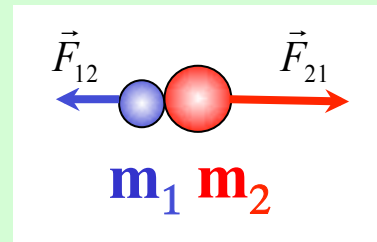


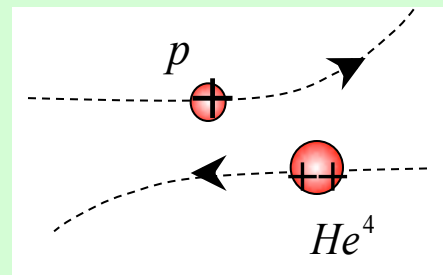
Urti

urto: evento *isolato* nel quale una *forza* relativamente *intensa* agisce per un *tempo* relativamente *breve* su due o più corpi in contatto tra loro
[approssimazione impulsiva: trascurare forze esterne]

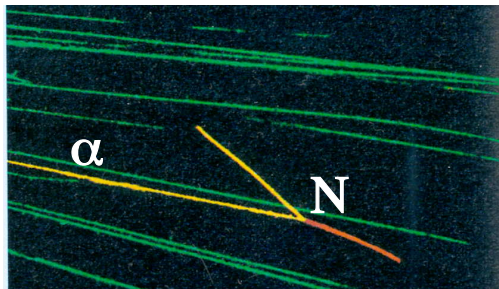
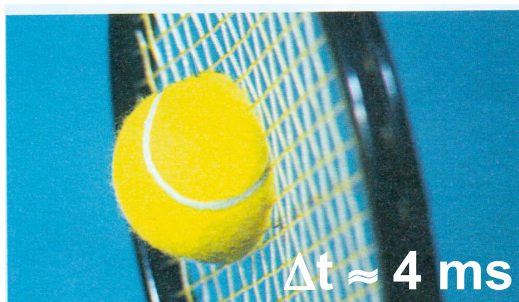
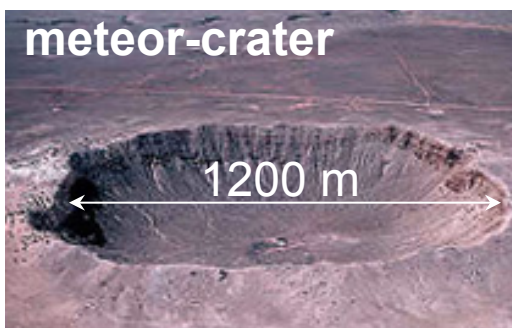
× risultato di un **contatto fisico**



× risultato di una **interazione** tra particelle

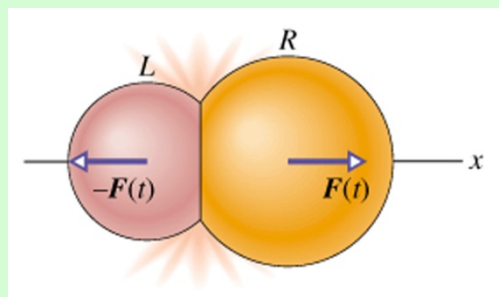


Urti su scale diverse



Quantità di Moto negli Urti

*per ogni tipo di urto
la quantità di moto totale si conserva*



L esercita su R forza $F(t)$

R esercita su L forza $-F(t)$

$F(t)$ e $-F(t)$ sono
coppia di forze **azione** e **reazione**:

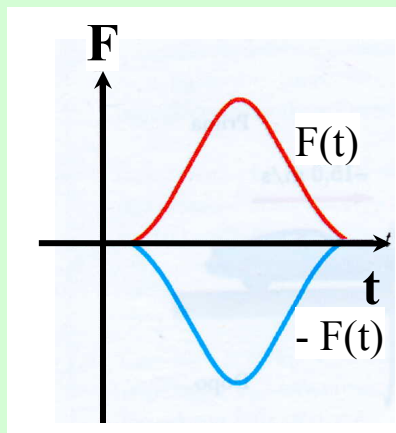
- ✗ intensità **varia** nel tempo
- ✗ intensità è **uguale** istante per istante

$$\Delta p_R = \int_{t_i}^{t_f} F(t) dt$$

$$\Delta p_L = \int_{t_i}^{t_f} (-F(t)) dt$$

$$\Delta p_R = -\Delta p_L$$

$$\Delta p_R + \Delta p_L = 0$$



$$\vec{p} = \vec{p}_R + \vec{p}_L = \text{costante}$$



le **forze impulsive** sono **interne** al sistema,
quindi **NON influenzano** la quantità di moto totale

