

I Principi della Dinamica

Dinamica: influenza delle interazioni nel moto dei corpi

Leggi e principi di Newtoni

Interazioni: contatto - sforzo - attrazione etc

a distanza - gravi - elettromagnetismo etc

→ **FORZA** → sforzi

→ deformazione. 2^o e. misura dinamometro

F: velozità

Un corpo fermo resta in equilibrio se $\sum F = 0$

Interazioni - contatto - veicoli etc

Primo principio della dinamica: (P. di inerzia)

In assenza di forze, un corpo o è fermo o ha $v = \text{cost}$.

→ definisce un particolare sistema di ref. - inerziale
i.e. stile fiume o rispetto alla Terra

Secondo principio $F = ma$

Teorema dell'impulso e del momento angolare

Interazioni - principio di Azione e Reazione -

(Terzo principio della dinamica)

Meccanica: modalità con cui i corpi si muovono

→ fonte di potenza per previsioni - date le condizioni iniziali

Leggi e principi (valutati molto generale) - nascono da

una intuizione o da un sviluppo di un schema logico e
razionale ma sono valide solo se formulano da fonte
delle previsioni verificabili rispetto alla Natura

Problema di definire intuizioni semplici - intuizioni
tra vari interi e con l'ambiente

Aria, sole, stelle luminose, terra etc

PUREZ

Corpi - interazioni - dinamica

Oggetto della Meccanica

1. Leggi del moto di un corpo soggetto a forze interne
2. Derivazioni delle leggi che regolano le interazioni
fra i corpi attraverso i loro mutui -

Concetto fondamentale di forza - sforzo - spinta etc

Spostamenti ma anche deformazioni - rigidezze.

Osservazioni preliminari dei quistions

1. Le forze si presentano in coppia - due corpi interagendo esercitano forze l'uno sull'altro
2. E' naturale che F abbiano interazioni direzione e verso
e quindi \rightarrow vettore
3. Le F. producono mutazioni dello stato di moto
4. Le F. producono deformazioni
5. Le F. si formano congiuntamente e definiscono l'equilibrio
di un corpo soggetto a tutte le interazioni

Forze di coibetazione

Forze a distanza \rightarrow forze

Vivoli va fermato -

In sintesi: le F. modificano lo stato di moto dei corpi.
e/o li deformano

Oltre ai criteri principali della Dinamica è lo studio degli effetti delle forze nel moto dei corpi.

Sono poi per la loro massima operatività attivata la deformazione.

Esempio di forza:

| | |
|------------------------------|---------------------------------|
| Terra Sole | $3.5 \times 10^{22} N$ |
| Terra Luna | $2.0 \times 10^{20} N$ |
| Razzo Saturno 5 | $3.3 \times 10^7 N$ |
| Locomotiva | 10^5 |
| Premi auto | 10^4 |
| Motore auto | 7×10^3 |
| Peso uomo | 7×10^2 |
| Mela | 1 [$100g = 0.1kg \times 9.8$] |
| Forte el. elettrico - elett. | 8×10^{-8} |
| Forte gravit. " " | 5×10^{-46} |

$$N = kg \cdot m/s^2$$

$$F = \frac{m}{[m]} \frac{a}{[L]} [t^{-2}]$$

- N.B.: • Le forze e.m. sono esse forze e negative
l'urto è assorbimento neutrino

- Le forze queste sono deboli ma solo > 0 .

L'urto non è neutrino

- I nostri corpi e in genere la materia sono tenuti assieme da forze e.m.

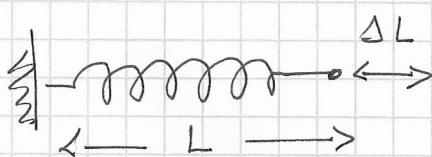
- Le quantità di urto in grande scala.

Definizione operativa delle Forze

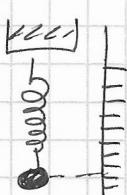
Effetti sbarco - deformazioni - molti elementi

proprietà elastica.

