

UNIVERSITÁ DEGLI STUDI DI TERAMO

Fisica

Tutela e Benessere Animale 2026

Prof. Francesco de Pasquale

8/10/2026 - Lezione 1

Informazioni generali

Contatti: fdepasquale@unite.it

Ricevimento: da concordare via email

Materiale didattico: Appunti delle lezioni (slides) + Appunti delle esercitazioni vengono salvati in PDF e caricati sulla piattaforma e-learning

elearning.unite.it

Piataforma e-learning Semestre Aperto Fisica

© 2025 Università degli Studi di Teramo • via R. Balzarini 1 64100 Teramo • P.I. 00898930672 – C.F. 92012890676

Testi Consigliati



Fisica Generale, E. Ragozzino, EdiSES Edizioni



Fisica Generale e Biomedica, Manuale conf. al syllabus per il semestre filtro 2026-2027

Modalità d'esame

Appelli ufficiali

Prove in Itinere:

- Almeno 70% delle presenze per accedere
- Ogni prova deve essere superata con almeno 15
- La media delle due prove deve essere almeno 18.
- L'esame orale necessario per raggiungere 18 o facoltativo per ottenere un voto superiore a 18 (avendo superato le due prove)
- Le prove in itinere non si recuperano, se ne fanno solo due durante il corso

Verbalizzazione

Dopo aver superato entrambi i moduli è necessario iscriversi al primo appello di Fisica e in seguito si riceveranno istruzioni via email su come procedere. La verbalizzazione avviene online e non è necessario venire in presenza.

La Fisica è Fondamentale in Medicina Veterinaria?



Dosi e Concentrazioni

Comprendere le unità di misura è essenziale per calcolare correttamente dosaggi farmacologici e concentrazioni di soluzioni.



Tecniche Diagnostiche

RMN, ecografia, TAC: ogni tecnologia si basa su principi fisici che il medico deve saper interpretare.



Parametri Fisiologici

Frequenza cardiaca, pressione arteriosa, temperatura: tutti richiedono una corretta interpretazione delle grandezze fisiche.



Terapia e Riabilitazione

E' necessaria una conoscenza accurata della bio-meccanica, fluidodinamica ed elettrofisiologia.



Diagnostica per immagini

Risonanza Magnetica

Sfrutta campi magnetici e onde radio per produrre immagini dettagliate degli organi interni.

Radiografia

Utilizza raggi X per visualizzare strutture ossee e tessuti interni in modo rapido e non invasivo.

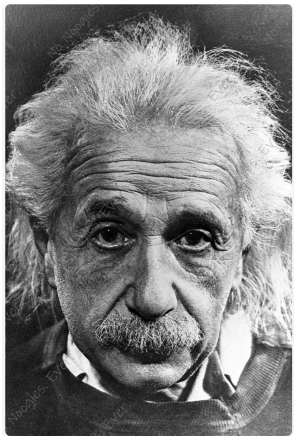
Ecografia

Impiega ultrasuoni per generare immagini in tempo reale di organi e tessuti molli.

Introduzione

Cos'è la Fisica?

La fisica è la scienza che studia le leggi che governano i fenomeni naturali, descrivendo il comportamento della materia e dell'energia attraverso osservazione, misurazione e modellizzazione matematica.



Fisica Biomedica

Applica i principi della fisica allo studio dei sistemi biologici e allo sviluppo delle tecnologie mediche.

Esempi: Elettrofisiologia e diagnostica per immagini

Il Metodo Scientifico: Ciclo Iterativo

Osservazione

Identificare il fenomeno da studiare.



Ipotesi

Formulare una spiegazione provvisoria.

Esperimento

Testare l'ipotesi con misure controllate.

Analisi

Elaborare i dati e costruire un modello.

Revisione

Modificare il modello se le previsioni non sono confermate.



Dalla Teoria alla Verifica

Osservazione e Ipotesi

Si parte dall'osservazione di un fenomeno e si formula un'ipotesi esplicativa da testare sperimentalmente.

Misure ed Esperimenti

Si eseguono misurazioni controllate e si raccolgono dati in modo sistematico e riproducibile.

Modello e Previsioni

I dati portano alla costruzione di un modello matematico, le cui previsioni vengono confrontate con la realtà.

IL METODO SCIENTIFICO: UN ESEMPIO SEMPLICE

Caso: perché un cane ha la febbre?

1 OSSERVAZIONE

Un cane arriva dal veterinario con febbre e tosse.



Il proprietario dice: "Ieri è rimasto fuori al freddo per tutta la notte. Si è ammalato perché ha preso freddo."

2 PRIMA IPOTESI

H_2: il freddo ha causato la malattia.



Domanda chiave:
Se fosse davvero il freddo la causa, cosa dovremmo osservare?

Previsione: i cani esposti al freddo dovrebbero ammalarsi di più.