Energia negli Urti

*l' energia cinetica **NON** si conserva sempre negli urti*

posso avere **conversione** in

- × energia termica
- × energia acustica
- × energia potenziale elastica (deformazione dei corpi)
- × energia rotazionale

urto **elastico**:

energia cinetica totale

non cambia

[es. urto fra bocce]

$$(K_{tot})_i = (K_{tot})_f$$

urto **anelastico**:

energia cinetica totale

non si conserva

[es. urto palla di gomma su pavimento]

$$(K_{tot})_i = (K_{tot})_f + E_{th} + E_{pot} + \dots$$

urto **perfettamente anelastico**:

massima trasformazione

energia cinetica totale,

→ i due corpi rimangono uniti

[es. urto palla di plastilina su pavimento]

$$(K_{tot})_f \neq (K_{tot})_i$$

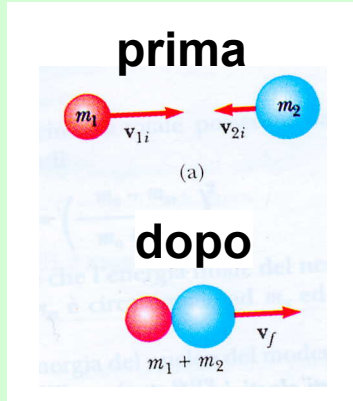
$$m_f = m_{i,1} + m_{i,2}$$

in tutti i casi la **quantità di moto** si conserva sempre

http://ww2.unime.it/weblab/ita/wf2/urti/urti_ita.htm

Urti in UNA dimensione

urto perfettamente anelastico [conservo solo quantità di moto]



le particelle dopo l'urto rimangono **unite** con velocità v_f

$$\vec{p}_i = \vec{p}_f$$

$$m_1 \vec{v}_{1i} + m_2 \vec{v}_{2i} = (m_1 + m_2) \vec{v}_f$$

$$\vec{v}_f = \frac{m_1 \vec{v}_{1i} + m_2 \vec{v}_{2i}}{(m_1 + m_2)}$$

esempio: pendolo balistico

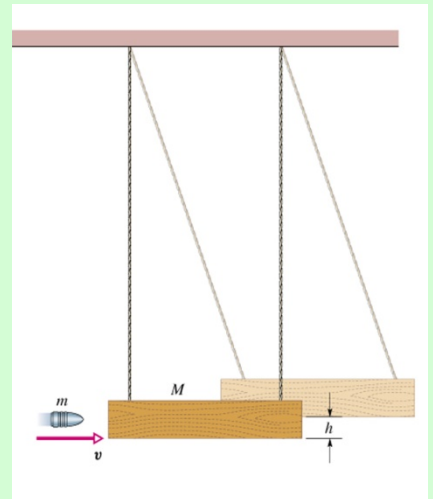
dispositivo per determinare
velocità dei proiettili

$$V = \frac{m}{(m + M)} v \quad \text{conservazione quantità di moto}$$

$$\frac{1}{2} (m + M) V^2 = (m + M) gh \quad \text{conservazione energia meccanica}$$

$$v = \frac{m + M}{m} \sqrt{2gh}$$

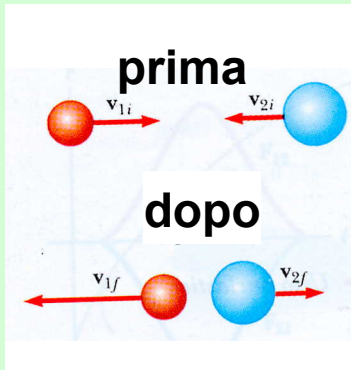
$$v = 630 \text{ m/s} \quad m = 9.5 \text{ g} \quad M = 5.4 \text{ kg} \\ h = 6.3 \text{ cm}$$



