

*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze*  
Accademia dei Lincei – Università degli Studi della Basilicata



# *Fisica e Sport*



*Prof. Nicola Cavallo*

Dipartimento di Scienze  
Università degli Studi della Basilicata  
24 marzo 2015



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*

1

*Perché  
questo seminario*



©dhayward



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*

3

## Un esempio: la Meccanica

- Molti concetti in fisica hanno la loro origine in **esperienze primarie**, precedenti alla elaborazione del linguaggio e relative alla percezione e al movimento.
- Esistono esperienze comuni a tutti gli uomini, che influenzano in maniera simile le loro conoscenze.
- Il movimento in particolare é oggetto di studio molto prima dell'esperienza scolare: i bambini piccoli fanno “**previsioni**” ed “**esperimenti**” sulla caduta dei gravi, si esercitano nel lancio dei proiettili, costruiscono regole relative agli urti e ai rimbalzi.

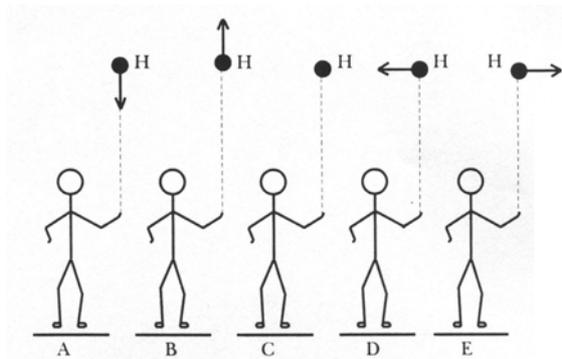


## Capitale di forza



## Quesito n.1: Il sasso

- Un sasso viene lanciato in alto. Quale figura rappresenta meglio la forza sul sasso nel punto più alto?



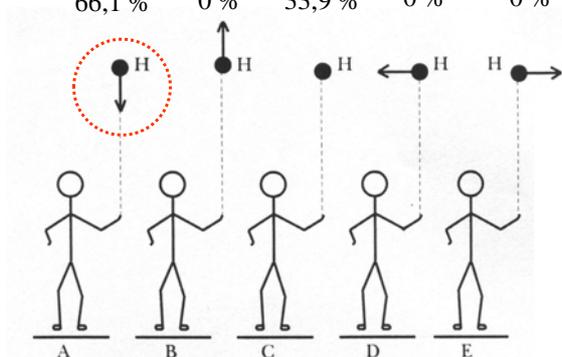
## Quesito n.1: Il sasso

48,5 %    17,6 %    27,9 %    0,4 %    1,5 %

*Studenti del primo anno*

66,1 %    0 %    33,9 %    0 %    0 %

*Studenti della SISS*



## Velocità vs. Accelerazione



## Quesito n.2: Il rimbalzo

- Una palla rimbalza alcune volte prima di fermarsi: quale è la migliore spiegazione del fenomeno ?

Risposta:

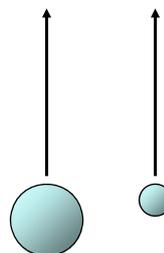
- a) La forza di spinta si esaurisce. (19,5 %)
- b) In natura tutto tende a fermarsi. (4,0%)
- c) La pressione dell'aria spinge la palla verso il basso. (4,0 %)
- d) La resistenza dell'aria e l'attrito con il terreno rallentano il moto. (58,8 %)
- e) La f. di gravità è più forte quanto più si è vicini al terreno. (8,1 %)
- f) Altro. (1,1 %)



### Quesito n.3: Il lancio

- Due sfere di massa diversa sono lanciate verso l'alto con la stessa velocità iniziale: che altezza raggiungono?

- A) Stessa altezza. (14,0 %)
- B) Più in alto la sfera più leggera. (58,5 %)
- C) Più in alto la più pesante. (8,5 %)
- D) I dati forniti sono insufficienti a rispondere. (14,3 %)

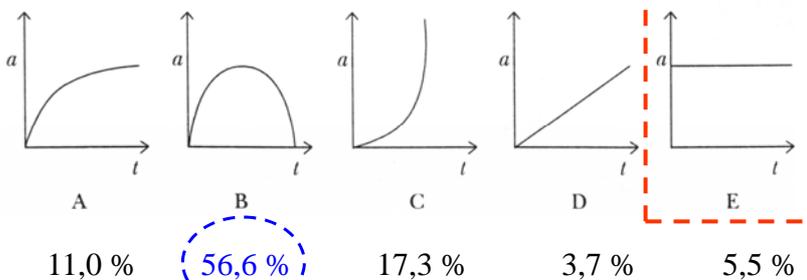


Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo

24

### Quesito n.5: Grafico

- Un sasso è lanciato verso l'alto. Se si trascura la resistenza dell'aria, quale dei 5 grafici rappresenta l'andamento dell'accelerazione, in funzione del tempo, mentre è in aria.



Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo

27

## Caduta gravi



## Moto in caduta libera: i due tuffatori



## Moto in caduta libera: i due tuffatori

- Un istante prima di toccar la superficie dell'acqua i due tuffatori con massa  $m$  ed  $M$  hanno velocità:

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgh \longrightarrow v_{\text{impatto}} = \sqrt{2gh}$$

$$\frac{1}{2}Mv^2 = Mgh \longrightarrow v_{\text{impatto}} = \sqrt{2gh}$$

- (In assenza di forze non conservative, si può applicare il Principio di Conservazione dell'Energia Meccanica)

$$E_{\text{MECC}} = K + U = \frac{1}{2}mv^2 + mgh = \text{costante}$$



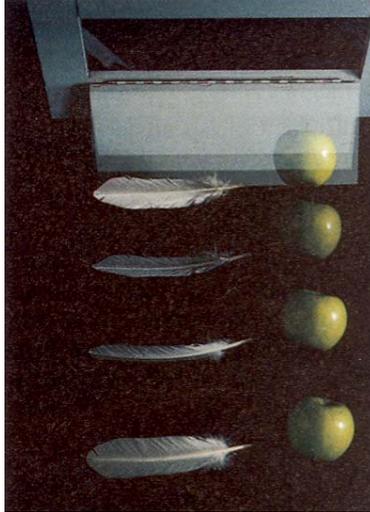
## Moto in caduta libera

- L'accelerazione cui è soggetto un corpo in moto libero, verso l'alto o verso il basso, è
  - Costante (*eliminando l'effetto dell'aria*)
  - Diretta sempre verso il basso (centro della Terra)
  - Non dipende dalla massa
  - Non dipende dalla densità
  - Non dipende dalla forma
    - In pratica è la stessa per qualsiasi oggetto in caduta libera
- Tale accelerazione (*in prossimità della superficie terrestre*) è chiamata accelerazione di gravità:

$$g = 9.8 \frac{m}{s^2}$$



## Moto in caduta libera



Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo

35

## Apollo 15 (1971)



Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo

37

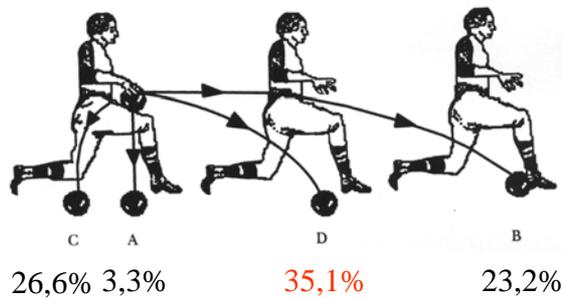
## Commento sui Quesiti 1, 2, 3 e 5

- I primi quesiti sono relativi al pre-concetto sulla cosiddetta “**forza di spinta**”
- “*Nessun oggetto può essere in movimento senza una forza che lo spinge*” palese contraddizione con:
  - **Principio di Inerzia** di Galileo
  - **Legge di Newton** che stabilisce:
    - proporzionalità tra forza ed accelerazione e
    - **NON** la proporzionalità tra forza e velocità



## Quesito n.6: Il corridore

- Un uomo correndo lascia cadere un peso quando é nel punto A. Dove toccherà a terra il peso ?



## Quesito n.7: Tapis roulant

- Da un tapis roulant si lancia in verticale verso l'alto una palla da tennis. La palla ricade:
  - A) Indietro verso il lanciatore (21,7 %)
  - B) **Nelle sue mani (32,7 %)**
  - C) Davanti (23,9 %)
  - D) I dati forniti sono insufficienti (10,7 %)



***Inerzia***



## Inerzia - bicchiere



## Dimostrazioni dell'inerzia



## Principio di Inerzia (con...cavallo)



Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo

52

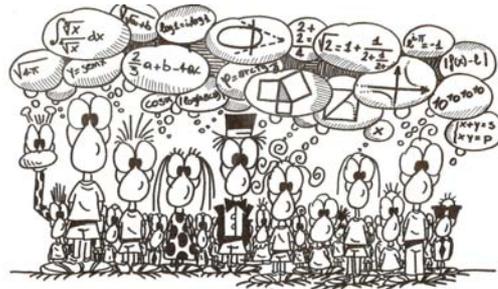
## Effetti di $a$ sul corpo umano (organi)



Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo

57

## La Serva Padrona



## Difficoltà concettuali nelle relazioni (1)

- Le seguenti equazioni, così come comunemente presentate dai libri di testo, possono indurre notevoli difficoltà:

$$v = \frac{s}{t}$$

$$a = \frac{v}{t}$$

$$d = \frac{1}{2} at^2$$

$$d = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$$



## Difficoltà concettuali nelle relazioni (2)

$$v = \frac{s}{t}$$

(1)

$$a = \frac{v}{t}$$

(2)

$$d = \frac{1}{2}at^2$$

(3)

$$d = v_0t + \frac{1}{2}at^2$$

(4)

- Il simbolo  $t$  nelle equazioni (1) e (2) denota un intervallo arbitrario, mentre nella relazione (3) e (4) una lettura (istante) rispetto ad un istante prefissato (istante iniziale). È opportuno evitare la sinonimia dei simboli.
- Il simbolo  $d$  non denota, in (3) e (4) una distanza percorsa dal corpo, ma una funzione che può diventare un numero se assegno un valore a  $t$ . La distanza è determinata a partire da un'origine arbitraria.



## Difficoltà concettuali nelle relazioni (3)

$$v = \frac{s}{t}$$

(1)

$$a = \frac{v}{t}$$

(2)

$$d = \frac{1}{2}at^2$$

(3)

$$d = v_0t + \frac{1}{2}at^2$$

(4)

- Il concetto di accelerazione è difficile da comprendere se non si è fatto un lungo lavoro preparatorio su cosa significa una grandezza istantanea.
- È necessario distinguere i vocaboli “**posizione**”, “**cambio di posizione**”, “**distanza percorsa**” (spesso tutti vengono chiamati indistintamente “distanza”)



### Difficoltà concettuali nelle relazioni (3)

$$v = \frac{s}{t}$$

$$a = \frac{v}{t}$$

$$d = \frac{1}{2}at^2$$

$$d = v_0t + \frac{1}{2}at^2$$

(1)

(2)

(3)

(4)

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$d(t) - d(t_0) = v_0[t - t_0] + \frac{1}{2}a[t - t_0]^2$$

$$d(t) - d(t_0) = \frac{1}{2}a[t - t_0]^2$$



### Esercizi usuali

$$v = \frac{s}{t}$$

$$t = \frac{s}{v}$$

$$s = vt$$



## Esempio di relazioni semplici: R

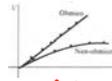
### Concetto di Resistenza e Legge di Ohm

- Consideriamo un conduttore metallico e due sue sezioni  $S_A$  e  $S_B$
- Applichiamo tra  $S_A$  e  $S_B$  una differenza di potenziale costante nel tempo  $\Delta V = V_A - V_B > 0$
- Sperimentalmente si trova (*G.S.A. Ohm prima metà dell'800*):
- Fino a che  $\Delta V$  non raggiunge valori così elevati da indurre scariche che danneggino irreversibilmente il materiale del conduttore, sussiste in ottima approssimazione una relazione di proporzionalità tra  $\Delta V$  e la corrente  $I$  che fluisce tra A e B.

$$\Delta V = V_A - V_B \propto I$$

- Se si studia la curva caratteristica del conduttore studiato si può notare che

$$\frac{V_A - V_B}{I} = \text{cost} = R$$



- La costante di proporzionalità è chiamata **resistenza elettrica** del conduttore



## Esempio di relazioni semplici: C

- Consideriamo un conduttore nel vuoto, isolato
- Trasferiamo su di esso una carica  $q$
- $Q$  si dispone sulla superficie ( $\sigma$ )
- Trasferiamo una seconda piccola carica  $q$
- In ogni punto della superficie:  $\sigma(x, y, z) \propto Q$
- Per il principio di sovrapposizione:  $E(x, y, z) \propto Q$
- $V(x, y, z)$  è legato a  $E(x, y, z)$  quindi:  $V(x, y, z) \propto Q$
- Esiste una relazione di proporzionalità:

$$\frac{Q}{\Delta V} = C$$

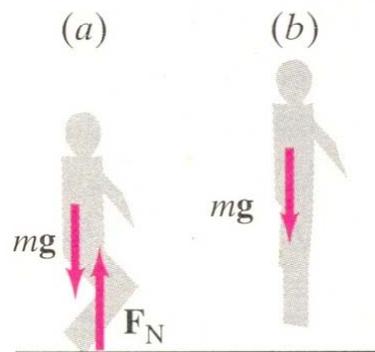
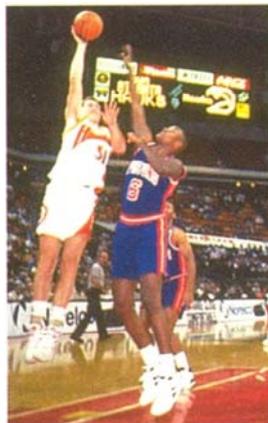
**CAPACITÀ DI UN  
CONDUTTORE  
SINGOLO**



## Salto in alto



## Jump



## Jump



## High Jump

Rincorse di accelerazione e altezze verticali di salto per alcuni animali. Tutte le distanze sono espresse in metri

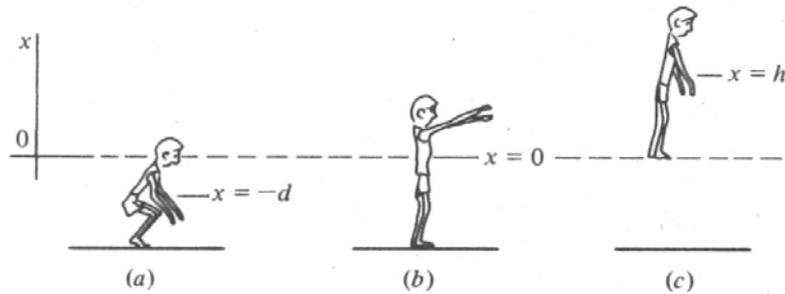
	Rincorsa di accelerazione ( $d$ )	Altezza verticale ( $h$ )
Uomo	0.5	1.0
Canguro	1.0	2.7
Boscimane, giovane	0.16	2.2
Rana	0.09	0.3
Cavalletta	0.03	0.3
Pulce	0.0008	0.1

$$\frac{h}{d}$$



## Jump

- Trovare
  - la velocità di “decollo”  $v_i$  per l’uomo
  - L’accelerazione di “decollo”  $a_i$
- La coordinata passa per il punto di mezzo dell’uomo



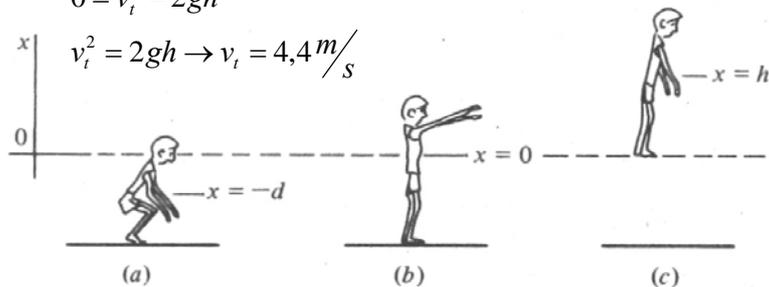
## Jump

- Nella fase di salto
  - l’accelerazione è  $-g$
  - La velocità passa da  $v_0 = v_i$  al valore  $v=0$
  - L’altezza varia della quantità  $h=(x-x_0)=1$  metro

$$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$$

$$0 = v_i^2 - 2gh$$

$$v_i^2 = 2gh \rightarrow v_i = 4,4 \text{ m/s}$$



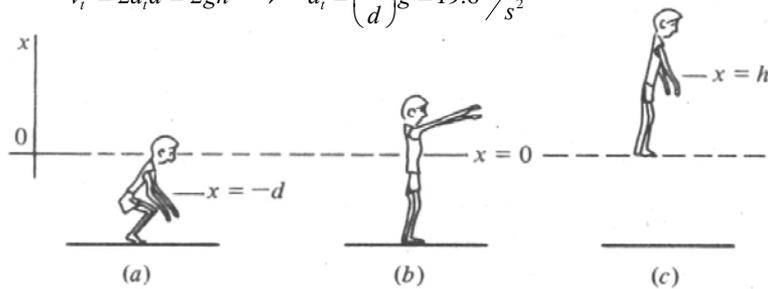
## Jump

- Se si assume che nella fase di decollo l'accelerazione sia costante

$$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$$

$$0 = v_i^2 - 2a_i d$$

$$v_i^2 = 2a_i d = 2gh \rightarrow a_i = \left(\frac{h}{d}\right)g = 19.6 \text{ m/s}^2$$



## Salti con differente accelerazione di gravità



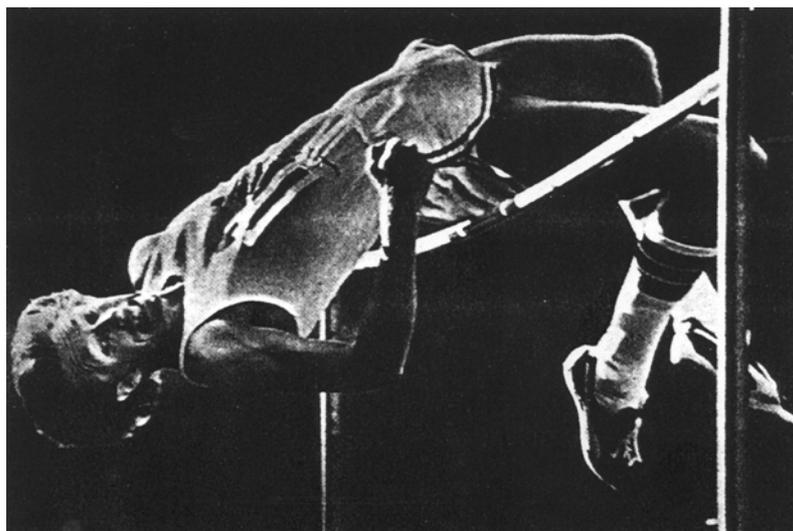
## Western Roll (tradizionale)



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*

98

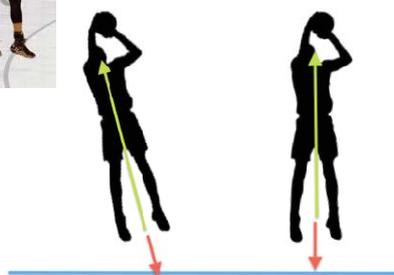
## Fosbury Flop



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*

99

## High Jump



## Quesito n.3: Il rimbalzo

- Una palla rimbalza alcune volte prima di fermarsi: quale é la migliore spiegazione del fenomeno ?

Risposta:

- a) La forza di spinta si esaurisce.
- b) In natura tutto tende a fermarsi.
- c) La pressione dell'aria spinge la palla verso il basso.
- d) La resistenza dell'aria e l'attrito con il terreno rallentano il moto.**
- e) La forza di gravità è più forte quanto più si è vicini al terreno.
- f) Altro.



## Schema aria-gravità

- Spesso si acquisisce l'informazione secondo cui l'aria (o l'atmosfera) “**preme le cose verso il basso**”, e si traduce ciò associando *pressione* e *gravità*.
- Si tende a vedere la gravità come qualcosa che esercita una spinta verso il basso piuttosto che una trazione verso il basso: “**l'aria preme il libro sul tavolo**”;
- La gravità quindi “**scompare**” quando si toglie l'aria;
- Molti si aspettano che **gli oggetti si mettano a fluttuare se posti sotto una campana di vetro nella quale sia stato fatto il vuoto**, dal momento che non c'è l'aria a premerli verso il basso.



