

Il bilancio energetico nel salto con l'asta

Come si crea e si modifica l'energia utilizzata dall'atleta nel corso di un salto

Giorgio Fracchia 2021

Premessa

Per una maggior comprensione di quanto segue definiamo i due tipi di energia che entrano in gioco nel corso di un salto completo:

$$\text{Energia CINETICA} \quad EC = \frac{1}{2} * m * V^2 \quad (1)$$

m = massa del sistema (saltatore + asta) (KG)

V = velocità (Metri/sec)

Nota: la massa dell'asta è trascurabile rispetto a quella del saltatore

$$\text{Energia POTENZIALE} \quad EP = m * g * H \quad (2)$$

m = massa del sistema (saltatore + asta) (KG)

g = accelerazione di gravità, che per semplificare assumiamo pari a 10 (m/sec²)

H = altezza dell'oggetto rispetto ad un piano di riferimento arbitrario (metri)

$$\text{Energia TOTALE del sistema (saltatore + asta)} \quad ET = EC + EP \quad (3)$$

Trasformazione dell'energia cinetica in energia potenziale

Questa trasformazione da un tipo di energia ad un altro tipo di energia avviene nelle diverse fasi del gesto atletico (nei salti, nei lanci e nelle corse). Facciamo un esempio semplice di trasformazione di EC in EP

Lancio un oggetto del peso di 1 kg in direzione verticale sopra di me e calcolo l'energia dell'oggetto nelle diverse fasi del volo.

L'energia potenziale fa riferimento al piano che orizzontale che passa dalla mia mano all'istante del lancio

L'energia totale dell'oggetto in qualsiasi istante è la somma EC + EP

Nell'istante del lancio EP = 0 in quanto l'altezza dell'oggetto rispetto al piano passante per la mia mano è zero; EC è la velocità dell'oggetto nel momento in cui esce dalla mia mano

Supponiamo che questa velocità dia di 10 metri/secondo, ne deriva che all'istante del lancio:

Dall' Equazione (3):

$$E = EC + EP = (\frac{1}{2} * 1 * 10^2) + 0 = 50 \quad (\text{per semplificare trascuriamo l'unità di misura})$$

Da questo momento l'oggetto comincia a rallentare (a causa della gravità che si oppone alla salita) man mano che sale fino a fermarsi alla massima altezza raggiunta. In questo istante:

$$E = EC + EP = 0 + 1 * 10 * H = 50 \quad (EC = 0, \text{ tutta l'energia cinetica si è trasformata in energia potenziale})$$

Possiamo anche calcolare l'altezza massima che raggiunge il mio oggetto del peso di 1 kg lanciato a 10 metri/sec in direzione verticale sopra la mia testa:

$$H = 50 / 10 = 5 \text{ metri}$$

Ora vediamo **come si crea e come si trasforma l'energia del sistema** (saltatore + asta) nel corso di un salto completo, partendo sempre dalla equazione (3).

Si fa riferimento alla posizione del BARICENTRO (Centro di massa) dell'atleta nel calcolo dell'energia

I dati che seguono fanno riferimento ad un salto del russo Volkov a 5.65 con cui l'atleta ha conquistato la medaglia d'argento alle olimpiadi di Mosca 1980.

Assumiamo il peso dell'atleta pari a 80 kg (questo valore è comunque ininfluenza ai fini del calcolo)

1) INIZIO RINCORSA

$ET = 0$ in quanto la velocità è nulla (l'atleta parte da fermo) e l'altezza del baricentro dell'atleta rispetto al piano di riferimento assunto, che assumiamo passante proprio per il baricentro dell'atleta, a circa 1 metro da terra, è nulla.

2) FINE RINCORSA ED INIZIO STACCO

L'altezza del baricentro dell'atleta continua ad essere uguale a zero quindi $EP = 0$

I valori di velocità e di angolo di Volkov riportati nelle figure sono tratti da uno studio Di biomeccanica dell'epoca. La velocità di "entrata" è di 9.68 metri/sec

$$EC = \frac{1}{2} * m * V^2 = \frac{1}{2} * 80 * 9.68^2 = 3748 \text{ (trascuriamo l'unità di misura)}$$

$$ET = EP + EC = 0 + 3748 = 3748 \text{ è l'energia totale disponibile subito prima dello stacco}$$

Al momento dello stacco si ha una perdita di energia nel sistema, perdita dovuta al cambio di direzione del vettore velocità (come avviene in tutti i tipi di salto e nella corsa).

Apriamo una parentesi per chiarificare questo concetto di "perdita" di energia.

Nel **salto in lungo**, che presenta valori di velocità e di angolo di stacco molto simili a quelli dell'asta, la perdita di energia allo stacco è di circa il 20%, come ho appurato da un mio studio sulla finale del salto in lungo ai Campionati del mondo del 1983 ad Helsinki. Da questo studio ho ricavato questi dati, validi quindi per salti di alto livello internazionale:

Velocità di entrata (FIG. 1) tra i 10 e gli 11 metri/sec (fino a un massimo di 11.3 m/s per Carl Lewis, che ha vinto la gara con 8.55)

La velocità di uscita (FIG. 2) è circa un metro più bassa con angoli di stacco da 21 a 25 gradi.

Sta in questa differenza la perdita di energia.

La perdita di velocità è circa il 10%, la perdita di energia è circa il 20% perché nella equazione (1) la velocità compare col quadrato.

