



Fisica

Medicina Veterinaria — Semestre Aperto
2026

Prof. Francesco de Pasquale

Lezioni 10,11

Outline

Lezione 10

- Azione e reazione tra corpi in interazione (terza legge).

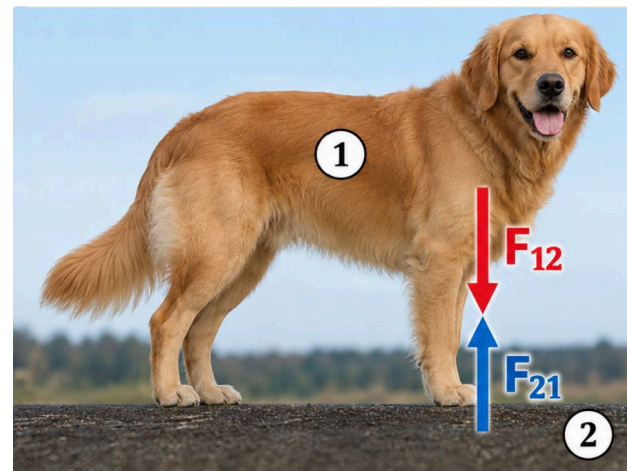
Lezione 11

- Applicazione ai concetti di equilibrio traslazionale
- Definizione di forza e principali esempi: forza peso, forza gravitazionale
- Definizione di Forza d'Attrito

III Legge di Newton — Pr. di Azione-Reazione

Se due sistemi si scambiano forze di contatto, queste sono **uguali in modulo e direzione** ma di **verso opposto**.

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$



Applicazioni Biologiche della III Legge

La III legge di Newton è alla base del movimento di tutti gli animali: terrestri, acquatici e volanti. Ogni spinta genera una reazione uguale e contraria che produce propulsione.



Animali acquatici

Il pesce spinge l'acqua indietro;
l'acqua reagisce spingendo il
pesce in avanti.



Animali volanti

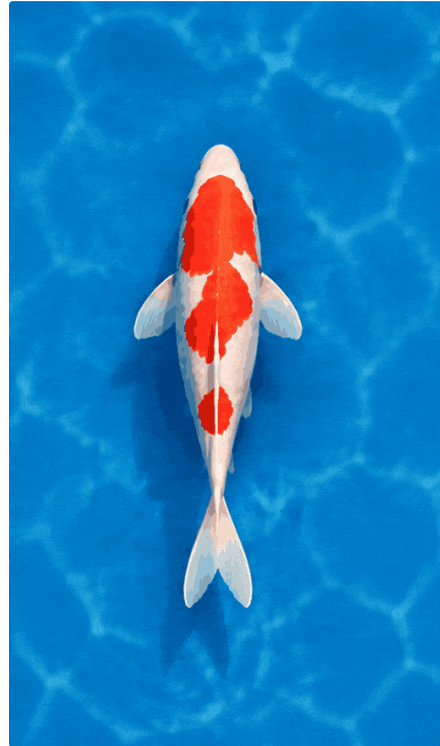
Le ali spingono l'aria verso il
basso; la reazione genera
portanza e propulsione.



Animali terrestri

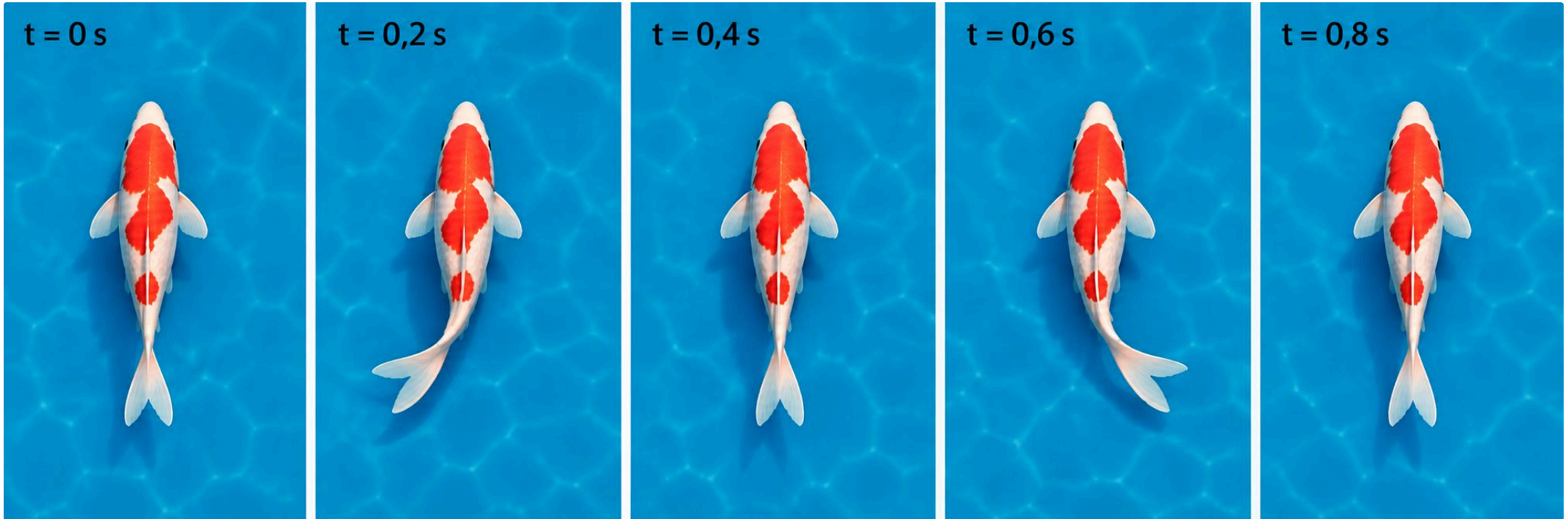
Il piede spinge il suolo; la
reazione del suolo genera la
propulsione in avanti.

