# Fisica I

## Corso di Laurea in Chimica

## Anno Accademico 2012-2013

**Lezioni** (docente: Ferrari Federico)

Lunedì : 11:30 – 13:30 Aula F7

Giovedì : 11:30 – 13:30 Aula F7

**Sostegno alla didattica** (docente: D'Adderio Leo Pio)

Venerdì (alterni) : 14:30 – 16:30

**Contatti:** fferrari@unife.it

dddlpe@unife.it

Ricevimento su appuntamento per entrambi i docenti.

**Testi consigliati:**

- Fisica I – Halliday, Resnick, Krane.
- Fisica Generale I – Sergio Rosati.
- Fisica I – Paolo Mazzoldi, Mario Nigro e Cesare Voci.
- Fisica I: Meccanica-Termodinamica – C. Mencuccini, Vittorio Silvestrini.

**Modalità d'esame:**

Scritto più orale con primo appello indicativamente verso fine Giugno, inizio Luglio.

Possibilità di sostenere 2 esami parziali durante lo svolgimento del corso.

# Cos'è la Fisica?

Dal vocabolario etimologico Treccani:

**fiṡica** s. f. [dal lat. *physĭca*, gr. φυσική, propr. femm. sostantivato dell'agg. lat. *physĭcus*, gr. φυσικός «fisico»]. –

La fisica studia i fenomeni che avvengono nel mondo naturale per darne una descrizione accurata, coerente ed oggettiva.

È una scienza **sperimentale**: partendo dalla osservazione dei fenomeni naturali si serve di esperienze per chiarire aspetti essenziali dei fenomeni stessi.

# Il metodo scientifico

Introdotto da Galileo Galilei (1564 – 1642), si articola nelle seguenti fasi:

**1. SCHEMATIZZAZIONE**

Semplificazione del fenomeno (modelli, perturbazioni, correlazioni qualitative).

**2. MISURA**

Procedure e convenzioni che consentono di associare a ogni ente fisico, individuato nella fase di schematizzazione, una grandezza fisica (DEFINIZIONE OPERATIVA).

**3. OSSERVAZIONE SPERIMENTALE**

Correlazioni quantitative tra le grandezze fisiche espresse tramite tabelle, grafici e/o formule matematiche.

**4. LEGGI FISICHE**

Individuazione di relazioni matematiche fra le grandezze fisiche coinvolte nel fenomeno (*metodo induttivo*).

**5. PREVISIONE**

Applicazione delle leggi ricavate, quando variano le condizioni del fenomeno (*metodo deduttivo*).

**6. VERIFICA SPERIMENTALE**

Verifica della capacità predittiva delle leggi fisiche.

**Metodo *induttivo* e *deduttivo* sono entrambi basati sul fatto che le grandezze coinvolte nel fenomeno siano *quantificabili*.**

# Grandezze fisiche

**Una grandezza fisica è definita (definizione operativa) se è indicato un modo operativo per misurarla e se tale misura è riproducibile.**

## MISURA

**DIRETTA**

Confronto fra grandezze omogenee

**INDIRETTA**

Utilizza grandezze diverse da quella da misurare ma legate ad essa tramite leggi

# MISURA DIRETTA

**1.** Criterio di **confronto** fra grandezze e definizione del concetto di **uguaglianza** fra grandezze **omogenee**.

**2.** Criterio di **addizione** fra grandezze **omogenee** e definizione di **multipli** e **sottomultipli**.

**3.** Definizione dell'**unità di misura** (sistema di unità di misura).

# Grandezza fisica

Tutto ciò che, essendo soggetto a variazioni quantitative, può essere sottoposto a un processo di misura **definito** e **ripetibile**.

La ripetibilità della misura implica la necessità di definire un **sistema di unità di misura** e comporta la presenza di **errori casuali**.

