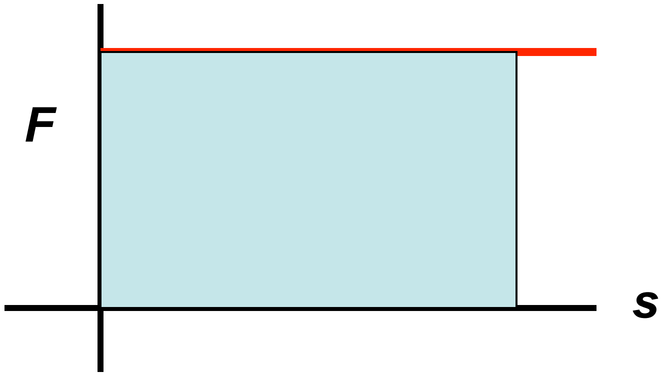
Ma la Legge di Hooke mi dice: $\boldsymbol{F_{el} = - K\, \Delta L}$

Non posso comprimere con $\boldsymbol{F = cost}$, perché il richiamo elastico dipende da $\boldsymbol{\Delta L}$

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

Devo calcolare lavoro per $\boldsymbol{F}$ non costante!

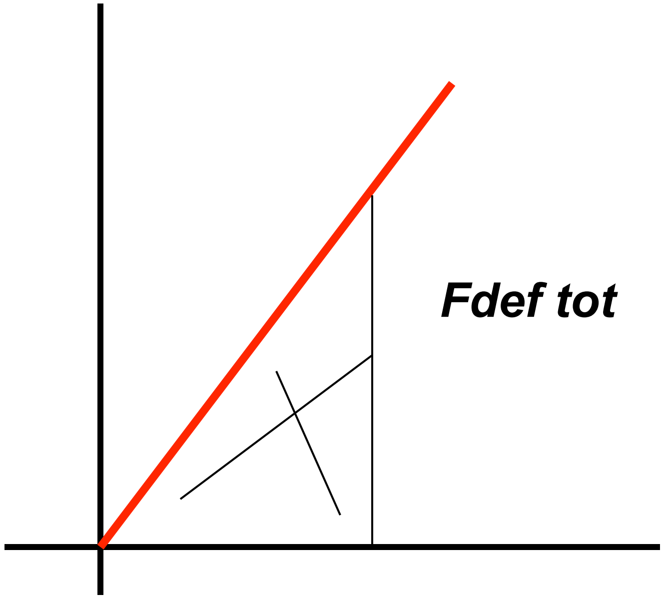
IDEA!



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 Δs**

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

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 $L= -\Delta U$

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

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:

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

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→quindi in un percorso chiuso il lavoro e' diverso da zero→forza non conservativa
- 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):

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

Energia meccanica

- CONSIDERIAMO UN CORPO CHE SI MUOVE IN UN CAMPO DI FORZE CONSERVATIVO:
- IL LAVORO FATTO DAL CAMPO VALE:

$$L_{AB} = U(A) - U(B)$$

- DAL TEOREMA DELL'ENERGIA CINETICA SAPPIAMO ANCHE CHE

$$L_{AB} = \Delta K = K_B - K_A$$

- METTENDO INSIEME LE DUE EQUAZIONI

$$U(A) - U(B) = L_{AB} = K_B - K_A$$

- RIORDINANDO SI HA:

$$U(A) + K_A = U(B) + K_B$$

LA SOMMA DELL'ENERGIA POTENZIALE E DELL'ENERGIA CINETICA SI CHIAMA ENERGIA MECCANICA.

IN ASSENZA DI FORZE NON CONSERVATIVE L'ENERGIA MECCANICA SI CONSERVA

- NEL CASO DEL CAMPO GRAVITAZIONALE SI HA:

$$E = U(A) + K_A = mgy + \frac{1}{2}mv^2$$

L'energia totale E_T di un corpo e' data dalla somma di tutti i tipi di energia che il corpo possiede. Quindi $E_T = K + V$

Conservazione dell'energia meccanica

- IN FISICA RIVESTONO UNA NOTEVOLE IMPORTANZA LE LEGGI DI CONSERVAZIONE.
  SI CERCA SEMPRE DI TROVARE IN UN DATO PROCESSO QUALE GRANDEZZA VIENE CONSERVATA, CIOE' RIMANE SEMPRE LA STESSA DURANTE LO SVOLGERSI DEL PROCESSO.