## Moto parabolico

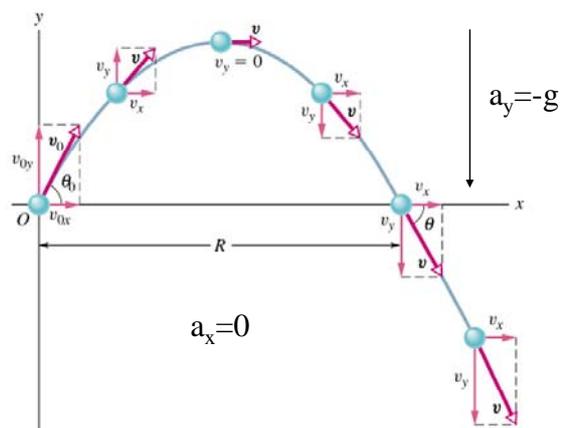


## Moto dei proiettili

$$\vec{v}_0 = v_{0x}\hat{i} + v_{0y}\hat{j}$$

$$v_{0x} = |\vec{v}_0| \cos \theta_0$$

$$v_{0y} = |\vec{v}_0| \sin \theta_0$$



- Durante il moto bidimensionale, il *vettore posizione*  $\mathbf{r}(\mathbf{t})$  ed il *vettore velocità*  $\mathbf{v}(\mathbf{t})$  cambiano continuamente;  $\mathbf{a}$  invece è costante e diretto verso il basso ( $a_x=0$ )

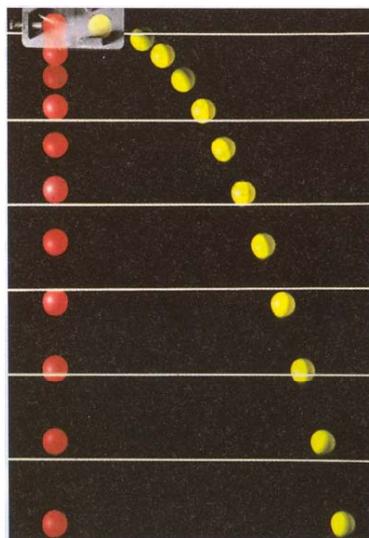


## Antonietta Di Martino

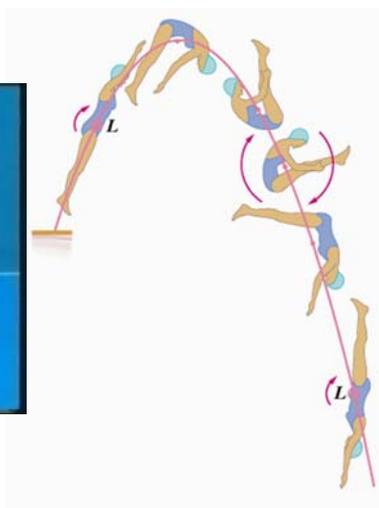
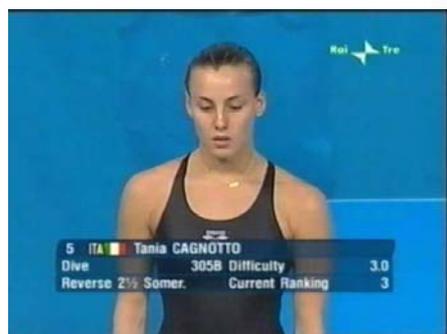


## Indipendenza dei moti orizzontale e verticale

- Fotografia stroboscopica di due palle da golf, una lasciata cadere da ferma e l'altra sparata orizzontalmente.
- Il loro moto verticale è identico, visto che ciascuna copre la stessa distanza verticale nello stesso intervallo di tempo.
- Il fatto che una delle due si muova orizzontalmente mentre cade non ha alcun effetto sul suo moto verticale.
- Il moto verticale è indipendente da quello orizzontale.



## Tuffo Tania Cagnotto



## Tuffo Tania Cagnotto



Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo

124

## Tuffo Tania Cagnotto



Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo

125

## Pallavolo



Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo

126



Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo

127



Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo

135

## Esercizio alla trave



Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo

136

## Caso: lo scoiattolo



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*

137

## Caso: il canguro



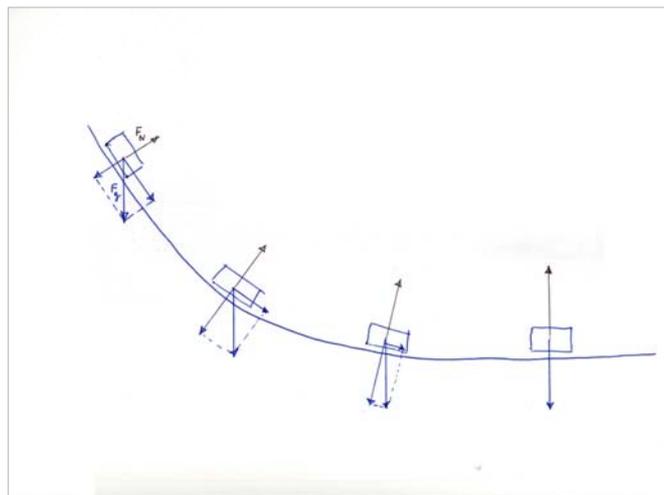
*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*

138

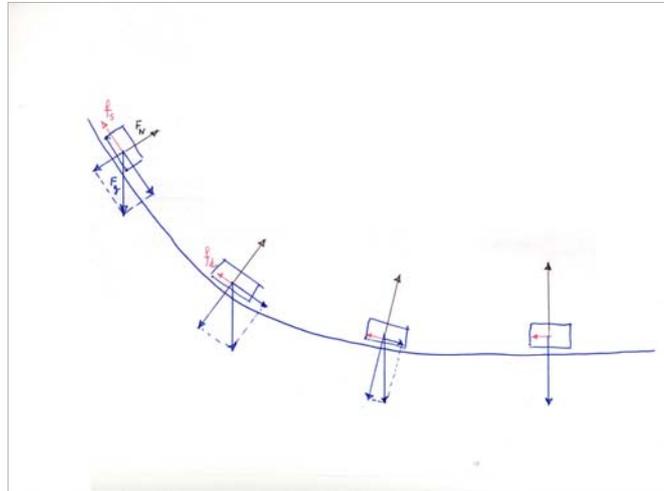
## *Idiosincrasie fisiche*



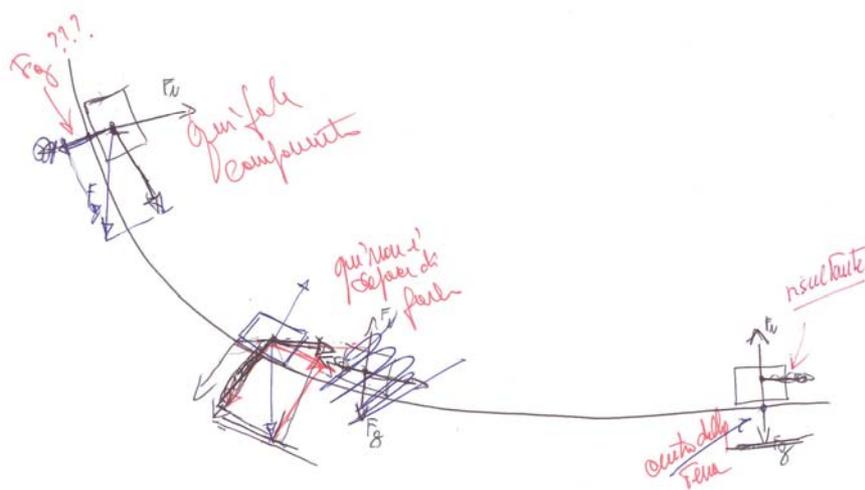
## *Piano inclinato a pendenza variabile (1)*



## Piano inclinato a pendenza variabile (2)

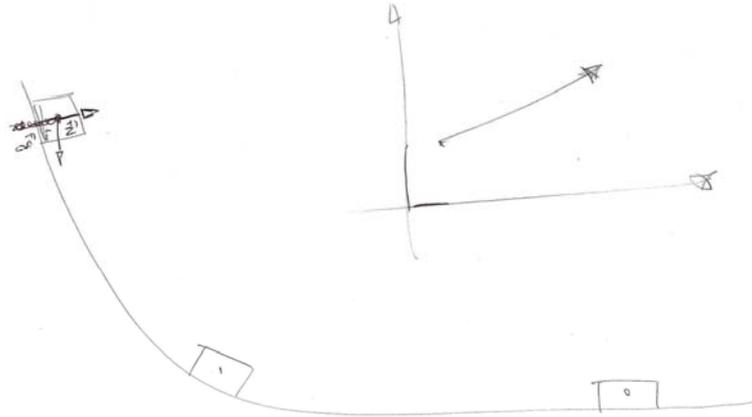


## Storie vere



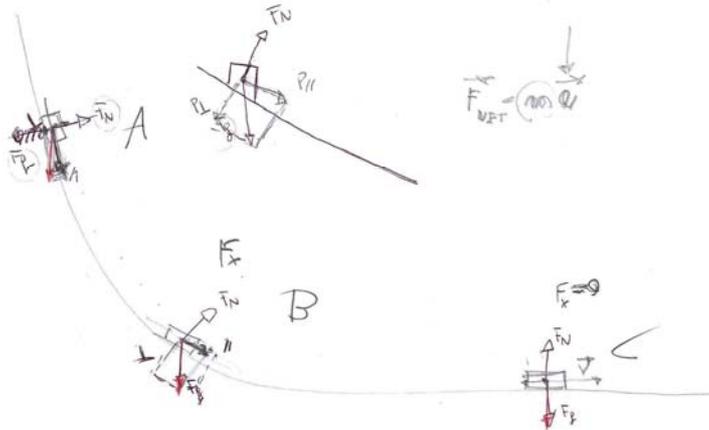
## Storie vere

$\vec{F}, \vec{v}, \vec{v}$

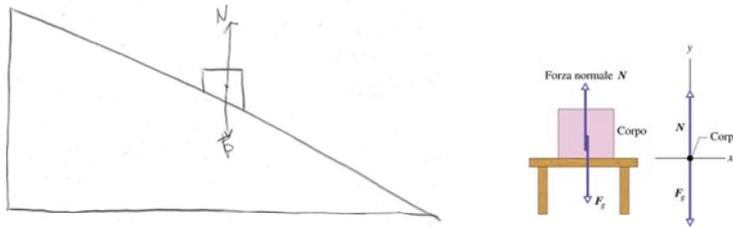


## Storie vere

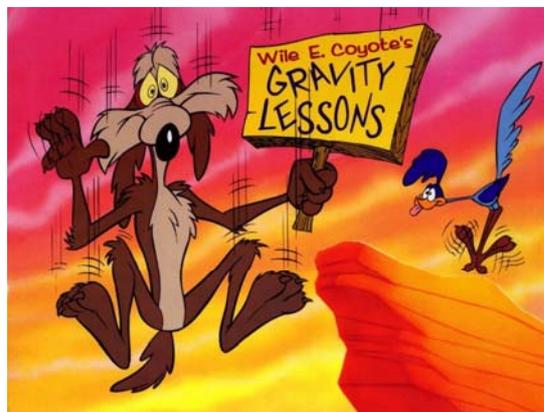
$R = R_{||}$



## Storie vere (1° premio!!!)

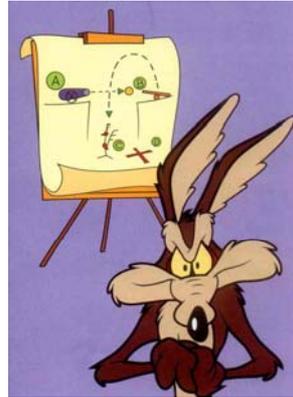


*La gravità è  
un'opinione*



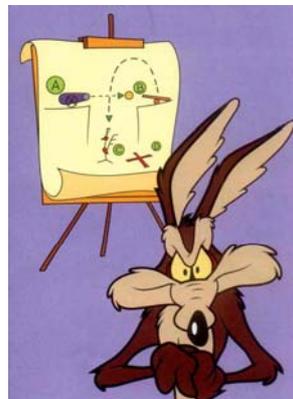
## Cartoon Law I

- Ogni corpo sospeso nello spazio rimarrà nello spazio finché non si renderà conto della situazione in cui si trova.



## Cartoon Law II

- Ogni corpo in moto tenderà a rimanervi finché inaspettatamente una materia solida interviene.



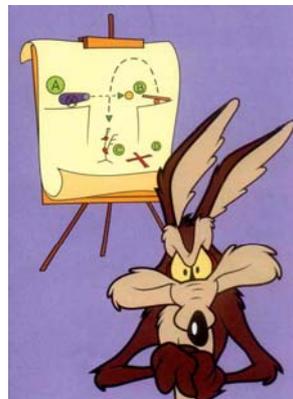
### Cartoon Law III

- Ogni corpo che passi attraverso materia solida lascerà un buco eguale al suo perimetro.



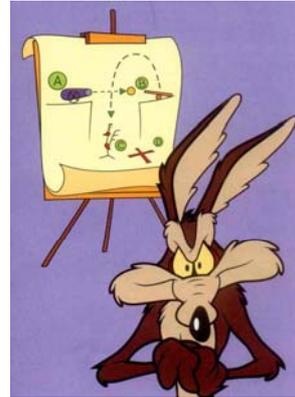
### Cartoon Law IV

- Il tempo richiesto da un oggetto per cadere dalla sommità di un palazzo o di una montagna risulta maggiore del tempo necessario a salire le scale o percorrendo la strada a spirale.



## Cartoon Law V

- Tutti i principi e leggi della gravità sono negati dallo spavento.



## Bibliografia

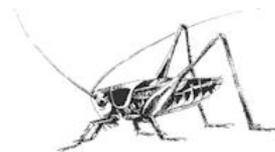


# Osservare

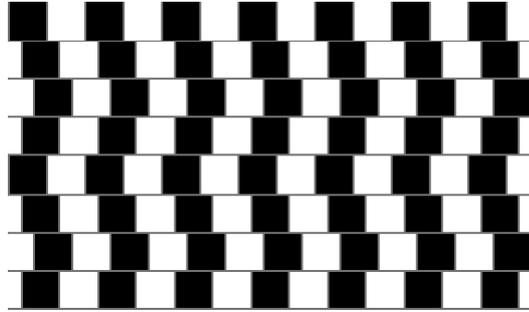
Qual è il rapporto tra  
“percezioni soggettive”  
e “realtà oggettiva” ?



# Osservare...

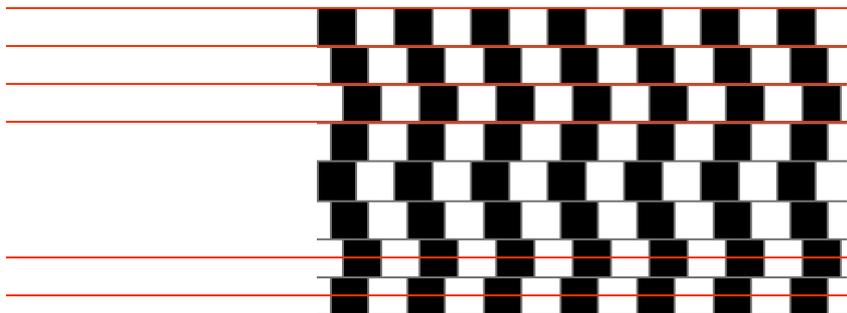


## L'illusione dei propri sensi...



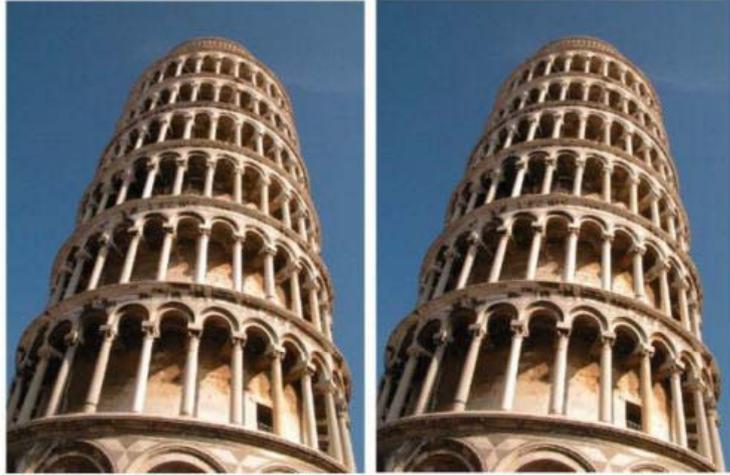
Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo

## L'illusione dei propri sensi...



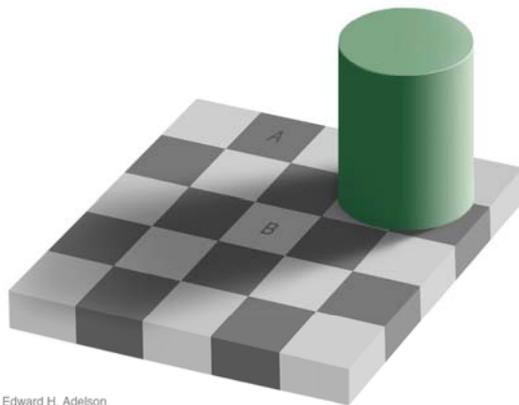
Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo

## L'illusione dei propri sensi...



Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo

## L'illusione dei propri sensi...

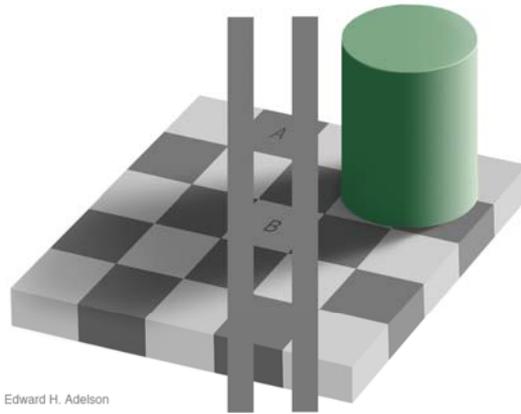


Edward H. Adelson



Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo

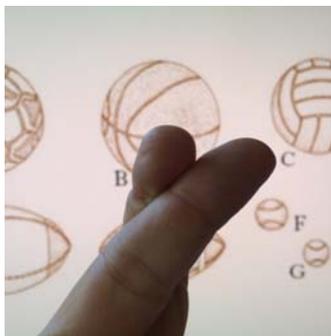
## L'illusione dei propri sensi...



Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo

## L'illusione dei propri sensi...

- In definitiva, è lo sviluppo della stessa conoscenza scientifica ad aver dimostrato che il rapporto tra *percezioni soggettive* e *realtà oggettiva* (o «altra dal soggetto conoscente») è molto più complesso di quanto non pensasse nel '600 René Descartes (capofila dei meccanicisti).



Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo

## Michael Jordan



Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo

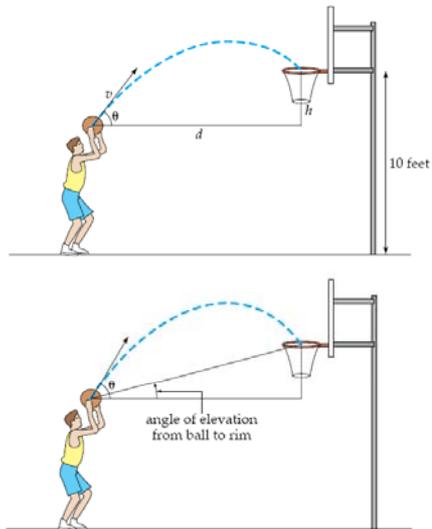
## Vestigia di un passato splendore...



Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo

## Shooting

- Esistono, ovviamente, differenti traiettorie che consentono di fare canestro (differenti angoli di lancio e velocità iniziale).
- Il bravo giocatore sa che occorre che il pallone arrivi sull'anello con la minore velocità possibile per minimizzare il rimbalzo (soft shot).



Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo

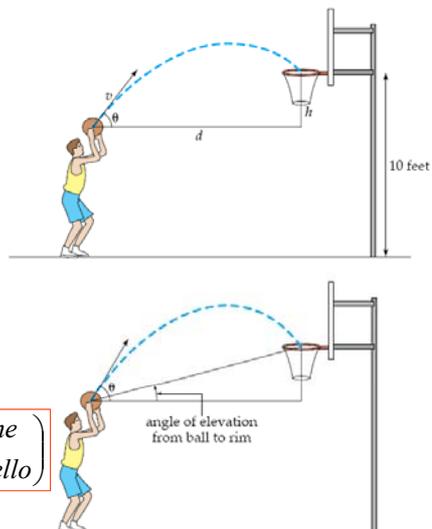
## Shooting

- L'equazione (che non deriveremo) che determina la velocità è

$$v^2 = \frac{16d}{\cos^2 \theta \left( \frac{\sin \theta}{\cos \theta} - \frac{h}{d} \right)}$$

- Per trovare l'angolo  $\theta$  che minimizza la velocità  $v$  si eguaglia a zero la derivata (abbastanza complesso) e si ottiene:

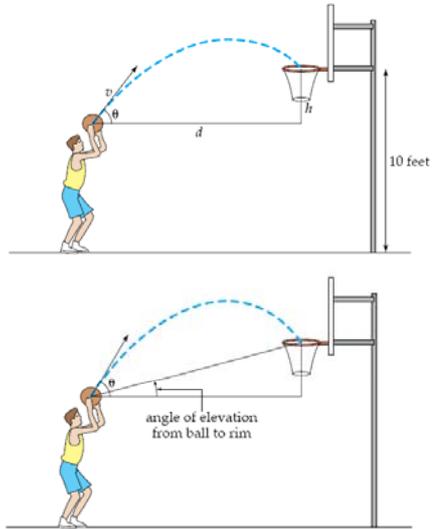
$$\theta = 45^\circ + \frac{1}{2} \left( \begin{array}{l} \text{angolo di elevazione} \\ \text{tra il pallone e l'anello} \end{array} \right)$$



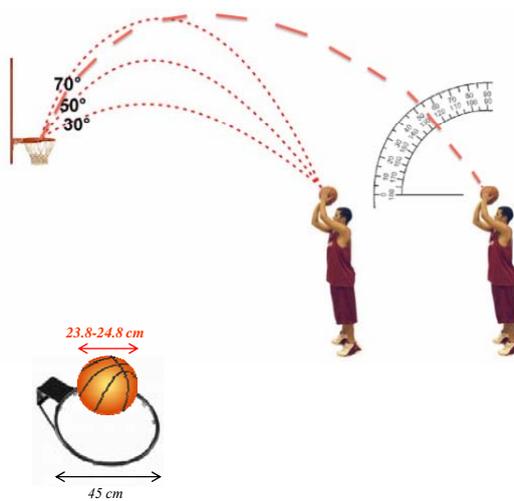
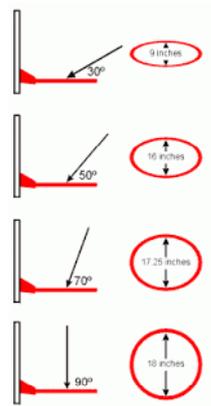
Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo

## Shooting

- L'effetto della resistenza dell'aria (viscosità del mezzo) in un tiro (circa 1 sec) incide sulla traiettoria reale per meno del 10%



## Shooting



## PSSC (Physical Science Study Committee)



- Il **Physical Science Study Committee** è stato un comitato scientifico istituito presso il Massachusetts Institute of Technology di Boston nel 1956 con lo scopo di sottoporre a revisione l'insegnamento della fisica nella scuola secondaria superiore.



## PSSC (Physical Science Study Committee)





### Timing

A sequence of three frames illustrating the timing of a basketball shot. The first frame shows the person holding the ball. The second frame shows the person in the middle of the shot. The third frame shows the person standing still after the shot. A blue arrow points from the second frame to the third frame.

**Frame 1:** In pausa 0.00.00.00 / 0.00.02.65

**Frame 2:** In pausa 0.00.00.48 / 0.00.02.65

**Frame 3:** In pausa 0.00.01.44 / 0.00.02.65

*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*





*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*





*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



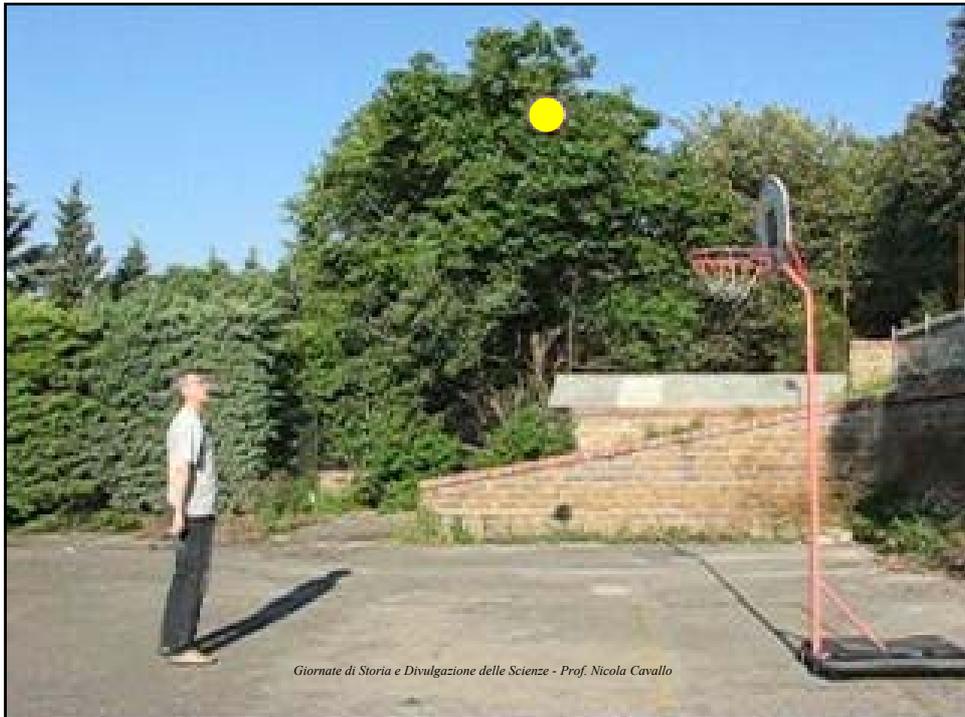
*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*





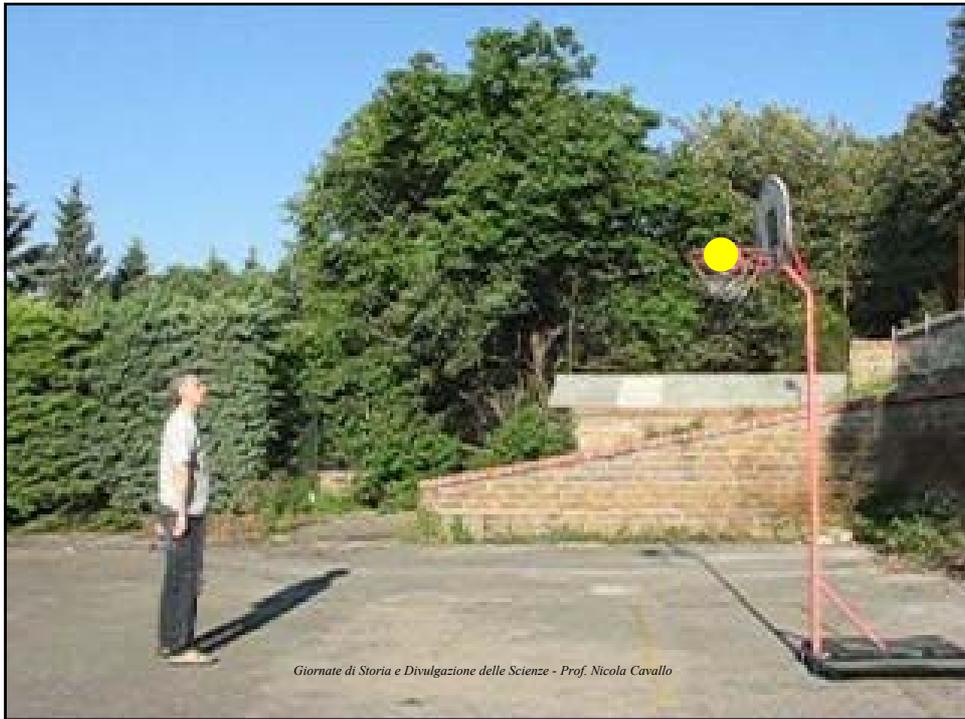
*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*

## ***TRAIETTORIA***



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



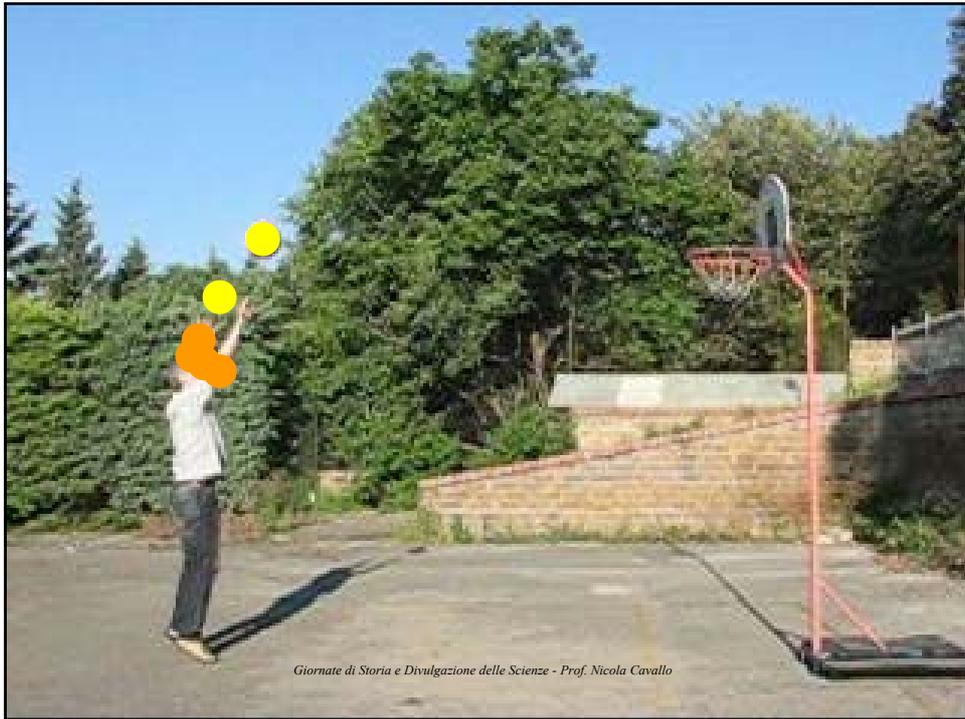
*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*







*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



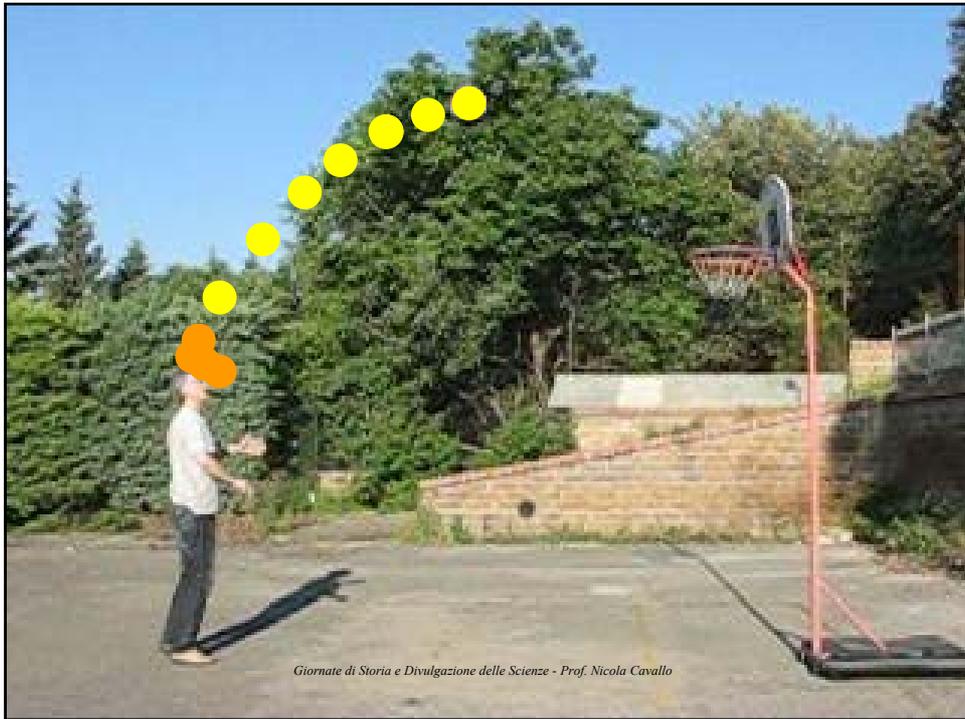
*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



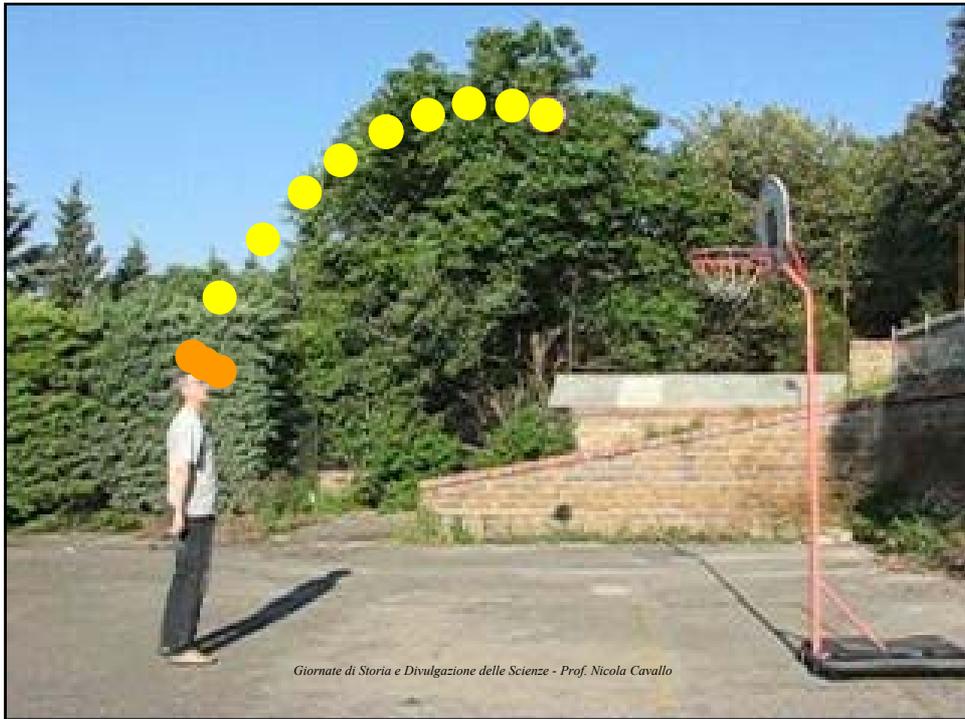
*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



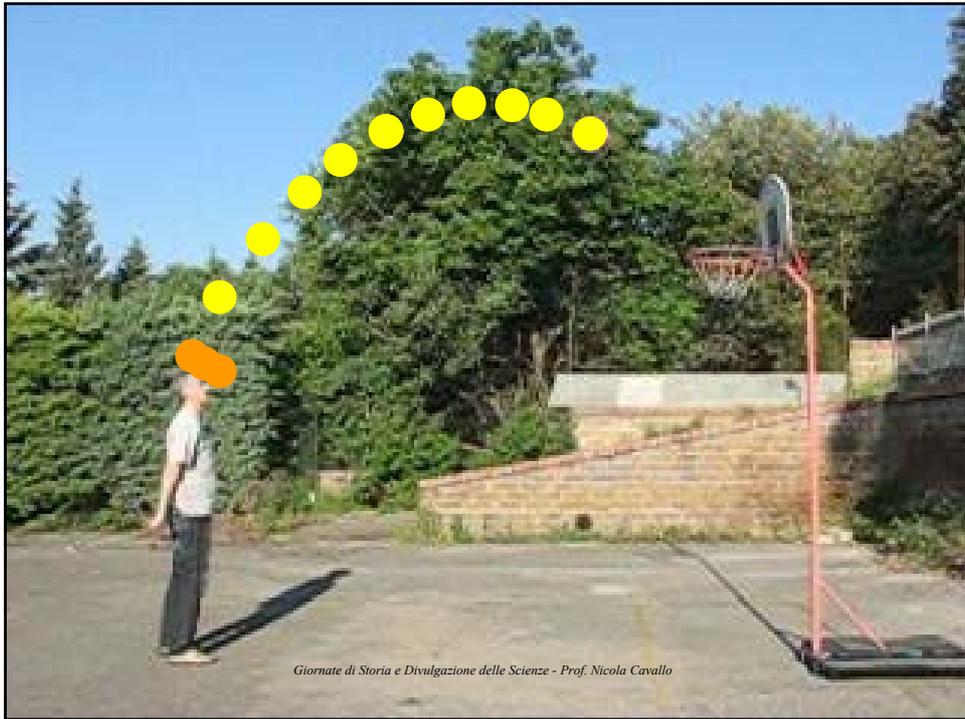
*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



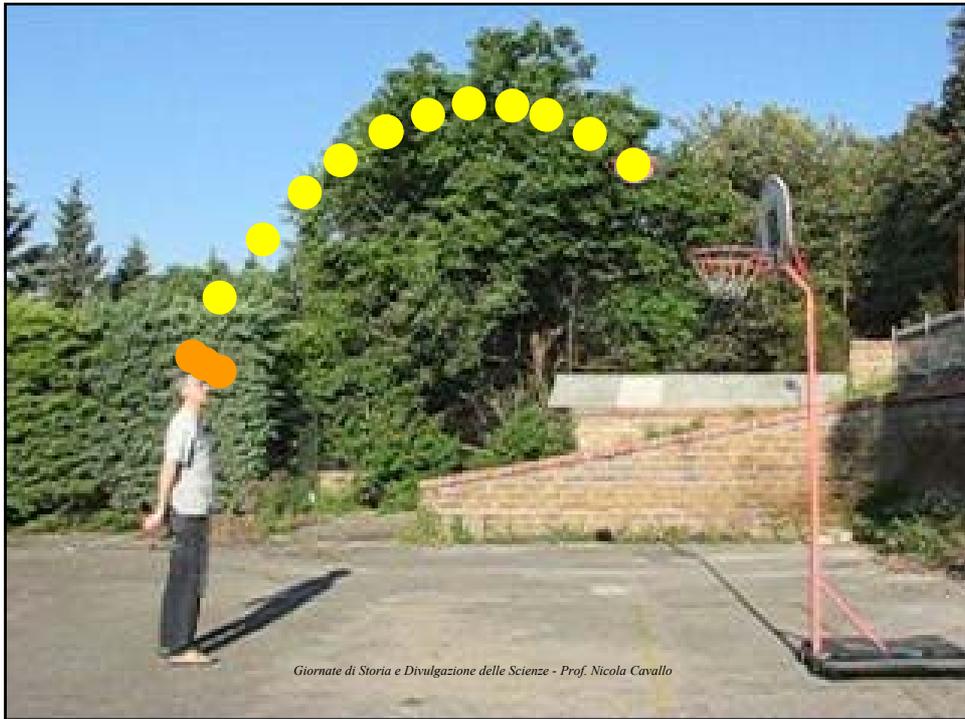
*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



