

Scopo e regole del gioco

- Analisi della Fisica presente nei vari sport
- Metodo di analisi fisico
- Attenzione sui punti di contatto tra i vari sport
- Spiegazione scientifica delle differenze

Sport con la palla: differenze e somiglianze

- Regolamenti....tutti diversi
- Tutti gli sport hanno dei giocatori
- Tutti gli sport hanno un campo da gioco
- Tutti gli sport usano una palla



Superficie campo da 4 m² a circa 7000 m²

Numero di giocatori da 1 a 11

Sommario

- Inizio del moto
- Dinamica del moto: equazione del moto, legge oraria, traiettoria, gittata....
- Origine fisica della varietà di regole

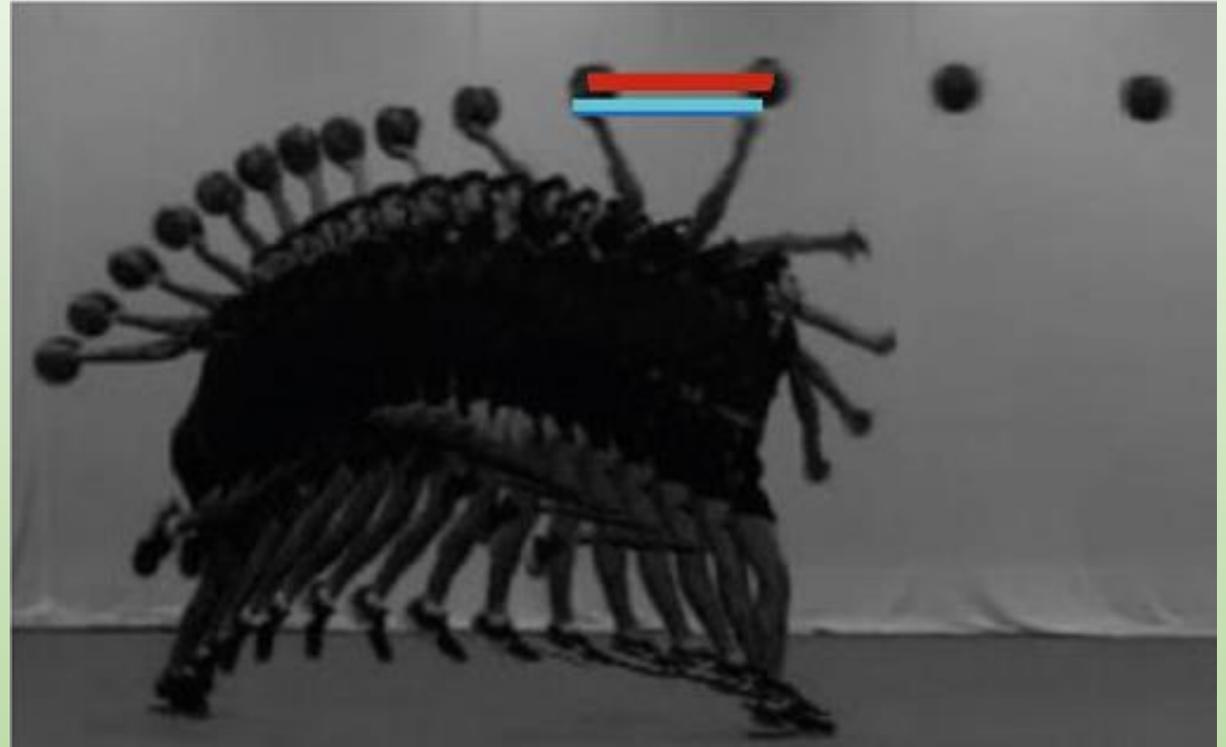
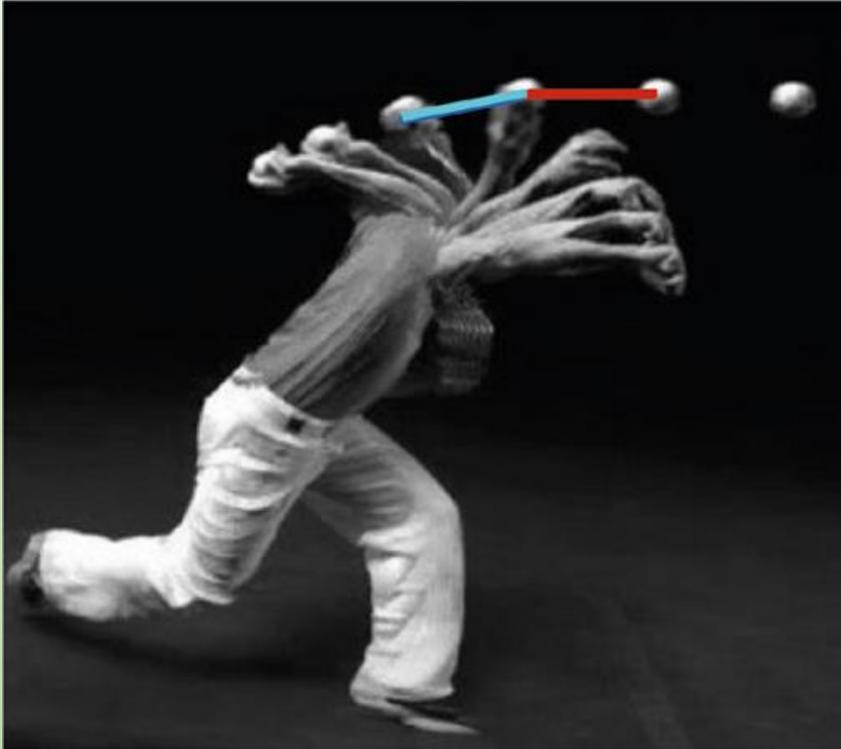
Inizio del moto: lancio