3 TEST DELL'IPOTESI 1

Confrontiamo molti cani.

CANI ESPOSTI AL FREDDO	CANI NON ESPOSTI AL FREDDO
	
10 si ammalano su 100	9 si ammalano su 100

Risultato: la differenza è minima. L'ipotesi H_1 non è supportata dai dati. ✗

4 NUOVA IPOTESI

Osservazione aggiuntiva: alcuni cani malati hanno avuto contatto con altri cani ammalati.



H_2: la malattia è causata da un agente infettivo che si trasmette tra cani.

Nuova previsione: i cani che hanno avuto contatti con cani malati dovrebbero ammalarsi di più.

5 TEST DELL'IPOTESI 2

Confrontiamo di nuovo.

CANI A CONTATTO CON CANI MALATI	CANI SENZA CONTATTI CON CANI MALATI
	
30 si ammalano su 100	5 si ammalano su 100

Risultato: i cani a contatto con malati si ammalano molto di più. ✓

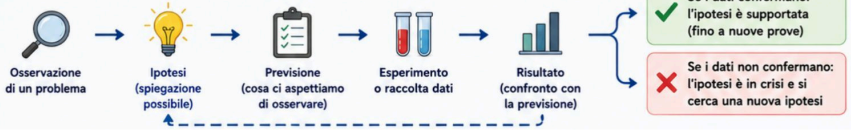
6 CONCLUSIONE PROVISORIA

I dati supportano l'ipotesi 2: la malattia è probabilmente causata da un agente infettivo.



Altre indagini (esami, test di laboratorio) serviranno a identificare il responsabile e curare e prevenire la malattia.

IL METODO SCIENTIFICO: UN CICLO CONTINUO





Metodo Scientifico: Caso Clinico Veterinario

Efficacia dell'enrofloxacina nella polmonite bovina

01

Osservazione

Il **30% dei vitelli** sviluppa polmonite batterica; la penicillina guarisce solo il **60%** dei casi.

02

Ipotesi

L'**enrofloxacina** potrebbe aumentare il tasso di guarigione al di sopra del 60%.

03

Esperimento

80 vitelli divisi in 2 gruppi; misure ogni 48h per 2 settimane.

04

Analisi

Enrofloxacina: **82%** di guarigione vs **61%** del controllo (**$p < 0.05$**).

05

Conclusione

Ipotesi **confermata**; protocollo aggiornato. Nuova domanda: funziona negli adulti?



La Misura: Cuore della Fisica

> "Misurare ciò che è misurabile e rendere misurabile ciò che non lo è ancora." — Galileo Galilei

Ogni affermazione scientifica deve essere supportata da misure quantitative di una grandezza fisica

Grandezze Estensive e Intensive

Non tutte le grandezze fisiche si comportano allo stesso modo quando si combinano due sistemi

Grandezze Estensive

Dipendono dalla quantità di materia del sistema. Se unisci due sistemi, la grandezza si somma

Grandezze Intensive

Non dipendono dalla quantità di materia. Se unisci due sistemi con lo stesso valore, il valore rimane invariato

Grandezze Estensive e Intensive

Non tutte le grandezze fisiche si comportano allo stesso modo quando si combinano due sistemi

Grandezze Estensive

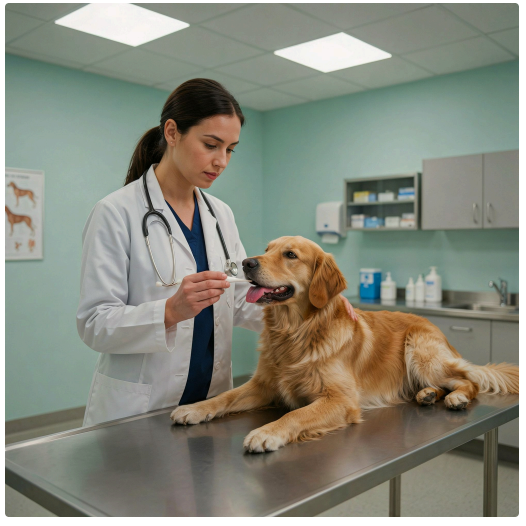
Dipendono dalla quantità di materia del sistema. Se unisci due sistemi, la grandezza si somma



Ad es. Massa, Volume

Grandezze Intensive

Non dipendono dalla quantità di materia. Se unisci due sistemi con lo stesso valore, il valore rimane invariato



Ad es. Temperatura, Densità

Grandezze Fisiche e Misura

Definizione

Una **grandezza fisica** è una proprietà di un corpo o di un fenomeno che può essere misurata quantitativamente.

