

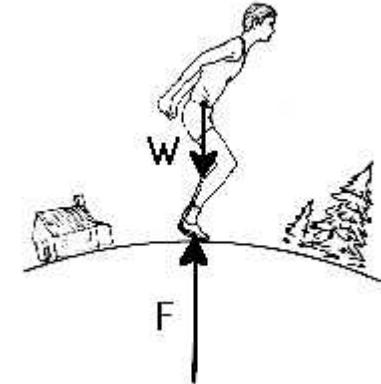
## ***Fisica degli Sport Lezione 3:***

### **Energia, Quantità di Moto e Lavoro**

Aggiornata al 19/4/1999

E' giunto il momento di utilizzare quanto appreso riguardo al moto e cercare di applicarlo al corpo umano. Dopo tutto, gli sport consistono proprio di corpi umani in movimento! Un'analisi dettagliata dei movimenti eseguiti nella gran parte degli sport richiede i concetti di energia e di quantità di moto, di cui tratteremo brevemente in seguito. Per adesso inizieremo con un esempio tratto dalla cinematica che serva a mettere in pratica quanto precedentemente appreso. Prenderemo di nuovo in considerazione lo stesso problema applicando il concetto di energia per dimostrare l'efficacia di tale tecnica.

L'uomo sulla destra sta saltando; quali sono le forze che agiscono su di lui e qual è il moto risultante? Ovviamente c'è la forza di gravità,  $W$ , che agisce verso il basso. I muscoli delle gambe esercitano una forza diretta verso il suolo terrestre, così per la 3a Legge di Newton la Terra esercita una forza uguale diretta verso l'alto; chiamiamola  $F$ . Per cui, un diagramma di corpo libero ci dice subito che la forza netta è  $F - W$  ... notate che se  $F$  è minore o uguale a  $W$  la persona non riuscirà a staccarsi dal suolo. Qual è l'accelerazione? Utilizzando la 2a Legge di Newton troviamo che  $F = mA$  implica che  $A = F/m$ . Ricordate inoltre che la definizione di peso è  $W = mg$ , così  $m = W/g$ . Applicandola al nostro amico qui, troviamo che:



$$A = (F - W)/m = (F - W)/(W/g) = g(F - W)/W$$

Perfetto. Dunque a che velocità va quando si stacca dal suolo? Non si può saltare senza piegare le gambe e rannicchiarsi un po' ed è proprio quanto ci si piega a determinare la distanza sulla quale agisce l'accelerazione data sopra. Chiamiamo  $c$  tale distanza. Poi,

utilizzando la pratica relazione tra velocità e distanza della [Lezione 2](#), troviamo che la velocità di chi salta al momento di staccarsi dal suolo è data da

$$v^2 = 2Ac = 2gc(F - W)/W$$

poiché  $v_0$  è 0. Possiamo usare questo risultato per trovare a che altezza salta? Una volta abbandonato il suolo, l'unica forza ad agire su di lui sarà la gravità, che produce un'accelerazione di  $-g$ . Inoltre sappiamo che all'altezza massima,  $H$ , la sua velocità sarà 0 (giusto per una frazione di secondo prima che cominci a ricadere a terra). Quindi possiamo usare di nuovo la relazione  $v^2 = v_0^2 + 2Ad$  ed inserirla nell'equazione  $v = 0$ ,  $v_0 = v$ ,  $A = -g$ ,  $d = H$ :

$$0 = 2gc(F - W)/W - 2gH$$

da cui segue che

$$H = c(F - W)/W$$

Cosa ci dice? Un bel po' di cose! Intanto notate che l'altezza del salto è direttamente proporzionale a quanto ci si piega. Automaticamente deduciamo che esiste un limite all'altezza del salto strettamente legato a quanto possiamo piegarci. Inoltre, ciò sembrerebbe implicare che, in media, le persone alte siano in grado di saltare più in alto di quelle basse, perché si possono piegare di più. E' vero? Non necessariamente; discuteremo questo punto più approfonditamente quando parleremo dei muscoli e del loro funzionamento. E per quanto riguarda la forza? Gli studi dimostrano che in questo tipo di salto la forza massima che un individuo medio può generare equivale a circa due volte il suo peso. Se inseriamo  $F = 2W$  nell'equazione per trovare  $H$  risulta che  $H = c$ ; la distanza del piegamento è un limite più forte di quanto pensavamo per via delle limitazioni nella capacità dei muscoli di sviluppare forza. Un'approssimazione ragionevole, valida per la maggior parte delle persone, è che l'altezza del salto equivale alla distanza del piegamento.