Inizio del moto: battuta

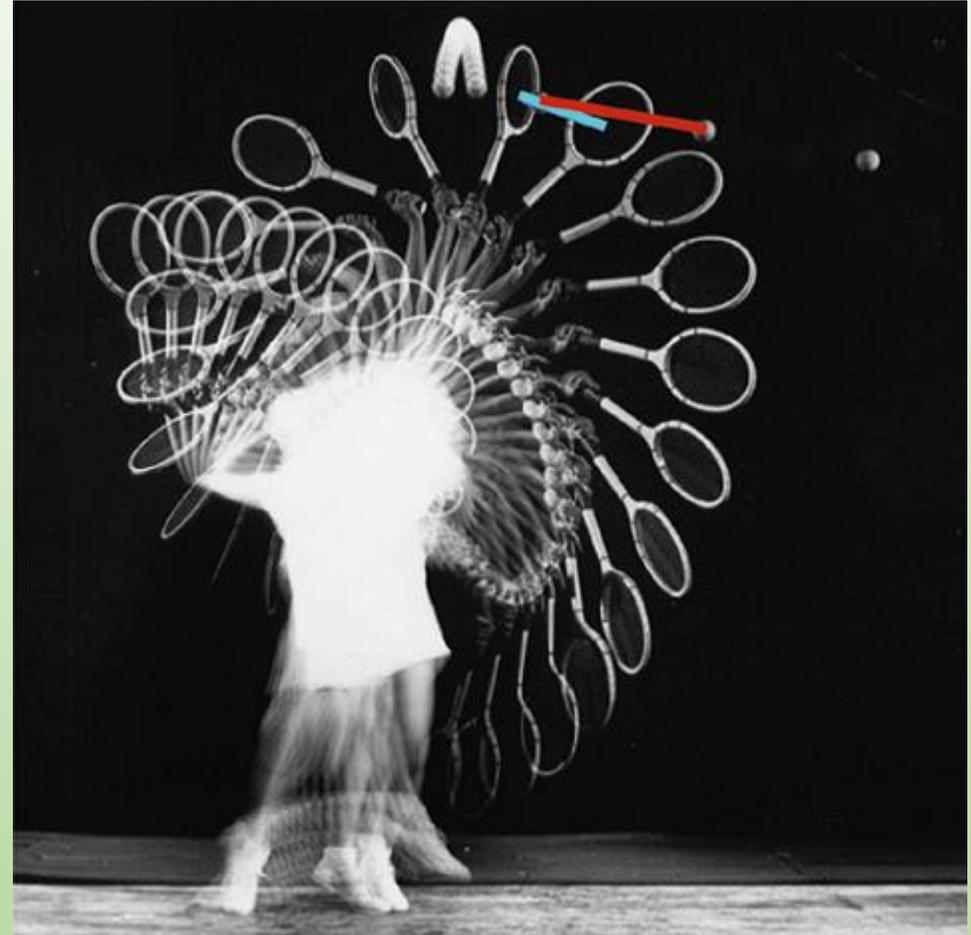
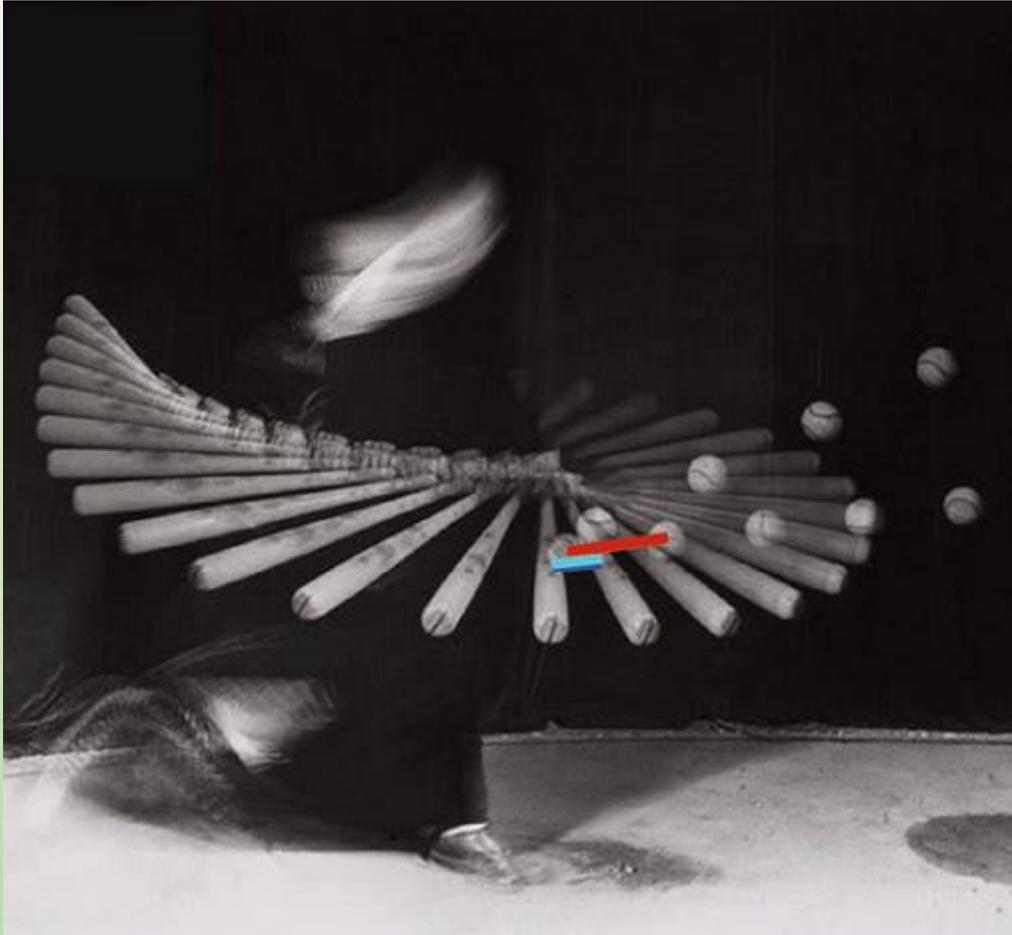


Lanciare o battere?



Quando si lancia la palla inizia a muoversi con la stessa velocità della mano

Lanciare o battere?



Quando si batte la palla inizia a muoversi con velocità maggiore della mano o dell'attrezzo

L'importanza della velocità iniziale

- La velocità iniziale condiziona fortemente il moto della palla
- Spesso è conveniente avere velocità alte
- Negli sport in cui si "batte" la velocità iniziale è maggiore di quella in cui si lancia
- Ma.....perché a volte si preferisce lanciare e non si batte sempre?

La Fisica della battuta



Palla e giocatore sono corpi estesi

La forma del giocatore cambia in
continuazione

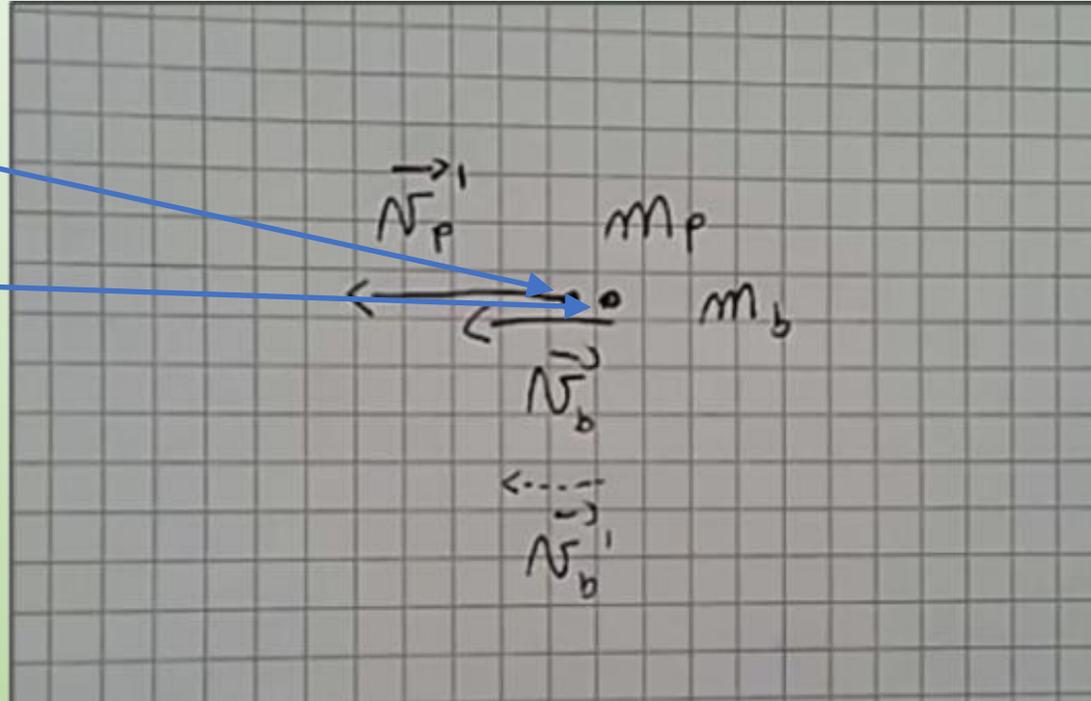
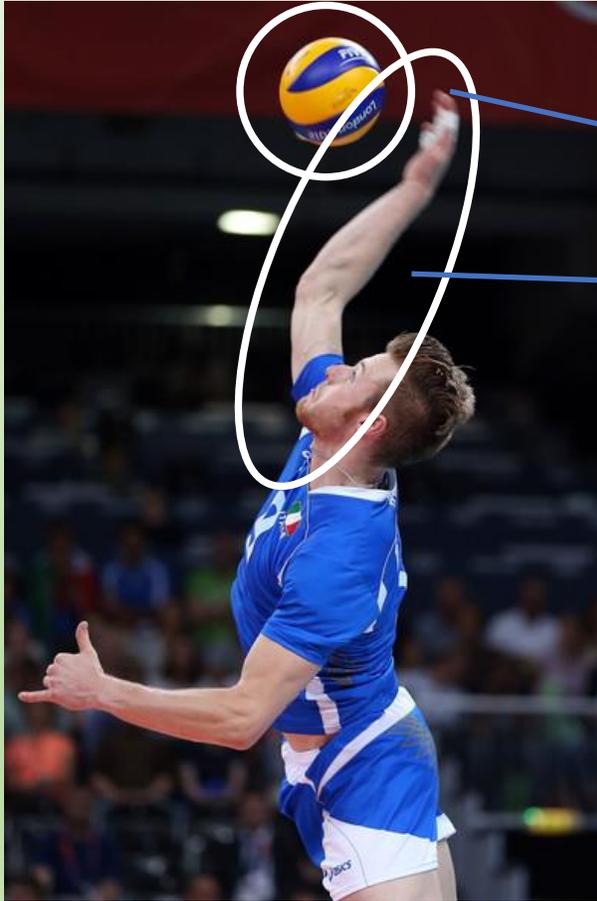
La palla si deforma

Forza tra mano e
palla incognita



La Fisica della battuta

Approssimazione 1: urto tra particelle puntiformi



Approssimazione 1: urto tra particelle puntiformi

- Si conserva la quantità di moto:

$$m_b \vec{v}_b = m_b \vec{v}'_b + m_p \vec{v}'_p$$

- Si conserva l'energia cinetica (se l'urto è perfettamente elastico):

$$\frac{1}{2} m_b v_b^2 = \frac{1}{2} m_b v'^2_b + \frac{1}{2} m_p v'^2_p$$

Approssimazione 1: urto tra particelle puntiformi

Dopo qualche passaggio:

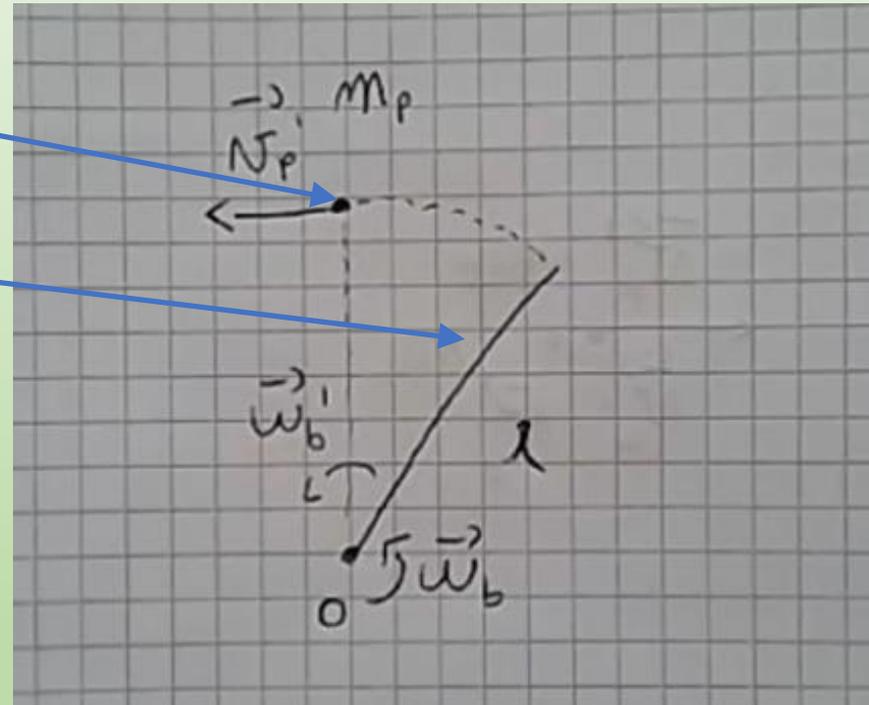
$$\frac{v'_p}{v_b} = \frac{v_c}{v_l} = \frac{2}{1 + \frac{m_p}{m_b}} \qquad v_c > v_l \Leftrightarrow \frac{m_p}{m_b} < 1$$

- Conviene battere se la massa della palla è minore di quella del braccio
- Guadagno di velocità massimo pari a 2 volte

Controlliamo

- Effettivamente gli sport in cui si lancia sono quelli con la palla di massa più alta (basket, pallamano etc.)
- Una palla da basket ha massa 0.65 kg
- Un braccio umano ha massa di circa 5 kg
- $0.65/5=0.13 \ll 1$
- Secondo il nostro modello dovrebbe convenire battere, e non lanciare

Approssimazione 2: urto tra corpo rigido e palla puntiforme



Approssimazione 2:urto tra corpo rigido e palla puntiforme

$$\frac{v_c}{v_l} = \frac{2}{1 + \frac{m_p l^2}{I_b}}$$

- Conviene l'urto se il momento di inerzia della palla è minore di quello del braccio
- Guadagno di velocità massimo pari a 2 volte

Ricontrolliamo

- Approssimando il braccio ad una sbarretta rettilinea omogenea:

$$I_b = \frac{m_b l^2}{3} \Rightarrow \frac{m_p l^2}{I_b} = \frac{m_p l^2}{\frac{m_b l^2}{3}} = 3 \frac{m_p}{m_b}$$

$$\frac{m_p l^2}{I_b} < 1 \Leftrightarrow 3 \frac{m_p}{m_b} < 1 \Leftrightarrow m_p < \frac{m_b}{3}$$

- $\frac{m_b}{3} \approx 1.6 \text{ kg}$ci stiamo avvicinando

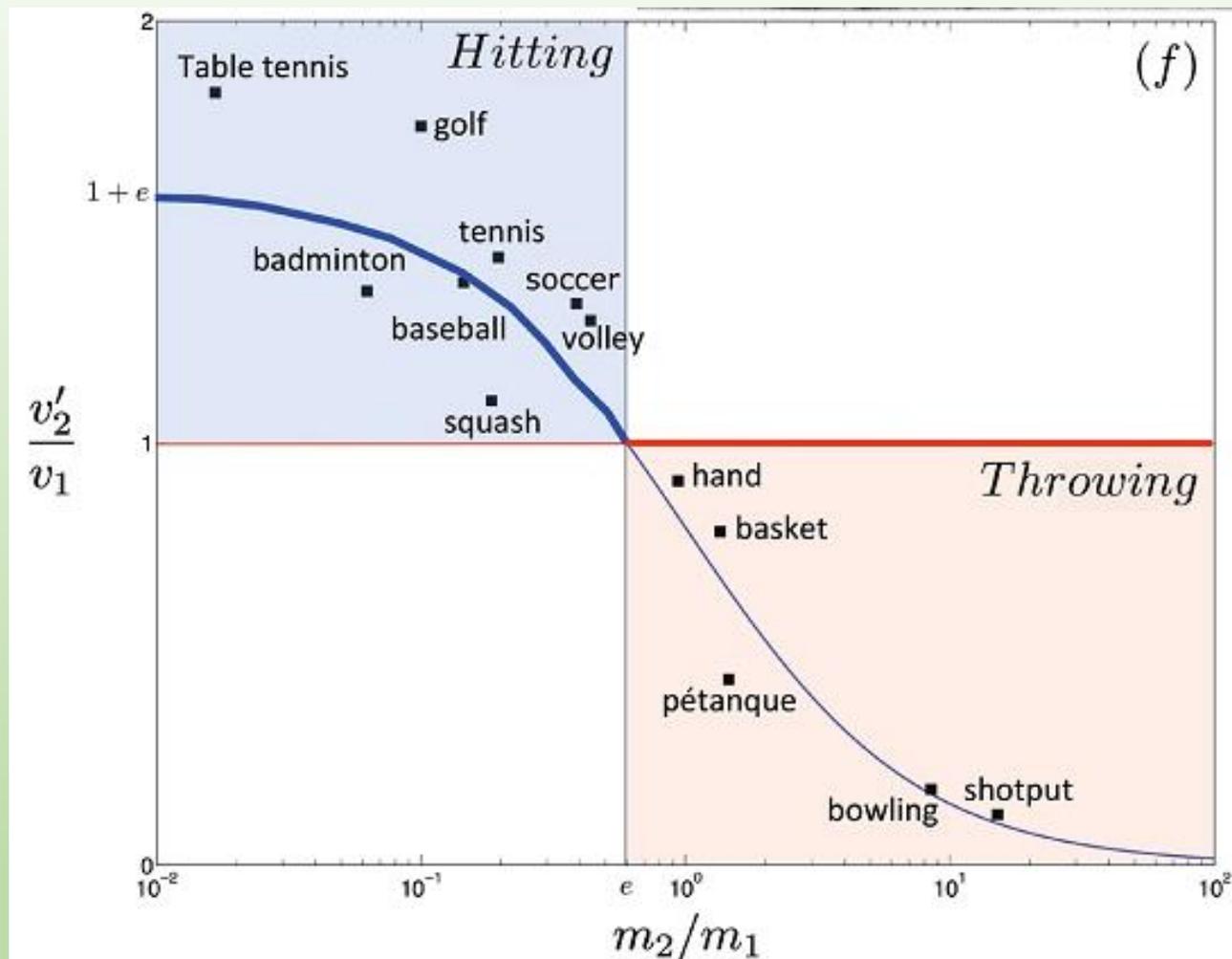
Cosa manca

- L'urto non è perfettamente elastico
- Nel criterio di convenienza compare il coefficiente di restituzione e invece di 1 ($e < 1$)
- Supponendo $e=0.4$ la massa "critica" scende a 0.64 kg
- Nella pallamano la palla ha massa 0.45 kg
- La nostra previsione è ancora sbagliata di circa il 40%
- All'inizio sbagliavamo di quasi 10 volte

Cosa manca....ancora

- Il braccio ruota intorno alla spalla
- Il massimo valore delle forze vincolari non è infinito, come implicitamente assunto dal modello, ma limitato dai muscoli della spalla
- Il momento angolare del braccio è trasferito alla palla dalla mano, che non è rigida e indeformabile
- La convenienza della battuta è per masse più piccole di quelle teoriche per evitare infortuni al battitore