- ENERGIA MECCANICA $E = U + K$

ESEMPIO: SASSO LANCIATO DA UN PALAZZO ALTO h CON VELOCITA' INIZIALE NULLA.
[trascuriamo la resistenza dell'aria]

$E_{INIZIALE}$: mgh [tutta energia potenziale]

$E_{INTERMEDIA}$: $mgy + \frac{1}{2}mv^2$ [energia potenziale + energia cinetica]

E_{FINALE}: $\frac{1}{2}mv_f^2$ [solo energia cinetica]

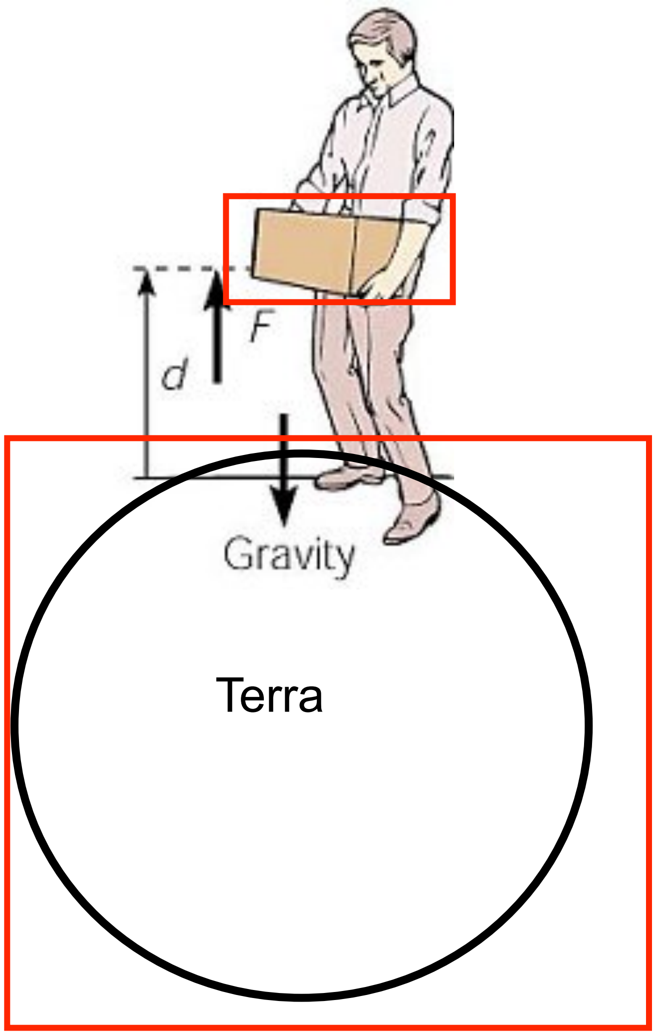
$\underline{E}$ SI CONSERVA DURANTE TUTTO IL PROCESSO, ALLORA

$$mgh = \frac{1}{2}mv_f^2$$

DOMANDA: IL SASSO VIENE LANCIATO QUESTA VOLTA CON VELOCITA' INIZIALE V_0 VERSO L'ALTO, E POI SEMPRE CON VELOCITA' V_0 MA DIRETTA VERSO IL BASSO. LA VELOCITA' CON CUI TOCCA IL SUOLO SARA' MAGGIORE NEL PRIMO O NEL SECONDO CASO?