Esempio: Il movimento nei pesci



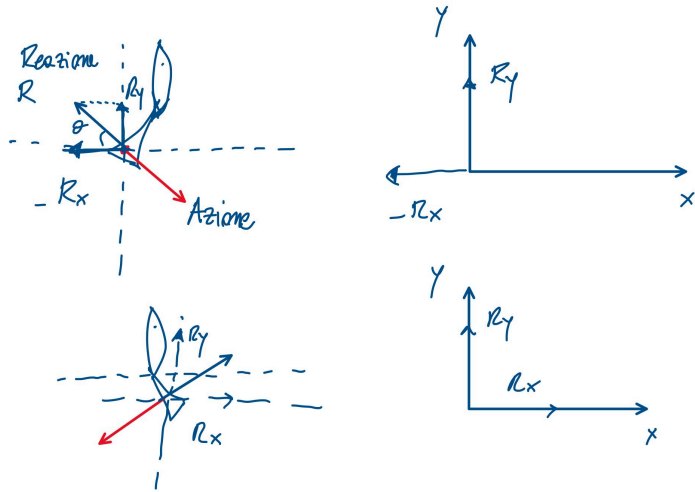
Il moto dei pesci è un esempio classico di applicazione della III legge. Spingendo l'acqua con le pinne, ricevono una reazione che li propelle in avanti. Perché?

Esempio: Il movimento nei pesci



Il moto dei pesci è un esempio classico di applicazione della III legge. Spingendo l'acqua con le pinne, ricevono una reazione che li propelle in avanti. Perché?

Appunti: Scomposizione Vettoriale delle Forze per la propulsione



La forza di propulsione $= 2R_y$ è data dalla
somma vettoriale delle componenti $\vec{R}$ dovute alla III
legge di Newton

$$\begin{cases} R_{TOT,x} = -R_x + R_x = 0 \\ R_{TOT,y} = R_y + R_y = 2R_y \end{cases}$$



Componente orizzontale

$$R_x^{TOT} = R_x - R_x = 0$$

Le componenti orizzontali si annullano.

