



FISICA

CdS Scienze Biologiche

Stefania Spagnolo

Dip. di Matematica e Fisica "Ennio De Giorgi"

<http://www.dmf.unisalento.it/~spagnolo>

stefania.spagnolo@le.infn.it

(please, usate **oggetto/subject: CdSBiologia**)

Diario del programma e delle lezioni svolte

http://www.dmf.unisalento.it/~spagnolo/Fis_ScienzeBiologiche_2017-18.htm

PROGRAMMA

http://www.dmf.unisalento.it/~spagnolo/Fis_SienzeBiologiche_2017-18.htm

- Introduzione
- Meccanica
- Fluidi
- Eletticità e Magnetismo
- Ottica geometrica
- Termodinamica



Corso di insegnamento **"Fisica"**
Corso di Laurea in Scienze Biologiche
AA 2017-2018 – docente titolare: [Stefania Spagnolo](#)

Informazioni e
diario delle
lezioni

Il Semestre del primo anno di Corso.
Crediti 6 (5 di Lezioni [5x8 ore] e 1 di esercitazioni [12 ore])
[Link](#) all'orario.

1) Contenuti del Corso

Elementi di

- Meccanica,
- Fluidi,
- Eletticità e Magnetismo,
- Ottica geometrica,
- Termodinamica

[Dettaglio delle lezioni](#)

26 lezioni da 2 ore
di cui, da programma,
6 lezioni di esercitazione

In realtà altre esercitazioni saranno
sparse nelle "lezioni"

PROGRAMMA

http://www.dmf.unisalento.it/~spagnolo/Fis_SienzeBiologiche_2017-18.htm

- Introduzione
- Meccanica
- Fluidi
- Elettricità e Magnetismo
- Ottica geometrica
- Termodinamica

dettagli soggetti ad
aggiustamenti

Modalità di valutazione

2) Modalità di valutazione degli studenti

Prova scritta, con problemi e domande concettuali.

Gli studenti frequentanti potranno sostenere due prove parziali, una nella settimana di stop delle lezioni e l'altra immediatamente dopo la fine del corso, invece della prova scritta.

L'esame si intende superato se:

- la votazione riportata nella prova scritta è ≥ 18
 - con un punteggio minimo di 9 sulla parte relativa a problemi e un punteggio minimo di 9 sulla parte relativa a quesiti teorico-concettuali
- la media delle votazioni riportate nelle due prove parziali è ≥ 18
 - con un punteggio minimo di 9 sulla parte relativa a problemi e un punteggio minimo di 9 sulla parte relativa a quesiti teorico-concettuali
 - sono ammessi a sostenere la seconda prova parziale gli studenti che abbiano riportato una votazione ≥ 15 nella prima prova

Chi voglia cercare di migliorare il voto riportato nella prova scritta (di non più di 3 punti) può sostenere l'esame orale.

3) Modalità di prenotazione dell'esame e date degli appelli

Gli studenti possono prenotarsi per l'esame finale e le prove intermedie esclusivamente utilizzando le modalità previste dal sistema VOL.

4) Testi suggeriti

Serway, Jewett *"Elementi di Fisica"* EdiSES

PROGRAMMA

http://www.dmf.unisalento.it/~spagnolo/Fis_SienzeBiologiche_2017-18.htm

- Introduzione
- Meccanica
- Fluidi
- Eletticità e Magnetismo
- Ottica geometrica
- Termodinamica

2) Modalità di valutazione

Prova scritta, con prova orale.

Gli studenti frequentano le lezioni e l'altra immediatamente dopo la fine del corso, invece della prova scritta.

L'esame si intende superato se:

- la votazione riportata nella prova scritta è ≥ 18

- con un punteggio minimo di 9 sulla parte relativa a problemi e un punteggio minimo di 9 sulla parte relativa a quesiti teorico-concettuali

- la media delle votazioni riportate nelle due prove parziali è ≥ 18

- con un punteggio minimo di 9 sulla parte relativa a problemi e un punteggio minimo di 9 sulla parte relativa a quesiti teorico-concettuali
 - sono ammessi a sostenere la seconda prova parziale gli studenti che abbiano riportato una votazione ≥ 15 nella prima prova

Chi voglia cercare di migliorare il voto riportato nella prova scritta (di non più di 3 punti) può sostenere l'esame orale.

3) Modalità di prenotazione dell'esame e date degli appelli

Gli studenti possono prenotarsi per l'esame finale e le prove intermedie esclusivamente utilizzando le modalità previste dal sistema VOL.