Verifichiamo

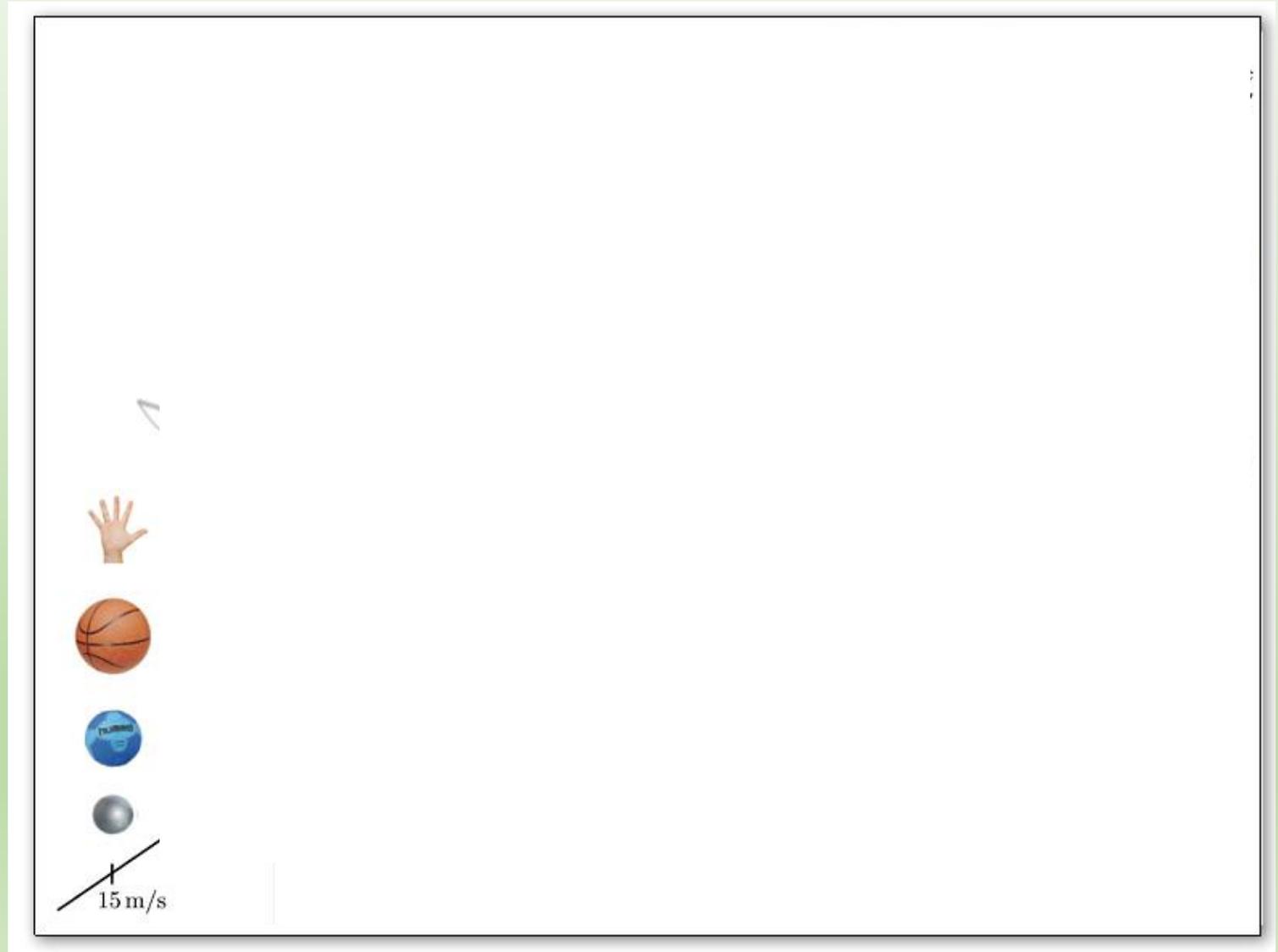


Effettivamente si batte solo negli sport in cui la palla ha massa sufficientemente piccola, ottenendo un vantaggio in termini di velocità iniziale