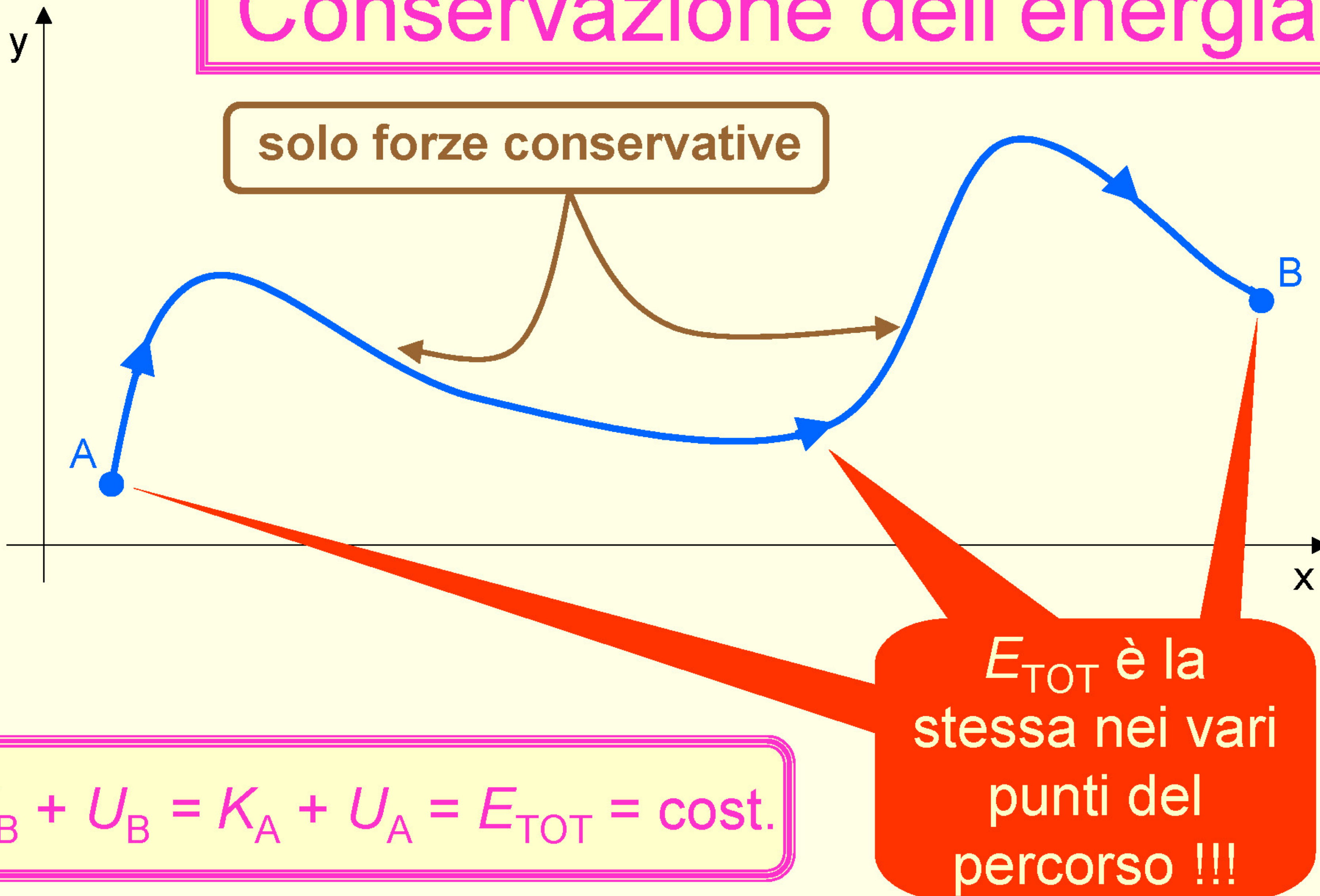
Nota Bene

- L'energia totale e' sempre relativa al sistema
- L'energia totale si conserva SE IL SISTEMA E' ISOLATO dall'ambiente esterno
- Sistemi isolati: soggetti solo a forze dovute alle parti del sistema.
- L'ambiente esterno non interagisce con il sistema, se esso e' isolato
- Esempio: corpo nel campo gravit. della Terra. Sistema: corpo + Terra. Ambiente esterno: tutto cio' che non ne fa parte
- Se applichiamo un'altra forza (p es per sollevare il corpo), l'ambiente esterno (noi) fa lavoro, ie scambia energia con il sistema$\rightarrow$ non e' piu' isolato, la sua energia totale puo' cambiare



- Consideriamo una scatola su un tavolo: essa interagisce con la Terra scambiando la forza di gravita'
- Quando e' poggiata sul tavolo (preso come riferimento) in quiete, la sua energia totale e' zero perche' v=0 e d=0 (rispetto al tavolo)
- Se togliamo il tavolo, la scatola cade sotto l'azione della SOLA forza di gravita', dovuta alla Terra: non ci sono forze "esterne" al sistema scatola+Terra→ $E_{tot} = E_K + U_g$ della scatola rimane la stessa: acquista energia cinetica e "perde" energia potenziale rispetto al tavolo perche' mentre cade si trova sotto il tavolo $0 = \Delta E_{tot} = \Delta E_K + \Delta U_g$
- Se solleviamo la scatola portandola ad un'altezza d SOPRA il tavolo, dobbiamo compiere lavoro contro la forza di gravita' ma in questo caso il sistema scatola +Terra NON e' piu' isolato, perche' siamo intervenuti noi che abbiamo fatto lavoro, ovvero CEDUTO energia alla scatola: l'energia totale NON e' la stessa di quando la scatola era poggiata sul tavolo

Conservazione dell'energia



$$K_B + U_B = K_A + U_A = E_{TOT} = \text{cost.}$$

In sistemi isolati

Quando si applica?

Due sono le condizioni per applicare il principio di conservazione dell'energia:

- Il sistema deve essere isolato
- Solo forze conservative fra le parti del sistema

Conservazione dell'energia meccanica

$$\boxed{K_B + U_B = K_A + U_A = E_{TOT} = \text{cost.}}$$

Quindi:

- Quando in un sistema isolato agiscono forze conservative, E_k ed U si ridistribuiscono in modo che E_{tot} sia sempre la stessa

- Quando E_{tot} si conserva possiamo mettere in relazione l'energia totale in uno stato (p. es. quello di moto all'istante t) con quella di qualsiasi altro stato senza dover considerare gli stati intermedi e senza necessita' di conoscere il lavoro compiuto dalle forze coinvolte