4) Testi suggeriti

Serway, Jewett "Elementi di Fisica" EdiSES

Tra le raccolte di appunti / lezioni / esercizi di Fisica per Biologia di colleghi seleziono/userò:

M. Taiuti, M.T. Tuccio "Appunti di Fisica per Biologia" in

<http://www.fisica.unige.it/~biologia/NOfisica.html> (Università di Genova)

M. De Palma, <http://www.ba.infn.it/~depalma/lezioni/> (INFN Bari)

 Testi

Risorse
online

PROGRAMMA

- **Introduzione** →
 - sistemi di riferimento, vettori, grandezze fondamentali, unità di misura
- Meccanica
- Fluidi
- Eletticità e Magnetismo
- Ottica geometrica
- Termodinamica

Impossessarsi degli **strumenti matematici** per la **descrizione quantitativa** dei fenomeni

Oltre la matematica:
Numeri ↔ **misure**
di grandezze fisiche

PROGRAMMA

- Introduzione
- **Meccanica**
- Fluidi
- Eletticità e Magnetismo
- Ottica geometrica
- Termodinamica

Impossessarsi
degli **strumenti**
della fisica per la
descrizione
di un sistema

- Cinematica del punto materiale (velocità costante e accelerazione costante)
- Forza e massa; le tre leggi di Newton; forza peso e forze di attrito; moto circolare uniforme
- Lavoro di una forza; energia cinetica e teorema dell'energia cinetica
- Energia potenziale, forze conservative e non conservative;
- Conservazione dell'energia; sistemi isolati e non; conservazione della quantità di moto
- Legge della gravitazione universale
- Fenomeni ondulatori
- **esercizi**

PROGRAMMA

- Introduzione
- Meccanica
- **Fluidi**
- Eletticità e Magnetismo
- Ottica geometrica
- Termodinamica

- 
- idrostatica e idrodinamica dei fluidi ideali
 - fluidi reali, viscosità, tensione superficiale e capillarità
 - **applicazioni**
 - **esercizi**

**sistemi fisici importanti
per un biologo:**

sangue, linfa, ...

PROGRAMMA

- Introduzione
- Meccanica
- Fluidi
- **Elettricità e Magnetismo**
- Ottica geometrica
- Termodinamica

studio di un'interazione
fondamentale
alla base di
numerosissime
applicazioni tecnologiche

- forza di Coulomb, campo elettrico e potenziale elettrostatico
- legge di Gauss, conduttori all'equilibrio elettrostatico, condensatore piano
- correnti elettriche stazionarie, resistenza, legge di Ohm, carica e scarica di un condensatore
- campi magnetici, forza su una carica in movimento, su un tratto di filo percorso da corrente, legge di Ampere
- legge di induzione elettromagnetica, caratteristiche generali delle equazioni di Maxwell
- **esercizi**

PROGRAMMA

- Introduzione
- Meccanica
- Fluidi
- Eletticità e Magnetismo
- **Ottica geometrica**
- Termodinamica

principi alla base di
**strumentazione di
ampio utilizzo in
biologia**

- la luce (lunghezza d'onda), approssimazioni dell'ottica geometrica, riflessione e rifrazione, specchio piano
- lente sottile, microscopio, potere risolutivo di uno strumento ottico
- **esercizi**

PROGRAMMA

- Introduzione
- Meccanica
- Fluidi
- Eletticità e Magnetismo
- Ottica geometrica
- **Termodinamica**

I sistemi biologici, al contrario di tutti gli altri sistemi fisici, sono capaci di compiere transizioni verso configurazioni a entropia più bassa

- temperatura, dilatazione termica di solidi e liquidi, schematizzazione di un gas perfetto
- calore ed energia interna, lavoro e calore nelle trasformazioni termodinamiche
- primo e secondo principio della termodinamica
- teoria cinetica dei gas
- entropia
- applicazioni
- **esercizi**

- I **sistemi biologici** sono **sistemi fisici**
 - sono soggetti a tutte le leggi della fisica

■ Esercizi

- sono parte fondamentale del processo di insegnamento comprensione delle leggi fisiche
- aiutano a fissare il significato delle **definizioni**
 - **definizioni**: descrizione non ambigua di una grandezza che interviene in un processo
- permettono di osservare praticamente le conseguenze delle **leggi fisiche**
- sviluppano l'**abilità di descrivere quantitativamente** le relazioni tra grandezze fisiche in un certo fenomeno applicando le **leggi della fisica**



Richard P.
Feynman

“Non conosci nulla fino a che non lo hai messo in pratica”

The Nobel Prize in Physics 1965 was awarded jointly to Sin-Itiro Tomonaga, Julian Schwinger and Richard P. Feynman *“for their fundamental work in quantum electrodynamics, with deep-ploughing consequences for the physics of elementary particles”*.