Ogni misura è costituita da due elementi inscindibili:

- Valore numerico
- Unità di misura

In questo corso definiremo un'enorme quantita' di grandezze, ma in realtà le grandezze fondamentali sono solo 7, le altre sono tutte derivate da esse

Esempio

2,5 m

Lunghezza = **2,5** (valore numerico) × **m** (unità di misura).
Senza l'unità, il numero da solo non ha significato fisico.

Il Sistema Internazionale (SI)

Il Sistema Internazionale definisce **sette grandezze fondamentali** da cui derivano tutte le altre grandezze fisiche.

Grandezza	**Unità**	**Simbolo**
Lunghezza	Metro	m
Massa	Chilogrammo	kg
Tempo	Secondo	s
Corrente elettrica	Ampere	A
Temperatura termodinamica	Kelvin	K
Quantità di sostanza	Mole	mol
Intensità luminosa	Candela	cd

Le **grandezze derivate** si ottengono combinando le grandezze fondamentali (es. velocità = m/s, forza = kg·m/s²).

Grandezze Fondamentali mks:



Lunghezza (m)

L = 120 cm

Massa (kg)

m = 4 kg (in media…)

Tempo (s)

t = 600 s

in realtà ci sono molte oscillazioni intorno alla media...



Grandezze Derivate: Esempi

Le grandezze derivate si ottengono combinando le sette grandezze fondamentali del SI tramite operazioni matematiche.

1	2
Velocità: $\vec{v}$ **m/s** — lunghezza divisa per tempo	Forza (Newton): $\vec{F}$ **kg·m/s²** — massa × accelerazione
3	**4**
Energia (Joule): E **kg·m²/s²** — forza × spostamento	Pressione (Pascal) P **kg/(m·s²)** — forza per unità di area

Campione di unità di misura

La misura nasce dal confronto tra la grandezza e la sua unita' di misura rappresentata da un campione

- **Oggetti fisici del passato:** Inizialmente erano oggetti reali conservati con cura, come la sbarra di platino-iridio per il metro o il cilindro per il chilogrammo a Parigi
- **Costanti della natura odierne:** SI non usa più oggetti ma si basa su costanti fisiche universali (come la velocità della luce o la frequenza atomica) che non cambiano mai. Ad esempio:

Il Metro

È definito mediante la **distanza percorsa dalla luce nel vuoto** in un intervallo di tempo determinato. La velocità della luce è una costante universale.

Il Secondo

È definito tramite la **frequenza della radiazione** associata alla transizione tra due livelli energetici dell'atomo di **Cesio-133**.



Multipli e Sottomultipli

Come posso rappresentare grandezze enormi ed estremamente piccole in SI?

Ad es. campi magnetici cerebrali (molto piccoli pico Tesla o femto Tesla) o distanze astronomiche (peta m)

Multipli e sottomultipli nel Sistema Internazionale			
fattore di moltiplicazione	prefisso	simbolo	valore
10^{24}	yotta	Y	1 000 000 000 000 000 000 000 000
10^{21}	zetta	Z	1 000 000 000 000 000 000 000
10^{18}	exa	E	1 000 000 000 000 000 000
10^{15}	peta	P	1 000 000 000 000 000
10^{12}	tera	T	1 000 000 000 000
10^{9}	giga	G	1 000 000 000
10^{6}	mega	M	1 000 000
10^{3}	chilo	k	1 000
10^{2}	etto	h	100
10^{1}	deca	da	10
10^{-1}	deci	d	0.1
10^{-2}	centi	c	0.01
10^{-3}	milli	m	0.001
10^{-6}	micro	µ	0.000 001
10^{-9}	nano	n	0.000 000 001
10^{-12}	pico	p	0.000 000 000 001
10^{-15}	femto	f	0.000 000 000 000 001
10^{-18}	atto	a	0.000 000 000 000 000 001
10^{-21}	zepto	z	0.000 000 000 000 000 000 001
10^{-24}	yocto	y	0.000 000 000 000 000 000 000 001



Conversione delle Unità di Misura

Per convertire una unità di misura si utilizzano **fattori di conversione**

Conversioni fondamentali

- 1 km = 10^3 m
- 1 h = 3600 s
- 1 m/s = 3,6 km/h
- 1 km/h = 1/3,6 m/s

Esempio pratico

Se **v = 4,15 m/s**, convertire in km/h:

$$v = 4{,}15 \times 3{,}6 = 14{,}94 \ \mathrm{km/h}$$

Si moltiplica per 3,6 per passare da m/s a km/h.

Analisi Dimensionale

In qualsiasi equazione fisica, i **due membri devono avere le stesse dimensioni**. Se non è così, la formula è certamente errata.

Procedura

1. Sostituire ogni grandezza con le sue dimensioni fondamentali
2. Semplificare algebricamente
3. Verificare che i due membri coincidano

Caduta Libera: Esempio di Analisi Dimensionale

> Si puo' dimostrare che la velocità raggiunta durante la caduta libera, in assenza di forze dissipative, è descritta da $v = \sqrt{(gh)}$, dove g è l'accelerazione di gravità e h è l'altezza di caduta.