Le grandezze fisiche possono essere

**FONDAMENTALI**
Unità di misura scelta arbitrariamente

**DERIVATE**
Unità di misura legata a quella di altre grandezze (semplificazione struttura leggi)

# IL SISTEMA METRICO INTERNAZIONALE (SI)

| Grandezza fisica | Unità di misura | Simbolo |
|---|---|---|
| Lunghezza | metro | m |
| Massa | chilogrammo | kg |
| Tempo | secondo | s |
| Corrente | ampere | A |
| Temperatura | kelvin | K |
| Intensità luminosa | candela | Cd |
| Quantità di sostanza | mole | mol |

# ALCUNE DEFINIZIONI OPERATIVE

**secondo**

è la durata di 9 192 631 770 periodi della radiazione emessa dall'atomo di Cesio 133

**metro**

corrisponde alla distanza percorsa dalla luce nel vuoto in un intervallo di tempo di $(299\ 792\ 458)^{-1}$ s

**chilogrammo**

è la massa del prototipo internazionale conservato al Pavillon de Breteuil (Sèvres, Francia).

A prescindere dall'unità di misura scelta, esistono **relazioni ben definite fra grandezze fondamentali e derivate**.

**Esempio:**

L'*area* è una grandezza derivata della *lunghezza* e ha come unità di misura il $m^2$.

Se prendessimo come unità di misura l'area del cerchio di raggio 1 m, allora l'area del cerchio di raggio $r$ sarebbe data dalla formula $A = r^2$.

Di conseguenza, l'area del rettangolo di lati a e b avrebbe area data dalla formula $A = ab/\pi$.

**L'area di una qualunque figura piana è proporzionale al prodotto di due lunghezze.**

# EQUAZIONE DIMENSIONALE

$$[A]=[L]\cdot[L]=\left[L^2\right]$$

In generale, data una grandezza derivata *D* e le fondamentali $F_i$ da cui è ottenuta, si ha:

$$D=k\prod_i F_i^{\alpha_i} \quad \Rightarrow \quad [D]=\prod_i [F_i]^{\alpha_i}$$

dove *k* è una costante.

Le dimensioni di una grandezza fisica sono sempre esprimibili come prodotto o quoziente di potenze delle grandezze fisiche fondamentali del sistema di unità di misura usato.

- Le grandezze fisiche possono essere **sommate** soltanto se sono fra loro **omogenee**.

- Grandezze fisiche diverse possono essere combinate solo con operazioni di **moltiplicazione** ed **elevamento a potenza con esponente adimensionale**.

- L'**uguaglianza** fra grandezze fisiche, o loro funzioni, all'interno di una legge fisica è possibile solo se i due termini hanno dimensioni coincidenti (**coefficienti e costanti dimensionali**).

- Se compaiono come **argomento di funzioni**, le grandezze fisiche devono essere combinate in modo **adimensionale**.

$$\sin x = x - \frac{1}{6}x^3 + \ldots$$ *x* deve essere adimensionale.

## Esempio:

Un pendolo è costituito da una pallina di piombo di massa *m* appesa ad un filo di lunghezza *l*. Il periodo *T* di oscillazione si può misurare con un cronometro.

Grandezze coinvolte: ***m***, ***l***, ***g***.

$$T = c l^{\alpha} m^{\beta} g^{\gamma}$$

$$\Rightarrow \quad [T] = \left[L^{\alpha}\right]\left[M^{\beta}\right]\left[\left(LT^{-2}\right)^{\gamma}\right]$$

da cui: $\beta = 0 \quad \gamma = -1/2 \quad \alpha = -\gamma = 1/2$

$$\Rightarrow \quad T = c\sqrt{\frac{l}{g}}$$

con *c* costante adimensionale da determinare sperimentalmente

## Esempio:

Si valuti mediante analisi dimensionale la “forza centripeta” che agisce per mantenere in moto un corpo di massa *m* su una circonferenza di raggio *R* con velocità costante in modulo.

Grandezze coinvolte: ***m***, ***R***, ***v***.