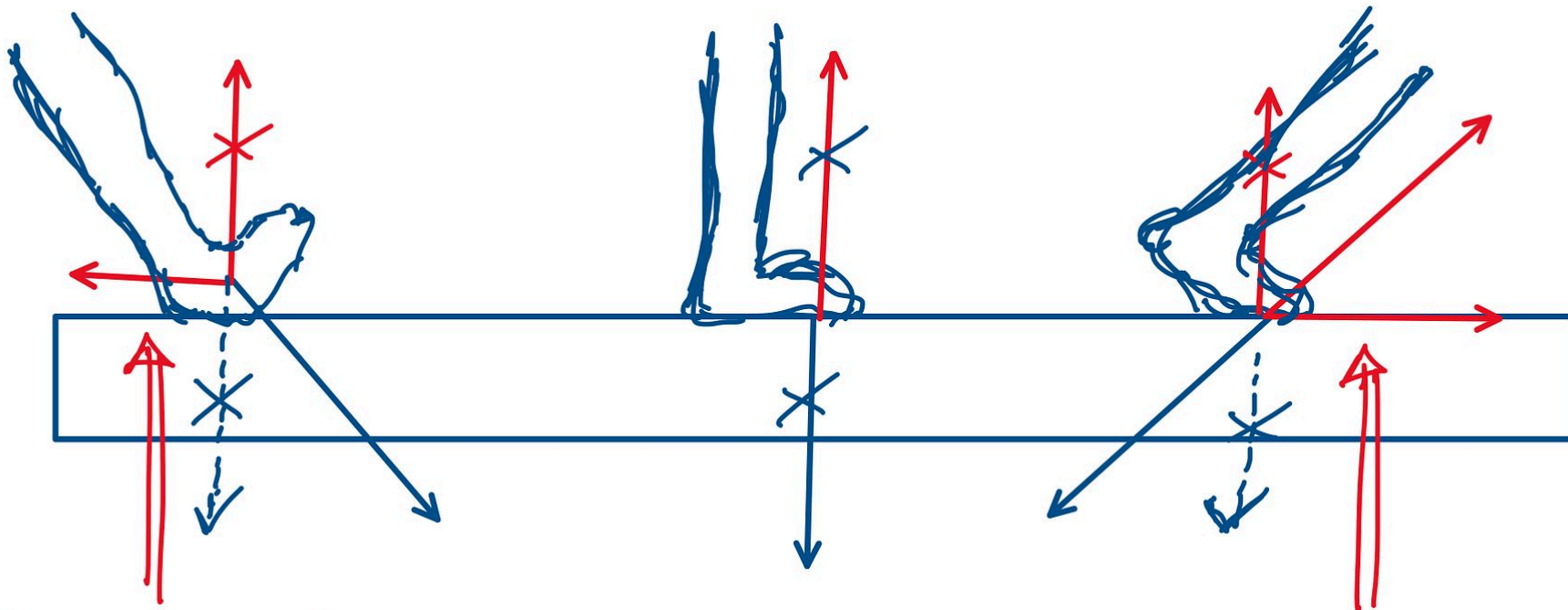
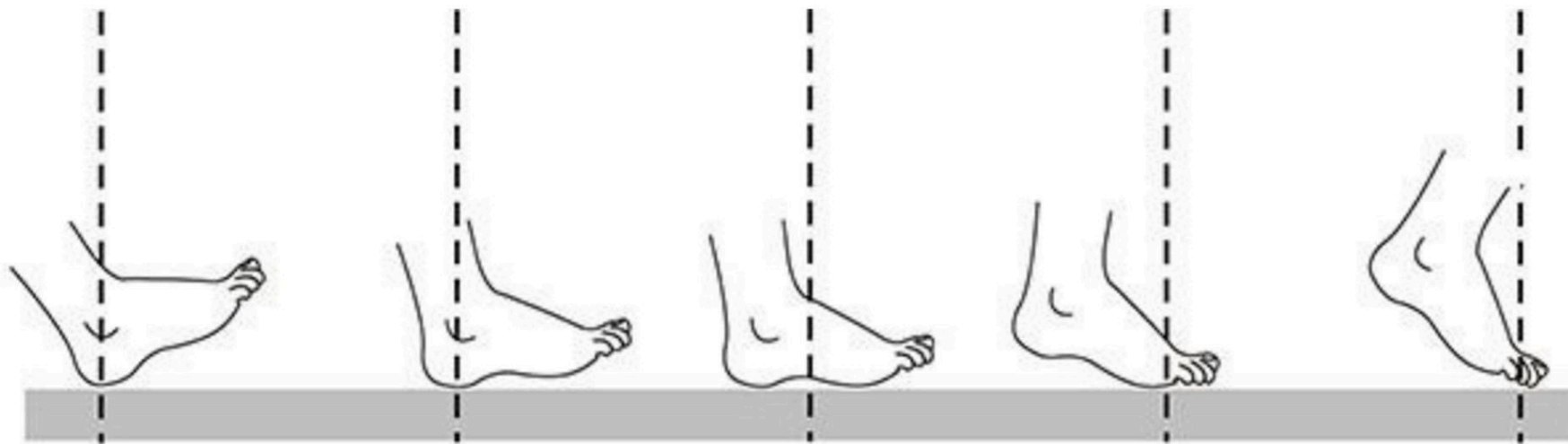
Componente verticale

$$R_y^{TOT} = R_y + R_y = 2R_y$$

Le componenti verticali si sommano, generando una **spinta verso l'alto**.

Esempio biomedico: Biomeccanica della deambulazione

Ad ogni istante, all'azione del piede corrisponde una reazione del suolo. Nelle fasi finali del passo, questa reazione determina una **spinta in avanti** (propulsione).



*Spinge all'indietro
"Tira" frenando*

*Spinta in avanti:
propulsione verso dx*

La reazione determina una frenata nella fase iniziale e una spinta in avanti nelle fasi finali della deambulazione