Trazione o compressione.



diametra



Misura operativa

$$F \propto (\text{deformazione})^2$$

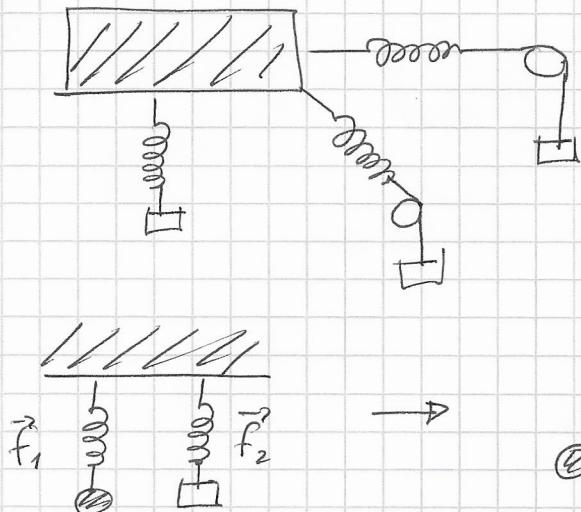
Ma anche se non forse la deformazione si può tenere un diametra

* L'effetto direzionale fa pensare ad un vettore

ma questi è confermato solo dall'operazione di somma

Analisi del camminare vettoriale

Fili e carni che permettono una ~~scorrere~~ della cintura della disegno senza cambiare il modulo.

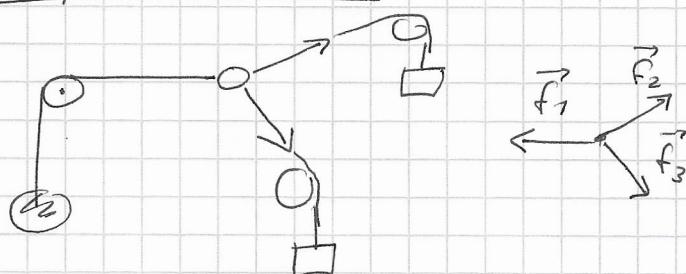


F stemma modulo

(a) il manometro è soggetto a due forze uguali e opposte e si trovi equilibrio

(b) il manometro segue il valore dell'incremento della forza che apre
un circoscrivendo i suoi estremi.

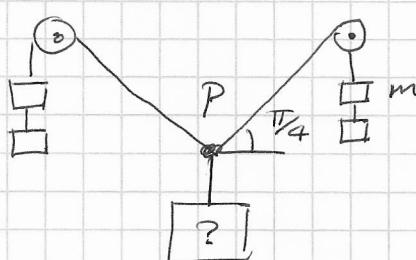
Composizione delle forze



Azioni di più forze: sovrapposizione → le F si sommano come vettori

Quando un corpo è in equilibrio la somma vettoriale di tutte le forze agenti è nulla.

Esempio



Sul punto P agiscono 3 forze

Equilibrio: forza verticale risultante = 0

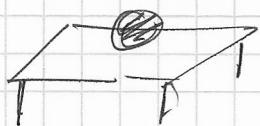
$$2 \sin\left(\frac{\pi}{4}\right) = \sqrt{2} \text{ m}$$

$$\rightarrow M = 2\sqrt{2} \text{ m}$$

Reazione nucleare

Peso - agisce in modo attivo

In altra cosa le forze limitano il moto - resistenza



Forza \vec{R} opposta alla forza peso -

Se g varia (Luna) anche R sarebbe diverso

Reazione: esercita una forza di natura e contraria

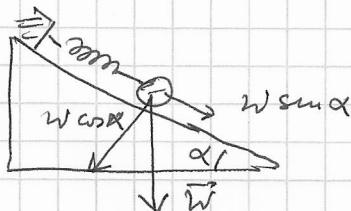
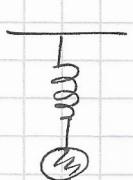
→ Interazione di contatto tra piano e corpo