$$F = c m^{\alpha} v^{\beta} R^{\gamma}$$

$$\Rightarrow \quad \left[MLT^{-2}\right] = \left[M^{\alpha}\right]\left[L^{\beta}T^{-\beta}\right]\left[L^{\gamma}\right]$$

da cui: $\beta = 2 \quad \gamma = -1 \quad \alpha = 1$

$$\Rightarrow \quad F = cm\frac{v^2}{R}$$

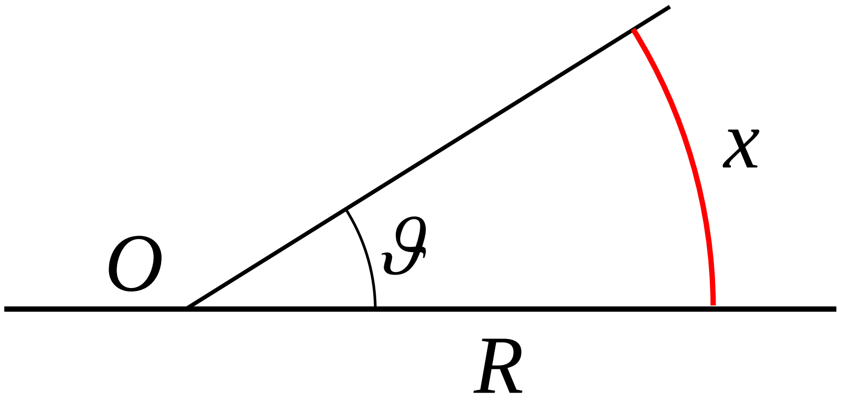
con *c* costante adimensionale da determinare sperimentalmente

# GRANDEZZE DERIVATE DALLA LUNGHEZZA

## 1. ANGOLO

È una grandezza derivata adimensionale che può essere espressa in gradi o radianti ed è definita come segue:

$$\vartheta = \frac{x}{R}$$



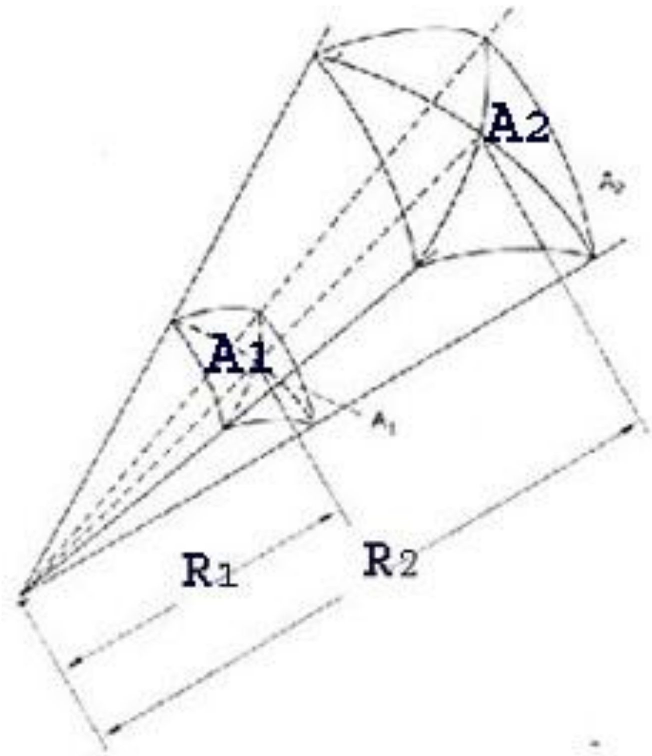

Per convertire da gradi in radianti e viceversa si utilizza la seguente relazione:

$$\frac{\vartheta_{\text{gradi}}}{360^\circ} = \frac{\vartheta_{\text{radianti}}}{2\pi}$$

# 2. ANGOLO SOLIDO

Estende allo spazio tridimensionale il concetto di angolo piano. È una grandezza derivata adimensionale espressa in steradianti e definita come segue:

$$\Omega = \frac{A_1}{R_1^2} = \frac{A_2}{R_2^2} = \dots$$




Se l'area non è normale al raggio

$$\Omega = \frac{A}{R^2} \cos \alpha$$

con α angolo fra il raggio e la normale alla superficie.

