

FISICAST

SxT
per

La fisica dello sport

di
Cecilia Voena



La Fisica dell'atletica

Cecilia Voena

Abstract:

Lo sport occupa una parte importante delle nostre vite. C'è chi lo pratica, chi partecipa agli eventi sportivi e chi lo guarda in televisione standosene comodamente sul divano. Sorprendentemente, anche le prestazioni sportive più spettacolari possono essere spiegate utilizzando concetti di fisica classica abbastanza semplici. Chi non ha mai ammirato i salti, i tuffi, o i colpi dei campioni di tennis, di calcio e di pallavolo? In questa puntata, spiegheremo alcuni gesti atletici e tecnici degli sport più popolari usando i concetti della fisica di base.

INIZIO

Introduzione: Lo sport occupa una parte importante delle nostre vite. Chi non ha mai ammirato i salti, i tuffi, oppure i colpi dei campioni di tennis, di calcio e di pallavolo? Possiamo spiegare queste prestazioni atletiche con la Fisica? Ne parliamo con Cecilia Voena, ricercatrice dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare di Roma.

Telecronaca del record mondiale di Sotomayor (trovata solo in spagnolo ma si capisce): <https://www.youtube.com/watch?v=L67kB3MX1RQ>

Q: Bellissimo salto! Sai Cecilia, non avevo mai fatto il collegamento tra la Fisica e lo sport... davvero si può fare? Anche per lo storico record mondiale di salto in alto di cui abbiamo appena sentito?

A: Sì certo! Il salto in alto di questa telecronaca è quello del record mondiale ancora imbattuto, di 2,45 m, stabilito dal cubano Javier Sotomayor nel 1993. Il record mondiale femminile invece è di 2,09 m, stabilito dalla bulgara Stefka Kostadinova nel 1987. In questa specialità dell'atletica leggera, l'atleta deve superare un'asticella orizzontale posta ad una certa altezza dal suolo, saltando in qualunque modo a patto che si stacchi da terra con un piede solo.

Q: Come fanno a saltare così in alto?

A: Sono atleti molto alti e questo li aiuta. Sotomayor è alto 1,95 m mentre Kostadinova è alta 1,80 m, ma non basta l'altezza per giustificare il risultato. Abbiamo qui un bellissimo esempio di come l'utilizzo (più o meno inconsapevole) dei principi fisici abbia consentito importanti innovazioni e miglioramenti in una disciplina sportiva.

Q: Ok, qual è la tecnica migliore per saltare così in alto?

A: I primi saltatori usavano una tecnica detta "a forbice": l'atleta si accostava all'asticella di lato e gettava al di là di essa prima la gamba più vicina e poi l'altra, con un movimento che ricorda appunto le lame di una forbice. Una tecnica successiva largamente utilizzata fu quella del "western roll" o "ventrale" in cui il saltatore si

stacca dal suolo con il ventre rivolto all'ostacolo e con una gamba estesa e l'altra flessa sulla coscia, superando l'asta attraverso un movimento di rotazione del busto sull'asse longitudinale. Infine, nel 1968, l'atleta americano Dick Fosbury vinse la medaglia d'oro alle olimpiadi di Mexico City con la sua nuova tecnica di salto che da lui prende il nome di "Fosbury Flop". In questo salto l'asticella viene superata prima con la testa e con le spalle e poi con il resto del corpo arcuando la schiena. In questo modo la Fisica lo aiuta!

Q: Se non sbaglio questa è la tecnica di salto che si usa ancora oggi. Dick Fosbury conosceva la Fisica?

A: Questo non lo so! Di certo, il Fosbury Flop è considerato una rivoluzione e, conoscendo la Fisica di base, forse si sarebbe potuto progettare a tavolino.

Q: Quale è il trucco?

A: Il trucco consiste nel tenere il baricentro dell'atleta molto più in basso rispetto ad altre tecniche, in modo da superare asticelle più alte a parità di spinta nel salto.

Q: Baricentro... ne ho sentito parlare... ma cos'è esattamente?