ESERCIZI: METODO PER LA RISOLUZIONE

Vedi Serway, Jewett "Strategia generale per la risoluzione dei problemi", Cap 1

■ Esercizi

■ Concettualizzazione

- comprendere la situazione, individuare tutti gli elementi noto

■ Classificazione

- semplifica e schematizza
 - un **auto in moto**, in molti problemi semplici, è *schematizzabile* come un **punto materiale** (ossia un corpo con una certa massa M di cui trascuriamo la forma e il volume) in moto

■ Analisi

- utilizzare le leggi fisiche (relazioni tra grandezze)
- problemi formali (analitici) o numerici (sono note le misure delle grandezze coinvolte)
- se ci sono valori numerici utilizzarli nell'espressione analitica ottenuta

■ Conclusione

- il risultato è plausibile ?
 - corretto dimensionalmente ? valori numerici *ragionevoli* per la nostra esperienza ?

Introduzione

*impossessarsi degli strumenti matematici
per la descrizione quantitativa dei fenomeni*

INTRODUZIONE

sistemi di riferimento,
vettori, grandezze fondamentali,
unità di misura

La descrizione di un sistema fisico molto spesso consiste nella rappresentazione del **moto di uno o più corpi** soggetti a forze.

Discutere il moto su un corpo richiede la **definizione non ambigua di una posizione nello spazio (*tridimensionale*)** e di come questa cambia nel tempo:

occorre fissare un **sistema di riferimento: un punto (Origine)** e, in generale, **tre direzioni orientate**

un punto O e tre assi perpendicolari tra loro (asse x , y e z) **Sistema di Riferimento Cartesiano**

Esistono diverse possibilità per individuare una posizione nello spazio (per esempio, il punto P in cui è collocata una pallina in quiete):

1) la terna di coordinate x_P , y_P , z_P (**le coordinate cartesiane di P**)

2) **le coordinate sferiche (r , θ , φ) di P** , dove $r > 0$ è la distanza di P da O , lungo una retta che li congiunge, $0 < \theta < 180^\circ$ e $0 < \varphi < 360^\circ$ sono angoli che misurano $\sim$ latitudine e $\sim$ longitudine...

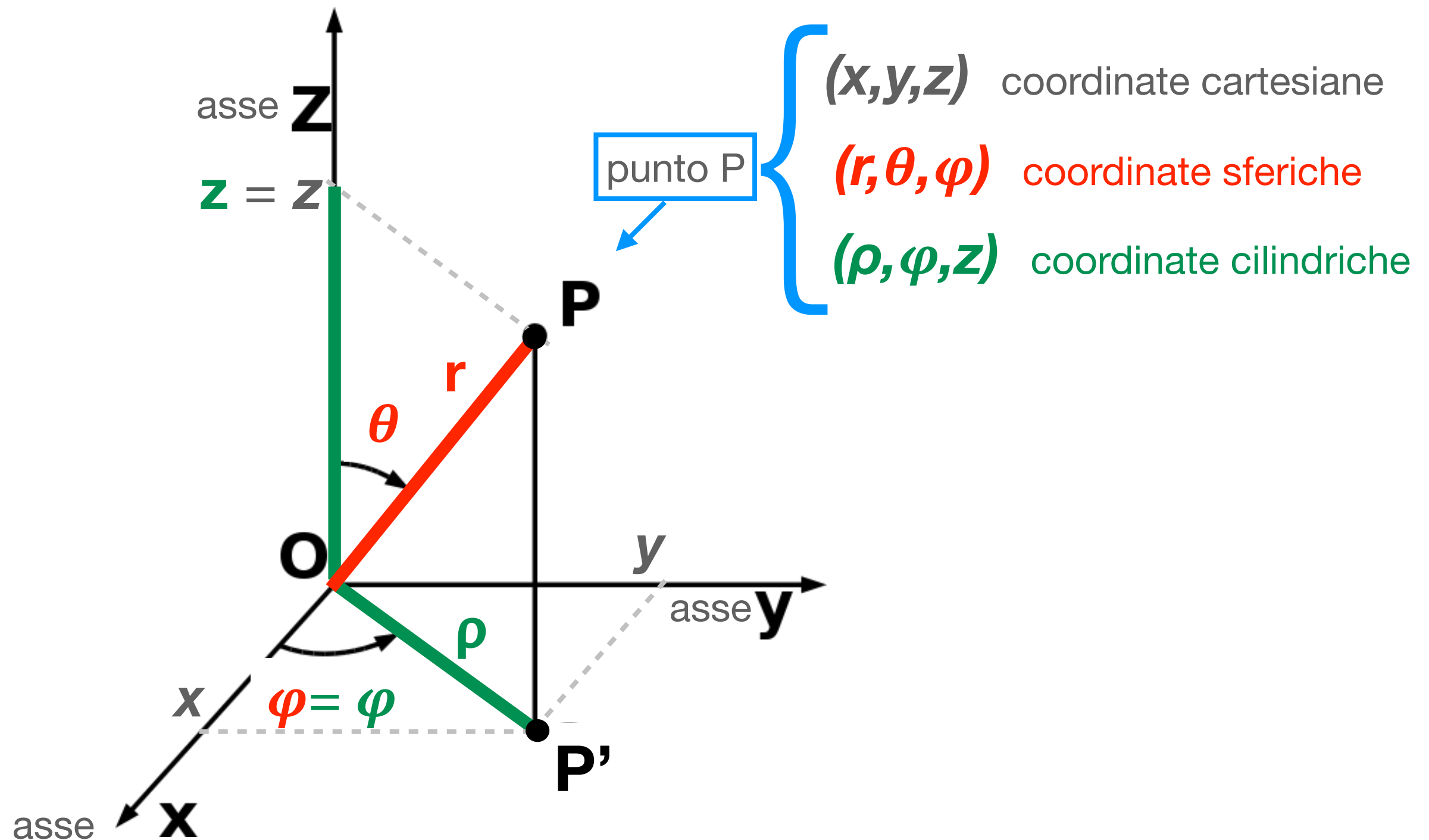
... vedi prossime slide per la definizione