➔ trasformo **alta velocità** proiettile
in **bassa velocità** corpo pesante
[di facile misurazione]

urto elastico

[conservo quantità di moto ed energia cinetica]



$$\vec{p}_i = \vec{p}_f$$

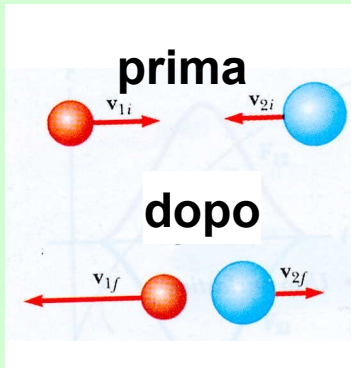
$$m_1 \vec{v}_{1i} + m_2 \vec{v}_{2i} = m_1 \vec{v}_{1f} + m_2 \vec{v}_{2f} \quad (1)$$

$$(K_{tot})_i = (K_{tot})_f$$

$$\frac{1}{2} m_1 v_{1i}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{2i}^2 = \frac{1}{2} m_1 v_{1f}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{2f}^2$$

urto elastico

[conservo quantità di moto ed energia cinetica]



$$\vec{p}_i = \vec{p}_f$$
$$m_1 \vec{v}_{1i} + m_2 \vec{v}_{2i} = m_1 \vec{v}_{1f} + m_2 \vec{v}_{2f} \quad (1)$$

$$(K_{tot})_i = (K_{tot})_f$$
$$\frac{1}{2} m_1 v_{1i}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{2i}^2 = \frac{1}{2} m_1 v_{1f}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{2f}^2$$

bersaglio mobile $v_{2i} \neq 0$

$$\vec{p}_i = \vec{p}_f \Rightarrow m_1(v_{1i} - v_{1f}) = -m_2(v_{2i} - v_{2f}) \quad \leftarrow$$

$$(K_{tot})_i = (K_{tot})_f \Rightarrow m_1(v_{1i}^2 - v_{1f}^2) = -m_2(v_{2i}^2 - v_{2f}^2)$$

$$m_1(v_{1i} + v_{1f})(v_{1i} - v_{1f}) = -m_2(v_{2i} + v_{2f})(v_{2i} - v_{2f}) \quad \leftarrow$$

divido le due precedenti equazioni e sostituisco ...

$$(v_{1i} + v_{1f}) = (v_{2i} + v_{2f})$$

(2) $(v_{1i} - v_{2i}) = -(v_{1f} - v_{2f})$ velocità **relative** uguali ed opposte prima e dopo l'urto

N.B. note:

m_1, m_2

v_{1i}, v_{2i}

conservazione p (1)

+

velocità relative (2)



$$v_{1f} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_{1i} + \frac{2m_2}{m_1 + m_2} v_{2i}$$
$$v_{2f} = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_{1i} + \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} v_{2i}$$

bersaglio fisso

$$v_{2i} = 0$$

$$\vec{p}_i = \vec{p}_f \Rightarrow m_1(v_{1i} - v_{1f}) = m_2 v_{2f}$$

$$(K_{tot})_i = (K_{tot})_f \Rightarrow m_1(v_{1i} + v_{1f})(v_{1i} - v_{1f}) = m_2 v_{2f}^2$$

divido le due precedenti equazioni e sostituisco ...

$$v_{1f} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_{1i}$$

$$v_{2f} = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_{1i}$$

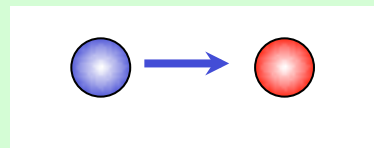
✗ masse **uguali** [$m_1 = m_2$]

$$v_{1f} = 0$$

scambio di velocità

$$v_{2f} = v_{1i}$$

[es. urto fra bocce/palle da biliardo]



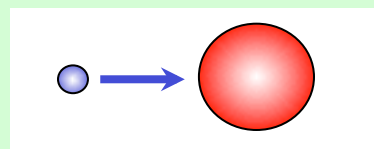
✗ **bersaglio** massiccio [$m_2 \gg m_1$]

$$v_{1f} = -v_{1i}$$

$$v_{2f} = \left(\frac{2m_1}{m_2} \right) v_{1i}$$

proiettile rimbalza indietro

[es. urto palla golf su palla cannone
palla da baseball su mazza]

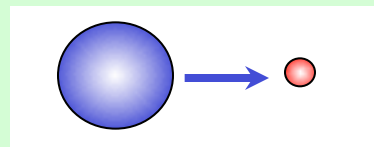


✗ **proiettile** massiccio [$m_1 \gg m_2$]