A: Qualitativamente, il baricentro è il punto in cui si può immaginare che sia concentrata tutta la massa di un corpo per quel che riguarda gli effetti della forza di gravità. La sua posizione è determinata da come è distribuita la massa nello spazio. Il baricentro è anche il punto di equilibrio di un corpo: per esempio se ti metti un libro sulla testa e lo appoggi sul baricentro, che in questo caso coincide con il punto centrale, esso non cade. Al contrario, se lo appoggi più vicino a uno dei bordi, il libro cade ruotando attorno al punto in cui è appoggiato.

Q: Dove si trova il baricentro di una persona?

A: Quando siamo in piedi il baricentro cade in generale all'altezza dell'addome. Se assumiamo una posizione diversa, la nostra massa ha una distribuzione diversa nello spazio benché la quantità di materia rimanga la stessa. La posizione del baricentro, quindi, si sposta e può addirittura venirci a trovare al di fuori del nostro corpo.

Q: Come sarebbe fuori dal corpo? Fuori dal corpo la massa non c'è!

A: Non importa, il baricentro è un punto immaginario! Per esempio quando fai stretching piegando la schiena e ti tocchi le punte dei piedi con le mani, formando una U rovesciata, il baricentro viene a trovarsi nell'aria tra il tuo torace e le tue gambe.

Q: Ah ho capito! E come mai il baricentro è importante nel salto in alto?

A: Dal punto di vista della disciplina sportiva, l'altezza del salto è determinata dall'altezza dell'asticella. Dal punto di vista fisico, parti diverse del corpo dell'atleta raggiungono altezze diverse. Le leggi di Newton ci dicono che il moto del baricentro di un corpo dipende solo dalle forze esterne che agiscono su di esso e dalla sua velocità iniziale. Nel nostro caso, durante la fase di volo, l'unica forza esterna che agisce sull'atleta è la forza di gravità, mentre la velocità iniziale è determinata dalla spinta che riesce a darsi nell'istante in cui si stacca da terra. Una volta in aria l'atleta non può cambiare nessuna delle due, il moto del baricentro è determinato. Questo è vero

trascurando la resistenza dell'aria, cosa che in questo caso è ragionevole fare perché le velocità in gioco sono basse.

Q: Quindi la posizione del corpo dell'atleta non influisce sull'altezza a cui arriverà il baricentro.

A: No, infatti l'atleta può cambiare posizione mentre è in volo ma questo avviene per effetto di forze "interne", come si dice in Fisica, e non cambia il moto del baricentro. Ricapitolando, se l'atleta fosse un punto, quel punto si muoverebbe come il baricentro. La Fisica ci dice che il moto del baricentro di un corpo dipende solo da due fattori: le forze esterne che agiscono su di esso e la velocità iniziale.

Q: E quindi cosa può fare l'atleta per arrivare il più possibile in alto, una volta in volo?

A: Inarcando appropriatamente il corpo attorno all'asticella, riesce a passare al di sopra dell'asticella stessa nonostante il suo baricentro passi al di sotto. Infatti siamo in un caso analogo a quello del piegamento per toccarsi la punta dei piedi che abbiamo detto prima, anche se il piegamento in questo caso è al contrario. Il corpo forma una U rovesciata e il baricentro si trova in aria, tra le braccia e le gambe. Se confrontiamo due atleti identici in peso, altezza e conformazione fisica, a parità di spinta del salto, il baricentro percorre la stessa identica traiettoria, indipendentemente dalla tecnica di salto. Tuttavia, l'atleta che esegue il salto Fosbury riesce a superare un'asticella più alta, di quello che esegue il salto ventrale. Il baricentro percorre sempre la stessa traiettoria nei due casi ma con il salto ventrale il corpo è praticamente orizzontale e il baricentro si trova al centro del tronco, quindi l'atleta riesce a saltare l'asticella solo fino all'altezza che il baricentro raggiunge, con il Fosbury invece il corpo passa sopra l'asticella e il baricentro sotto.

Q: Quindi Fosbury ha inventato una tecnica che permette di saltare asticelle più alte della massima altezza del baricentro!

A: Esatto. Naturalmente conta anche l'altezza e la conformazione fisica dell'atleta come la lunghezza relativa delle gambe rispetto al corpo, ad esempio una costituzione longilinea, con arti lunghi rispetto al tronco permette al baricentro di partire da una posizione più alta. Anche la nostra Sara Simeoni, che è stata primatista per diversi anni con il suo 2.01 m, saltava "Fosbury".