Equilibrio Traslazionale

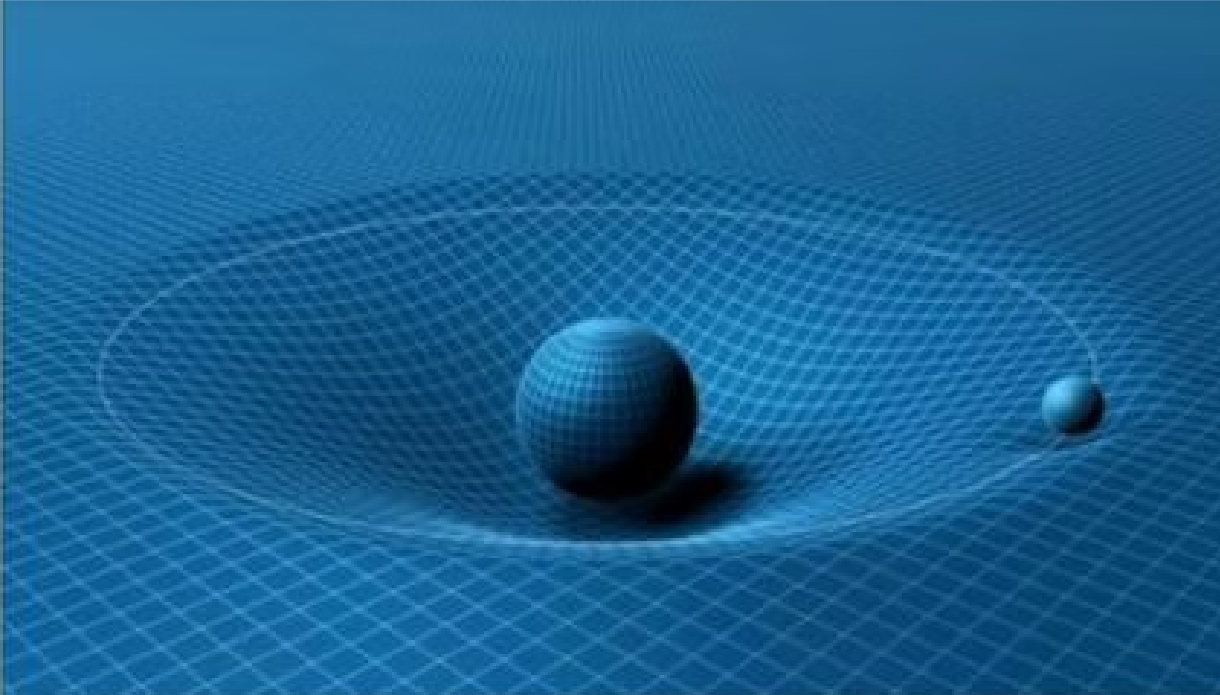
Condizione di equilibrio

$$\vec{F}^{Ris} = \vec{0} \Rightarrow m\vec{a} = \vec{0} \Rightarrow \vec{a} = \vec{0} \Rightarrow \vec{v} = const$$

Conseguenza

In equilibrio statico, la reazione vincolare $\vec{N}$ bilancia esattamente la risultante delle Forze perpendicolari alla superficie, non semplicemente la Forza Peso

Il Campo Gravitazionale



Il campo gravitazionale è una **perturbazione dello spazio e del tempo** generata dalla presenza di una massa. Questa perturbazione produce una forza attrattiva su qualunque altra massa a una determinata distanza.

Legge di Gravitazione Universale

$$\vec{F}_g = -G \frac{M_T m}{r^2} \hat{r}$$

Proporzionale a

$F_g \propto M_T \cdot m$ — al prodotto delle masse

Inversamente proporzionale a

$F_g \propto \frac{1}{r^2}$ — al quadrato della distanza

Direzione

$\hat{r}$ è il versore diretto lungo la congiungente delle due masse

Dalla gravitazione universale alla Forza Peso

Appunti

g e la sua variazione con la distanza

Distanze $\ll R$

g è **costante**: $g = 9,81 \text{ m/s}^2$. Valida per tutte le applicazioni terrestri ordinarie.

Distanze confrontabili con R

g **varia** significativamente. Occorre usare la formula completa della gravitazione universale.

 Per distanze molto minori del raggio terrestre, l'approssimazione $g = \text{cost}$ è eccellente.

La Forza Peso

$$F_P = mg$$

$$\vec{F}_P = mg \hat{n}$$

Poiché il raggio di curvatura terrestre è molto grande, consideriamo sempre $F_P \perp$ all'asse x , cioè diretta verticalmente verso il basso.

Ora possiamo capire le origini delle equazioni del moto in caduta libera!

$$\vec{F}_P = (0, -mg)$$

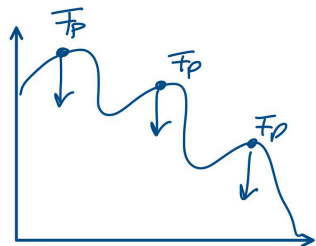
Applicando $\vec{F} = m\vec{a} = \vec{F}_P$, il sistema di equazioni del moto diventa:

$$\begin{cases} ma_x = 0 \Rightarrow x = x_0 + v_{0x}t \\ ma_y = -mg \Rightarrow a_y = -g \Rightarrow y = y_0 + v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2 \end{cases}$$

Forze Peso e MVA in cadute

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad \vec{a} = (0; -g)$$

$$\begin{cases} F_x = 0 \\ F_y = -mg \end{cases}$$



$$ma = -mg \quad \boxed{a_y = -g}$$

⇓

$$\begin{cases} v_x = v_0 \\ v_y = v_0 - gt \end{cases} \quad \begin{cases} x = x_0 + v_0 t \\ y = y_0 + v_0 t - \frac{1}{2}gt^2 \end{cases}$$

Esercizi sulle Leggi di Newton (Tommasi)