Vincolo - reazione nucleare

Può avere componenti sia perpendicolari che tangenziali alla superficie di contatto

Vincolo liscio - solo \perp (approssimazione non usata)

Vincolo scabro - attutto -



La reazione nucleare del piano equivale alla componente \perp del peso -

Introduzione ai principi della Dinamica

Motivazioni: non \exists differenze sostanziali tra i diversi sistemi di riferimento -

Per la dinamica la struttura è molto diversa

Che ne significa di sistema di riferimento in cui le leggi fondamentali sono semplici e hanno la stessa forma

(?) E' lo spazio che gira intorno al Sole -

* Grotto del mondo. Anthonius → ogni moto richiede una causa cioè una forza (visione dominata dall'attrito)

[Astrazione aristotelica]

Sistemi di riferimenti inerti - solo qui essi si ponono
esprimere i tre principi della dinamica di Newton che prendono spunto
dal principio di inerzia di Galileo

Questi principi definiscono anche alcune caratteristiche fondamentali
delle forze - In riferimento al punto materiale e in forma canonica

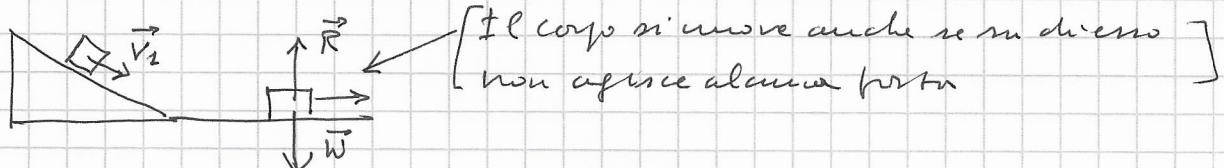
1. Un punto materiale non soggetto a forze (o a forze che si equilibrano) mantiene una velocità costante (o nulla)
2. L'accelerazione è \propto al risultante delle forze
3. Se un corpo esercita una forza \vec{F} su un corpo B questo a sua volta esercita una forza $-\vec{F}$ su A - con la stessa retta di azione -

Primo Principio della Dinamica

Osservazioni sperimentali -

Se un punto è in quiete $\sum \vec{f}_i = 0$ - Condizione necessaria

Ma non chiama la natura del punto in movimento

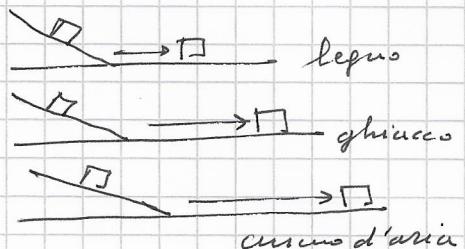


Aristotele : stato naturale = quiete ; perché un corpo in quiete
è necessario che agisca una forza -

In effetti l'esperimento quotidiano è molto in questa direzione
i.e. automobile, treno, aereo, corsa, bicicletta. etc.

Galileo : limiti di questa descrizione - forza di attrito.

Importanza dei lubrificanti - diminuzione (e eliminazione) dell'attrito



Es. Limiti dell'attrito

Estremo il limite di
attrito nullo si ha una velocità
che supera l'attrito, il corpo si
muoverebbe di moto rettilineo
e uniforme - (Galileo)

Il vettore velocità si mantiene
costante -

Generalizzazioni di Newton.

Inerzia = tendenza di un corpo a non cambiare velocità

Princípio di Inerzia -

Lo stato naturale di un corpo è il moto rettilineo uniforme (incluso $V=0$)

La forza di Aristotele è per bilanciare l'altro non per una caratteristica fondamentale del moto -

Sistemi di riferimenti inerti

Un principio tipo quello di inerzia è che non fai nulla su ogni riferimento -

Come abbiamo visto per la rotazione lo stesso moto è

rettilineo per un osservatore curvo per un altro

Anche nella linea esperimenti sperimentati mostrano che il moto ha una certa curvatura - Pendolo di Foucault

Il sistema di ref. Terra non soddisfa perfettamente il principio di inerzia

E' esiste almeno un sistema di riferimento veramente inerziale ??