Confermare con analisi dimensionale la formale correttezza di questa espressione

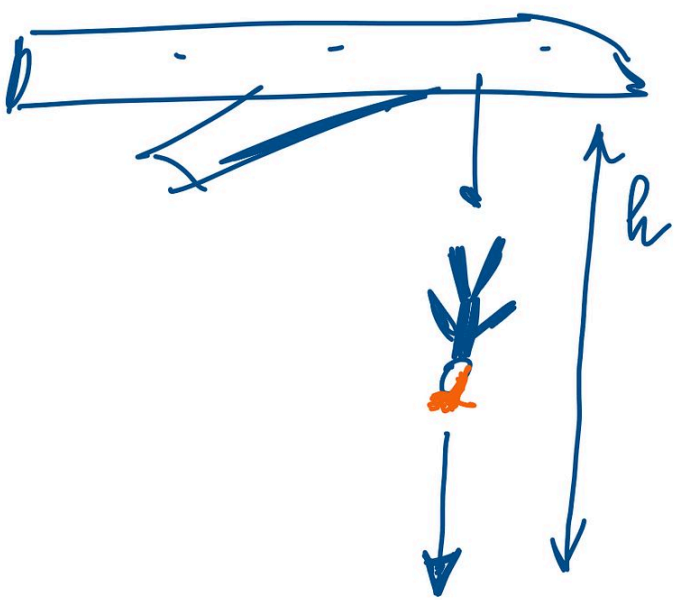


Controllo dimensionale

$$[\quad] = [\quad]$$

↑ ↑

Stesse unità di misura



$$v = \sqrt{2gh}$$

Sapendo $[g] = m/s^2$

$[h] = m$

$[v] = m/s$

È corretta questa espressione dimensionalmente?

$$[v] = \sqrt{2[g][h]} = \sqrt{\frac{m}{s^2} \cdot m}$$

$$= \sqrt{\frac{m^2}{s^2}} = \sqrt{\left(\frac{m}{s}\right)^2} = \frac{m}{s}$$

$m/s = m/s \Rightarrow$ La dimensione $\sqrt{2gh}$ ✓

COME CONVERTIRE $km/h \rightarrow m/s$

e viceversa

$$v = 130\ km/h = 130\ 10^3\ m \frac{1}{\cancel{h}\ 60\ min}$$

$$= 130\ 10^3 \frac{1}{60\ \cancel{min}\ 60\ s}\ m$$

$$= \underbrace{130}_{1,3\ 10^2} \frac{\cancel{10^3}}{\cancel{3,6\ 10^3}\ \cancel{3600}} \frac{m}{s} = \frac{1,3\ 10^2}{36}$$

$$130\ km/h = 36,11\ m/s$$

$$130\ km/h = 130 \left| \frac{1}{3,6} \right| \frac{m}{s}$$

$$1\ km/h = \frac{1}{3,6}\ m/s$$

$$1\ m/s = 3,6\ km/h$$

✓

Perché l'Analisi Dimensionale è Essenziale

Verifica la Correttezza

Permette di individuare errori in una formula prima di applicarla numericamente.

Coerenza delle Equazioni

I due membri di un'equazione fisica devono sempre avere le stesse dimensioni.

Applicazione Clinica

In medicina, un errore dimensionale può portare a dosaggi errati con conseguenze gravi.

Cifre Significative: Definizione e Regole

Le cifre significative sono le cifre che portano informazione alla precisione e quindi errore associato a una misura

Regole per identificarle:

1. Cifre ≠ 0

Sono sempre significative.

Esempio: **3,14** → 3 c.s.

2. Cifre con lo zero

a) Zeri compresi tra cifre diverse da zero: sono significativi.

Esempio: **1001** → 4 c.s.

b) In un numero con la virgola:

Esempio: **0,001** → 1 c.s.

Esempio: **1,0000** → 5 c.s.

- i) Zeri a sinistra della virgola all'inizio del numero: NON sono mai significativi.
- ii) Zeri a destra del primo numero ≠ 0: sono significativi.

Regola di arrotondamento:

Il risultato di un calcolo va arrotondato al numero di cifre significative del **dato peggiore** (quello con meno c.s.).

Esempio

Problema:
La maratona di Berlino viene vinta con un tempo di $\Delta t = 2 \text{ ore } 1 \text{ min } 39 \text{ s}$, percorrendo una distanza di $d = 42{,}195000 \text{ km}$.