Come aumentare la velocità

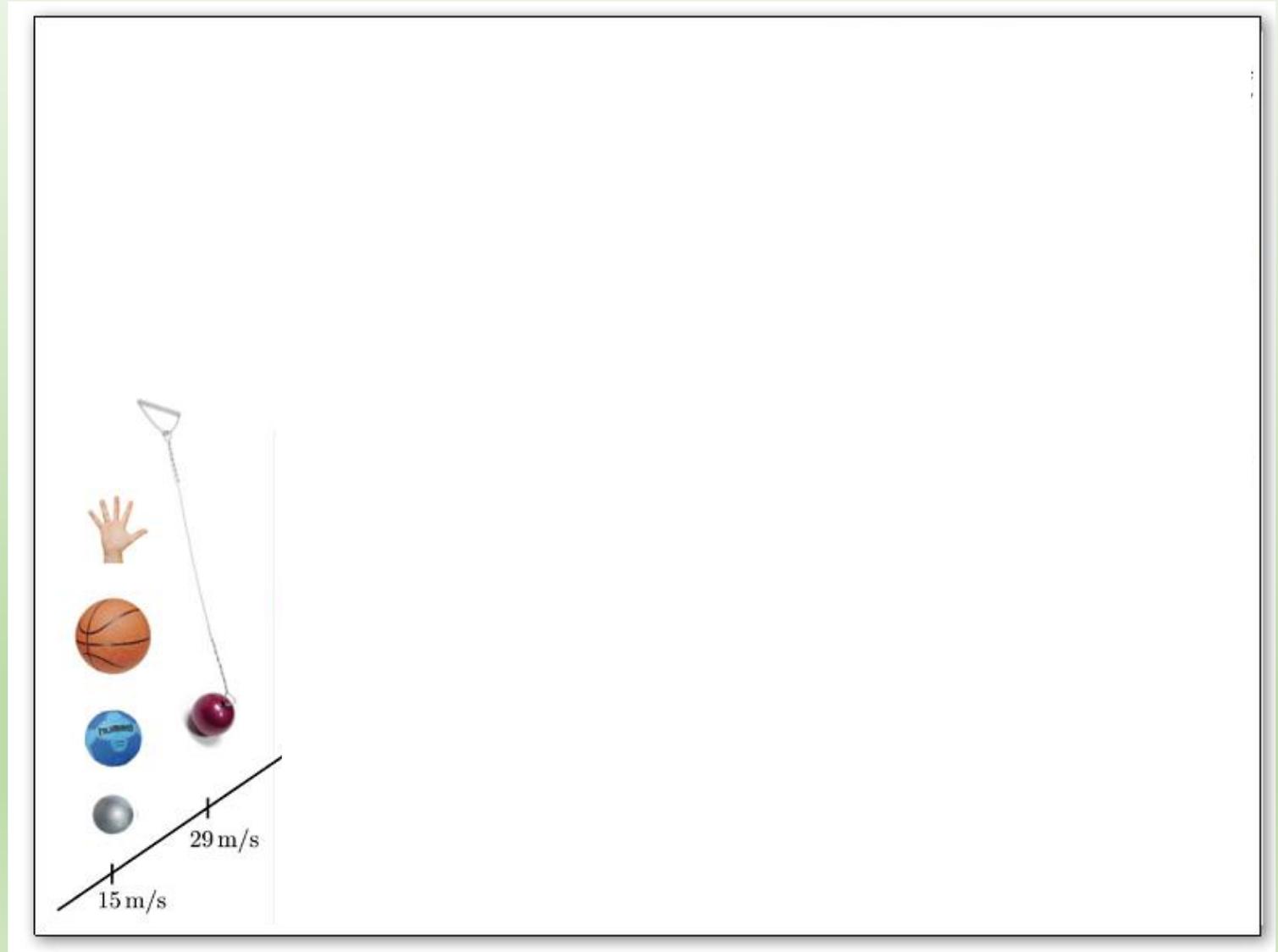
Lancio diretto

$$v = \omega l$$



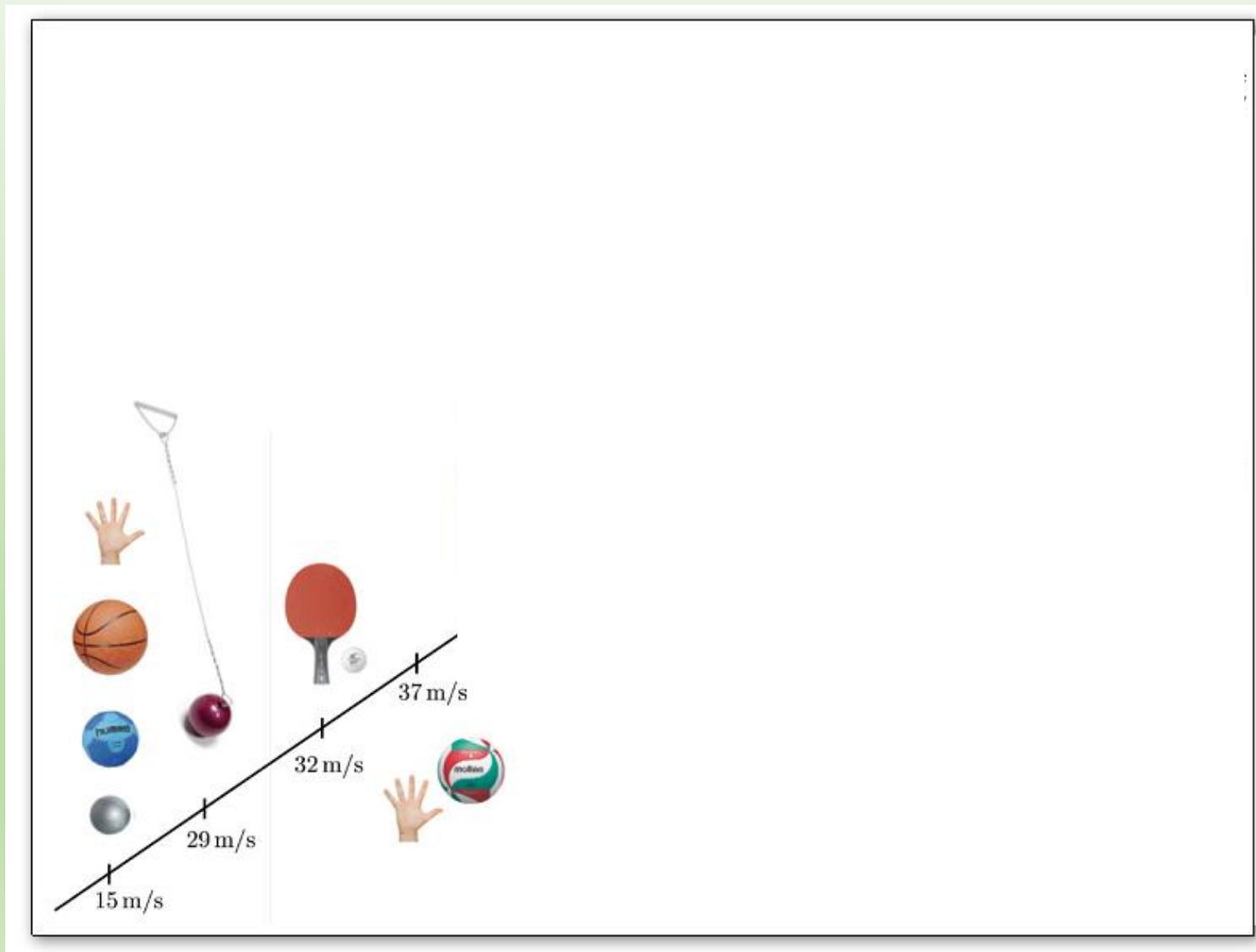
Come aumentare la velocità

“Allungare” il braccio
(2 volte)



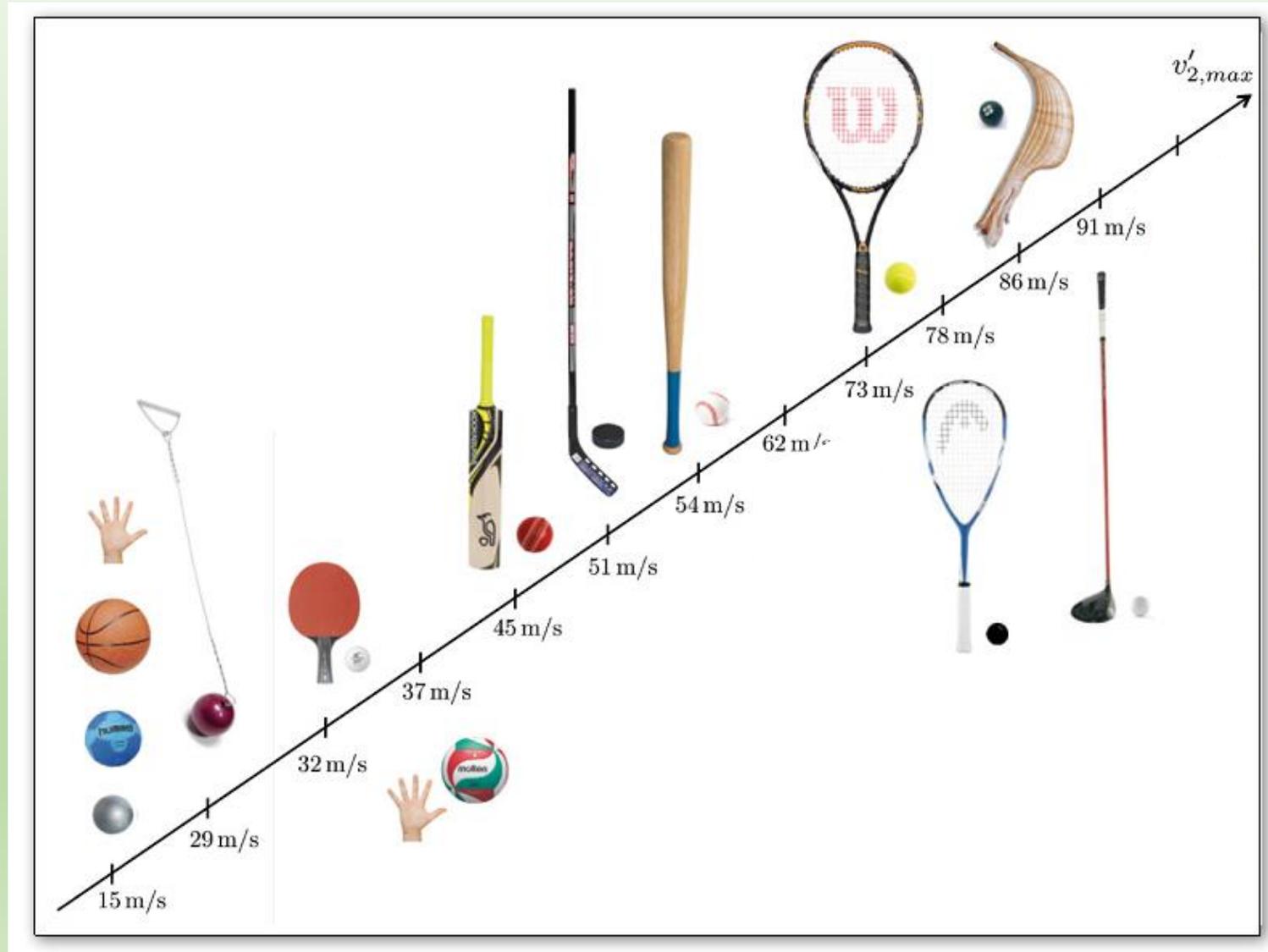
Come aumentare la velocità

Battere invece che lanciare (2 volte)