Per verificare se un sistema è veramente inerziale bisogna misurare un corpo libero e studiare il moto

* Se il corpo libero (non soggetto a forze) si muove con $V = \text{cost}$ allora il sistema di ref. è inerziale

Buona approssimazione: Sole e stelle fisse -

Ma anche le cosiddette stelle fisse sono galassie e si muovono oltre all'espansione dell'universo

(?) Rispetto ad un sistema inerziale l'universo a lunga scala deve essere omogeneo e isotropo -

Ma anche la rotazione del pianeta è anisotropa. Ma questo permette di definire un sistema in cui la rotazione del pianeta è isotropa. Rispetto al Sole $V = 371 \text{ km/sec}$ e $a \approx 10^{-10} \text{ m/sec}^2$ determinata dal moto del Sole rispetto alla galassia

Ai fini pratici un ref. conveniente alle stelle fisse può essere considerato inerziale -

- * Una volta definito un riferimento inerziale, si possono definire i punti - tutti quelli che hanno un moto rettilineo e uniforme rispetto a S_0

Un osservatore in S' vede il punto muoversi così

$$\vec{v}' = \vec{v}_n - \vec{v}$$

↑ ↑ ↗
 vel. n. vel. in S_0 Vel. di traslazione

anche \vec{v}' è quindi costante

se voglie fenomeni - esperimenti all'interno

Princípio principale della Dinamica

Esesta almeno un sistema di riferimento (inerziale) rispetto al quale ogni punto materiale libero ha vel. costante

→ concetto limite ideale ottenuto con una serie di approssimazioni successive

o.e. Terra è un pianeta $a \approx 3.4 \times 10^{-2} \text{ m/s}^2$

In sostanza (Galileo e Newton) non sono le forze a generare movimento - un corpo libero si muove a $v = \text{cost.}$

Stato naturale / Anstallo → quiete

→ Galileo e Newton → moto uniforme.

17/03/2016

Secondo principio della Dinamica

Forza → cambiamento del moto - variazione vel. → accelerazione

Esempi per definire la relazione funzionale tra forza e accell.

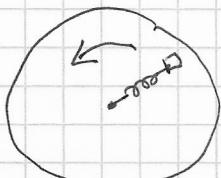


I corpi si muovono con una accel.

$\propto F$ e parallela alla forza

Fissa $\vec{a} \parallel \vec{v}$ ma le forze agiscono anche se $\vec{a} \neq \vec{v}$

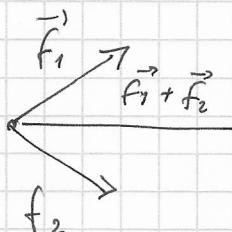
non sono allineate



Anche nella rotazione la forza è \propto alla velocità

$$F \propto w^2 R$$

Dalle osservazioni $\vec{f} \propto \vec{a}$



Nel caso di più forze (fatti)

$$\vec{a} = \vec{a}_1 + \vec{a}_2$$

Principio di sovrapposizione

$$\vec{a} \propto \sum \vec{f}_i$$

La costante di proporzionalità tra \vec{f} ed \vec{a} viene definita
massa inertiile

$$\boxed{\sum_i \vec{f}_i(t) = m \vec{a}(t)}$$

Secondo Principio della Dinamica

$$\text{subito } a \leq 3.4 \times 10^{-2} \text{ m/s}^2$$

In un sistema di riferimento inertiale l'accelerazione di un corpo è uguale alla azione di forza - Tra forze risultanti e accel. sommiamo la relazione $\vec{f}(t) = m \vec{a}(t)$.

Di linea di principio questo relazione permette di conoscere e prevedere ogni dettaglio del moto di una particella se si conoscono le forze e le condizioni iniziali.