# CAMBIAMENTO UNITA' DI MISURA

Data una grandezza $g_1$ con misura $\{g_1\}$, dimensione $G_1$ ed unità di misura $[G_1]$, per convertirla in una nuova unità di misura $[G_2]$ si usa la seguente equazione:

$$g_1 = \{g_1\}[G_1] = \{g_2\}[G_2]$$

da cui si ha che

$$\{g_2\} = \{g_1\}\frac{[G_1]}{[G_2]}$$

dove, se $[G_1]$ e $[G_2]$ sono dimensionalmente uguali, risulteranno in una costante $k$, per cui:

$$\{g_2\} = \{g_1\}k$$

**esempio:**

Esprimere la densità dell'acqua, $\rho = 1.00 \cdot 10^3 \ \ \mathrm{kg}/\mathrm{m}^3$, in $\mathrm{g}/\mathrm{cm}^3$:

$$1.00 \cdot 10^3 \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3} = 1.00 \cdot 10^3 \frac{10^3\,\mathrm{g}}{\left(10^2\,\mathrm{cm}\right)^3} = 1.00 \cdot 10^3 \frac{10^3\,\mathrm{g}}{10^6\,\mathrm{cm}^3} = 1.00 \frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3}$$

Possiamo ottenere lo stesso risultato nel seguente modo:

$$1.00 \cdot 10^3 \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3} = 1.00 \cdot 10^3 \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3} \cdot \frac{10^3\,\mathrm{g}}{1\mathrm{kg}} \cdot \left(\frac{1\mathrm{m}}{10^2\,\mathrm{cm}}\right)^3$$

$$= 1.00 \cdot 10^3 \frac{10^3}{10^6} \cdot \left( \frac{\cancel{\mathrm{kg}}}{\cancel{\mathrm{m}^3}} \frac{\mathrm{g}}{\cancel{\mathrm{kg}}} \frac{\cancel{\mathrm{m}^3}}{\mathrm{cm}^3} \right) = 1.00 \frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3}$$

# Grandezze fisiche: classificazione

**SCALARI**

Completamente definite da un numero e l'unità di misura

**VETTORIALI**

Completamente definite da:
- modulo e unità di misura;
- direzione;
- verso.

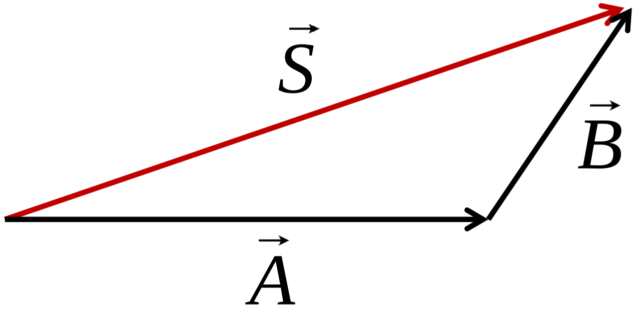
I **vettori** si rappresentano con segmenti orientati:
- la lunghezza del vettore, in base a una certa unità, è proporzionale al modulo;
- la direzione del vettore è quella del segmento;
- il verso è indicato dall'orientazione del segmento.

# OPERAZIONI CON I VETTORI

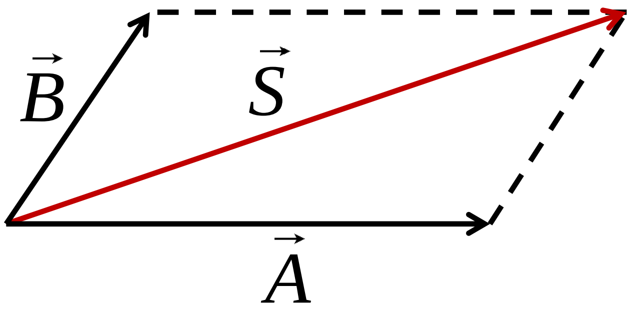
## SOMMA

- metodo punta coda e del parallelogramma;
- proprietà commutativa;
- proprietà associativa;
- esiste l'elemento neutro.