---

## Energia e Quantità di Moto

GRANDEZZA	DEFINIZIONE	UNITA' DI MISURA	RELAZIONI
Energia 1.energia cinetica 2.energia potenziale gravitazionale 3.lavoro	Capacità di produrre una forza 1.energia di movimento 2.capacità di cadere dall'alto 3.energia trasmessa ad un oggetto	Joule (J) (Nm or kg m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )	1.Ec = 1/2mv <sup>2</sup> 2.Ep = mgh 3.w = Fd
Quantità di Moto	Capacità di mantenere il moto di inerzia	kg m/s	<b>p</b> = mv

### Il Lavoro e il suo rapporto con l'energia

Il Lavoro è definito come  $w = Fd$ , cioè il Lavoro equivale ad una Forza applicata su un oggetto moltiplicata per la Distanza percorsa lungo la direzione della forza. Per cui, se premi contro un muro di mattoni più forte e più a lungo che puoi, non importa quanto ti stanchi, quanto sudi o quanto ti facciano male i muscoli, **NON HAI COMPIUTO ALCUN LAVORO** perché la distanza percorsa dal muro è nulla. "Compiere lavoro" su qualcosa significa trasmettergli energia; quella del muro non aumenta quando ci premi contro.

Possiamo notare che lavoro significa trasmettere energia a qualcosa, derivando le espressioni per l'energia potenziale e per l'energia cinetica dalla definizione di lavoro. Per l'energia potenziale ciò è immediato: la forza che serve a sollevare qualcosa è il suo peso,  $mg$ . Se l'oggetto viene sollevato ad un'altezza  $h$ , la forza moltiplicata per la distanza percorsa è  $mgh$ : questa è l'espressione per l'energia potenziale gravitazionale.

Per ricavare l'energia cinetica serve un po' più di lavoro (scusate il gioco di parole) ma non molto. Se si applica una forza  $F$  ad un oggetto di massa  $m$  l'accelerazione sarà  $F/m$  (2a Legge di Newton). Se tale accelerazione viene applicata per una distanza  $d$ , dalle equazioni della cinematica, sappiamo che la velocità finale sarà data da

$$v^2 = 2Ad = 2(F/m)d.$$

Ma il lavoro compiuto in tale processo è  $w = Fd$ , per cui si ha

$$v^2 = 2w/m$$

ovvero

$$w = 1/2 mv^2$$

Vediamo di nuovo che il lavoro compiuto sull'oggetto è proprio l'energia ad esso trasmessa.

In entrambi i suddetti casi l'energia iniziale era 0 (prima perché  $h$  era 0, poi perché  $v$  era 0). Possiamo generalizzare tali risultati dicendo che il lavoro compiuto su un oggetto è la VARIAZIONE della sua energia. Notate che questa variazione può essere o positiva o negativa; una forza può trasmettere energia ad un oggetto oppure assorbirla da esso.

## Quantità di Moto

La cosa importante da notare riguardo la quantità di moto è che si tratta di un vettore. Essendo la quantità di moto proporzionale alla velocità, la direzione dei due vettori è la stessa. L'intensità della quantità di moto è semplicemente la massa dell'oggetto moltiplicata per il modulo della velocità. Gli oggetti che non si muovono non possiedono quantità di moto.

La quantità di moto ci fornisce anche un altro modo per interpretare la 2° Legge di Newton:

$$\mathbf{F} = m\mathbf{A} = m(\Delta\mathbf{v}/\Delta t) = \Delta\mathbf{p}/\Delta t$$

Quindi una forza può essere vista come qualcosa che produce una variazione nella quantità di moto di un oggetto.

<p><b>Lezione 3</b></p> <p><b>PUNTI PRINCIPALI:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Esempio che utilizza equazioni della cinematica</li> <li>• Il Lavoro è l'energia trasmessa ad un oggetto; <math>w = Fd</math>, se <math>d = 0</math> non si compie lavoro.</li> <li>• Forza = variazione della quantità di moto.</li> </ul>	<p><a href="#">Lezione 4</a></p> <p><b>ANTEPRIMA:</b></p>
	<p>Parleremo della Conservazione dell'Energia e vedremo perché il concetto di energia è così utile.</p>