Questione del determinismo - Laplace ————— Mecc. Quant. ————— Causa causa

* Punto con massa inertiile m soggetto ad una forza f_h costante
Equazioni del moto

$$\vec{f} = m \vec{a} = \vec{f}_h = m \vec{a}$$

m ed f_h non cambiano nel tempo \rightarrow anche $\vec{a} = \text{cost.}$

Scegliamo f_h // anc x

$$\left\{ \begin{array}{l} f_h = m \ddot{x} \\ 0 = m \ddot{y} \\ 0 = m \ddot{z} \end{array} \right\} \quad \left\{ \begin{array}{l} \ddot{x} = \frac{f_h}{m} = \text{cost} \\ \emptyset \\ \emptyset \end{array} \right\}$$

Le soluzioni di queste eq. diff. costituiscono le eq. parametriche del moto della particella. Per $\Delta t = t - t_0$

$$\begin{cases} X(t) = X_0 + v_{0x} \Delta t + \frac{f_x}{2m} (\Delta t)^2 \\ Y(t) = Y_0 + v_{0y} \Delta t \\ Z(t) = Z_0 + v_{0z} \Delta t \end{cases}$$

Moto uniformemente accelerato lungo x

Moto rettilineo con vel. uniforme lungo y e z -

Massa Inertiale

è definita da $\vec{F} = m\vec{a}$ cioè dinamica

Grandezza scalare caratteristica di ogni corpo

Non dipende dalla forma ma dalla "quantità di materia".

Misura di come il punto materiale tenda a conservare la propria velocità (inertiale).

Cerchiamo forza al punto materiale (oltre che solo geometrico)

Misura di m_i → componenti delle accelerazioni con un corpo

conoscendo

$$\frac{m_x}{m_c} = \frac{a_x}{a_c}$$

Le masse inertielle sono additive

$$m_1 = f/a_1 ; m_2 = f/a_2$$

$$M = m_1 + m_2 = f/a \rightarrow \text{risulta } M = m_1 + m_2$$

La massa dei corpi è indipendente dal moto

(Meccanica Newtoniana, in relatività è diverso)

Misura statiche - Due corpi con la stessa m_i hanno anche la stessa m_g i.e. bilancia $\vec{F} = m_g \vec{g}$

Relazione tra forze massa di un corpo

Corpi che hanno la stessa massa (m_i o m_g) costano nel moto con la stessa accelerazione

Questa accelerazione g è chiamata a cao. di gravità
Utilizzando il II° principio il peso di un corpo è

$$\vec{W} = m \vec{g}$$

$$f_g = g \cdot M_g \quad f_g = m_i a$$

$$a = g \cdot \frac{M_g}{m_i} = g \quad (!) \rightarrow \boxed{M_g = m_i}$$

$\left\{ \begin{array}{l} M_g \text{ è definita da una } \underline{\text{forza statica}} \\ m_i \text{ è definita da una } \underline{\text{accelerazione dinamica}} \end{array} \right.$

Il fatto che $M_g = m_i$ ha un significato profondo che verrà (in parte) chiarito dalla Relatività Generale - Comunque c'è un dubbio di fatto ormai riconosciuto rispetto alla precedente accennatazza delle misure -

Al contrario della massa (proprietà intrinseca) il peso dipende da g e quindi da dove si fa la misura
g. I. equatore e polo ~~$W_p > W_e$~~ $W_p > W_e$ perché la terra è schiacciata (e pesa)

La massa è una delle grandezze fondamentali

dinamica [M] unità kg in SI

La forza è una grandezza derivata

$$[f] = [M L T^{-2}]$$

L'unità di massa è il Newton $N = kg \cdot m/s^2$

Una forza di 1N agendo su un corpo di massa 1kg gli impone l'accelerazione di $1m/s^2$ -

Misure di massa sulla Luna dovrebbero gli stessi risultati

Non così il peso -

Sulla Terra

$$M = 70 \text{ Kg} \rightarrow \text{peso } 70 \times 9.8 = 686 \text{ N} = \frac{70 \text{ Kgf}}{\text{m}}$$

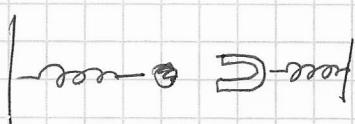
Sulla Luna sarebbe solo 12 Kgf

Kilogrammo peso
misura di forza in
inugualità

Peso di un campione
di massa soggetto a g.