Queste due figure fanno riferimento al salto di 8.54 di Dombrowski (Mosca 1980) con i dati del salto che confermano quanto appena detto su velocità e angoli di stacco.



FIG. 1

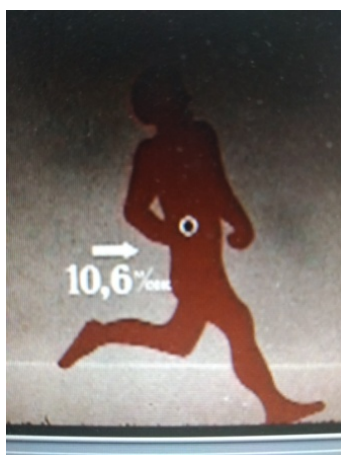
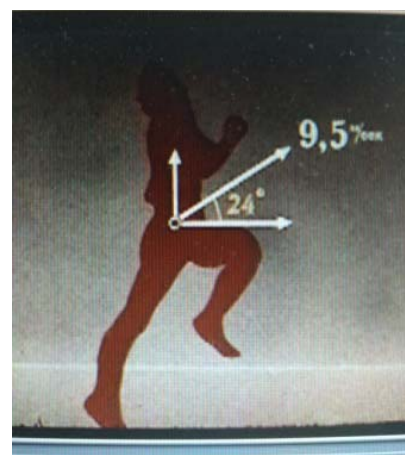


FIG. 2



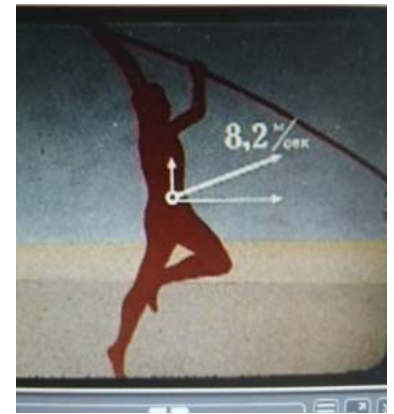
Tornando al salto con l'asta (figura seguente, dati relativi al salto di 5.65 di Volkov) la perdita di energia è vicina al 30%, come si vede applicando la (1):

$$EC = \frac{1}{2} * m * V^2 = \frac{1}{2} * 80 * 8.2^2 = 2690$$

EP = 0 in quanto il baricentro dell'atleta non ha ancora iniziato a salire

$$2690 / 3748 = 0.72 \quad \text{Perdita di energia} = 28\%$$

Da questo momento la velocità del sistema (atleta + asta) comincia a scendere in parallelo alla risalita del centro di gravità, vale a dire che l'energia cinetica si trasforma in energia potenziale fino al momento del valicamento dell'asticella, quando EC = 0 e l'atleta raggiunge la massima altezza compatibile con l'energia disponibile.



Ragionando analogamente a quanto fatto all'inizio di questa relazione con l'esempio dell'oggetto lanciato in alto possiamo calcolare a che altezza può arrivare il baricentro dell'atleta con l'energia disponibile allo stacco. Si ha infatti, dalla trasformazione di EC in EP:

$$(2) \quad EP = 2690 = m * g * H = 80 * 10 * H$$

da cui H = 3.36 metri rispetto al piano di riferimento, che passa per il baricentro dell'atleta, valutabile a circa 1 metro sul piano della pedana.

Quindi l'altezza del baricentro ottenibile in questo salto con l'energia a disposizione è di 3.36 + 1.00 = 4.36 metri dal terreno.

Come fa quindi l'atleta a superare nel salto di 5.65 una altezza ben maggiore di questa?

Semplicemente inserendo nuova energia nella fase tra lo stacco e il valicamento dell'asticella.

Questa "iniezione di energia" deriva dalla muscolatura dell'atleta che nelle fasi di rovesciata (addominali), tirata e spinta (spalle, braccia, dorsali) contribuisce con la sua forza muscolare a sollevare ulteriormente il baricentro del sistema.

Questo incremento di altezza è possibile nell'asta, ma non nel salto in lungo o in alto, specialità in cui il baricentro non è modificabile durante il salto (qualsiasi movimento l'atleta faccia nella fase di volo): in ogni istante la posizione del baricentro solo dall'angolo di stacco e dalla velocità di stacco.

Invece nell'asta questo incremento di energia è reso possibile dal fatto che l'atleta resta comunque vincolato al terreno dall'attrezzo e quindi può modificare, "puntando" sull'asta, la posizione del suo baricentro durante il salto.

In conclusione, questo incremento di energia "muscolare" permette un ulteriore sollevamento del baricentro valutabile fino a 2 metri (confrontare questo guadagno dalle FIG 3 e 4, in cui l'incremento di altezza del baricentro è ottenuto solo dalla forza muscolare).

Con questo si comprendono i salti di oltre 6 metri raggiunti già da diversi atleti di livello internazionale.

FIG 3



FIG 4



Chiudiamo il discorso osservando che dopo il superamento dell'asticella l'energia (potenziale, quella cinetica è nulla) accumulata alla massima altezza si ritrasforma in energia cinetica nella fase di caduta e viene dispersa (sotto forma di calore e di lavoro di deformazione) al contatto col materassino.

Riferimenti: il salto con l'asta di Ugo Cauz (1973)
Seminario Asta di Giorgio Fracchia (2012) su questo sito nella voce TECNICA

Asti, 30 marzo 2021