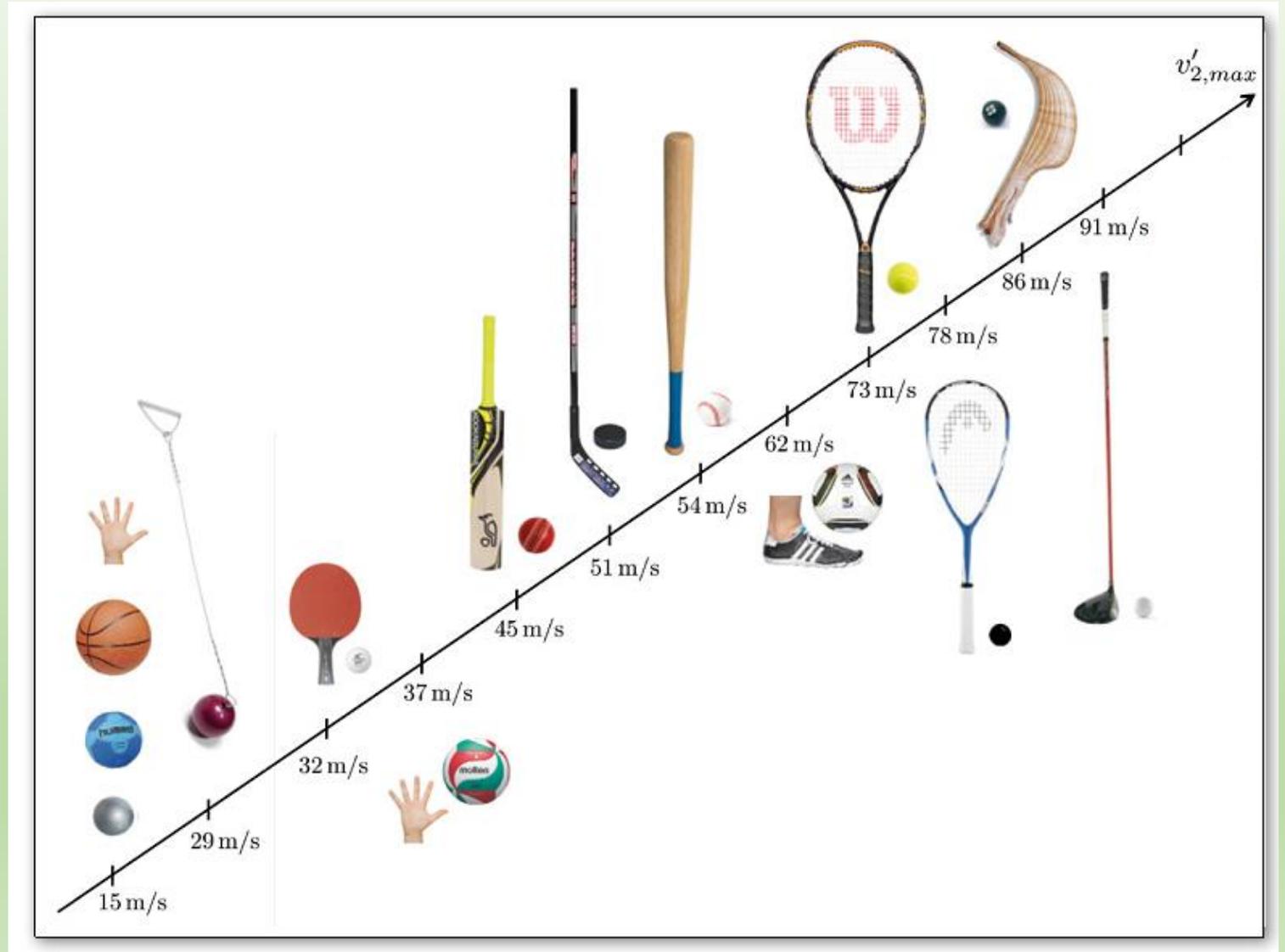


Come aumentare la velocità

Battere invece che lanciare e allungare il braccio
(4 volte)

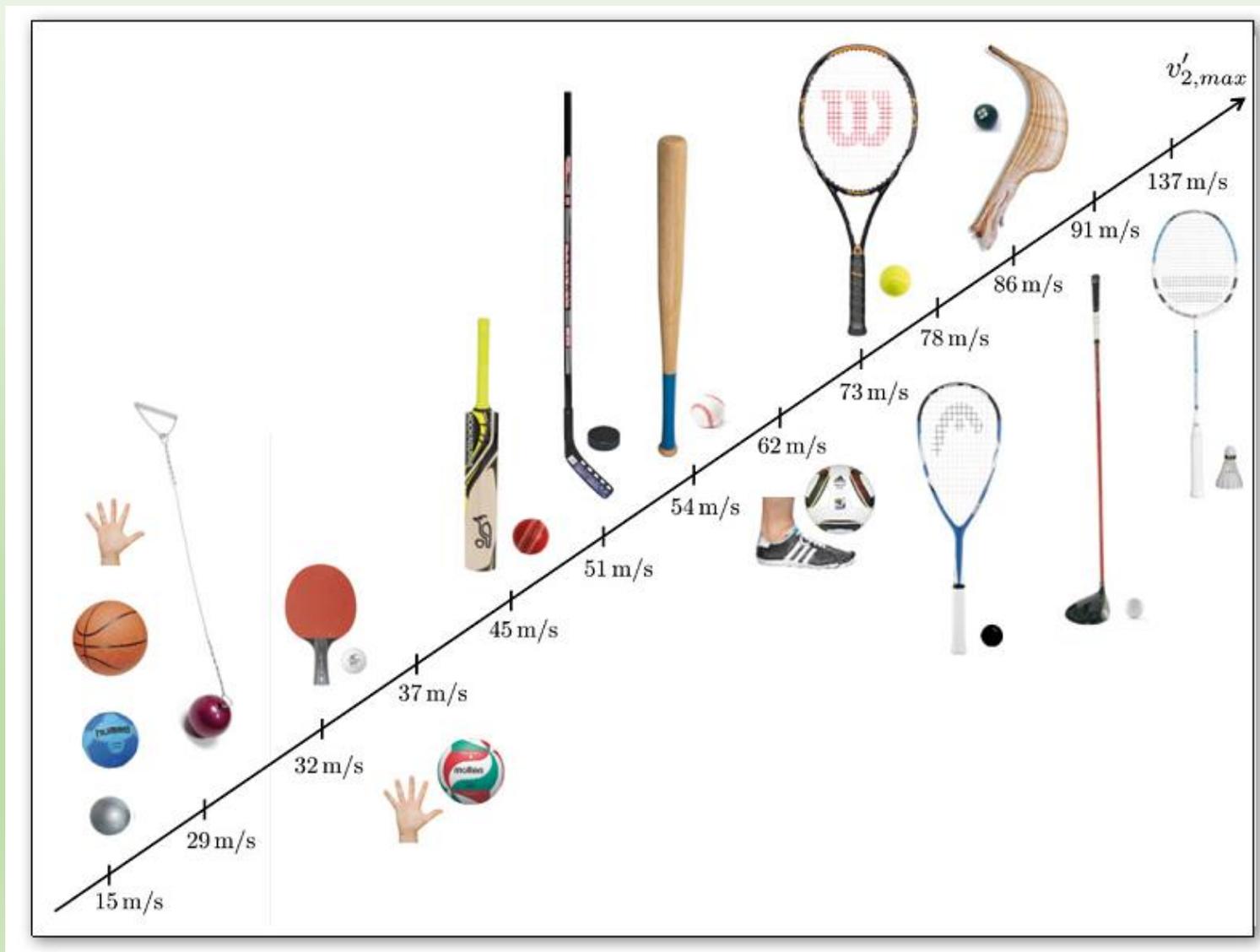
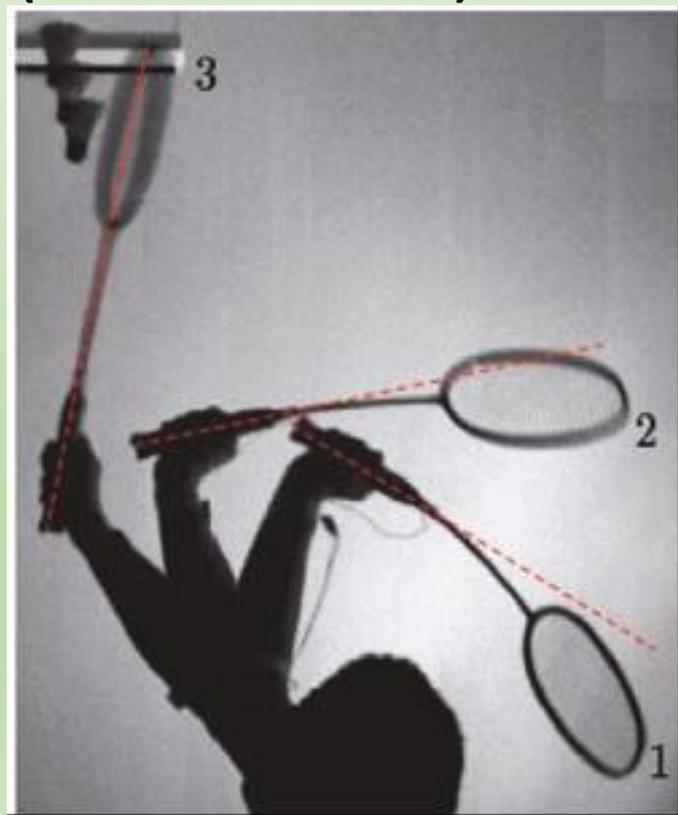


Aumentare ω
diminuendo il
momento di inerzia
prima dell'urto



Come aumentare la velocità

Aggiungere un aiuto dalla racchetta
(altre 2 volte)



Dinamica del moto della palla

- $\vec{a} = \vec{F}_{tot}/m$
- La palla si muove sotto l'azione della forza peso
- Moto orizzontale uniforme
- Moto verticale uniformemente accelerato
- Traiettoria parabolica

$$y = h + x \tan \vartheta - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \vartheta} x^2$$

video.corriere.it > messi-punizione-capolavoro-parabola-d...

Punizione Messi: la parabola ha incantato il mondo - video



Messi superstar nella serata di Champions grazie alla **punizione** capolavoro: una **parabola** che ha incantato

Corriere Tv · Valentina Baldisserri · 2 mag 2019

www.tennisitaliano.it > il-diritto-di-nadal-visto-dagli-occhi...

Il diritto di Nadal: l'ho osservato, e ve lo racconto

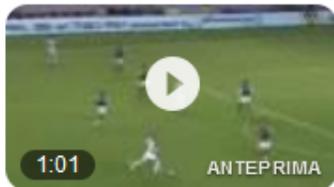


La sua **parabola** esce dall'armonia, prendendo aria, non penetrandola. ... avversari - così che tutto il **tennis** del...