Principio di Azione e Reazione

Esempi: mano metallica e magnete



ferro e rame elettrico
s'ideformano

Tutte le volte che un corpo è soggetto ad una forza da parte di un altro corpo, anche questo è soggetto ad una forza per il fmo.

Le forze agiscono a coppie

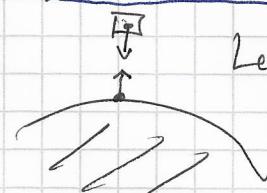
Principio di Azione e Reazione - Terzo Principio della dinamica

Newton: proprietà instancabile delle interazioni

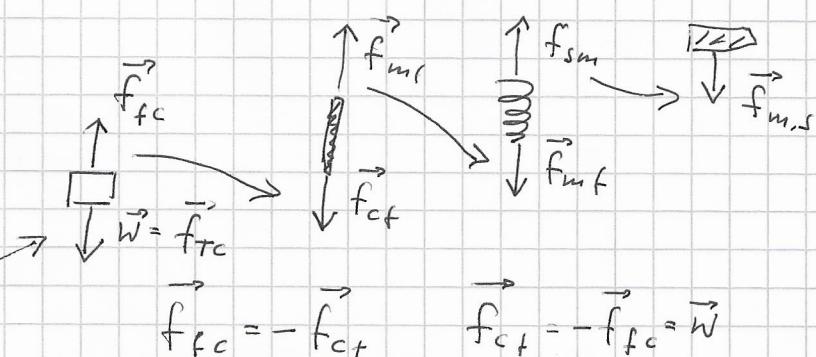
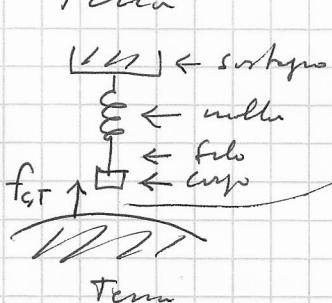
Principio di azione a distanza - Proibitione

Ovvero la meccanica classica

"Azione e Reazione" più complessa - Le due forze si applicano a corpi diversi



Le due forze non agiscono mai insieme (stanno fuori)



Quantità di moto ed Impulso

Formulazione moderna dei principi della dinamica

Nuova grandezza: Quantità di Moto \rightarrow ~~Impulso~~

$$\boxed{\vec{q} = m\vec{v}}$$

Primo principio riformulato

\exists almeno un sistema di ref. (riferibile) rispetto al quale
ogni punto materiale libero ha quantità di moto costante
Se invece agiscono delle forze

$$\frac{d\vec{q}}{dt} = \frac{d}{dt}(m\vec{v}) = m\vec{a} + \underbrace{\frac{dm}{dt}\vec{v}}_{\text{in caso di variazione di massa}}$$

i.e. la massa della terra ~~assiste~~ ^{in caso di variazione di massa} non costante
aumenta ogni anno di 10^7 kg

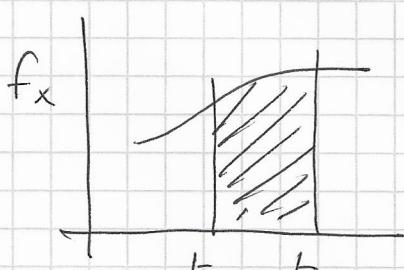
$$\boxed{\vec{f} = \frac{d\vec{q}}{dt}} \quad \text{è la generalizzazione del secondo principio della dinamica}$$