$$\vec{S} = \vec{A} + \vec{B}$$

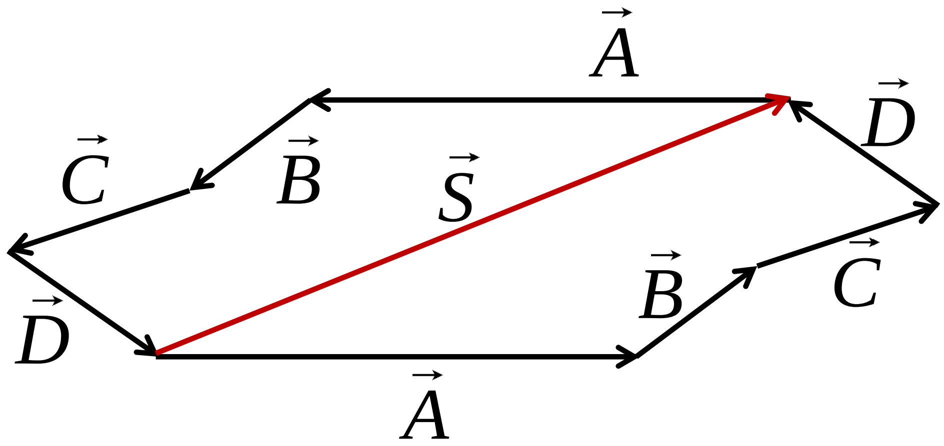



punta coda

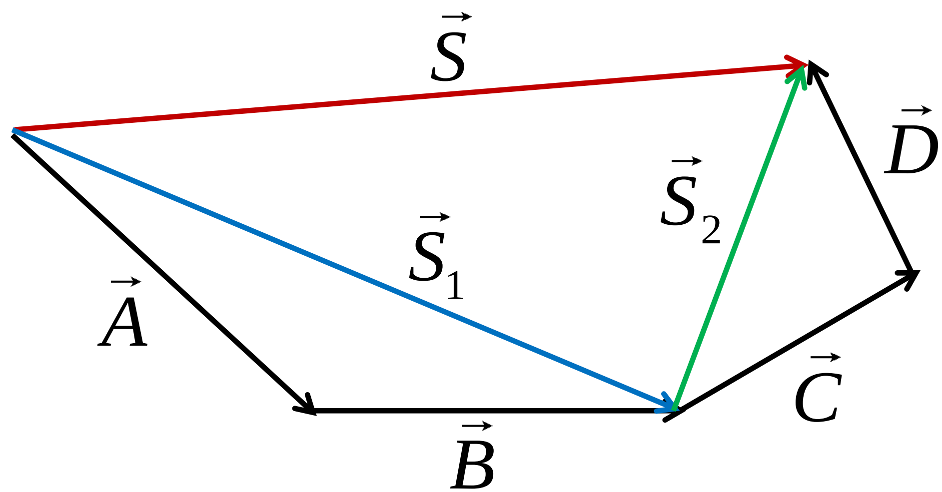



parallelogramma

Proprietà commutativa: $\vec{S} = \vec{A} + \vec{B} + \vec{C} + \vec{D} = \vec{D} + \vec{C} + \vec{B} + \vec{A}$



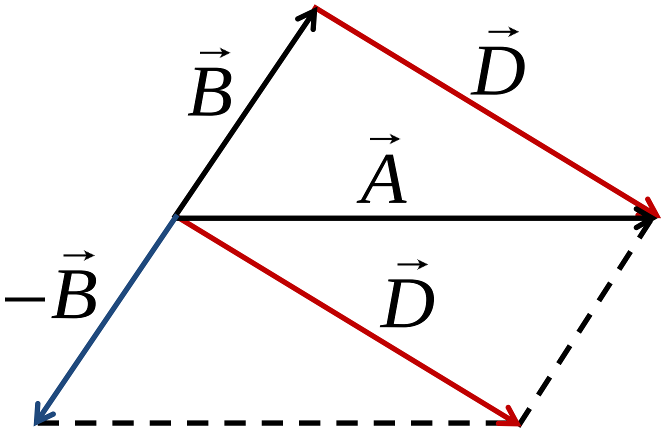

Proprietà associativa: $\vec{S} = \left(\vec{A} + \vec{B}\right) + \left(\vec{C} + \vec{D}\right) = \vec{S}_1 + \vec{S}_2$