Richieste:

1. Calcolare la velocità media $V_m = d/\Delta t$ (in SI)
2. Riportare il risultato con il corretto numero di cifre significative



Svolgimento: Conversione delle Unità

Conversione del tempo:
$\Delta t = 2\text{h } 1\text{min } 39\text{s}$ → in secondi:

$$\Delta t = (2 \cdot 3600 + 1 \cdot 60 + 39) \text{ s} = 7299 \text{ s}$$

→ [4 c.s.]

Conversione della distanza:
$d = 42{,}195000 \text{ km}$

$$d = 42{,}195000 \cdot 10^3 \text{ m}$$

→ [8 c.s.]

Calcolo e Risultato Finale

Calcolo della velocità:

$$V_m = \frac{d}{\Delta t} = \frac{42{,}195000 \cdot 10^3}{7299} \approx 5{,}780933 \text{ m/s}$$

Dato "peggiore": Δt → 4 c.s.

Risultato finale:

$$V_m \approx 5{,}781 \text{ m/s} \quad [4 \text{ c.s.}]$$

Le grandezze fisiche possono essere scalari o vettoriali:





Grandezze Scalari

Definizione

Le grandezze scalari sono **completamente descritte** da un valore numerico e da un'unità di misura. Non richiedono informazioni sulla direzione.

Esempi di Grandezze Scalari

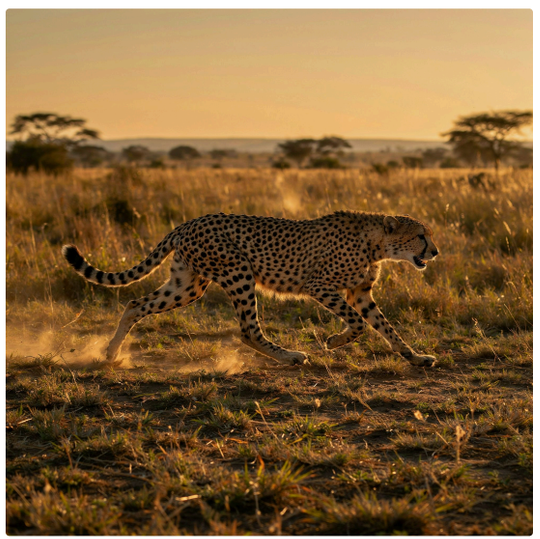
- Massa (kg)
- Temperatura (K o °C)
- Tempo (s)
- Pressione (Pa)
- Energia (J)





Grandezze Vettoriali

Una grandezza vettoriale invece non puo' essere descritta solamente da un valore numerico, ad esempio le grandezze vettoriali:



Velocità

La velocità di un ghepardo ha un modulo (30 m/s), una direzione e un verso precisi. Non basta sapere "quanto veloce": serve sapere anche "verso dove".



Forza

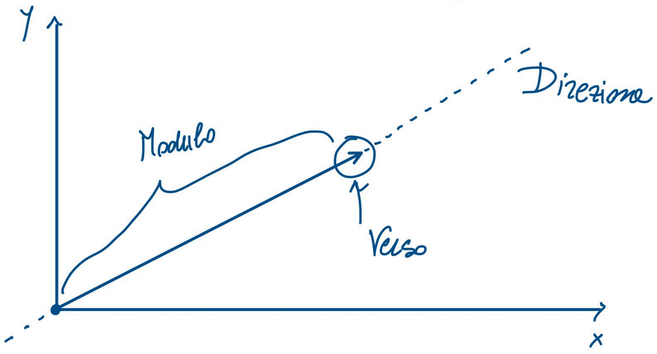
La forza con cui un'aquila stringe la preda (150 N) con gli artigli ha un modulo, è diretta verso il basso e agisce in un punto preciso del corpo.



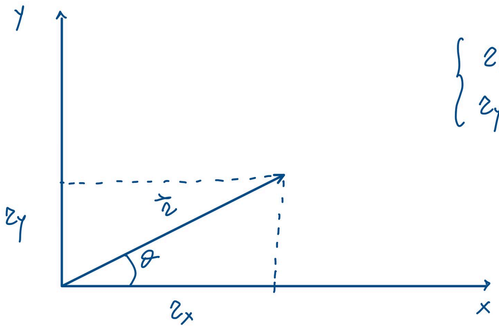
Momento di una Forza

Il momento della forza muscolare applicata all'arto di un cavallo determina la rotazione dell'articolazione: dipende sia dall'intensità della forza che dalla distanza dal fulcro.