Q: Pensi che gli attuali record verranno superati in futuro?

A: Se dovessi scommettere direi che sarà un atleta più alto a battere il record. A pensarci bene... sarebbe giusto avere delle classi di altezza per il salto in alto, così come si hanno delle classi di peso nella boxe.

breve stacco musica

Q: Cambiando sport, mi hanno sempre affascinato i salti mortali delle ginnaste... anche qui si possono usare dei "trucchetti" fisici?

A: Assolutamente sì, ma per spiegarlo dobbiamo introdurre il concetto di momento angolare e della sua conservazione, molto importante in fisica e anche nello sport!

Q: Abbiamo parlato del momento angolare nella puntata "Pedala", a proposito dell'equilibrio di una bicicletta. Ricordo che il momento angolare è una grandezza utile per descrivere in maniera semplice il moto rotatorio di un corpo.

A: Esatto, possiamo dire, semplificando un po', che il momento angolare permette una misura della "quantità di rotazione" di un corpo attorno a un asse. Esso è dato dal prodotto della velocità di rotazione, o velocità angolare, e dal momento di inerzia. Con velocità angolare si intende il numero di giri fatti in un certo intervallo temporale. Per esempio una palla da tennis, se compie un giro completo durante un secondo, ha una velocità angolare di 1 giro al secondo.

Q: E il momento di inerzia cos'è? Non ne avevamo parlato nella puntata "Pedala". Sembra una cosa difficile.

A: Proviamo a spiegarlo. Il momento di inerzia di un corpo è una grandezza utile a descriverne il comportamento nel caso venga messo in rotazione attorno a un certo asse. Tanto esso è maggiore, tanta più "spinta" dobbiamo dare al corpo per metterlo in rotazione o per arrestarlo. Non conta solo il peso dell'oggetto ma anche quanto è lontana la parte più pesante dell'oggetto dall'asse. Per capirlo al volo immagina di tenere in mano un bilanciere con i pesi, di quelli che si usano in palestra, con un'asta e due dischi pesanti alle estremità: è molto facile far ruotare il bilanciere sul suo asse, perché i dischi non cambiano posizione, ma è molto faticoso farlo ruotare attorno alla perpendicolare all'asta in modo che i dischi descrivano un cerchio.

Q: Ok... quindi se voglio sapere quanto devo "spingere" un corpo per metterlo in rotazione non conta solo quanto pesa, ma anche quanto la massa è distante dall'asse di rotazione passante per il perno.

A: Sì, quella che tu chiami "spinta", in questo caso si chiama momento della forza, che insieme alla reazione esercitata dal perno esercita un momento torcente. Il momento della forza è il prodotto di una forza, la "spinta", per il cosiddetto "braccio" ossia la distanza del punto dove spingi dal perno della rotazione.

Per mettere in rotazione un corpo, o per fermarlo, è necessario un momento torcente, altrimenti il momento angolare associato alla sua rotazione si dice che si conserva, cioè si mantiene costante nel tempo. Il fatto che il momento angolare, in assenza di forze torcenti, resti costante, è anche il motivo per cui un fresbee rimane parallelo a se stesso mentre è in volo, perché l'asse di rotazione non può cambiare se non interviene un momento torcente a cambiarlo.

Q: Bene. Ora so calcolare il momento angolare di un corpo in rotazione, e so che per cambiarlo devo applicare un momento torcente.

A: Ottimo! Ora vediamo come gli atleti sfruttano la conservazione del momento angolare per le figure, i salti e i tuffi. Se ti è capitato di vedere dei video di pattinatrici sul ghiaccio avrai visto spesso quella figura in cui l'atleta gira su se stessa prima con le braccia aperte, poi avvicinandole al corpo, comincia a girare molto più velocemente.

Q: Sì certo.

A: Quando la pattinatrice ruota attorno a sé stessa ha un certo momento angolare dato dal prodotto della sua velocità angolare e del momento d'inerzia rispetto all'asse di rotazione, che in questo caso passa dalla testa ai piedi.

Sulla pattinatrice non agisce nessun momento torcente per cui il momento angolare si conserva.