## DIFFERENZA

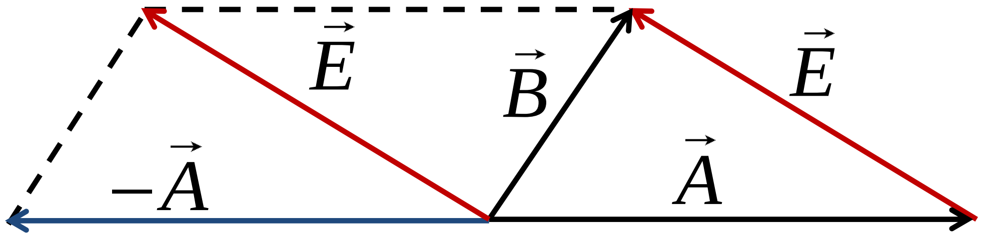
$$\vec{D} = \vec{A} - \vec{B}$$

$$\vec{A} = \vec{D} + \vec{B}$$




$$\vec{E} = \vec{B} - \vec{A}$$

$$\vec{B} = \vec{E} + \vec{A}$$



# PRODOTTO

**1.** Se moltiplichiamo un **vettore per uno scalare**, $a \cdot \vec{A}$ otteniamo un vettore $\vec{A}'$. Il vettore risultante ha:

- La stessa direzione di $\vec{A}$;
- Stesso verso se $a > 0$, oppure verso opposto se $a < 0$ ;
- Modulo paria $a\left|\vec{A}\right|$.

⇩

**Ogni vettore può essere rappresentato come il prodotto di un vettore per uno scalare:**

$$\vec{A} = \left|\vec{A}\right| \vec{e}_A$$

**VETTORE UNITARIO (VERSORE)**

$\hat{e}_{\bullet} \rightarrow$ I versori sono **adimensionali** e si rappresentano, per convenzione, con una notazione specifica.

In generale, possono essere relazionati con qualsiasi direzione o curva nello spazio. Per esempio:

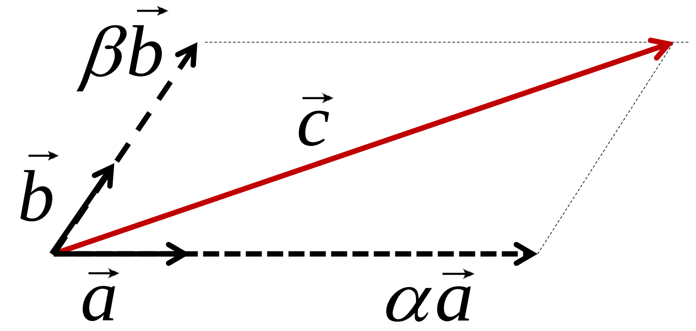
- $\hat{e}_x, \ \hat{e}_y, \ \hat{e}_z$ indicano i versori degli assi $x, \ y, \ z$ di un sistema di riferimento cartesiano;

- $\hat{e}_n, \ \hat{e}_t$ indicano rispettivamente il versore normale e tangente a una curva.

**Importante!**

Dati tre vettori complanari con diversa direzione, ognuno di essi può essere rappresentato come combinazione lineare degli altri due:

$$\vec{c} = \alpha\vec{a} + \beta\vec{b}$$

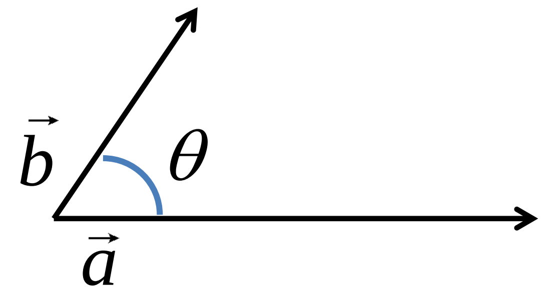



con $\alpha$, $\beta$ scalari che determinano univocamente il vettore.