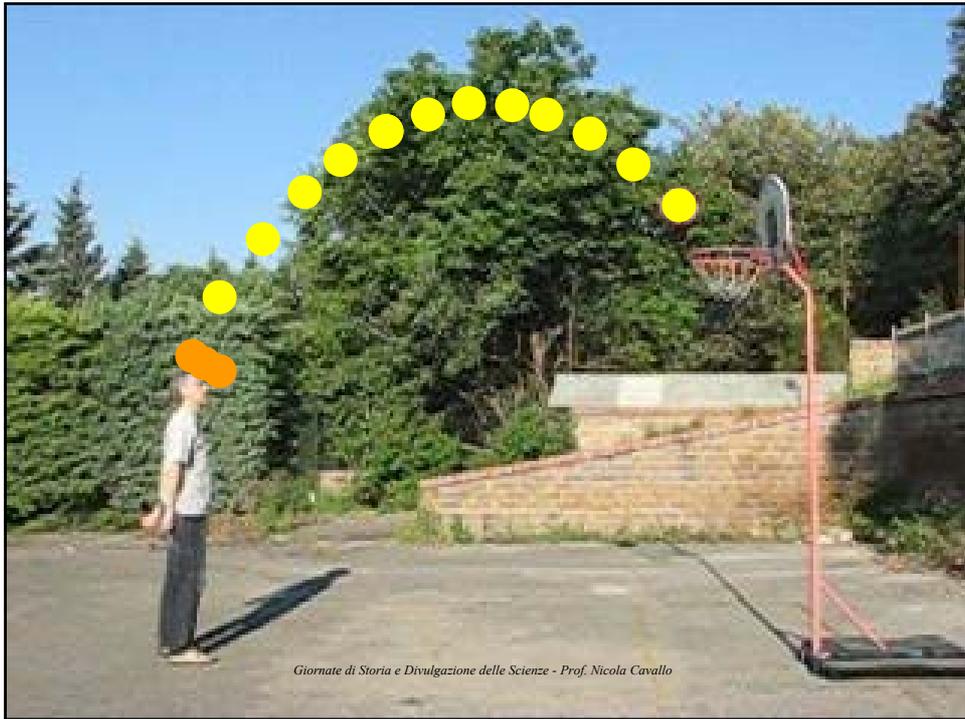
*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



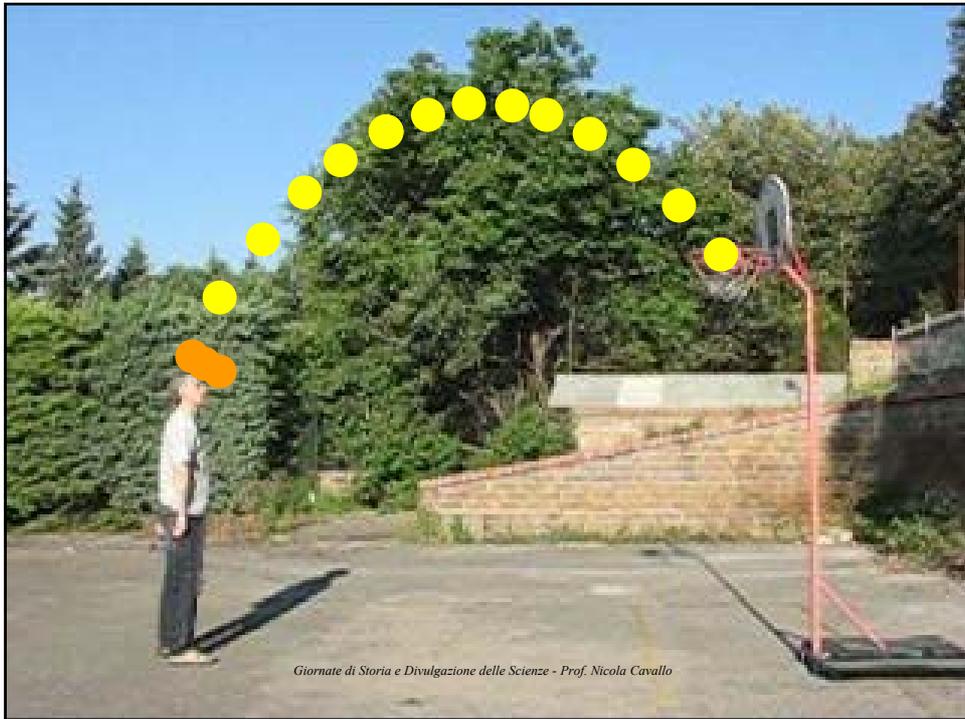
*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



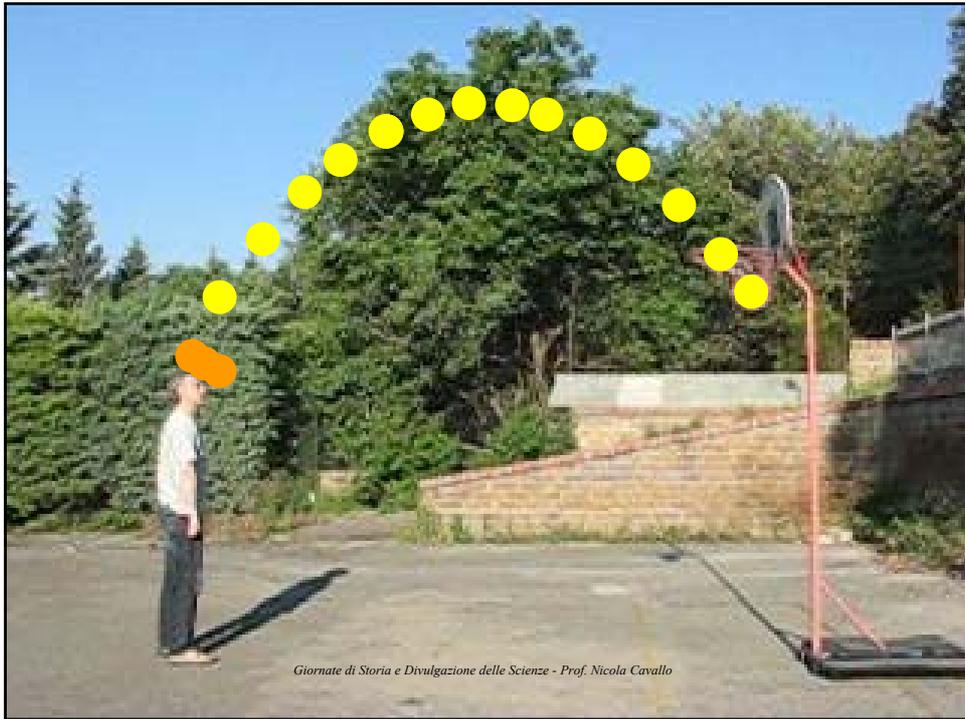
*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



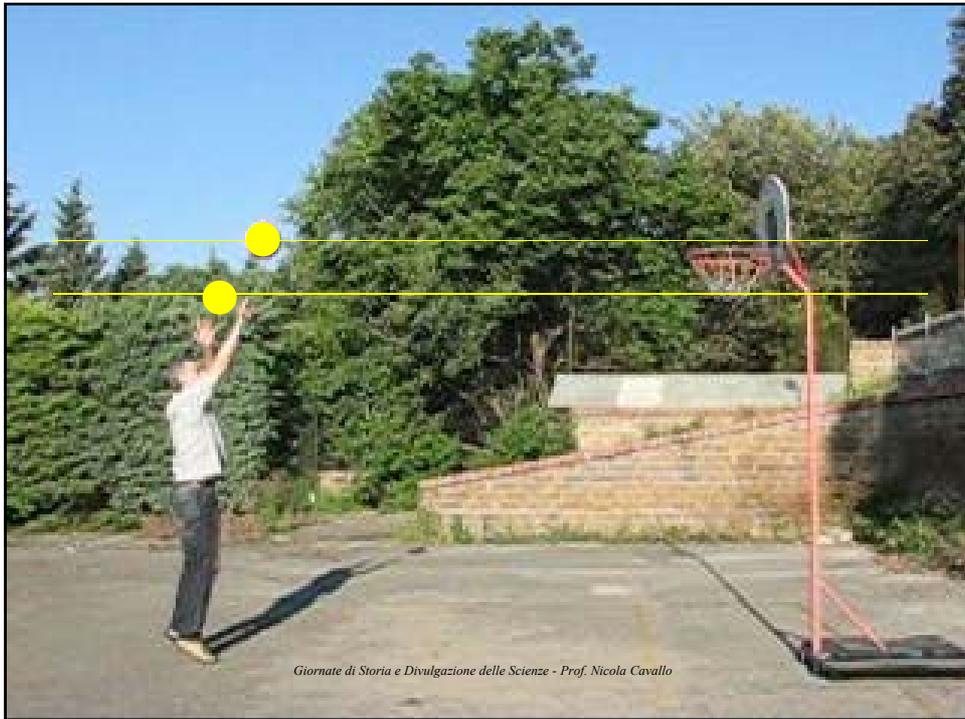
*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*

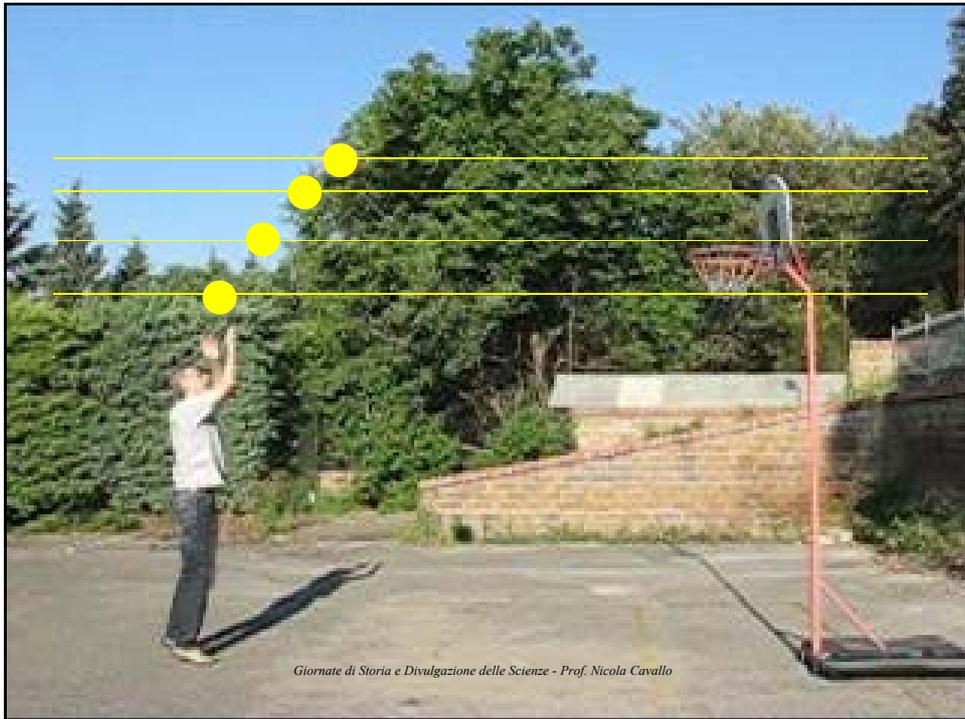


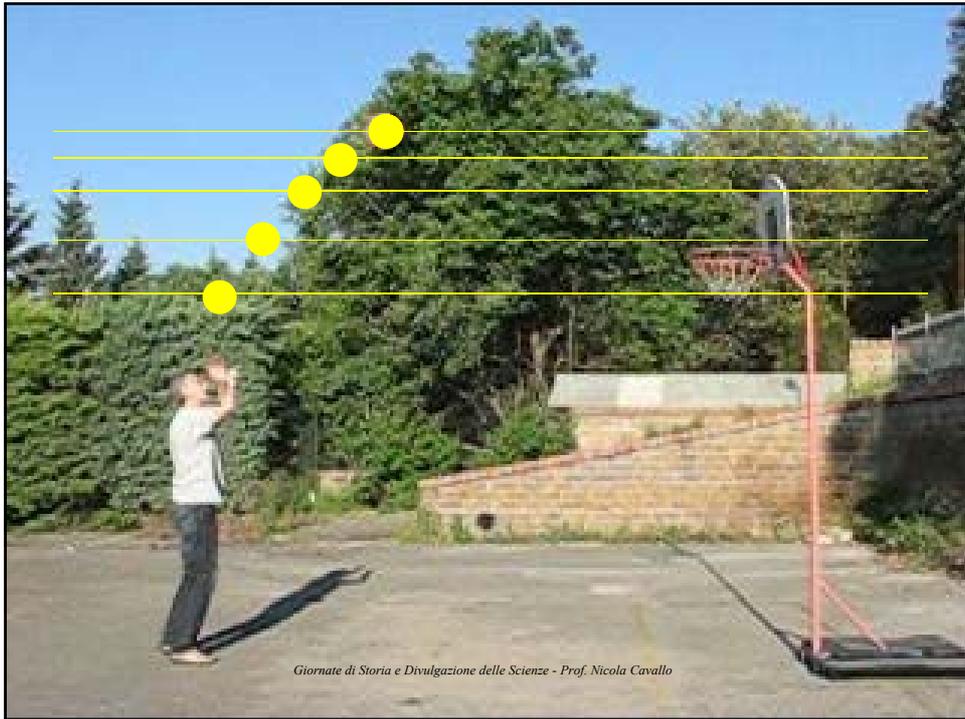
## ***TRACKING verticale***



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



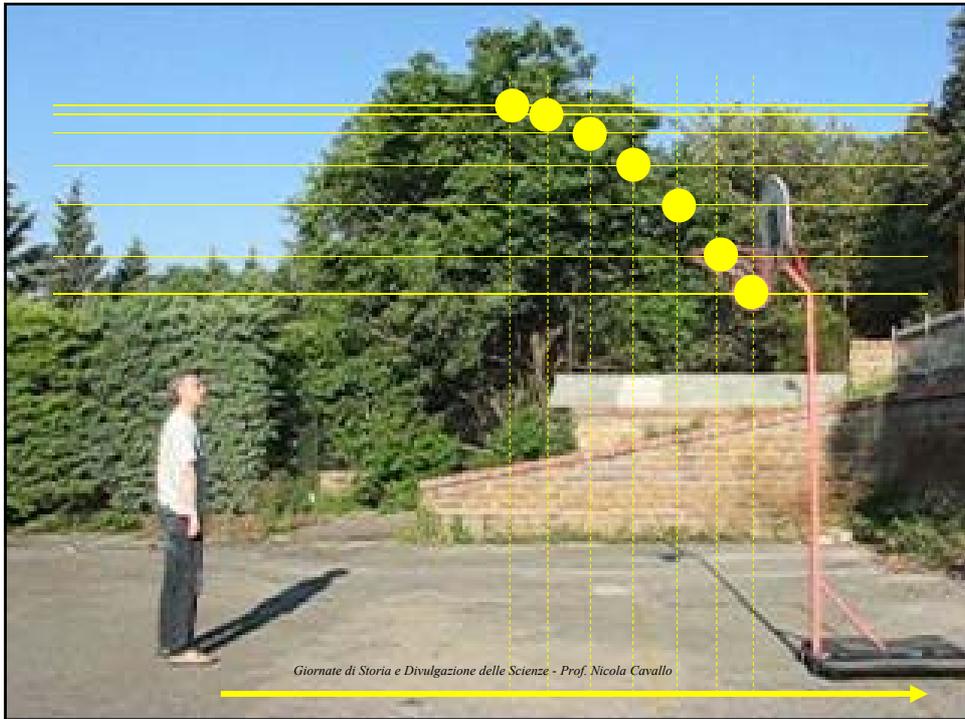
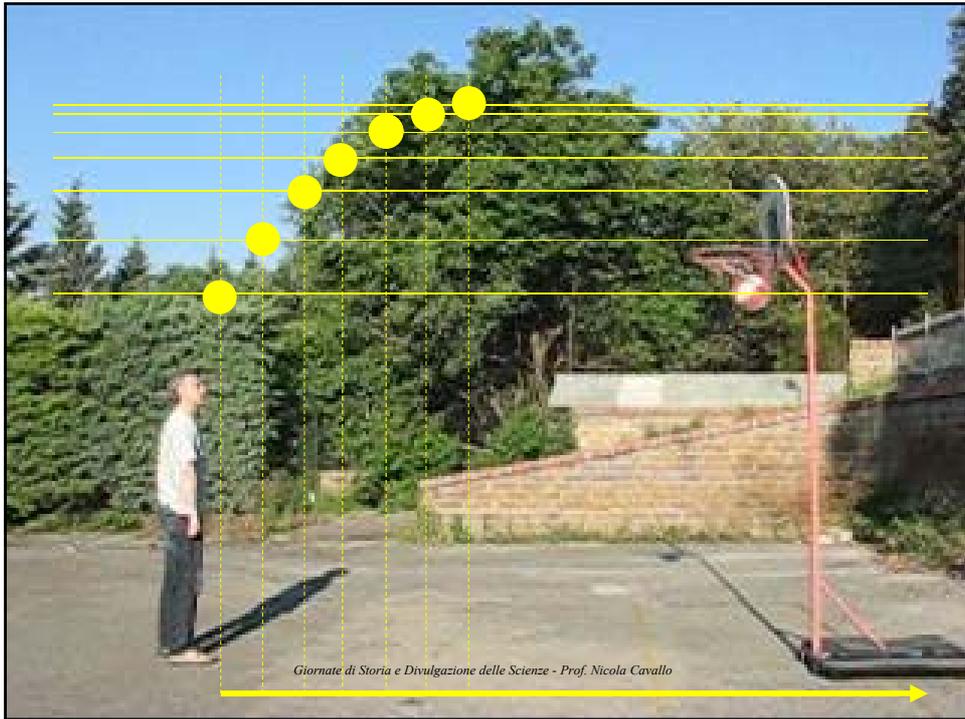


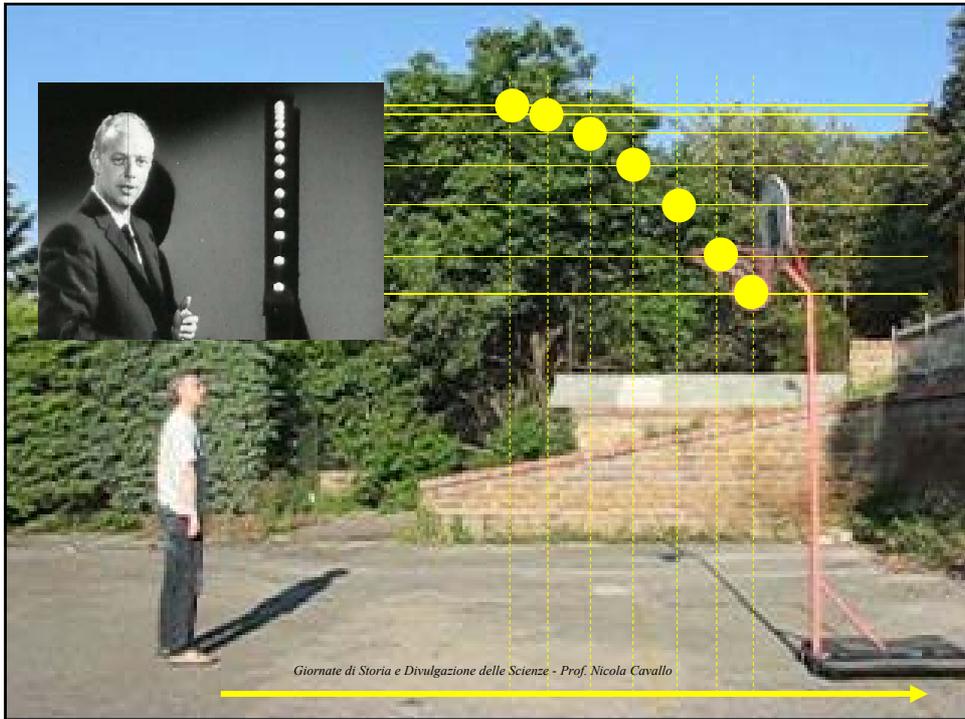
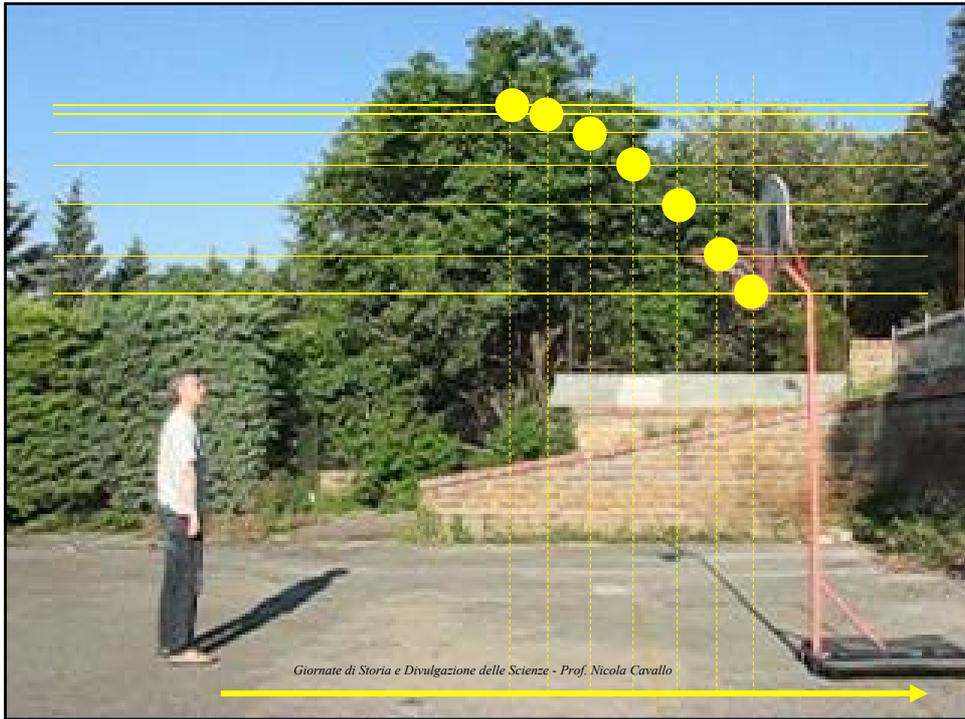