Appunti

Esercizio # 429

$$m = 50 \text{ Kg}$$

- A) $12,5 \text{ Kg}$ $122,5 \text{ N}$
- B) $12,5 \text{ Kg}$ 490 N
- C) $"$ 50 N
- D) 50 Kg $122,5 \text{ N}$
- E) $"$ 490 N

m è una proprietà intrinseca del corpo e non dipende da g o altro, sempre uguale

$$m = 50 \text{ Kg}$$

$$g' = \frac{1}{4} g \approx 2,5 \text{ m/s}^2$$

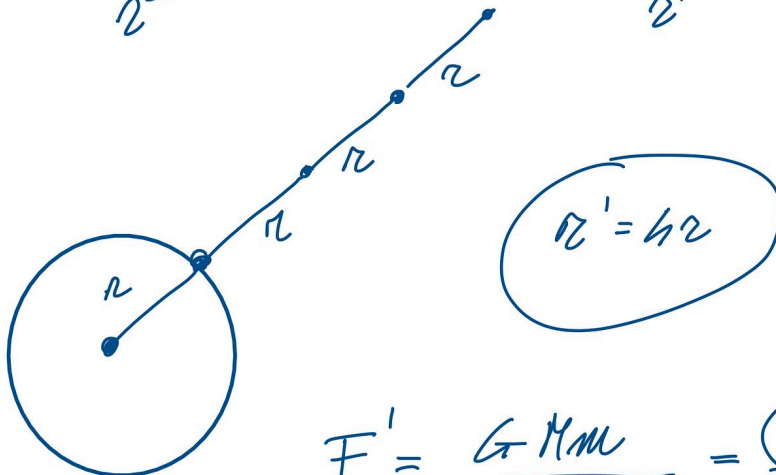
$$F_P' = m g' = 50 \cdot 2,5 \approx 125 \text{ N} \quad \text{D)}$$

Esercizio # 486

- A) $\frac{F}{30}$
- B) $\frac{F}{16}$
- C) $\frac{F}{9}$
- D) $\frac{F}{6}$
- E) $\frac{F}{3}$

$$F = G \frac{Mm}{r^2}$$

$$F' = G \frac{Mm}{r'^2}$$



$$F' = \frac{G M m}{(4r)^2} = \frac{G M m}{16r^2} = \frac{F}{16}$$

B) ✓

Esercizio #483

$$m = 150g$$

$$v_0 = 30 \text{ m/s}$$

$$\Delta x = 20 \text{ m}$$

$$1 \text{ N} = 10^5 \text{ dyn}$$

A) 3375 N

B) 3,375 N

C) 3375 dyn

D) 3000 dyn

E) 150 dyn

Se si accetta:

$$v_x = 0 \Rightarrow 0 = v_{0x} + at$$

$$t_{\text{min}} = -v_{0x}/a$$

$$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{1}{2}at^2 \Rightarrow \Delta x = v_{0x}t + \frac{1}{2}at^2$$

$$\Delta x = v_{0x}^2/a - \frac{1}{2}a \frac{v_{0x}^2}{a^2} = \frac{1}{2} v_{0x}^2/a$$

$$\Delta x = \frac{v_{0x}^2}{2a}$$

$$a = \frac{v_{0x}^2}{2\Delta x}$$

$$F = ? \Rightarrow F = ma = m \frac{v_{0x}^2}{2\Delta x} =$$

$$= (150 \cdot 10^{-3}) \cdot 900 \frac{1}{(2 \cdot 20)}$$

$$= \frac{90 \cdot 150 \cdot 10^{-3} \cdot 40}{4}$$

$$= \frac{9 \cdot 1,5}{4} = \frac{13,5}{4} = 3,375 \text{ N}$$

B) ✓

Riepilogo — Le Tre Leggi di Newton

1

I Legge — Inerzia

Se $\vec{F}^{Ris} = \vec{0}$, il corpo rimane nel suo stato di moto (fermo o in moto rettilineo uniforme).

2

II Legge — Dinamica

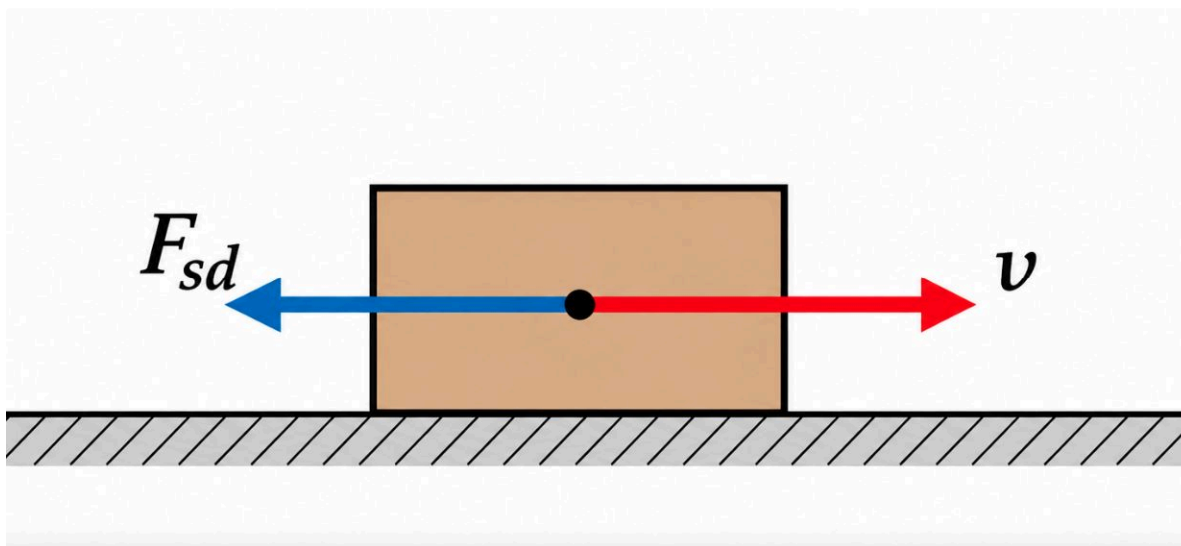
$\vec{F} = m\vec{a}$ — la forza risultante determina l'accelerazione del corpo.