Q: Quindi come fa a cambiare la sua velocità di rotazione?

A: Ricordati che è il momento angolare che si conserva non la velocità angolare. Avvicinando le braccia al corpo, la pattinatrice diminuisce il suo momento di inerzia perché la sua massa si avvicina all'asse di rotazione. Dunque, la velocità di rotazione deve aumentare per conservare il momento angolare, ossia il prodotto tra questa velocità e il momento di inerzia. Questo accade senza che la pattinatrice si dia nessuna spinta.

Q: Forte! Ora questo tipo di figure non si vedono più tanto in giro.

A: Infatti per il pattinaggio di oggi sono considerate troppo semplici. Però ci sono applicazioni della conservazione del momento angolare molto più spettacolari, per esempio nel mondo della ginnastica artistica. Conosci Simone Biles?

Q: Si certo, è l'atleta americana considerata la migliore ginnasta della storia.

A: Ha vinto 4 ori e 1 bronzo alle Olimpiadi di Rio 2016 e molti campionati mondiali. Addirittura alcuni salti portano il suo nome e vengono chiamati "the Biles". Uno dei suoi salti più incredibili è il "triple-double" che consiste in un doppio salto all'indietro con triplo avvitamento. Il salto all'indietro, chiamato anche "flip", è una rotazione del corpo attorno a un asse che passa per i fianchi (come una capriola in pratica) mentre l'avvitamento o "twist", è una rotazione attorno a un asse che passa per la testa e per i piedi, come quello della pattinatrice di cui parlavamo prima. Quando Simone lascia il tappeto, non è soggetta a nessun momento torcente e il momento angolare associato alla sua rotazione si deve conservare. Simone passa da un flip a un twist, cambiando l'asse di rotazione, e questo sembra intuitivamente molto strano allo spettatore che non vede nulla in grado di "spostare" Simone in mezzo all'aria.

Q: Quindi cambia l'asse attorno a cui ruota il suo corpo senza un momento torcente? Cosa succede?

A: Qui il trucco è il cambiamento della posizione del braccio a un certo punto del salto. Se guardi al rallentatore il salto noterai che Simone piega il suo braccio sinistro in modo da toccare l'addome durante il suo secondo "flip". Come la pattinatrice, Simone cambia la distribuzione della sua massa attorno all'asse di rotazione del "flip". In questo caso però, non è solo la velocità di rotazione a cambiare, in termini di giri al secondo, ma cambia anche l'asse di rotazione, cioè il suo corpo comincia a ruotare attorno a un diverso asse.

Q: E come mai il movimento del braccio causa un cambiamento dell'asse di rotazione? Scommetto perché cambia il momento di inerzia.

A: Esatto! Questo movimento ha come risultato una distribuzione di massa diversa rispetto all'asse di rotazione e il momento di inerzia cambia. Il momento angolare si deve conservare e per questo è necessario che il movimento rotatorio di Simone cambi. Il trucco di Simone è, in pratica, quello di trasferire, piegando il braccio, parte del suo momento angolare iniziale da un "flip" a un "twist". La somma dei momenti angolari associati al "flip" e al "twist" è uguale al momento

angolare originario, che si conserva, mentre la velocità angolare cambia asse di rotazione, rispetto a quella delle capriole iniziali.

Q: Facile a dirsi... questo tipo di effetto non è lo stesso dei tuffi con avvistamento? Perché nel campo della ginnastica artistica lo sa fare solo Simone?

A: È lo stesso identico principio dei tuffi. Su tappeto è più difficile perché bisogna essere in grado di stare in aria molto a lungo, cosa che sa fare Simone, perché questo da il tempo di fare molti movimenti prima di ri-atterrare.

Q: Affascinante. Dunque la fisica è molto utile nello sport.

A: Direi di sì, quello che hanno in comune molti sport è il tentativo continuo di superare i limiti imposti dal corpo umano e dalla forza di gravità. I veri campioni riescono istintivamente a migliorare le tecniche e le prestazioni per superarli però anche il "fisico" potrebbe avere il suo ruolo! Naturalmente si potrebbe parlare di tantissimi altri sport, ma per oggi ci fermiamo qui.