*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*

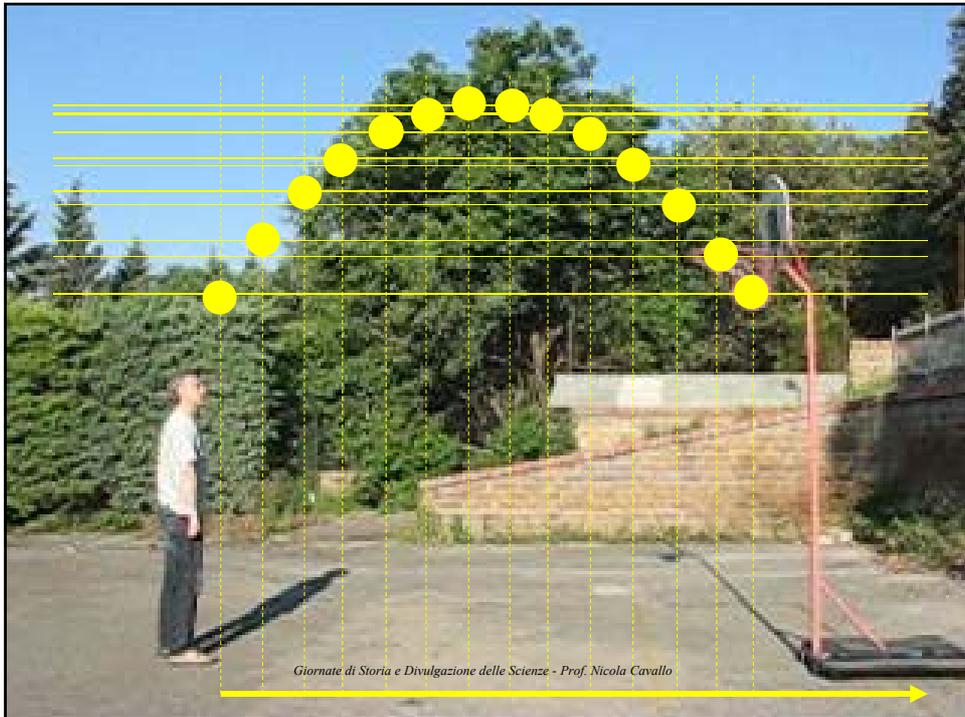


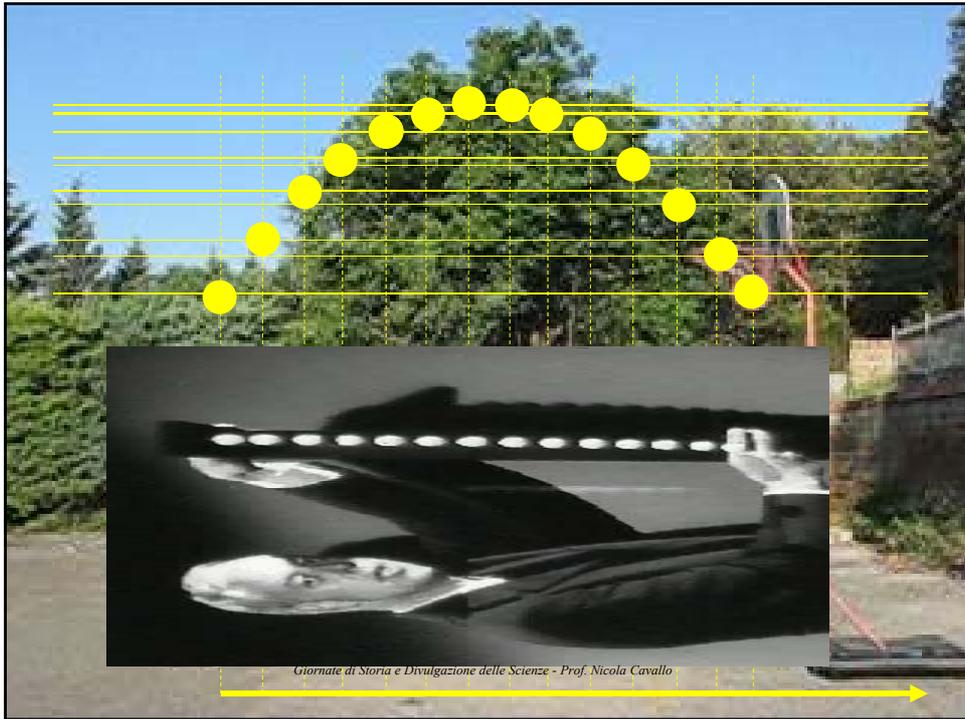


# *TRACKING orizzontale*



Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo





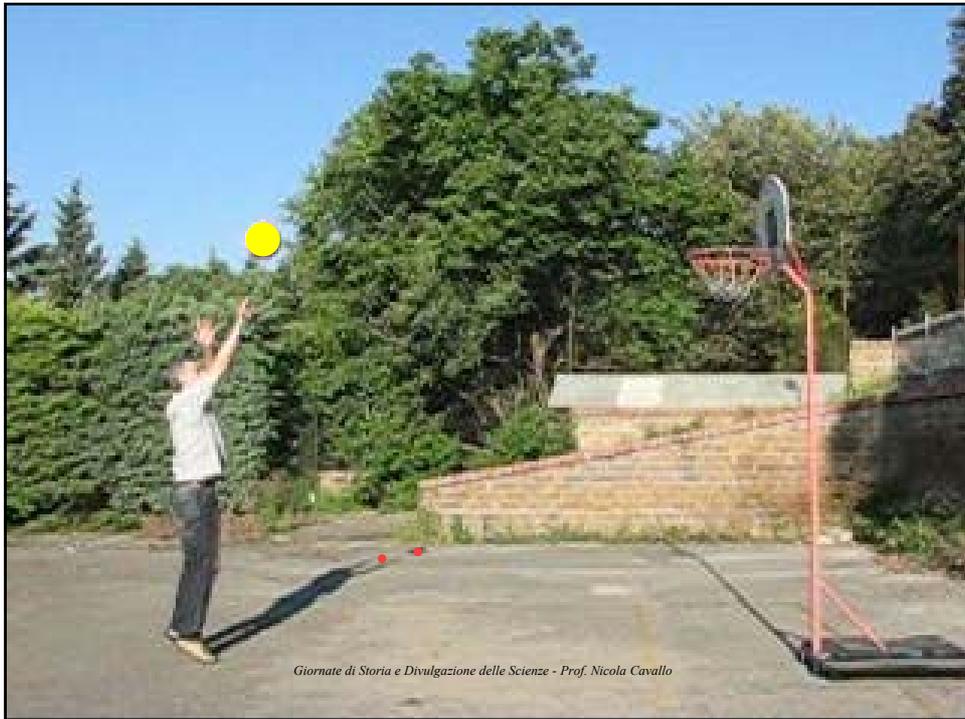
## ***PROIEZIONE***



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*

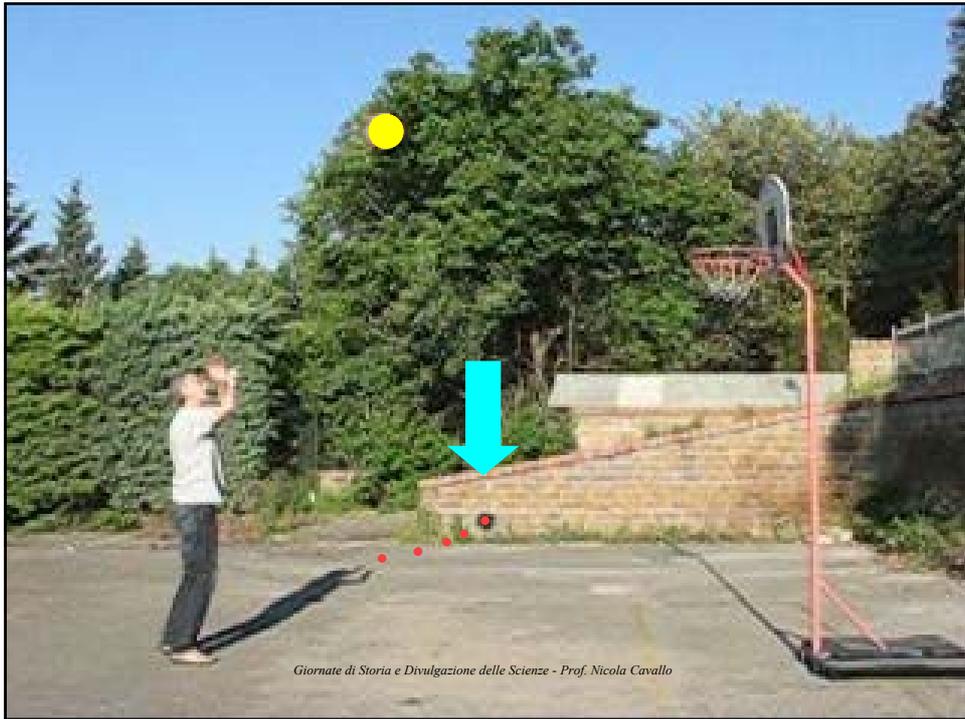


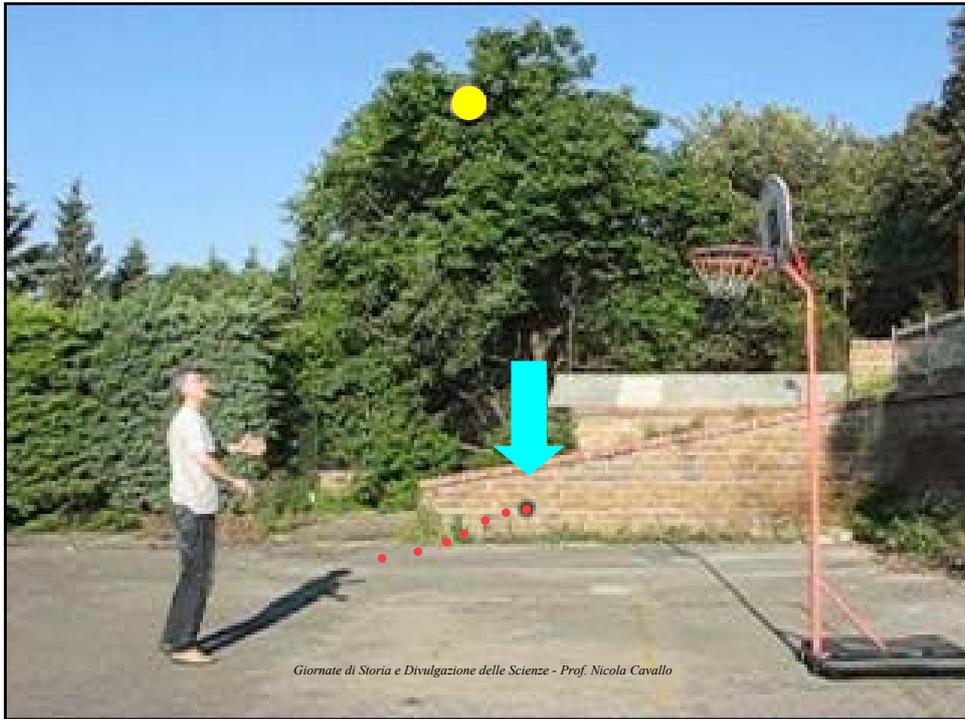
*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



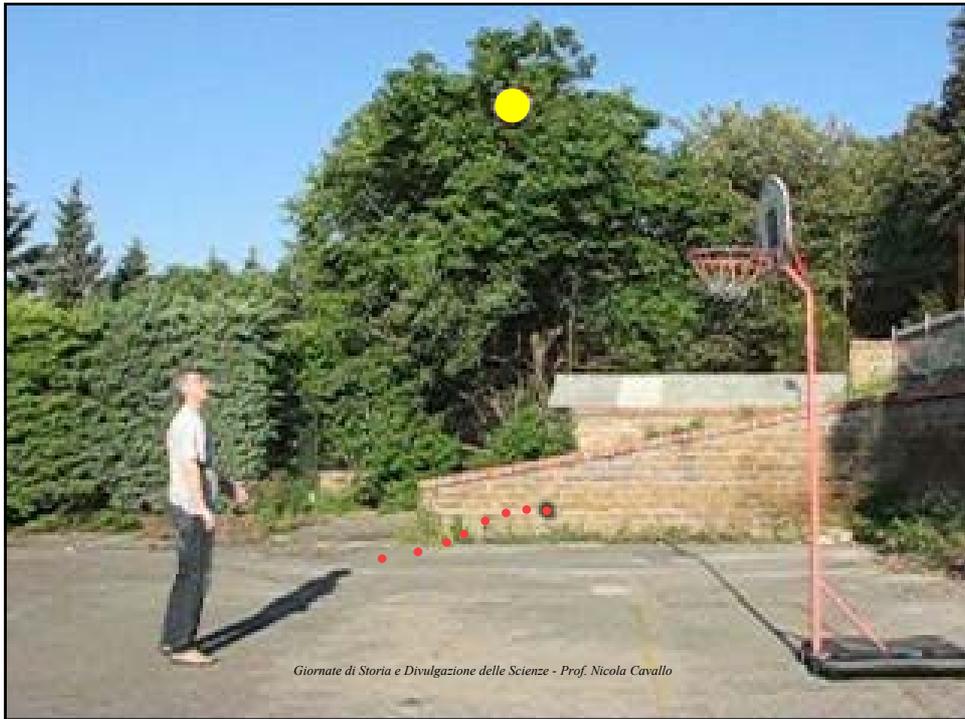
*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



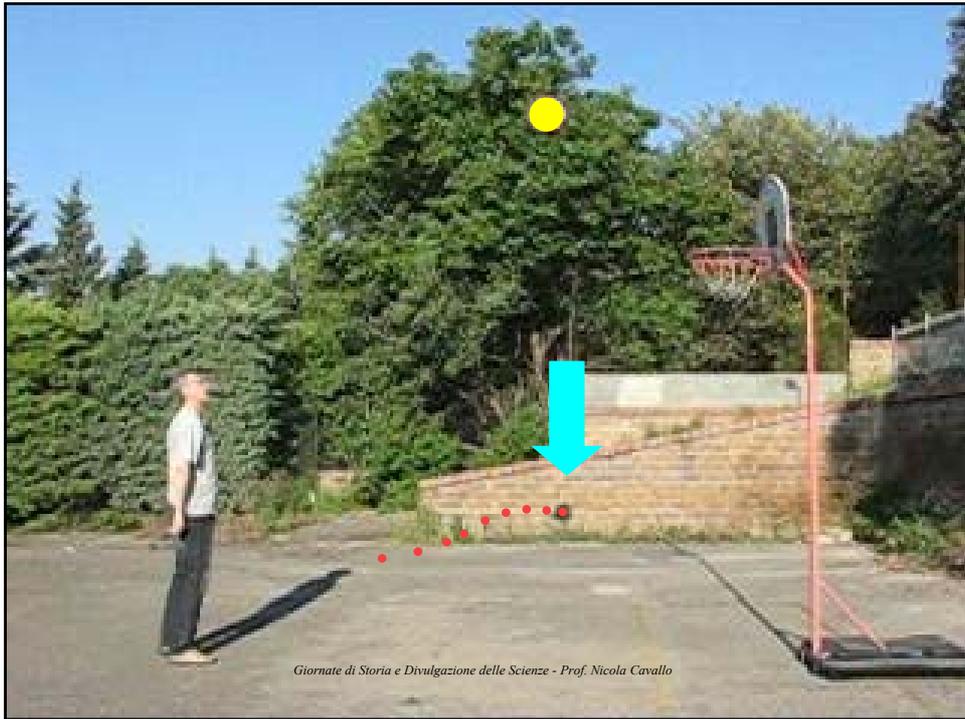




*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



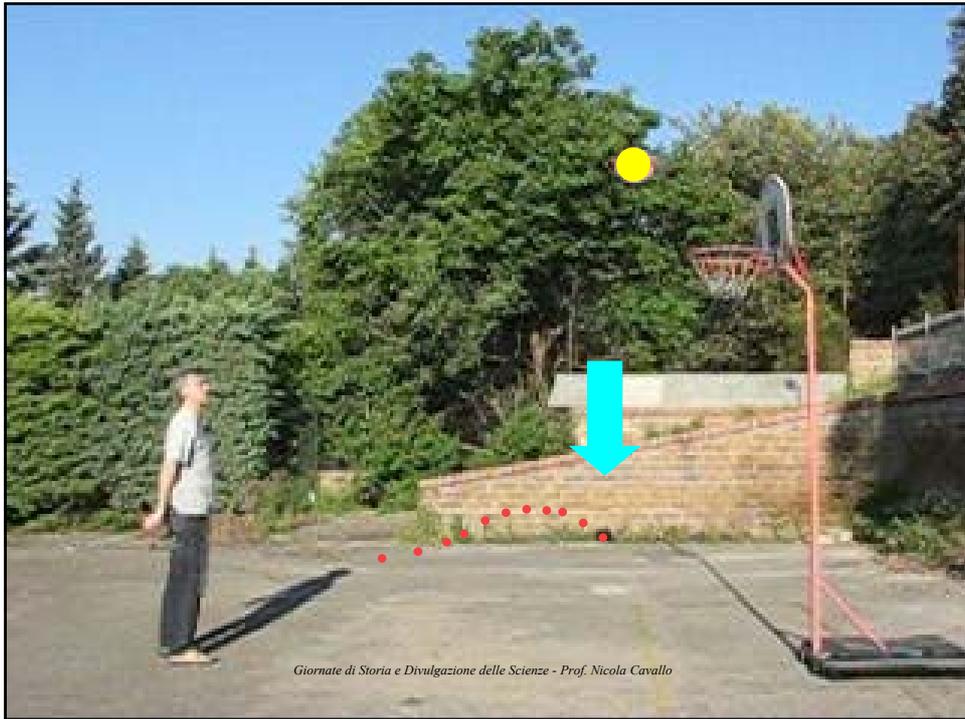
*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