Grandezze Vettoriale
- Modulo
- Direzione
- Verso

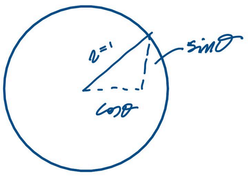


1) Dal modulo alle componenti $(x;y)$

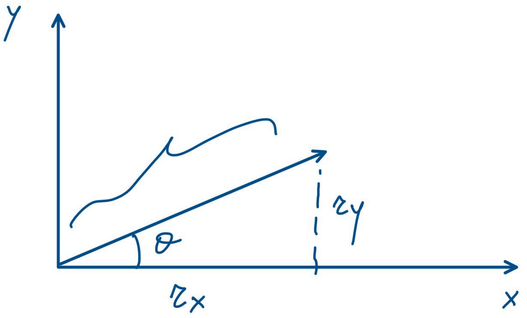


$$\begin{cases} r_x = r\cos\theta \\ r_y = r\sin\theta \end{cases}$$

$r = |\vec{r}|$ = modulo del vettore



2) Dalle componenti al modulo



$$|\vec{r}| = \sqrt{r_x^2 + r_y^2}$$

$$\begin{cases} r_y = r\sin\theta \\ r_x = r\cos\theta \end{cases}$$

$$\frac{r_y}{r_x} = \frac{r\sin\theta}{r\cos\theta} = \operatorname{tg}\theta$$

$$\theta = \operatorname{arctg}\left(\frac{r_y}{r_x}\right)$$

Queste grandezze sono definite solo se sono specificate 3 proprietà fondamentali:

Modulo

Il valore numerico con la sua unità di misura (es. 5 m/s).

Direzione

La retta lungo cui agisce il vettore (es. orizzontale, verticale).

Verso

Il senso di percorrenza lungo la direzione (es. verso destra, verso l'alto).

Componenti di un Vettore

Un vettore **r** nel piano può essere scomposto lungo gli assi cartesiani x e y. Se il modulo è **r** e l'angolo con l'asse x è **θ**:

Formule di Scomposizione

$$r_x = r \cos \theta$$

$$r_y = r \sin \theta$$

Ricostruzione del Modulo

$$r = \sqrt{r_x^2 + r_y^2}$$

$$\theta = \arctan\left(\frac{r_y}{r_x}\right)$$

Riprendiamo i vettori..

In fisica, un vettore è una grandezza che, oltre a un valore numerico, possiede una direzione e un verso specifici nello spazio, a differenza delle grandezze scalari.

Grandezze Scalari

- Definite solo da **modulo** (intensità).
- Esempi: Massa, Temperatura, Tempo, Volume.

Grandezze Vettoriali

- Definite da **modulo**, **direzione** e **verso**.
- Esempi: Forza, Velocità, Spostamento.

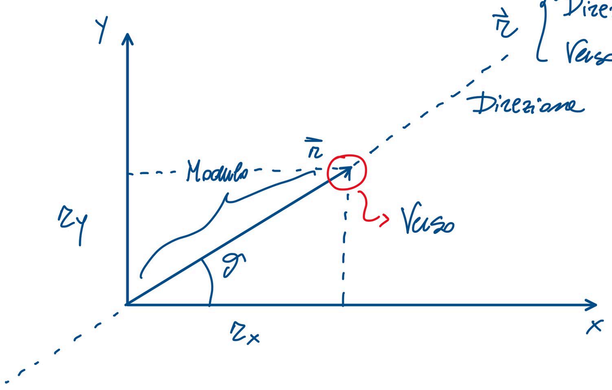
Le tre caratteristiche di un vettore:

- **Modulo (o Intensità):** Il valore numerico della grandezza (es. 10 Newton).
- **Direzione:** La retta lungo la quale agisce il vettore (es. orizzontale, verticale).
- **Verso:** L'orientamento lungo la direzione (es. destra, sinistra, Nord, Sud).

Notazione: $\vec{r}$ oppure in grassetto $\mathbf{r}$ ed il modulo si indica con $|r|$.

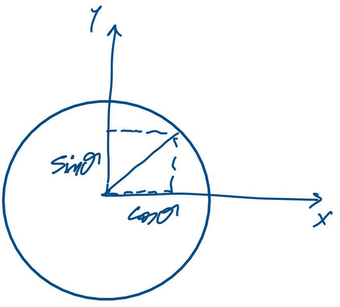


Vettori - Componenti di un vettore $\begin{cases} \text{Modulo} \\ \text{Direzione} \\ \text{Verso} \end{cases}$



Modulo $= r = |\vec{r}|$

$$\begin{cases} r_x = r\cos\vartheta \\ r_y = r\sin\vartheta \end{cases}$$

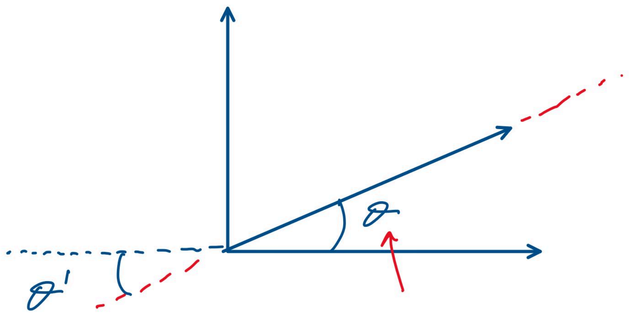


- Se voglio ottenere $|\vec{r}|$ dalle componenti:

$$\vec{r}: (r_x ; r_y)$$

$$r = \sqrt{r_x^2 + r_y^2}$$

Direzione e verso



$$\begin{cases} r_y = r\sin\vartheta \\ r_x = r\cos\vartheta \end{cases}$$

$$\frac{r\sin\vartheta}{r\cos\vartheta} = \frac{r_y}{r_x}$$

$$\arctg(\operatorname{tg}\vartheta) = \arctg\left(\frac{r_y}{r_x}\right)$$

$$\boxed{\vartheta = \arctg\frac{r_y}{r_x}}$$

Somma e Differenza Vettoriale

$$\vec{z}_{TOT} = \vec{z}_1 + \vec{z}_2 + \vec{z}_3 + \dots + \vec{z}_n = \sum_i^n \vec{z}_i$$

$$\vec{z}_{TOT} = \vec{z}_1 + \vec{z}_2$$

e $\begin{cases} \vec{z}_1 = (z_{1x}\,;\, z_{1y}) \\ \vec{z}_2 = (z_{2x}\,;\, z_{2y}) \end{cases}$

TOT $\begin{cases} z_{TOT,x} = z_{1x} + z_{2x} \\ z_{TOT,y} = z_{1y} + z_{2y} \end{cases}$

$$z_{TOT} = |\vec{z}_{TOT}| = \sqrt{z_{TOT,x}^2 + z_{TOT,y}^2}$$

$$\theta = \arctg\left(\frac{z_{TOT,y}}{z_{TOT,x}}\right)$$

$$\vec{z}_{TOT} = \vec{z}_1 - \vec{z}_2 = \vec{z}_1 + \underbrace{(-\vec{z}_2)}$$

$\vec{z}_{TOT}$ $\begin{cases} z_{TOT,x} = z_{1x} - z_{2x} \\ z_{TOT,y} = z_{1y} - z_{2y} \end{cases}$

Valori di Seno e Coseno per Angoli Noti

Angolo (Gradi)	Seno (sin)	Coseno (cos)
0°	0	1
30°	0.5 $\frac{1}{2}$	0.866 $\frac{\sqrt{3}}{2}$
45°	0.707 $\frac{\sqrt{2}}{2}$	0.707 $\frac{\sqrt{2}}{2}$
60°	0.866 $\frac{\sqrt{3}}{2}$	0.5 $\frac{1}{2}$
90°	1	0
180°	0	-1



🐜 La Formica del Deserto

Esercitazione sulla Scomposizione dei Vettori

La formica del deserto (*Cataglyphis bicolor*) è famosa per la sua capacità di navigare in linea retta verso il nido dopo percorsi tortuosi.

Questo fenomeno — detto **dead reckoning** — è un perfetto esempio fisico di **somma e scomposizione di vettori**.

La formica integra continuamente direzione e distanza percorsa, calcolando il vettore spostamento risultante.



YouTube

Can These Ants Survive the Scorching Desert Heat? | Narrated by David Attenborou...

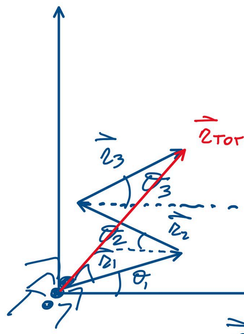
In the Sahara desert, these silver ants can tolerate temperatures that would kill any other land animal. However, they can still only survive the desert heat for less than ten minutes! Subscribe:...

Esercizio formica del deserto;

Una formica del deserto compie tre passi, rappresentati dai vettori $\vec{r_1}, \vec{r_2}$ ed $\vec{r_3}$. Ogni vettore ha modulo pari a 2mm. Calcolare la distanza percorsa all'andata e quanto risparmia nel viaggio di ritorno.

Soluzione esercizio Formica del deserto

- Esercizio desert ant: -



$\vec{r}_1, \vec{r}_2, \vec{r}_3$

$|\vec{r}_1| = |\vec{r}_2| = |\vec{r}_3| = r$

$r = 2\,mm$

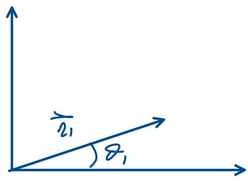
$\theta_1 = 30°$

$\theta_2 = 60°$

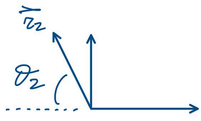
$\theta_3 = 45°$

$\vec{r}_{TOT} = \vec{r}_1 + \vec{r}_2 + \vec{r}_3$

Calcolare $|\vec{r}_{TOT}|$ e la sua direzione



$$\begin{cases} r_{1x} = r_1 \cos\theta_1 = 2\frac{\sqrt{3}}{2} \\ r_{1y} = r_1 \sin\theta_1 = 2\frac{1}{2} \end{cases}$$