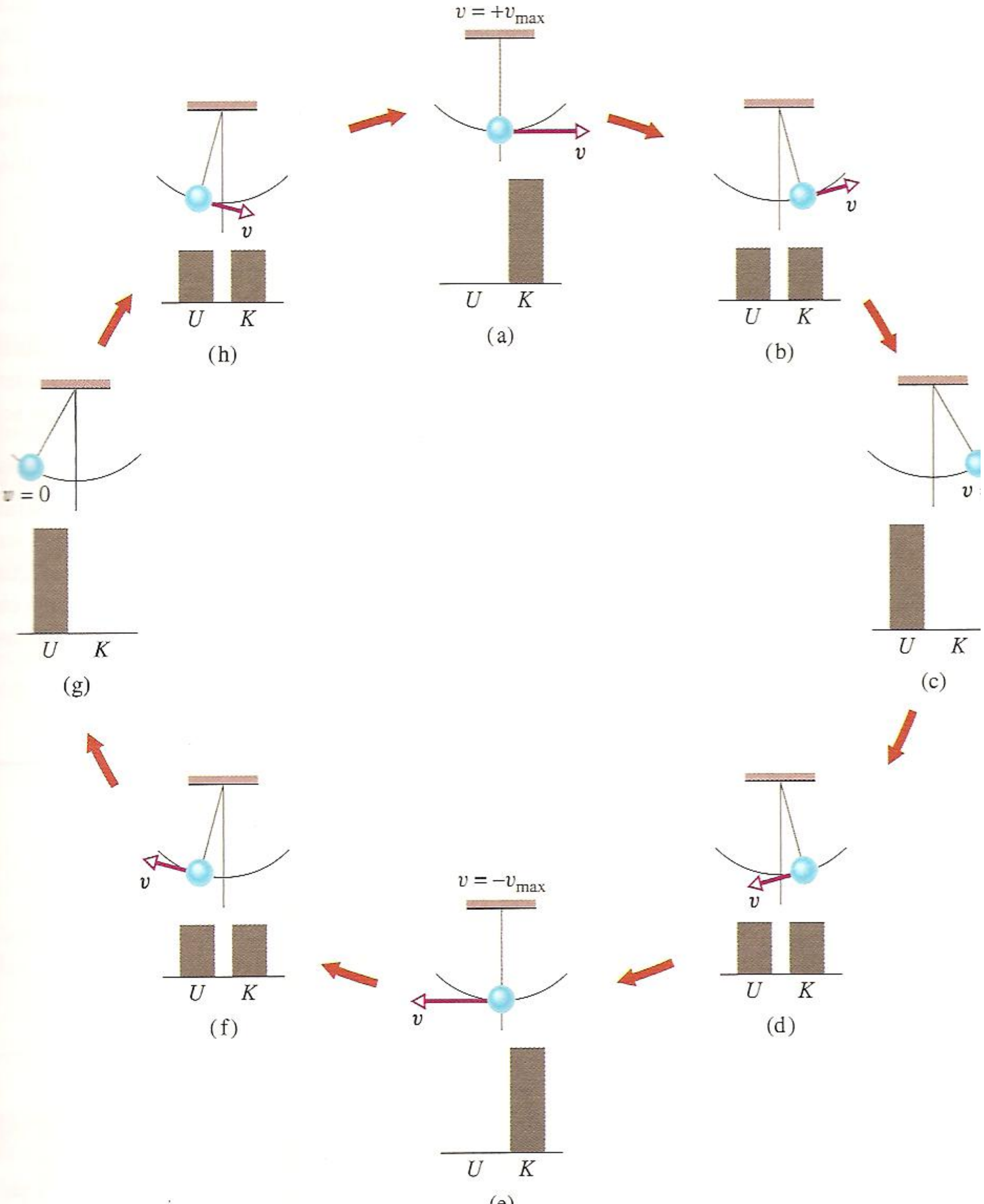


Figura 8.7 Un pendolo, avente la massa tutta concentrata in un peso all'estremità inferiore, oscilla avanti e indietro. È rappresentato schematicamente un ciclo completo di oscillazione. Durante il ciclo i valori dell'energia cinetica e potenziale del sistema pendolo-Terra variano al variare dell'altezza del piombo, ma l'energia meccanica E_{mec} del sistema rimane costante. Negli stadi (a) e (e) l'energia è tutta cinetica: il piombo ha la velocità massima, e passa per il punto più basso della sua corsa. In (c) e (g) invece il blocco ha velocità nulla nella posizione più alta, e il sistema pendolo-Terra possiede la massima energia potenziale gravitazionale. Negli stadi intermedi (b), (d), (f) e (h) metà dell'energia è cinetica e metà potenziale. Se nell'oscillazione si manifestasse una forza di attrito nel perno che sostiene il pendolo, o una forza di resistenza da parte dell'aria, la E_{mec} sarebbe dissipata e il pendolo alla fine si fermerebbe.