3

III Legge — Azione/Reazione

$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$ — le forze di interazione sono uguali e opposte.

La prima legge di Newton prevede che un corpo lasciato scivolare su una superficie dovrebbe andare avanti all'infinito, ma questo non succede come mai?



Forza d'Attrito

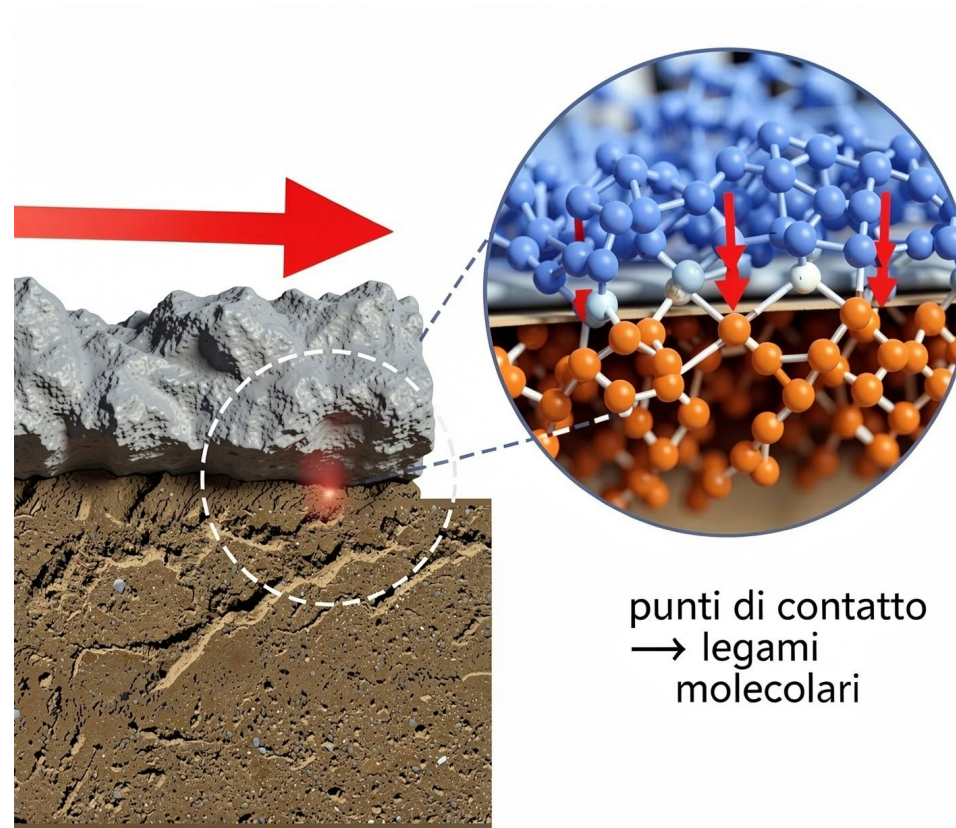
Le forze d'attrito sono **forze dissipative** che si oppongono al movimento. Microscopicamente nascono dai **punti di contatto** tra le superfici, dove si formano legami molecolari che devono essere "rotti" durante lo scivolamento.

Attrito Statico F_s

Agisce quando l'oggetto è fermo. Impedisce l'inizio del movimento.

Attrito Dinamico F_D

Agisce quando l'oggetto è in moto. Rallenta il movimento.



Microscopicamente, l'attrito è legato alla presenza di legami molecolari nei punti di contatto che è necessario rompere per poter iniziare il movimento

Coefficiente di Attrito e Reazione Normale

La forza d'attrito e' definita da:

$$\vec{F}_{s,D} = \mu_{s,D} \vec{N}$$

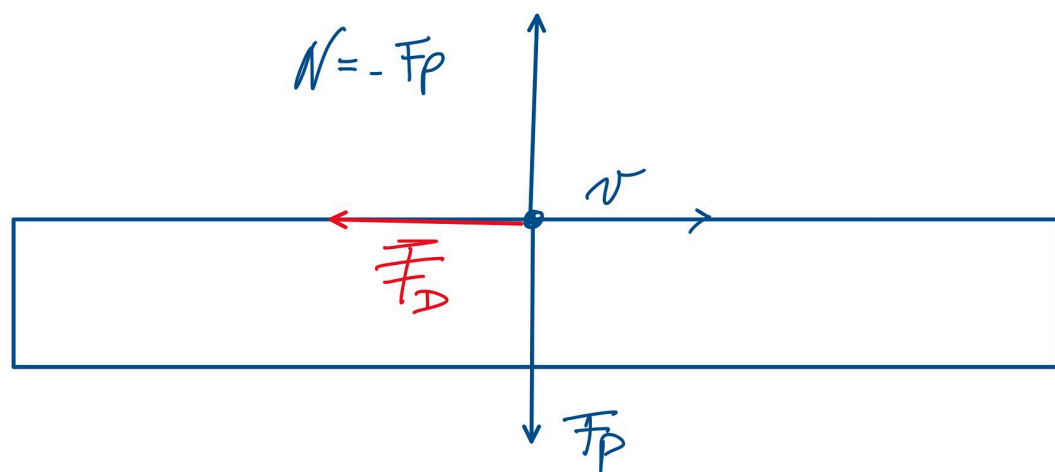
dove $\mu_{s,D}$ è il **coefficiente di attrito** (adimensionale, $0 \leq \mu \leq 1$) e $\vec{N}$ è la **reazione normale**, perpendicolare alla superficie. In generale N è la risultante di tutte le forze perpendicolari alla superficie:

Forze di attrito

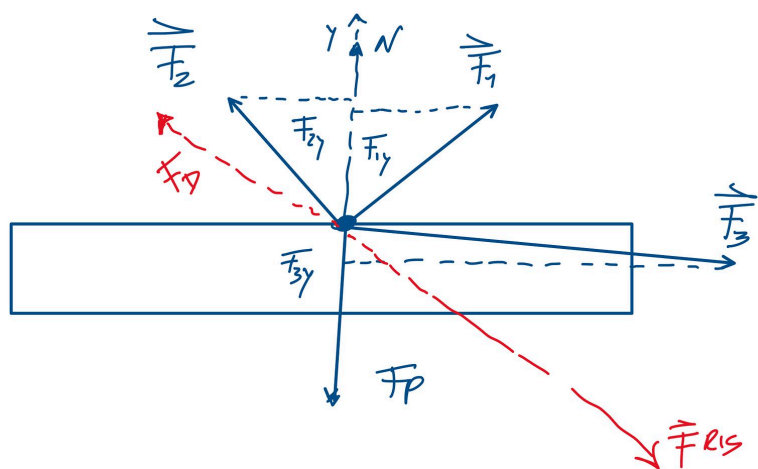
$$\vec{F}_{s,D} = - \underbrace{\mu_{s,D}}_{\text{Coefficiente attrito}} \cdot \underbrace{N}_{\text{reazione normale alla sup.}}$$

$$0 \leq \mu_{s,D} \leq 1 \quad |\mu_{s,D}| = \text{adimensionale}$$

$$N = ? \quad N = F_{R,s,y} = \text{la risultante delle forze} \perp \text{ alla sup.}$$



$$1) \quad N - F_p = 0 \Rightarrow \boxed{N = F_p}$$



$$2) \quad N - F_p - F_{3y} + F_{1y} + F_{2y} = 0$$

$$\boxed{N = F_p - F_{1y} - F_{2y} + F_{3y}}$$

Esempio Biomeccanico: Il Liquido Sinoviale

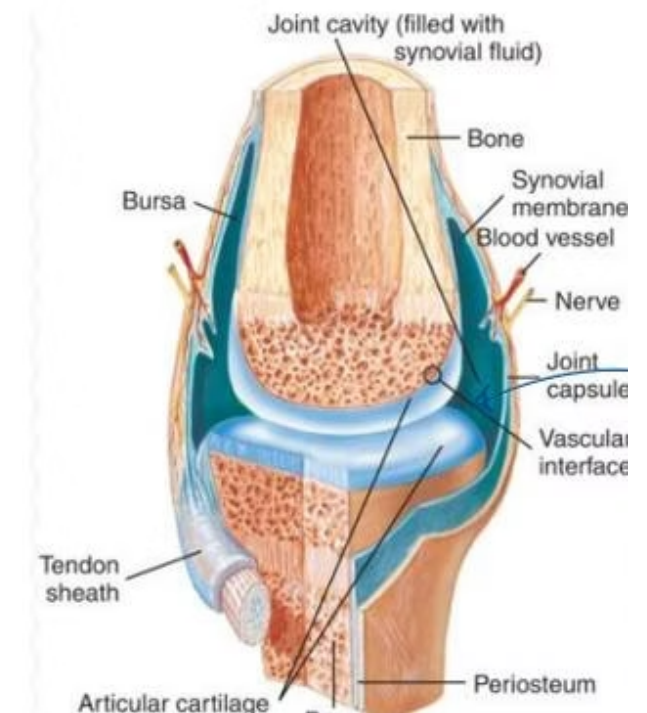
Il **liquido sinoviale** riduce il coefficiente di attrito dinamico μ_D tra le superfici ossee. Quando diminuisce, l'attrito nell'articolazione aumenta, causando dolore. Le **infiltrazioni di acido ialuronico** ripristinano il corretto valore di μ_D .