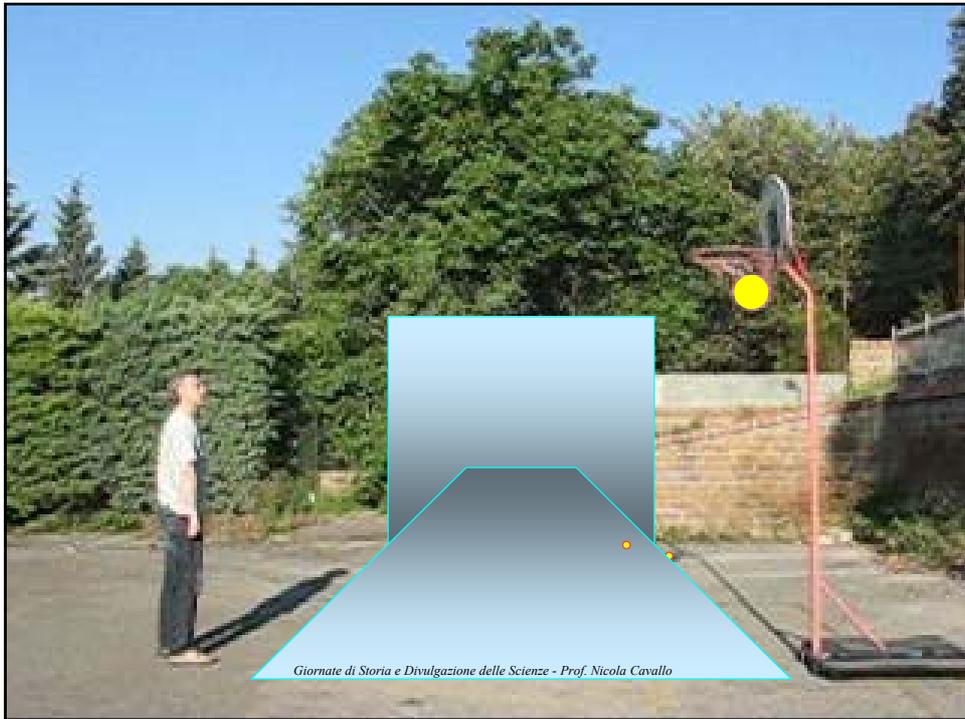
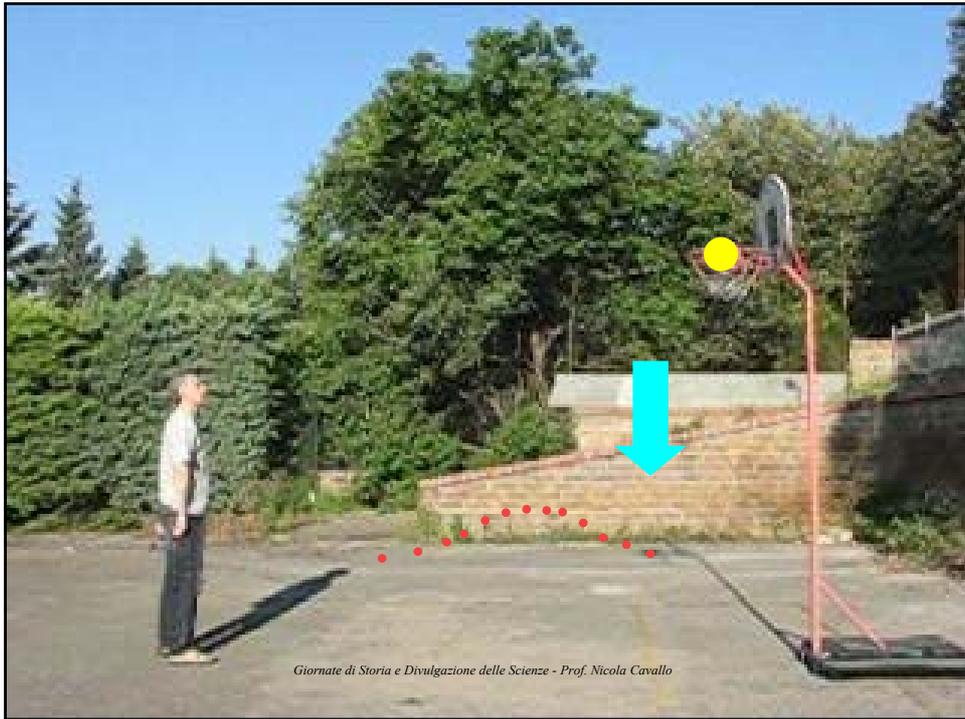
*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



## Non sempre i calcoli sono giusti ...



Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo

## L'illusione del "volo"

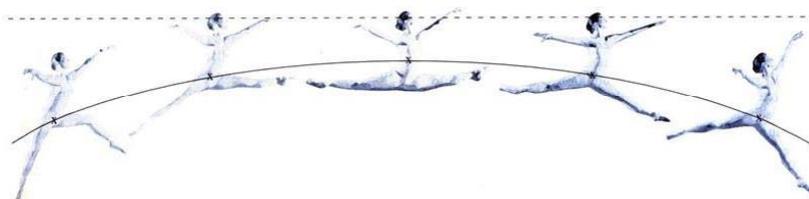


Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo

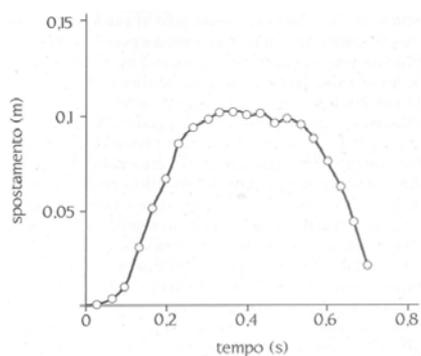
311

## L'illusione del volo

- Quando una ballerina balza sul palcoscenico eseguendo un *grand jeté*, alza le braccia e distende le gambe in orizzontale non appena i suoi piedi hanno lasciato il suolo. Il centro di massa segue fedelmente una traiettoria parabolica, ma il suo spostamento verso l'alto, relativamente al corpo, dovuto all'innalzamento degli arti, diminuisce l'altezza che la testa e il busto avrebbero raggiunto in un salto a corpo rigido. Ne risulta che testa e busto seguono un percorso quasi orizzontale.



## L'illusione del volo







*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cirvallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cirvallo*









*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Covello*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Covello*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*





*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*





*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*







*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*

## La decelerazione



*Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo*

## *Gonfiare il pallone*



Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo

396

## *Pressione*



"Everything looks good. Just watch your air pressure,  
and stay away from sharp objects."



Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo

410

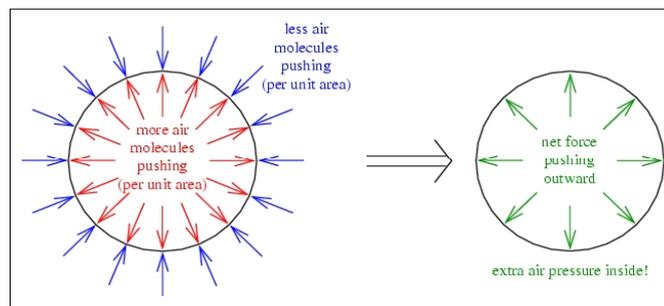
## Dimensioni di varie palle e palloni

Palla	Massa [g]	Diametro [cm]
Calcio	410 - 450	21.6 - 22.3
Golf	>45.93	>4.267
Tennis	56.0 - 59.4	6.541 - 6.858
Pallacanestro	570 - 670	23.8 - 24.8
Baseball	~150	~7.48



## Pressione del pallone

- La pressione del pallone è definita dalle “*Regole del Gioco*” ed è bassa.
  - Il pallone collaserebbe se la pressione interna fosse inferiore a quella atmosferica
  - Inoltre, l’involucro del pallone non è sufficientemente “resistente” per sostenere una pressione interna superiore a 1.1 atmosfera.
- Ciò che conta, comunque, è la “*pressione relativa*” ( $\Delta p$  tra interno ed esterno)



## Effetti della pressione relativa



Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo

416

## Gonfiare = compiere lavoro

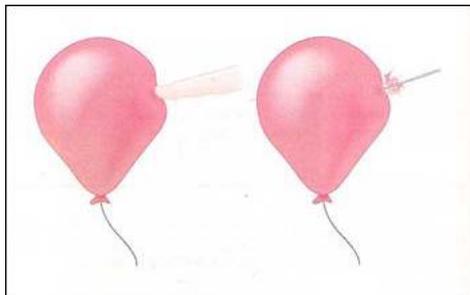


Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo

417

## Rapporto tra *pressione* e *forza*

- La pressione aumenta se aumenta la forza esercitata su una data area o se una data forza viene applicata su un'area minore.



- La differenza sta nel fatto che la stessa forza, applicata a un'area più piccola, causa una pressione abbastanza grande da rompere il pallone.



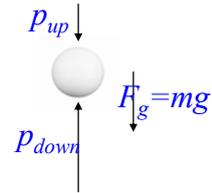
## Stabilità della pallina in un fluido laminare

- La pallina viene sospinta verso l'alto dal getto d'aria dell'asciugacapelli e si notano due effetti:
  - Resta sollevata in equilibrio
  - Se si spinge leggermente verso uno dei lati, ritorna nella posizione centrale



## Stabilità della pallina in un fluido laminare

- Il primo effetto è dovuto al fatto che la pressione esercitata da sotto è maggiore di quelle esercitata dall'alto



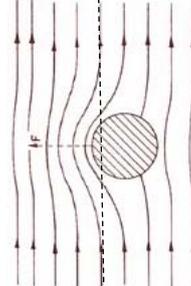
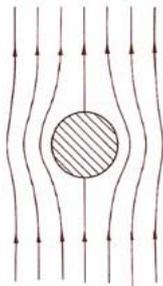
Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo

432

## Stabilità della pallina in un fluido laminare

- La stabilità trasversale è spiegata dall'applicazione del Teorema di Bernoulli (che esprime la conservazione dell'energia meccanica per un fluido ideale in regime laminare)

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

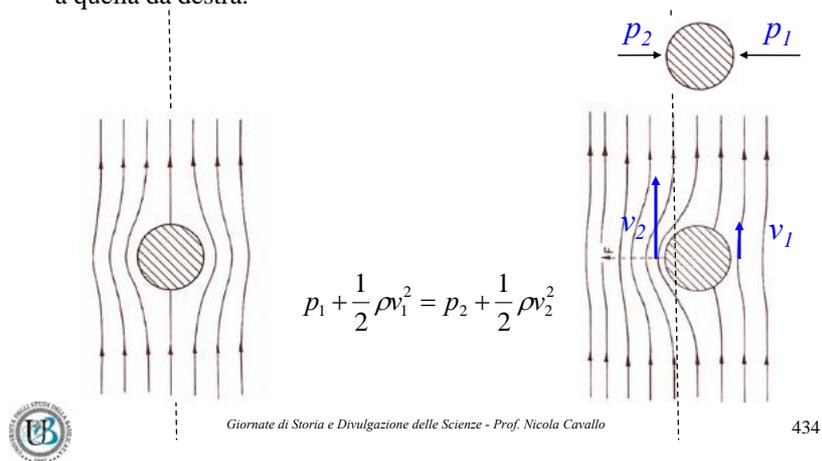


Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo

433

## Stabilità della pallina in un fluido laminare

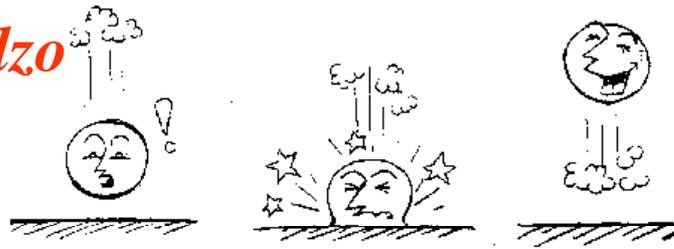
- Se la pallina viene spostata verso destra, ad esempio, la velocità del fluido (aria del Föhn) alla sua sinistra aumenta (essendo più vicino all'asse del Föhn) e, quindi, la pressione da sinistra è inferiore a quella da destra.



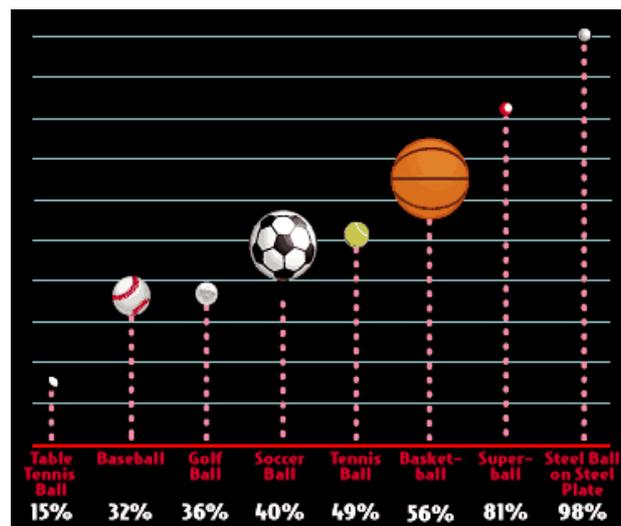
## Stabilità della pallina in un fluido laminare



## Rimbalzo



## Rimbalzi per differenti palline e palloni



## Rimbalzo

- Il meccanismo che sottende al rimbalzo è simile per tutte le palline e palloni sferici.
- Il fenomeno, tuttavia, ha differenti entità.

### *Perchè?*

- La capacità di rimbalzo dipende dall'**elasticità** globale del pallone.



## Elasticità: definizione

- L'elasticità di un oggetto è la tendenza dello stesso a ritornare ad una forma di equilibrio naturale quando nessuna forza esterna è applicata ad esso.
- La forza interna che fa ciò è chiamata "*forza di richiamo*" (*restoring force*) ed è diretta sempre in verso opposto alla deformazione iniziale.

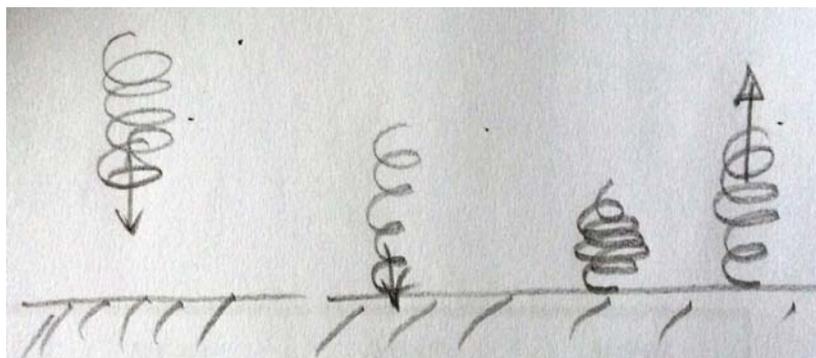


## Elasticità: definizione

- Quasi tutti i corpi reali sono elastici (più o meno a secondo del materiale di cui è costituito).
- Un classico esempio è la “molla”.



## Rimbalzo della molla



## Forza elastica

- Fin qui abbiamo considerato il lavoro compiuto da forze costanti.
- In genere, tuttavia, gran parte delle forze con le quali abbiamo a che fare non sono assolutamente costanti, e possono variare sia nello spazio che nel tempo.

$$\vec{F}(x, y, z, t)$$

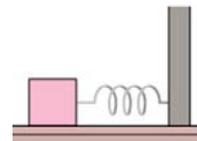
- Ad esempio, la forza esercitata su un corpo materiale da una **molla** dipende dall'entità dell'allungamento o della compressione della molla stessa.



## Energia potenziale elastica

$$\Delta U = -\int_{x_i}^{x_f} F(x) dx = -\int_{x_i}^{x_f} (-kx) dx = k \int_{x_i}^{x_f} x dx = \frac{1}{2} k [x^2]_{x_i}^{x_f}$$

$$\Delta U = U_f - U_i = \frac{1}{2} k (x_f^2 - x_i^2)$$



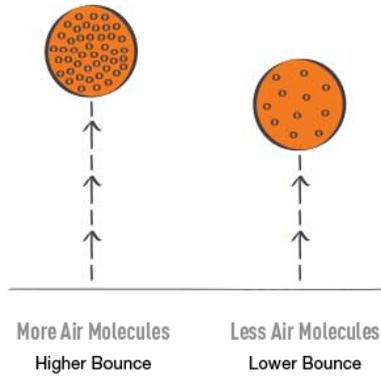
- Scegliendo la posizione  $x_i=0$  come quella nella quale il blocco è fermo (posizione di riposo della molla)

$$U(x) = \frac{1}{2} kx^2$$

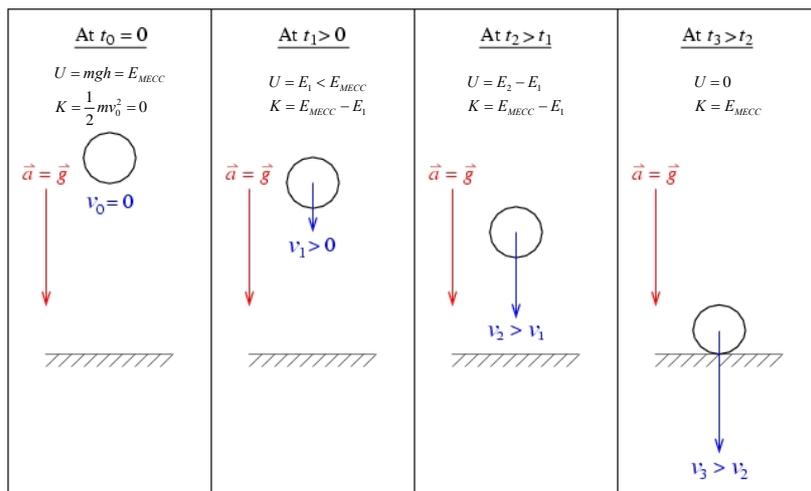
**Energia potenziale elastica**

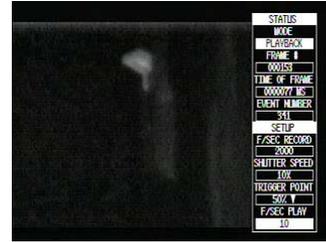


## L'elasticità dipende dalla pressione interna



## Rimbalzo





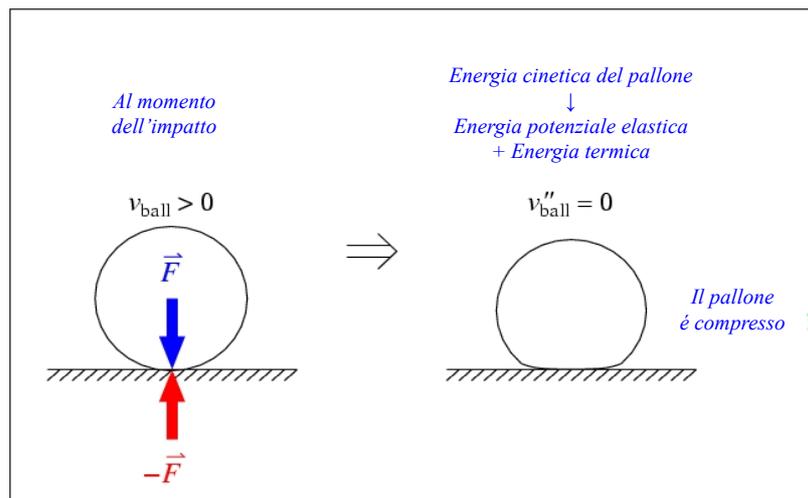
*Pallina da Ping Pong*



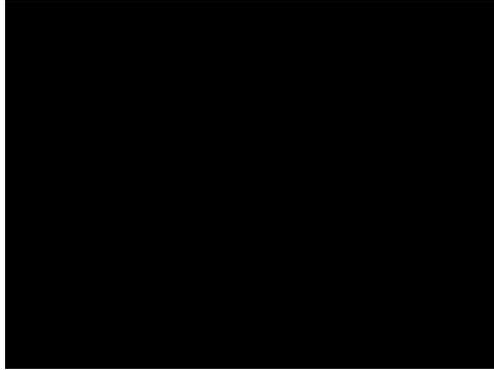
*Pallina da Tennis*



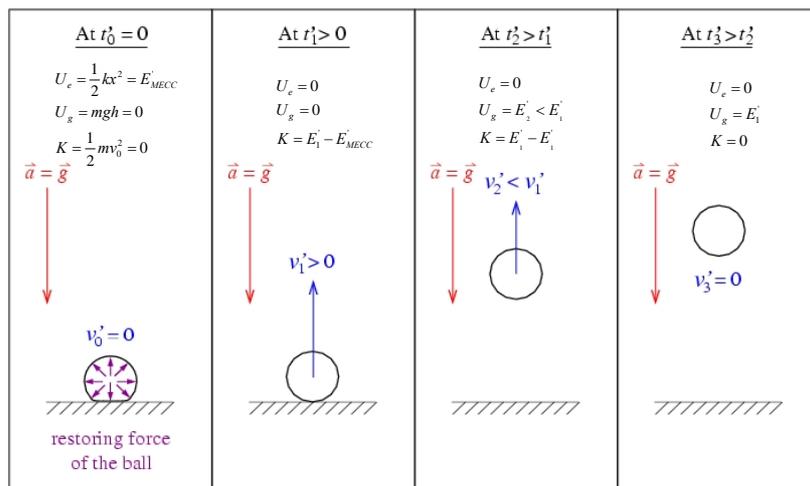
## Rimbalzo



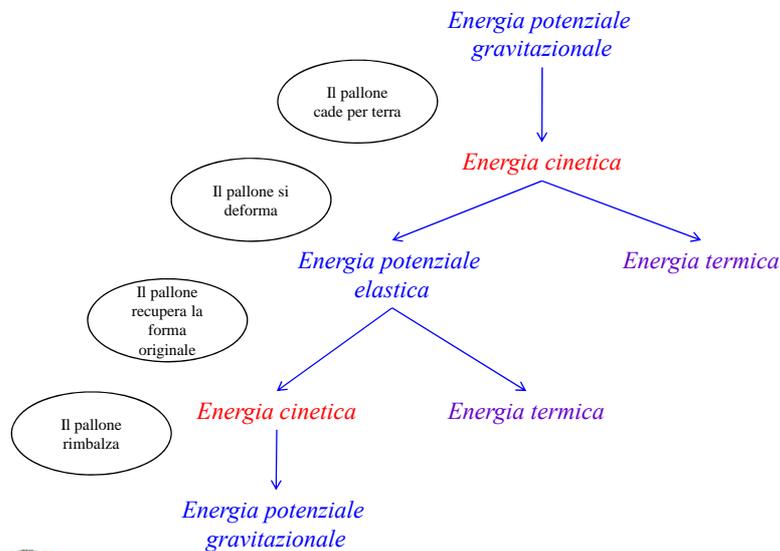
## Rimbalzo di una pallina da Tennis



## Conservazione dell'energia nel rimbalzo



## Variazione di energia durante il rimbalzo



## Coefficiente di restituzione

- L'effetto del rimbalzo è che l'energia cinetica prima dell'urto è superiore a quello dopo l'urto.
- Quindi, l'elasticità può essere misurata (a parità di massa) dal coefficiente di restituzione, così definito:

$$\text{Coeff. di restituzione} = \frac{\text{velocità dopo l'impatto}}{\text{velocità prima dell'impatto}}$$