**Dati tre vettori non tutti complanari, ogni altro vettore è esprimibile come loro combinazione lineare.**

$$\vec{d} = \alpha\vec{a} + \beta\vec{b} + \gamma\vec{c}$$

**2.** Dati due vettori, il **prodotto scalare** fra essi ha come risultato uno scalare.




$$\vec{a} \cdot \vec{b} = ab\cos\theta$$

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = 0$$

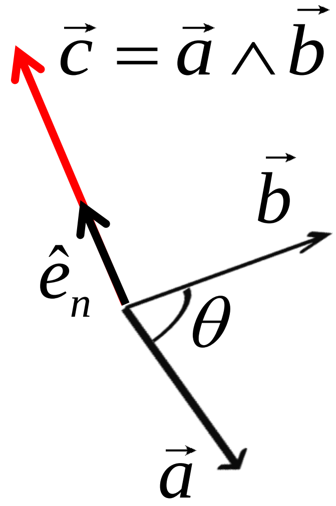
**CONDIZIONE DI ORTOGONALITA'**

$$\vec{a} \cdot \vec{a} = a^2$$

**QUADRATO DEL MODULO DEL VETTORE**

**3.** Dati due vettori, il **prodotto vettoriale** fra essi ha come risultato un vettore.

$$\vec{c} = \vec{a} \wedge \vec{b}$$
$$= ab\sin\theta \cdot \hat{e}_n$$
$$|\vec{c}| = ab\sin\theta$$




- La direzione del vettore risultante è **normale** al piano che contiene i due vettori moltiplicati fra loro;
- Il verso è definito dalla regola della mano destra.

## Proprietà:

- Condizione di parallelismo

$$\vec{A} \wedge \vec{B} = 0$$

- È anticommutativo

$$\vec{A} \wedge \vec{B} = -\vec{B} \wedge \vec{A}$$

- Moltiplicazione per uno scalare

$$c\left(\vec{A} \wedge \vec{B}\right) = c\vec{A} \wedge \vec{B} = \vec{A} \wedge c\vec{B}$$

- Proprietà distributiva

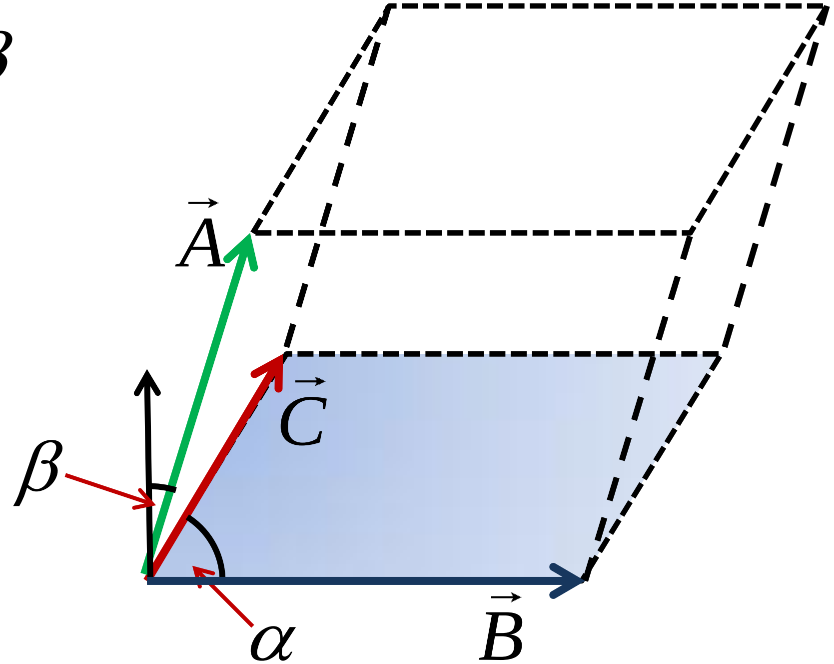
$$\vec{A} \wedge \left(\vec{B} + \vec{C}\right) = \vec{A} \wedge \vec{B} + \vec{A} \wedge \vec{C}$$

**4.** Prodotto misto **scalare** e **vettoriale** (prodotto triplo).

$$\vec{A}\cdot\vec{B}\wedge\vec{C}=A\left[BC\sin\alpha\right]\cos\beta$$

Non servono parentesi perché non c'è ambiguità nell'ordine delle operazioni.

Il prodotto misto ha il significato di un **volume** orientato.




Il modulo non cambia permutando i vettori. Il segno cambia come indicato:

$$\vec{A}\cdot\vec{B}\wedge\vec{C}=\vec{B}\cdot\vec{C}\wedge\vec{A}=\vec{C}\cdot\vec{A}\wedge\vec{B}=$$

$$=-\vec{B}\cdot\vec{A}\wedge\vec{C}=-\vec{A}\cdot\vec{C}\wedge\vec{B}=-\vec{C}\cdot\vec{B}\wedge\vec{A}$$