In un sistema riferibile, ogni volta che un corpo cambia
la propria quantità di moto \exists una forza responsabile

Impulso di una forza \vec{f} nell'intervallo di tempo (t_1, t_2)

$$\vec{J} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{f} dt \quad (\text{vettore})$$

$$\vec{J} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{f} dt = \vec{f}_x \int_{t_1}^{t_2} dt + \vec{f}_y \int_{t_1}^{t_2} dt + \vec{f}_z \int_{t_1}^{t_2} dt$$



Se agiscono più forze

$$\vec{J} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{f} dt = \int_{t_1}^{t_2} \sum_i \vec{f}_i dt = \sum_i \vec{J}_i$$

Ma dato che $\vec{f} = \frac{d\vec{q}}{dt}$

$$\vec{f} dt = d\vec{q}$$

e quindi:

$$\vec{J} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{f}(t) dt \int_{t_1}^{t_2} d\vec{q} = \vec{q}_2 - \vec{q}_1 = 1 \vec{q}$$

In questo \uparrow \uparrow
vettore q.d.m.

* Teorema della quantità di moto dell'Impulso

Esempio

Pallina da gomma $m = 50 \text{ g}$ cade a terra da $z_0 = 1 \text{ m}$.

Rimbalza con vel. uguale ed opposta

Calcolare l'impulso che ha agito sulla pallina
nella interazione con il suolo se $\Delta t = 0.01 \text{ s}$

Non conosciamo la forza che il suolo esercita ma dal
teorema della quantità di moto

$$\vec{V}_1 = -v_T \vec{k} \quad , \quad \vec{V}_2 = v_T \vec{k}$$

$$v_T = \sqrt{2 z_0 g} \quad (\text{velocità emessa nella circonferenza})$$

$$\begin{aligned} \vec{J} &= \vec{q}_2 - \vec{q}_1 = m(\vec{V}_2 - \vec{V}_1) = m[v_T \vec{k} - (-v_T \vec{k})] = \\ &= 2m v_T \vec{k} = 0.443 \vec{k} \text{ N.s} \end{aligned}$$

Il contributo a tale impulso da parte del peso è

$$\vec{J}_g = - \int_{At} m g \vec{k} dt = -mg \Delta t \vec{k} = (-5 \times 10^{-3} \vec{k}) \text{ N.s}$$

L'impulso totale è quindi $\vec{J}_s = (0.448 \vec{k}) \text{ N.s}$

Adesso considerate una interazione media della
forza terrena

$$F_T \quad \vec{f} = \frac{\vec{J}_s}{\Delta t} = \frac{0.448}{0.01} = 44.8 \text{ N}$$

rispetto al quale il peso della pallina $W = 0.5 \text{ N}$
rimasta trascurabile -

Esempio racchetta da tennis e pallina

$$N(\text{tiri}) \approx 300 \quad (\Delta T = 6 \times 10^{-1} \text{ sec}) ?$$

$$\begin{aligned} &\rightarrow v = 20 \text{ m/s} \quad \Delta x = 4 \text{ cm} = 4 \times 10^{-2} \text{ m} \\ &\Delta t = \frac{\Delta x}{v} = \frac{4 \times 10^{-2} \text{ m}}{20 \text{ m/s}} = \\ &= 2 \times 10^{-3} \text{ sec.} \end{aligned}$$

$$f - T(d) = \lambda (L-d) a = \lambda \frac{f}{m + m_{\text{ph}}}$$

$$a = \frac{f}{m + m_{\text{ph}}}$$

$$T(d) = \cancel{\lambda} \frac{f}{m} - \lambda \frac{(L-d)f}{m + m_{\text{ph}}} - f$$

$$\cancel{\lambda(L-d)} \quad \lambda(L-d)a - f$$

$$\lambda \frac{(L-d)f - (m + m_{\text{ph}})f}{m + m_{\text{ph}}}$$

$$\lambda \frac{f}{m + m_{\text{ph}}}(L-d-m+m_{\text{ph}})$$