Ginocchio sano — spazio articolare ampio

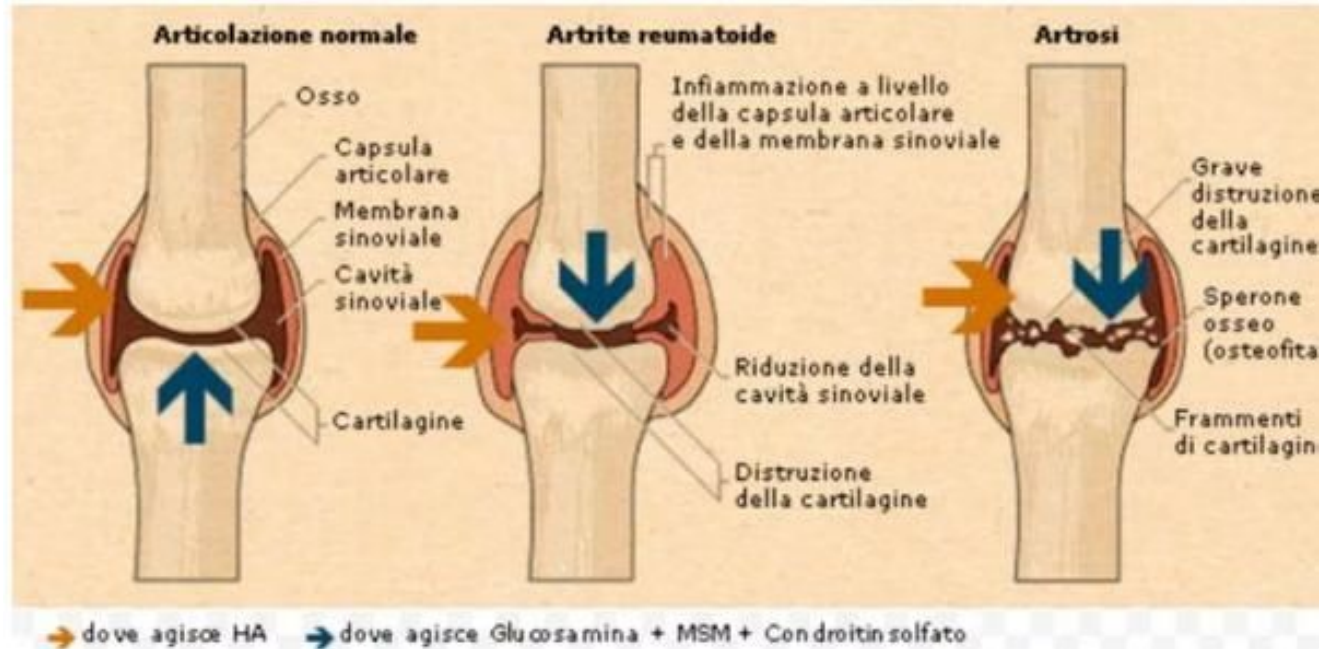


Ginocchio malato — spazio ridotto, sperone osseo



Anatomia — cavità sinoviale e cartilagine

Artrite vs Artrosi: Dove Agiscono i Farmaci



Articolazione Normale

Osso, capsula articolare, membrana sinoviale, cavità sinoviale e cartilagine integri.

Artrite Reumatoide

Inflammation della capsula e membrana sinoviale. Riduzione cavità sinoviale. Distruzione cartilagine. → Agisce HA

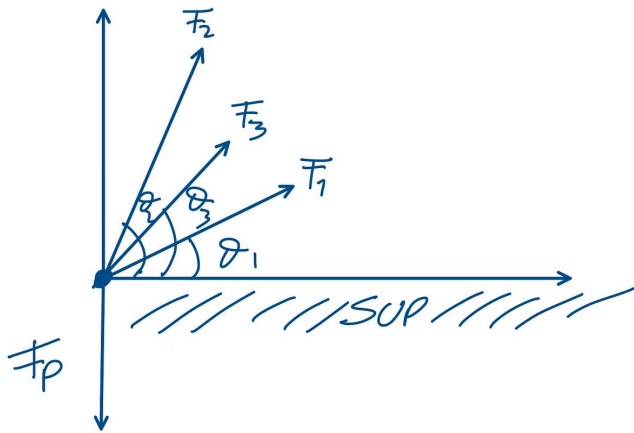
Artrosi

Grave distruzione cartilagine, sperone osseo (osteofita), frammenti cartilaginei. → Agisce Glucosamina + MSM + Condroitin solfato

Appunti: esercizio: su attrito Calcolo di $\vec{F}_{SD}$

Un oggetto ($m = 5 \cdot 10^{-4}$ kg, $\mu_{SD} = 0,02$) è in equilibrio su una superficie scorrevole con tre forze applicate: $F_1 = 2$ N a 30° , $F_2 = 3$ N a 60° , $F_3 = 2$ N a 45° . Calcolare la Forza di attrito e la sua accelerazione risultante

Esercizio su F_{SD} :



$$F_D = \mu_D N$$

Dati:

$$\theta_1 = 30^\circ$$

$$\theta_2 = 60^\circ$$

$$\theta_3 = 45^\circ$$

$$m = 5 \cdot 10^{-4} \text{ Kg}$$

$$\mu_D = 0,02$$

$$F_1 = 2 \text{ N}$$

$$F_2 = 3 \text{ N}$$

$$F_3 = 2 \text{ N}$$