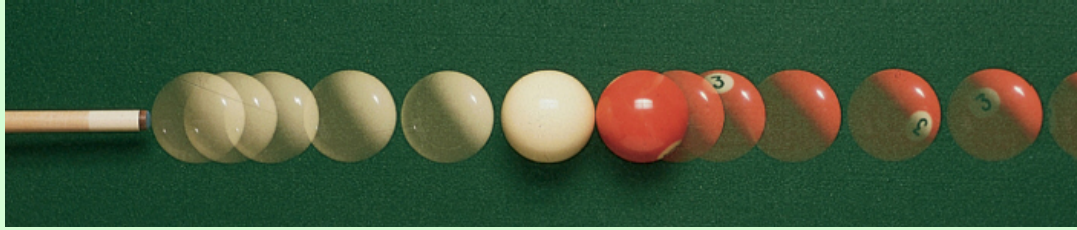
$$v_{1f} = v_{1i}$$

$$v_{2f} = 2v_{1i}$$

proiettile indisturbato, **bersaglio** scatta in avanti
[es. urto palla cannone su palla golf]



esempi: urto elastico

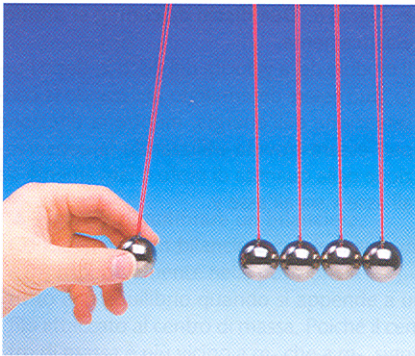


urto fra **palle** di biliardo **uguali**:

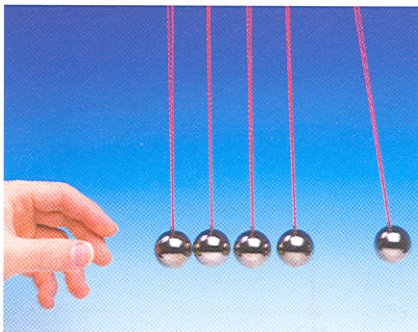
$$v_{1f} = 0$$

$$v_{2f} = v_{1i}$$

pendolo multiplo: palline di uguale massa



rapida **successione**
di urti elastici:



ad ogni urto una palla si ferma e
palla successiva si muove
con stessa velocità

esercizi urti in una dimensione

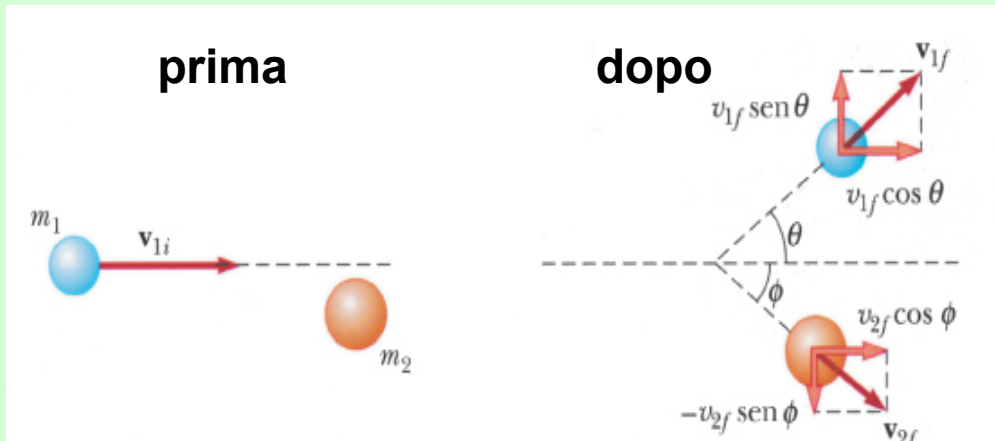
Urti in DUE dimensioni

urto **non frontale**

(corpi **non** allineati
nella direzione del moto)



dopo urto i corpi
non si muovono
sullo stesso asse



conservazione **quantità di moto**:

$$\vec{p}_i = \vec{p}_f$$

$$m_1 \vec{v}_{1i} + m_2 \vec{v}_{2i} = m_1 \vec{v}_{1f} + m_2 \vec{v}_{2f}$$

per **componenti**:

$$m_1 v_{1ix} + m_2 v_{2ix} = m_1 v_{1fx} + m_2 v_{2fx}$$

$$m_1 v_{1iy} + m_2 v_{2iy} = m_1 v_{1fy} + m_2 v_{2fy}$$



$$m_1 v_{1ix} + 0 = m_1 v_{1f} \cos \theta + m_2 v_{2f} \cos \phi$$

$$0 + 0 = m_1 v_{1f} \sin \theta - m_2 v_{2f} \sin \phi$$

conservazione **energia cinetica**
[per **urti elastici solamente!!!**]

$$\frac{1}{2} m_1 v_{1i}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{2i}^2 = \frac{1}{2} m_1 v_{1f}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{2f}^2$$

esercizi urti in due dimensioni