$$\begin{cases} r_{2x} = -2\cos\theta_2 = -\frac{1}{2}(2) \\ r_{2y} = 2\sin\theta_2 \quad \sqrt{3}/2\,(2) \end{cases}$$



$$\begin{cases} r_{3x} = 2\cos\theta_3 = 2\sqrt{2}/2 \\ r_{3y} = 2\sin\theta_3 = 2\sqrt{2}/2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} r_{TOT_x} = \cancel{2}\left(\sqrt{3}/\cancel{2} - \frac{1}{\cancel{2}} + \sqrt{2}/\cancel{2}\right) = \sqrt{3} - 1 + \sqrt{2} \\ r_{TOT,y} = \cancel{2}\left(\frac{1}{\cancel{2}} + \sqrt{3}/\cancel{2} + \sqrt{2}/\cancel{2}\right) = 1 + \sqrt{3} + \sqrt{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} r_{TOT,x} = 2{,}14\ mm \\ r_{TOT,y} = 4{,}15\ mm \end{cases}$$

$$r_{TOT} = \sqrt{r_{TOT,x}^2 + r_{TOT,y}^2} = 4{,}5 \cdot 10^{-3}\ m$$

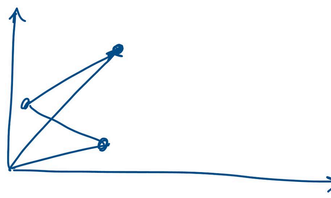
Quanto ha prodigato la formica?

$6 \cdot 10^{-3}\ m$ vs $4{,}5\ 10^{-3}\ m$

ha prodigato $1{,}5\ 10^{-3}\ m$ rispetto all'andata

$|\vec{r}_{TOT}| = 4{,}5\ 10^{-3}\ m \simeq 5\ 10^{-3}\ m$ (1 c.s.)

$$\theta = \arctan\left(\frac{4{,}15}{2{,}14}\right) = 62{,}7° \simeq 60°\ (1\ c.s.)$$



$$\Delta r\% = \frac{(6 - 4{,}5)}{6} = 0{,}25 = 25\%$$

Usando la somma vettoriale già con 3 passi la formica al ritorno risparmia il 25% del percorso

La cinematica del punto materiale

Definizione formale: la cinematica è il ramo della meccanica classica che studia il moto dei corpi senza considerare le cause che lo producono

Punto materiale

Un **punto materiale** è un corpo la cui dimensione fisica è trascurabile rispetto alle scale del problema. È un'idealizzazione che permette di descrivere il moto con un solo punto nello spazio.

Ipotesi di validità della cinematica classica

Velocità molto minori di c

$v \ll c$, con $c \approx 3 \times 10^8\ \mathrm{m/s}$.

Se la velocità è confrontabile con c, bisogna usare la **relatività speciale** di Einstein.

Distanze molto maggiori delle scale subatomiche

$d \gg 10^{-10}\ \mathrm{m}$.

A scale atomiche e subatomiche la meccanica classica non è valida e bisogna usare la **meccanica quantistica**.

Cosa studia

- La descrizione del moto nel tempo
- La posizione di un corpo in un sistema di riferimento
- Lo spostamento compiuto durante il movimento
- La velocità e l'accelerazione

Cosa non studia

- Le cause del moto
- Le forze che agiscono sul corpo
- Le interazioni responsabili del movimento



Applicazioni della Cinematica in Medicina Veterinaria

La cinematica, lo studio del movimento, trova svariate applicazioni pratiche e cruciali nel campo della medicina veterinaria, migliorando diagnosi, trattamenti e prevenzione degli infortuni.

Biomeccanica Locomotoria

Analisi dettagliata del passo e del galoppo per identificare zoppie, valutare l'efficienza del movimento e progettare piani di riabilitazione.

Balistica Forense

Calcolo della traiettoria di proiettili e frammenti in casi di infortuni o crimini, essenziale per ricostruire gli eventi e determinare la causa del danno.

Analisi del Salto

Studio della meccanica del salto negli equini da ostacoli, ottimizzando l'allenamento e prevenendo stress e lesioni articolari.

Studi su Cadute e Infortuni

Valutazione delle forze in gioco durante cadute o impatti per comprendere i meccanismi degli infortuni e sviluppare strategie protettive.

Cinematica del Volo

Analisi del movimento delle ali e del corpo negli uccelli rapaci per la riabilitazione dopo infortuni o per studi comportamentali e conservazionistici.

Queste applicazioni sottolineano come una solida comprensione dei principi fisici sia indispensabile per il veterinario moderno, trasformando la teoria in strumenti diagnostici e terapeutici all'avanguardia.