## Coefficiente di restituzione

Coefficiente approssimato di restituzione per differenti tipi di palline, palle e palloni

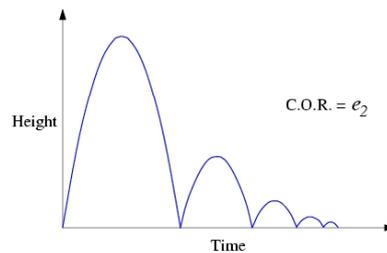
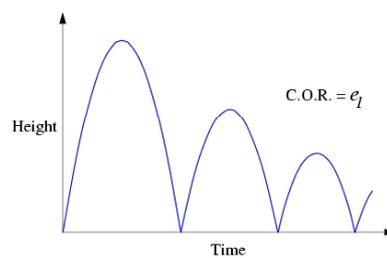
Tipo	coefficiente di restituzione
Superball	0.9
Pallina da Tennis	0.75
Palla da Baseball	0.55
Pallina di schiuma	0.30



## Coefficiente di restituzione

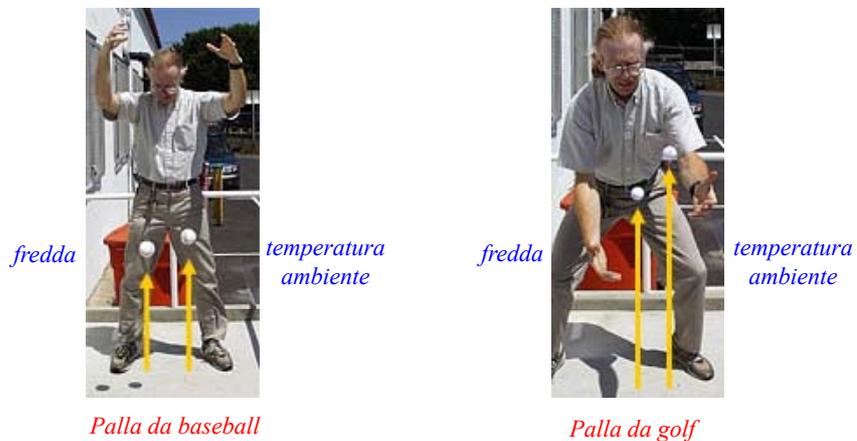
- Il coefficiente di restituzione è anche proporzionale al rapporto tra l'altezza iniziale e l'altezza del rimbalzo

$$\text{Coeff. di restituzione} = \sqrt{\frac{\text{altezza di rimbalzo}}{\text{altezza iniziale}}}$$



## Effetto della Temperatura

Confronto tra palle a bassa temperatura e palle a temperatura ambiente



Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo

480

## Rimbalzo (oscillazioni smorzate)



Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo

487

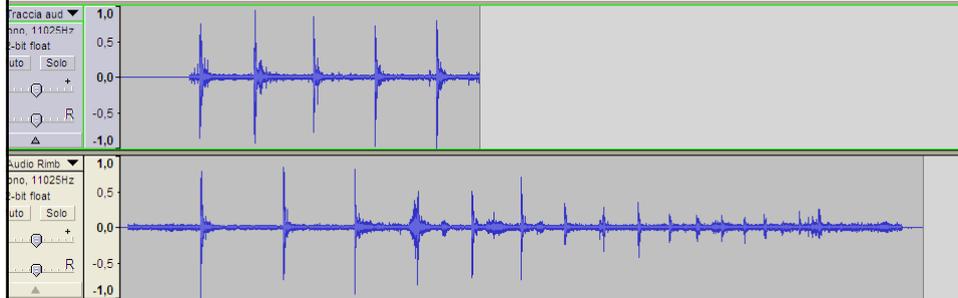
## Rimbalzo (oscillazioni smorzate)



## Palleggio (oscillazioni forzate)



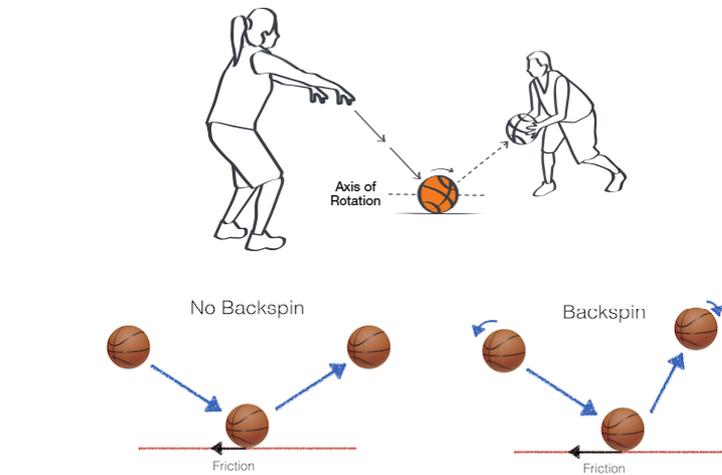
## Palleggio/Rimbalzo



## *Spinning & Friction*



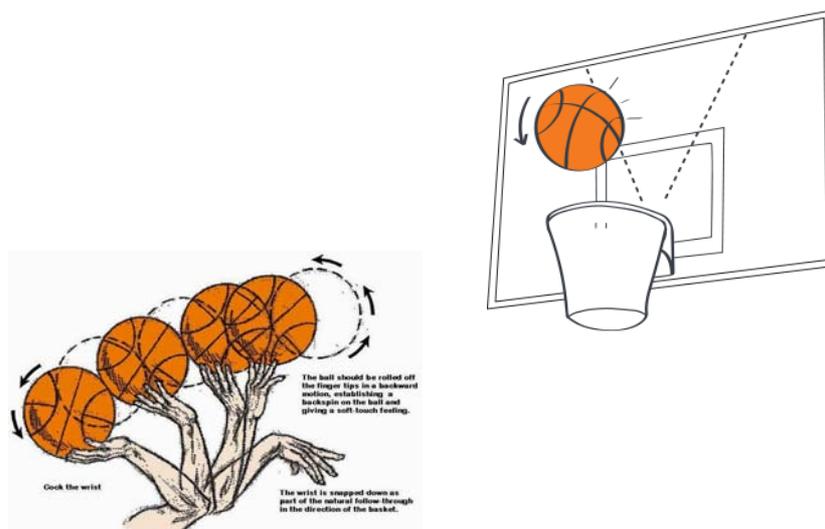
## Backspin (con attrito) a terra



Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo

493

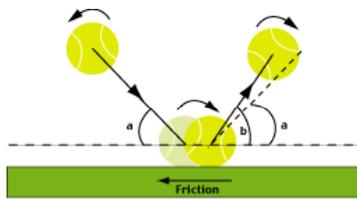
## Backspin (con attrito) sul tabellone



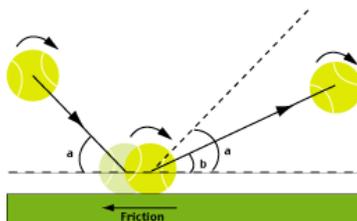
Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo

494

## Backspin (Tennis)



Incident with Back Spin



Incident with Top Spin



## Superficie



## Pallone da Rugby

- La forma è un ellissoide (dovuta storicamente alle vesciche del maiale di cui erano fatti i primi esemplari).
- La forma aiuta il “portarlo” ed il “passarlo” tuttavia rende estremamente difficile (introducendo una forte casualità) predire dove schizza via una volta colpito il terreno erboso



## Pallina da Tennis

- Questo tipo, invece, è appositamente crespo in modo da mantenerne il controllo.
- Il feltro sulla superficie produce una forza di trascinamento tale che la pallina non rimbalza casualmente quando colpisce la racchetta.
- Il feltro *impedisce* alla pallina di
  - *volare nell'aria troppo rapidamente,*
  - *rimbalzare troppo in alto,*
  - *raggiungere velocità troppo elevate per i giocatori.*



## Pallina da Golf

- Le fossette riducono la forza di trascinamento per una ragione differente:
  - Esse inducono una turbolenza dell'aria nello strato prossimo alla superficie della pallina riducendo i mulinelli (questi sono i veri trascinatori).



## Pallina da Baseball

- La cucitura influenza il trascinamento e può essere sollevata, arrotolata o piatta.
- L'altezza della cucitura determina:
  - come la pallina “*afferra*” l'aria,
  - come il ricevitore afferra la pallina stessa (in particolare se questa ruota per l'effetto impartito da lanciatore).



## Pallone da Basket

- Il pallone da basket è pressurizzato (come il pallone da Rugby) ma è sferico.
- Anch'esso ha delle fossette ma (*a differenza di quelle della pallina da Golf il cui scopo è aumentare la distanza raggiungibile*) servono a facilitarne la “presa” con le mani.



Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo

523

## Pallone da Pallanuoto

- Il pallone da Pallanuoto è, anch'esso, pressurizzato (come il pallone da Rugby) ma è sferico.
- Il materiale della superficie serve, a parte la tenuta nell'acqua, ad assicurare la “presa” con una sola mano, nonostante le dimensioni.



Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo

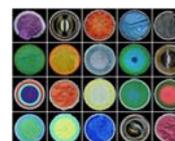
524

## Interno

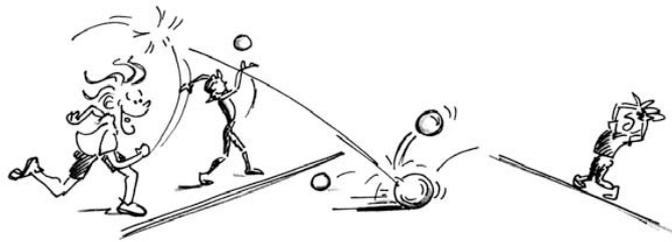


## Cosa c'è all'interno

- All'interno del pallone da Rugby, Basket e Calcio l'aria è pressurizzata in una camera d'aria (vescica originariamente).
- All'interno della pallina da Tennis l'aria è pressurizzata ma senza camera d'aria (infatti viene venduta in una lattina pressurizzata) e dopo un po' non può essere più usata.
- All'interno della pallina da Baseball c'è un nucleo di sughero ricoperto di gomma ricoperta di filo.
- All'interno di una pallina di Golf ci sono sostanze e materiali estremamente diversi a secondo del costruttore.



## Lancio e Presa

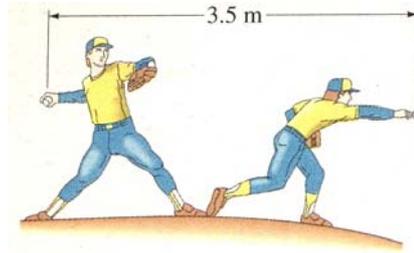


## Lancio e presa della palla



## Lancio della palla

- Un lanciatore lancia una palla con una velocità di 44 m/s (158.4 km/h). Qual è l'accelerazione media della palla durante il movimento di lancio?



$$v^2 = v_0^2 + \frac{1}{2}a(x - x_0)$$
$$a = \frac{v^2 - v_0^2}{2x} = \frac{(44 \text{ m/s})^2 - (0 \text{ m/s})^2}{3.5 \text{ m}} = 280 \text{ m/s}^2$$



## Velocità palline nei vari sport

• Golf	Jack Zuback (Canada)	328 km/h	91 m/s
• Jai Alai	José Ramón Areitio (Spagna)	302 km/h	84 m/s
• Tennis	Ivo Karlovic (Croazia)	251 km/h	70 m/s
• Baseball	Joel Zumaya (Stati Uniti)	168 km/h	47 m/s
• Football	Francisco Javier Galán (Spagna)	129 km/h	36 m/s
• Softball	Zara Mee (Australia)	111 km/h	31 m/s



## Moto in volo del pallone

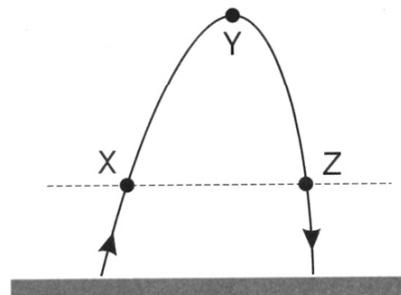


Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo

545

## Volo di un pallone da calcio senza spin

- Il pallone incontra la resistenza dell'aria che modifica la sua traiettoria



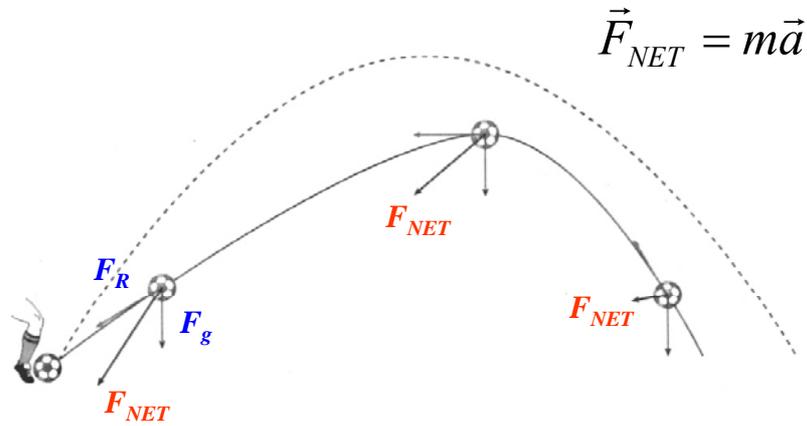
- Esempio
- Angolo  $45^\circ$ , velocità iniziale 35 m/s
  - gittata di 66 m in aria,
  - gittata di 125 m nel vuoto.



Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo

547

## Volo di un pallone da calcio senza spin

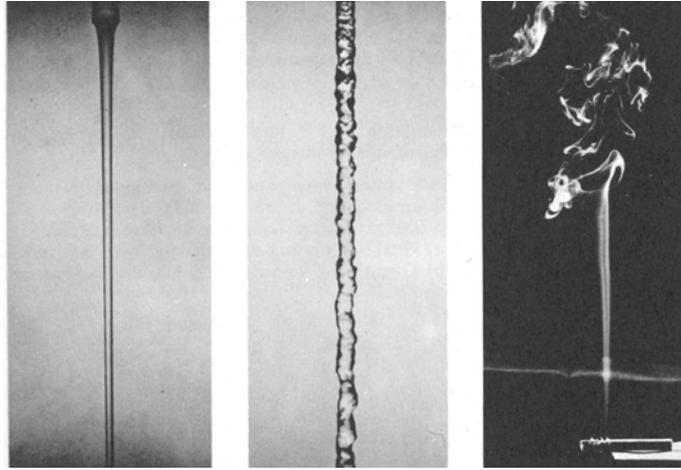


## Invertiamo il sistema di riferimento

- Sistema di riferimento con pallone fermo
- Si hanno 2 tipi di flussi d'aria:
  - **Flusso laminare** (la viscosità del fluido domina mantenendolo liscio, regolare ed ordinato)
  - **Flusso turbolento** (l'inerzia domina, sfilacciandolo in mulinelli vorticosi)
- Ciò dipende dalla forma dell'ostacolo e dalla velocità relativa.



## Fluidi ideali in moto



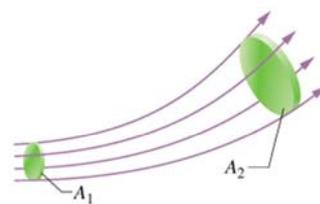
Flusso laminare

Flusso turbolento dell'acqua

Flusso prima laminare e poi turbolento del fumo della sigaretta

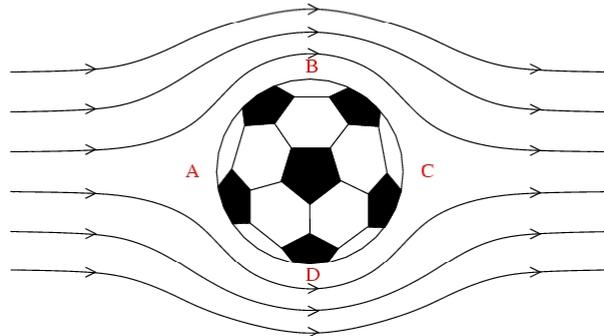


## Tubo di flusso



## Moto laminare a bassa velocità

Poiché il flusso è laminare l'aria (linee di flusso) si separa in A e si ricombina in C come un'onda liscia e priva di turbolenze



## Moto laminare a bassa velocità

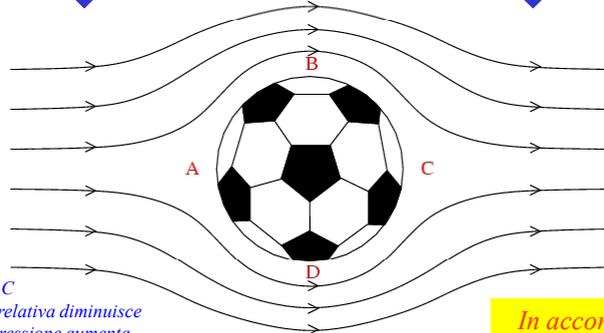
velocità minore  
pressione maggiore



velocità maggiore  
pressione minore



velocità minore  
pressione maggiore



Nelle zone A e C

- la velocità relativa diminuisce
- mentre la pressione aumenta.

Nelle zone D e B

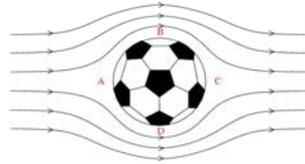
- la velocità relativa aumenta
- mentre la pressione diminuisce.

In accordo con il  
teorema di Bernoulli



## Moto laminare a bassa velocità

- Sebbene ci siano variazioni in  $v$  e  $p$ , le linee di flusso sono simmetriche.



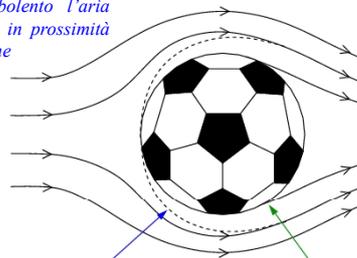
- Inoltre, le forze esercitate dalla pressioni (in testa ed in coda) si bilanciano e non agisce alcuna forza risultante ( $F_{NET}=0$ ).
- L'unica forza che agisce, quindi, è la forza di resistenza del mezzo dovuta allo scorrimento dell'aria viscosa sulla superficie del pallone.



## Moto turbolento ad alta velocità

- Con l'aumento della velocità la pressione attorno al pallone non è più distribuita simmetricamente.
- Le forze dovute alla pressione non si bilanciano più ed il pallone "sente" una forza all'indietro.