Il Tennis italiano · 24 apr 2017

video.repubblica.it > sport > la-parabola-telecomandata-il-...

La parabola telecomandata, il tiro magico di Beckham



Quel tiro a effetto, quella **parabola** telecomandata che r
eguali ... Di solito il calciatore inglese la sfoggia su calcio

Repubblica TV · la Repubblica · 17 apr 2012

video.corriere.it > ping-pong-magia-tiro-fantasma-palla-sc...

Ping pong, la magia del tiro fantasma: la palla scompare e ...



... l'avversario la perde di vista e può solo guardarla cadere sul
suo lato del **tavolo** al termine di una **parabola** impossibile da...

Corriere Tv · 20 mar 2015

Un esempio



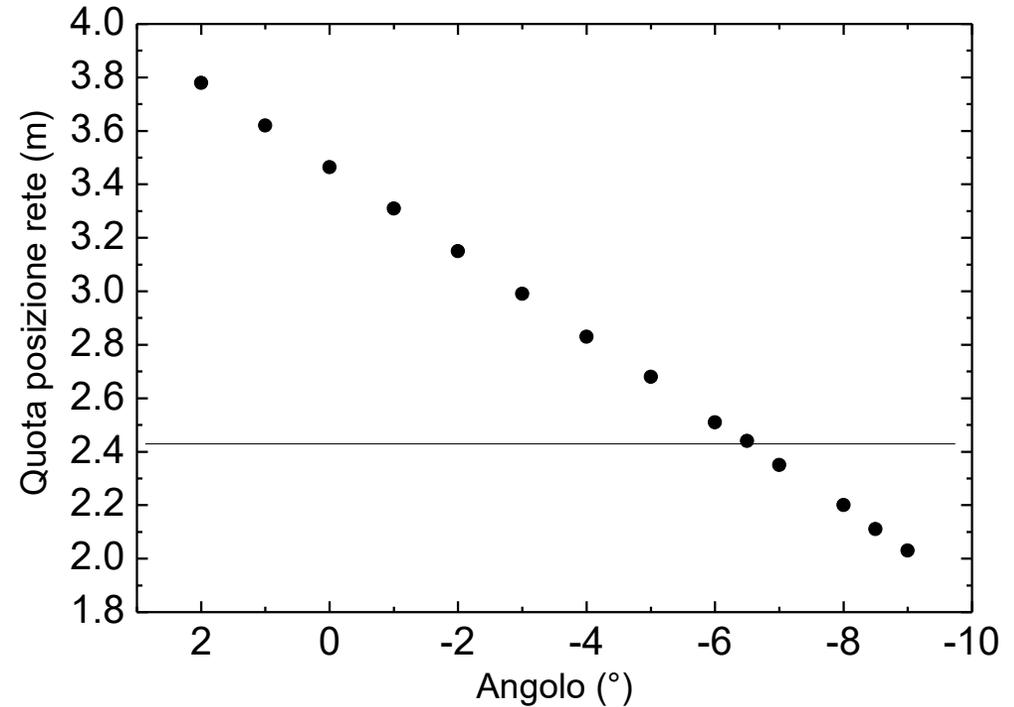
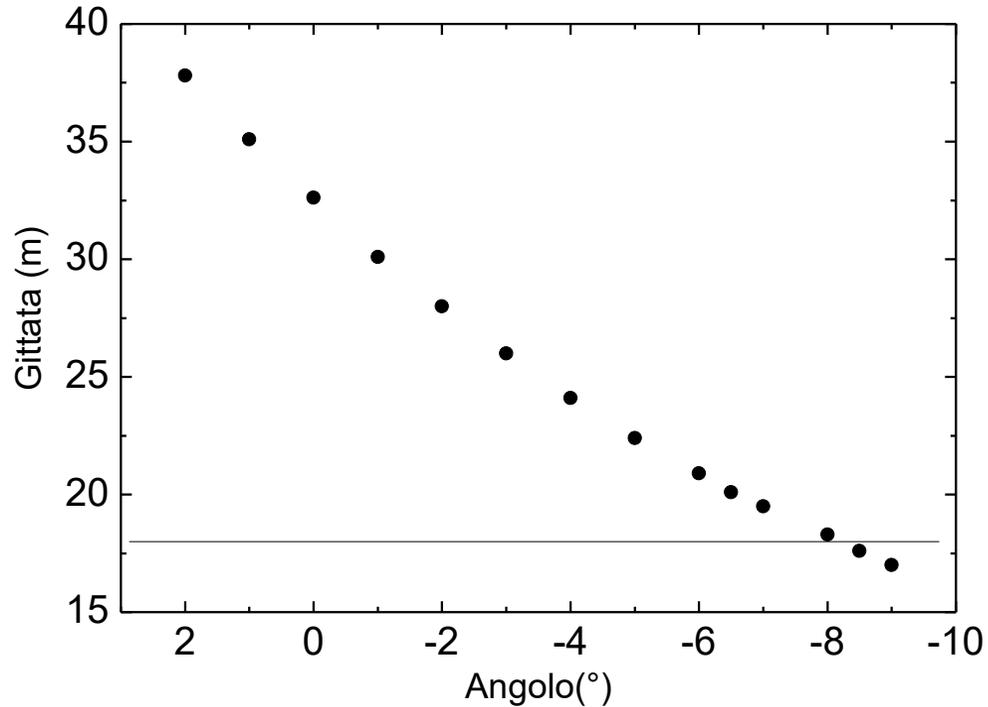
Verifichiamo

$$\text{Gittata} = \frac{v_0^2 \cos^2 \vartheta}{g} \left(\tan \vartheta + \sqrt{\tan^2 \vartheta + \frac{2gh}{v_0^2 \cos^2 \vartheta}} \right)$$

- $v_0 = 37.5 \text{ m/s}$
- $h = 370 \text{ cm (!!!)}$
- $\vartheta = 0^\circ$
- Gittata = 32.5 m

Lunghezza campo pallavolo 18 m!

Dipende dall'angolo di lancio?



Per nessuna condizione di lancio la palla supera la rete restando in campo

La previsione di moto parabolico è sbagliata!

Per approfondire

- Youtube → Dipartimento di Matematica e Fisica unisalento
- La Fisica degli sport con la palla: 3 “la dinamica del moto della palla”
- <https://www.youtube.com/watch?v=HHcSBwZ0cms&t=1s>



Dinamica della palla e regole del gioco

Origine fisica delle dimensioni del campo

Per evitare di avere parti del campo non raggiungibili dalla palla e per non rendere troppo difficile tenere la palla in campo è ragionevole che la dimensione del campo sia dell'ordine della gittata della palla nella fase di volo

Gittata e dimensioni del campo

Sport sotto la linea:

- un colpo basta per far uscire la palla

Sport individuali

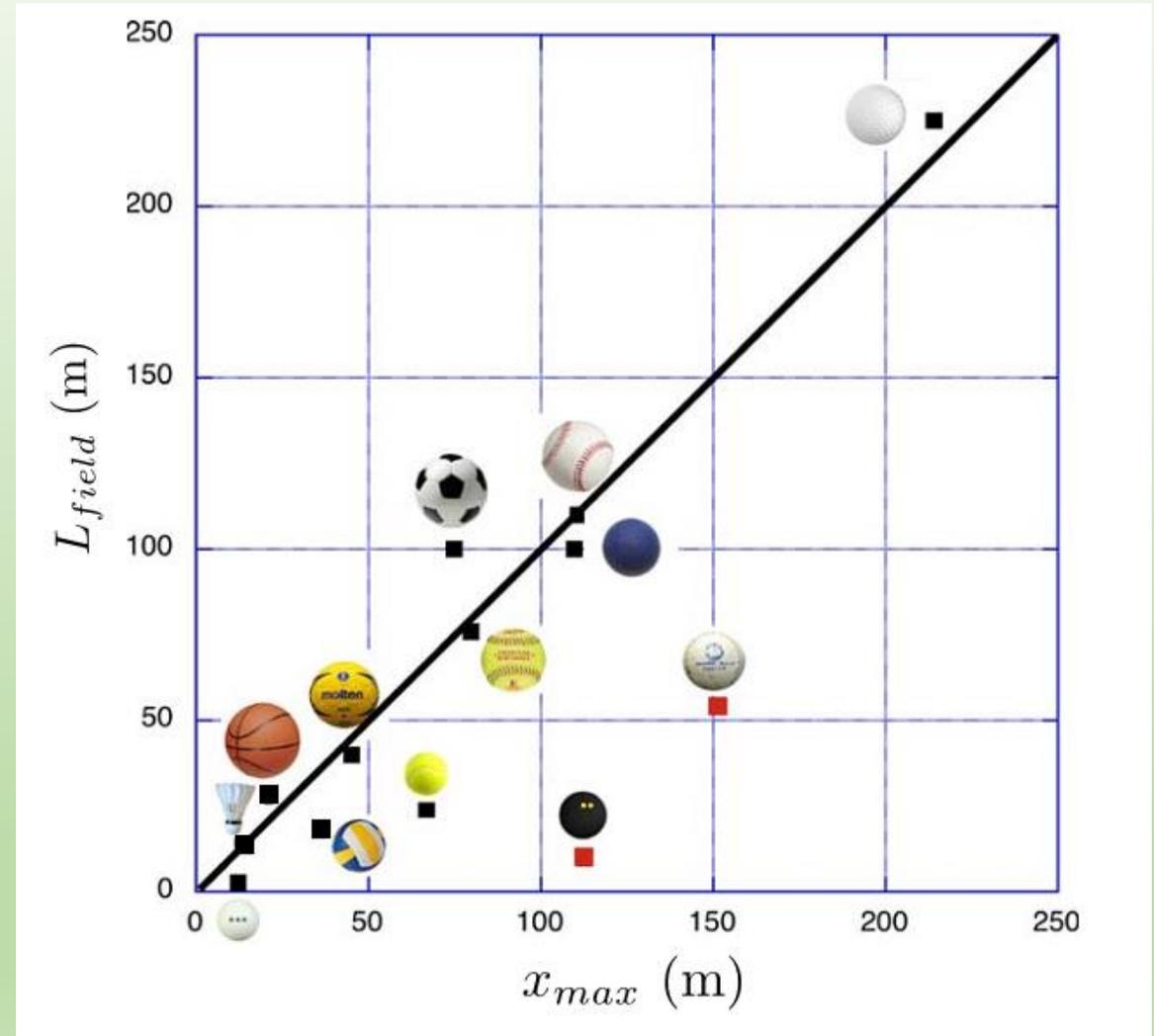
- tenere la palla in campo è difficile

punto perso se la palla esce

- palla nell'altro campo con un colpo

rete per aumentare la difficoltà

possibile punto diretto



Aggiungiamo una variabile: il tempo

- Il tempo di arrivo al suolo della palla misura quanto tempo ha l'avversario per prenderla
- Quanto tempo impiega una palla a tornare al suolo?

$$\tau = \frac{L_{campo}}{v_0} \quad \text{Calcio} \quad \tau = \frac{100}{50} \approx 2 \text{ s} \quad \text{Tennis} \quad \tau = \frac{24}{70} \approx 0.34 \text{ s}$$

- Rilevante il legame tra tempo di volo e tempo di reazione
- Tempo di reazione?

Tempo di reazione



Race Results						
Rank	Lane	Bib Number	Name	Reaction Time	Result	
1	3	2428	ITA JACOBS Lamont Marcell	0.161	9.80	<u>AR</u>
2	5	3940	USA KERLEY Fred	0.128	9.84	<u>PB</u>
3	9	1425	CAN de GRASSE Andre	0.155	9.89	<u>PB</u>
4	2	3435	RSA SIMBINE Akani	0.141	9.93	
5	7	3903	USA BAKER Ronnie	0.148	9.95	
6	6	1499	CHN SU Bingtian	0.167	9.98	
	8	3056	NGR ADEGOKE Enoch	0.157	<u>DNF</u>	
	4	2051	GBR HUGHES Zharnel			TR 16.8

Stimolo noto e azione semplice

Tempo di reazione dell'ordine di 100-200 ms

Tempo di reazione



Stimolo noto e azione complessa

Tempo di reazione dell'ordine di 300-400 ms

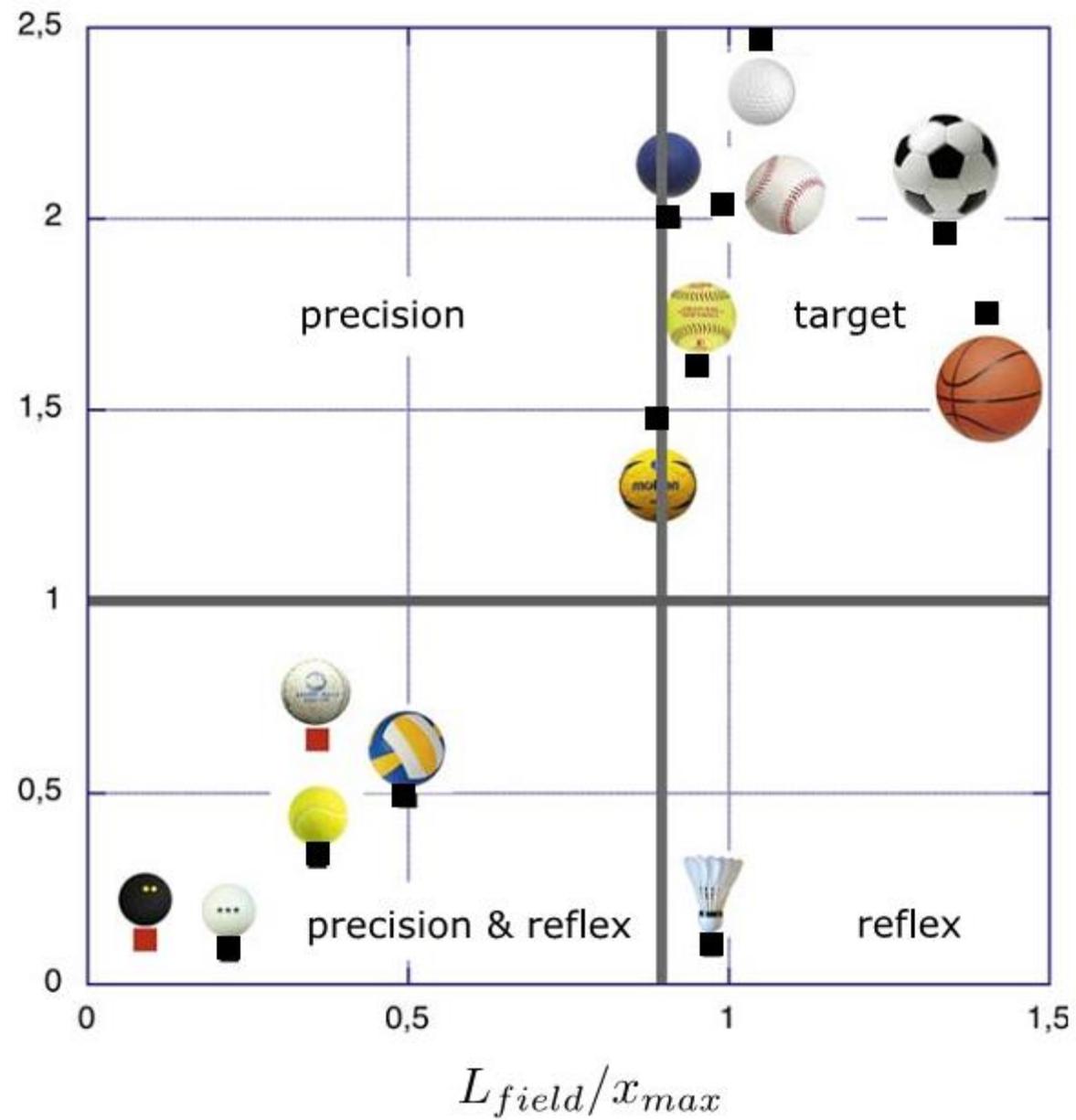
Tempo di reazione

Tests	Sprinters	Volleyball players
Auditory choice RT	474.68 ± 61.74	704.86 ± 83.60
Auditory complex choice RT	469.68 ± 57.16	771.72 ± 171.25
Visual choice RT	385.45 ± 37.87	385.27 ± 30.99
Visual complex choice RT	494.22 ± 50.56	486.18 ± 54.10
Anticipatory skill of high speed of ball	465.03 ± 318.78	138.24 ± 47.16
Anticipatory skill of low speed of ball	694.87 ± 774.67	141.48 ± 73.21

Stimolo e azione complessi

Tempo di reazione fino a 800 ms

L. Nuri et al «Reaction time and anticipatory skill of athletes in open and closed skill-dominated sport», European Journal of Sport Science, 2012, 1-6



Conclusioni

- I giochi con la palla sono condizionati da vari fenomeni fisici
- Il moto di una palla negli sport non è parabolico e non è banale da descrivere
- Le regole dei vari giochi, seppur empiriche, sono strettamente correlate alla fisica del moto della palla
- Il metodo fisico di analisi consente di comprendere in dettaglio anche i fenomeni apparentemente poco....scientifici