Poiché il flusso è turbolento l'aria (linee di flusso) rallenta in prossimità della superficie del pallone

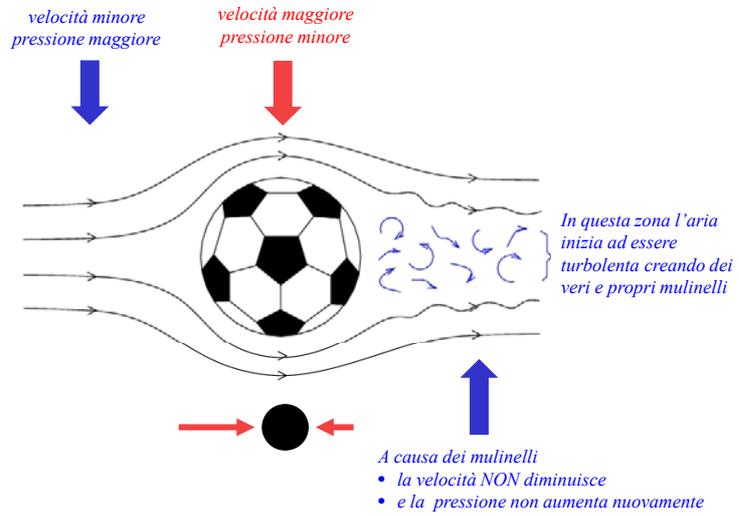


La linea tratteggiata separa l'esterno (dove l'aria fluisce liberamente) e quella interna dove rallenta

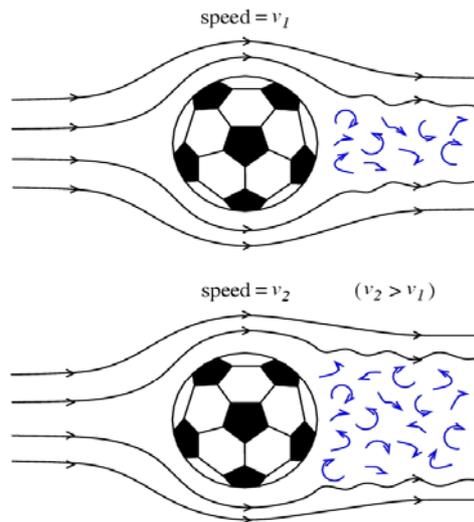
Separation point



## Moto turbolento ad alta velocità

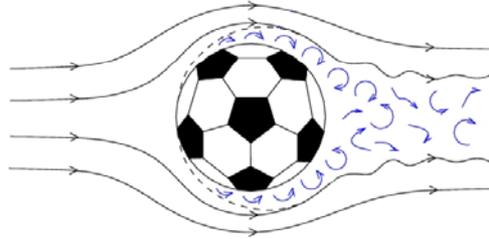


## Moto turbolento ad alta velocità



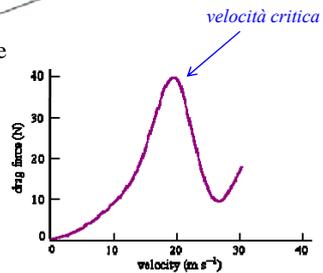
## Moto turbolento a velocità > di quella critica

- Per velocità ancora maggiori, la turbolenza può ridurre la resistenza dell'aria



- Fattori influenzanti la formazione di turbolenze

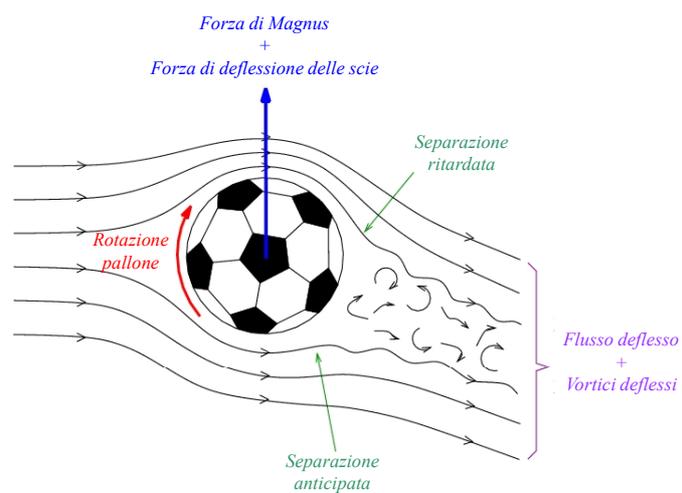
- cuciture 
- lanuggine 
- fossette 



Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo

561

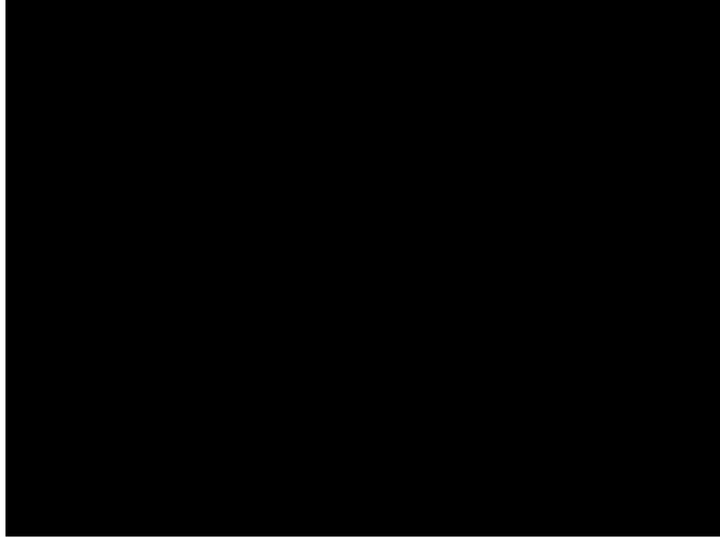
## Moto roto-traslazionale: Effetto Magnus



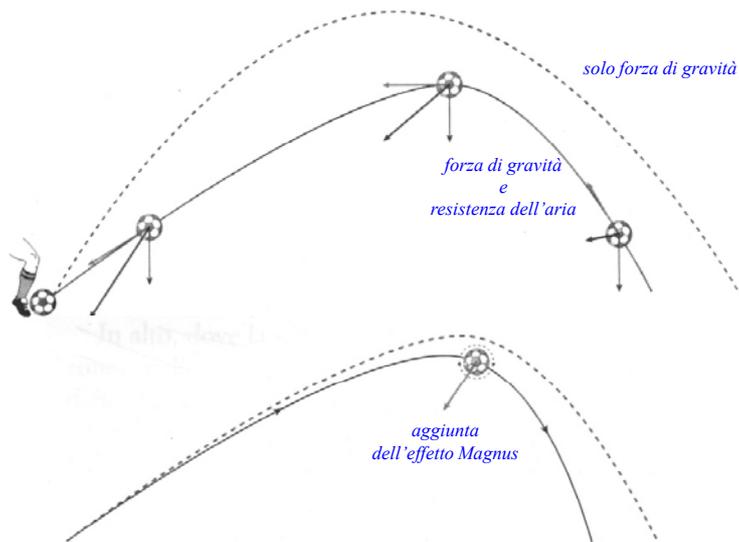
Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo

563

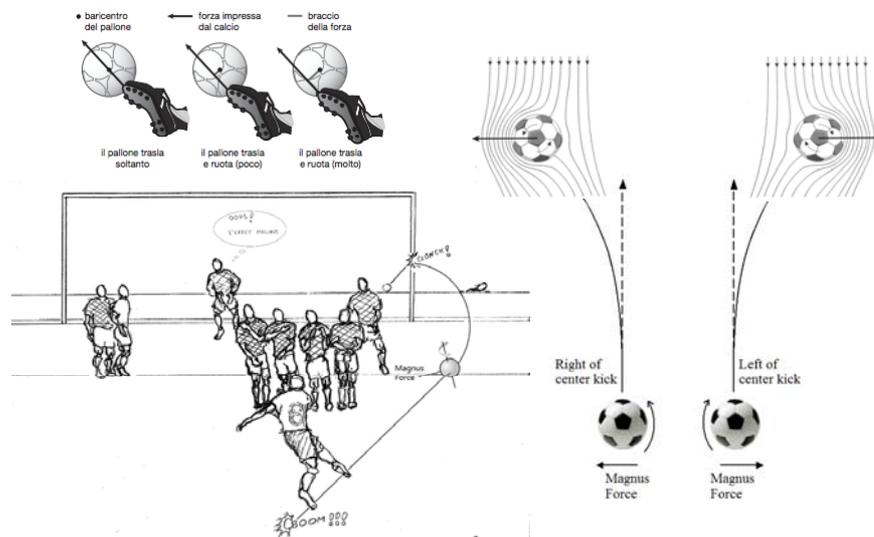
## Effetto Magnus su pallina da Tennis



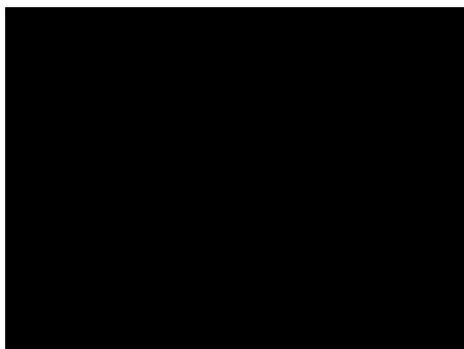
## Concomitanza degli effetti verticali



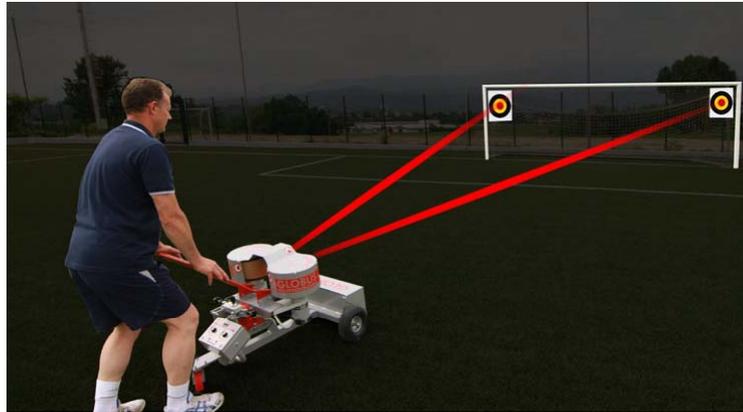
## Moto roto-traslazionale: Effetto Magnus



## Tiro ad effetto di Pirlo (simulazione)



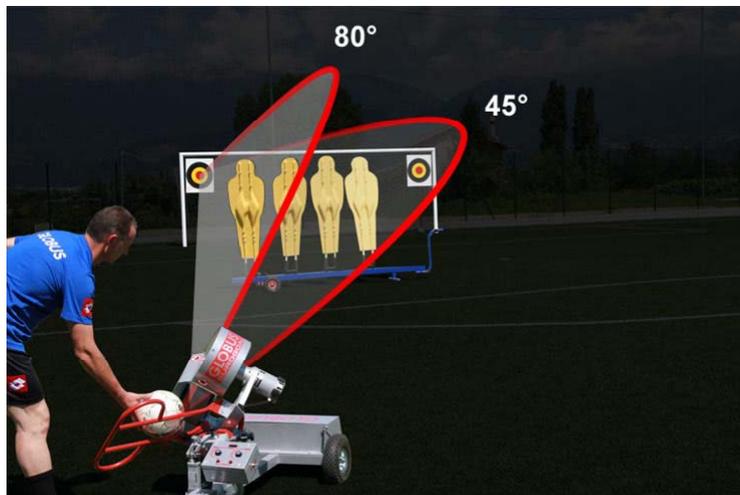
## Moto roto-traslazionale: Effetto Magnus



## Moto roto-traslazionale: Effetto Magnus



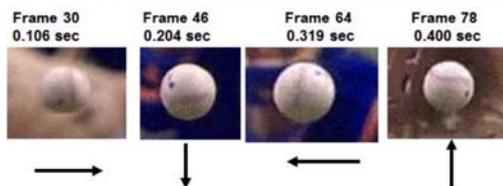
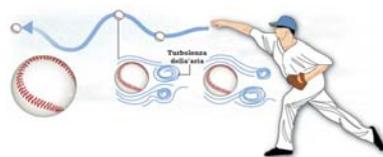
## Moto roto-traslazionale: Effetto Magnus



Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo

571

## R. A. Dickey e la Knuckleball



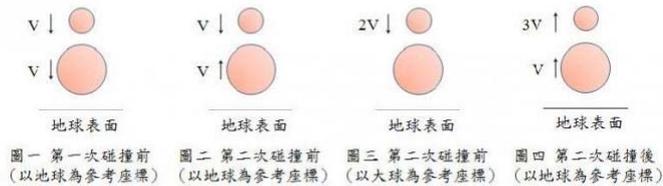
Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo

572

## Riferimento bibliografico



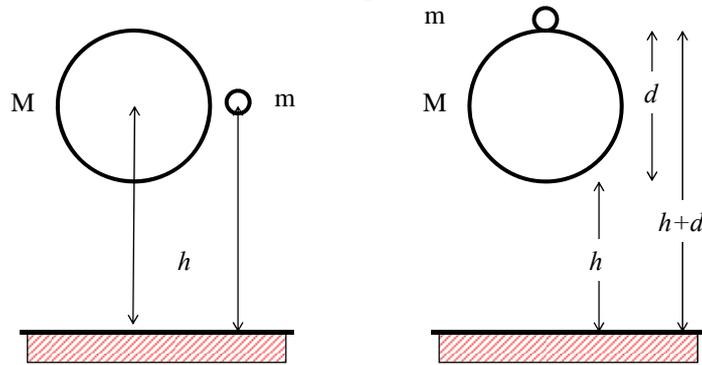
## *Possiamo credere alla Fisica ed alla Matematica?*



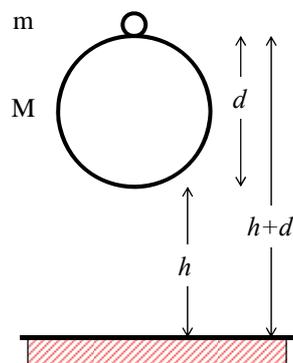
## Trasformazione dell'energia

$$K = \frac{1}{2}mv^2$$

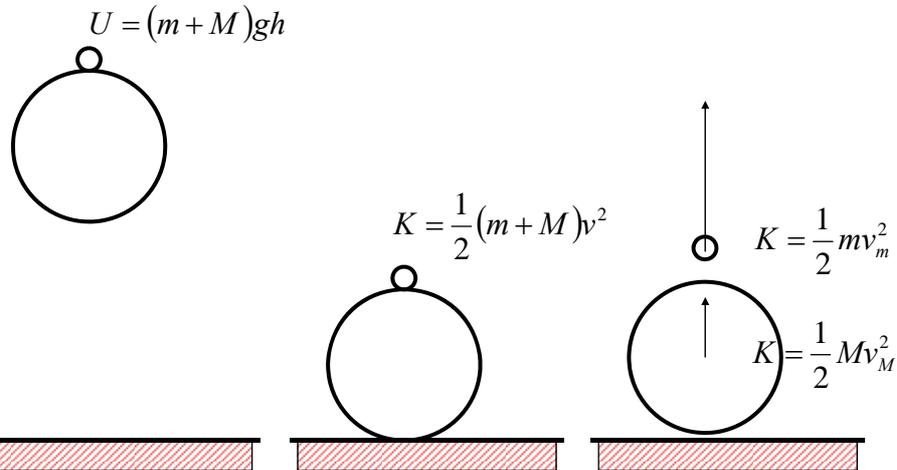
$$U = mgh$$



## Fisica e Matematica dicono la "verità" ?



## Trasformazione dell'energia



## Fisica e Matematica dicono la "verità" ?

- Ipotesi:
  - trascuriamo la viscosità dell'aria
  - le sfere sono leggermente separate ( $l \ll d, h$ ),
    - i.e. i rimbalzi avvengono con un piccolo ritardo temporale tra essi,
    - ciò aiuta nella soluzione ma risulterà essere irrilevante,
    - L'urto è perfettamente elastico (*ipotesi necessaria per semplificare il calcolo ma che non influenza il risultato*).
- Caduta
  - Un istante prima che la sfera grande (pallone da basket) tocchi terra, entrambe hanno la stessa velocità (*sarà vero?*)



## Fisica e Matematica dicono la “verità” ?

- Un istante prima di toccar terra la sfera grande  $M$  (pallone da basket) e quella piccola  $m$  (pallina da tennis) hanno velocità:

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgh \longrightarrow v_{prima} = \sqrt{2gh}$$

$$\frac{1}{2}Mv^2 = Mgh \longrightarrow v_{prima} = \sqrt{2gh}$$

- La sfera grande  $M$  “rimbalza” (*urto elastico*) ed assume la stessa velocità (con direzione verso l’alto)

$$v_{dopo} = \sqrt{2gh}$$



## Fisica e Matematica dicono la “verità” ?

- Le velocità nell’urto tra le due sfere sarà, perciò,  $2v$
- Dopo l’urto, la velocità relativa sarà ancora  $2v$ .
- Poiché la velocità del pallone da basket (nell’ipotesi  $M \gg m$ ) sarà ancora  $v$  (verso l’alto) la pallina rimbalzerà ad una velocità  $2v + v = 3v$
- Per la conservazione dell’energia

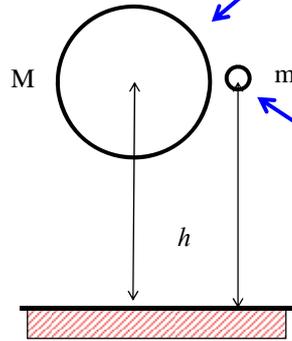
$$\frac{1}{2}m(3v)^2 = mgH \longrightarrow H = d + \frac{(3v)^2}{2g} \xrightarrow{v=\sqrt{2gh}} H = d + 9h$$



## Caduta singola (nella realtà)

$$K = \frac{1}{2}mv^2$$

$$U = mgh$$



$$U_i = mgh_0 = 580 [g] \times 9.8 \left[ \frac{m}{s^2} \right] \times 1.7 [m] = 9.66 \text{ Joule}$$

$$U_r = mgh_1 = 580 [g] \times 9.8 \left[ \frac{m}{s^2} \right] \times 1.4 [m] = 7.96 \text{ Joule}$$

$$U_{persa} = U_i - U_r = 1.71 \text{ Joule}$$

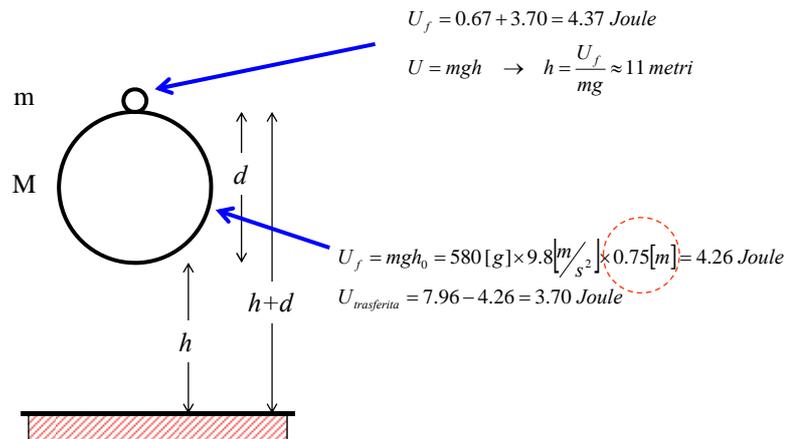
$$U_i = mgh_0 = 40 [g] \times 9.8 \left[ \frac{m}{s^2} \right] \times 1.7 [m] = 0.67 \text{ Joule}$$

$$U_r = mgh_1 = 40 [g] \times 9.8 \left[ \frac{m}{s^2} \right] \times 1.4 [m] = 0.55 \text{ Joule}$$

$$U_{persa} = U_i - U_r = 0.12 \text{ Joule}$$



## Fisica e Matematica dicono la "verità" ?



$$U_f = 0.67 + 3.70 = 4.37 \text{ Joule}$$

$$U = mgh \rightarrow h = \frac{U_f}{mg} \approx 11 \text{ metri}$$

$$U_f = mgh_0 = 580 [g] \times 9.8 \left[ \frac{m}{s^2} \right] \times 0.75 [m] = 4.26 \text{ Joule}$$

$$U_{trasferita} = 7.96 - 4.26 = 3.70 \text{ Joule}$$



## La sperimentazione...

- Poiché, a volte, noi siamo portati a **NON CREDERE** alla FISICA ed alla MATEMATICA, perché ci suggeriscono cose che si sembrano “*assurde*”, non ci resta che ... provare!!!
- **Infatti**
  - Siamo “ricercatori”
  - Non necessariamente siamo...”trovatori”
  - Ma poiché siamo “sperimentatori”, ci proviamo...



## Movies...



## Occhio agli errori dei film...



- Provate a prendere un uovo....al volo



Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo



Giornate di Storia e Divulgazione delle Scienze - Prof. Nicola Cavallo

618