3) **le coordinate cilindriche di P (ρ , φ , z)**, dove $\rho > 0$ [è la distanza da O della proiezione P' di P sul piano x - y , $0 < \varphi < 360^\circ$ è l'angolo tra l'asse x e la congiungente OP' , e z è la stessa coordinata z del sistema di coordinate cartesiane.

... vedi prossime slide per la una rappresentazione grafica

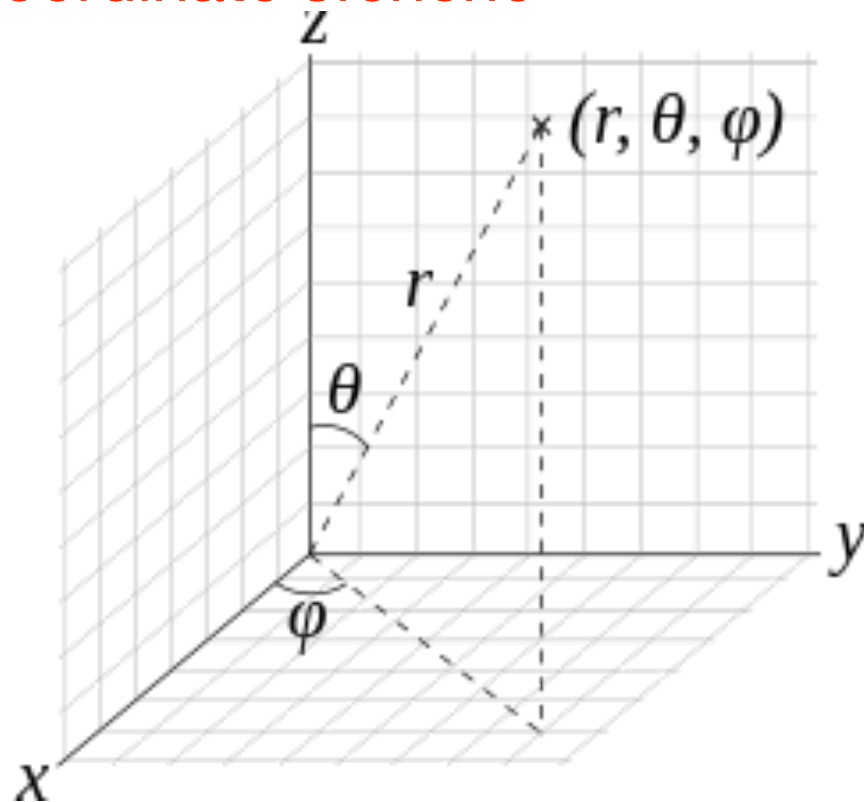
INTRODUZIONE

sistemi di riferimento,
vettori, grandezze fondamentali,
unità di misura

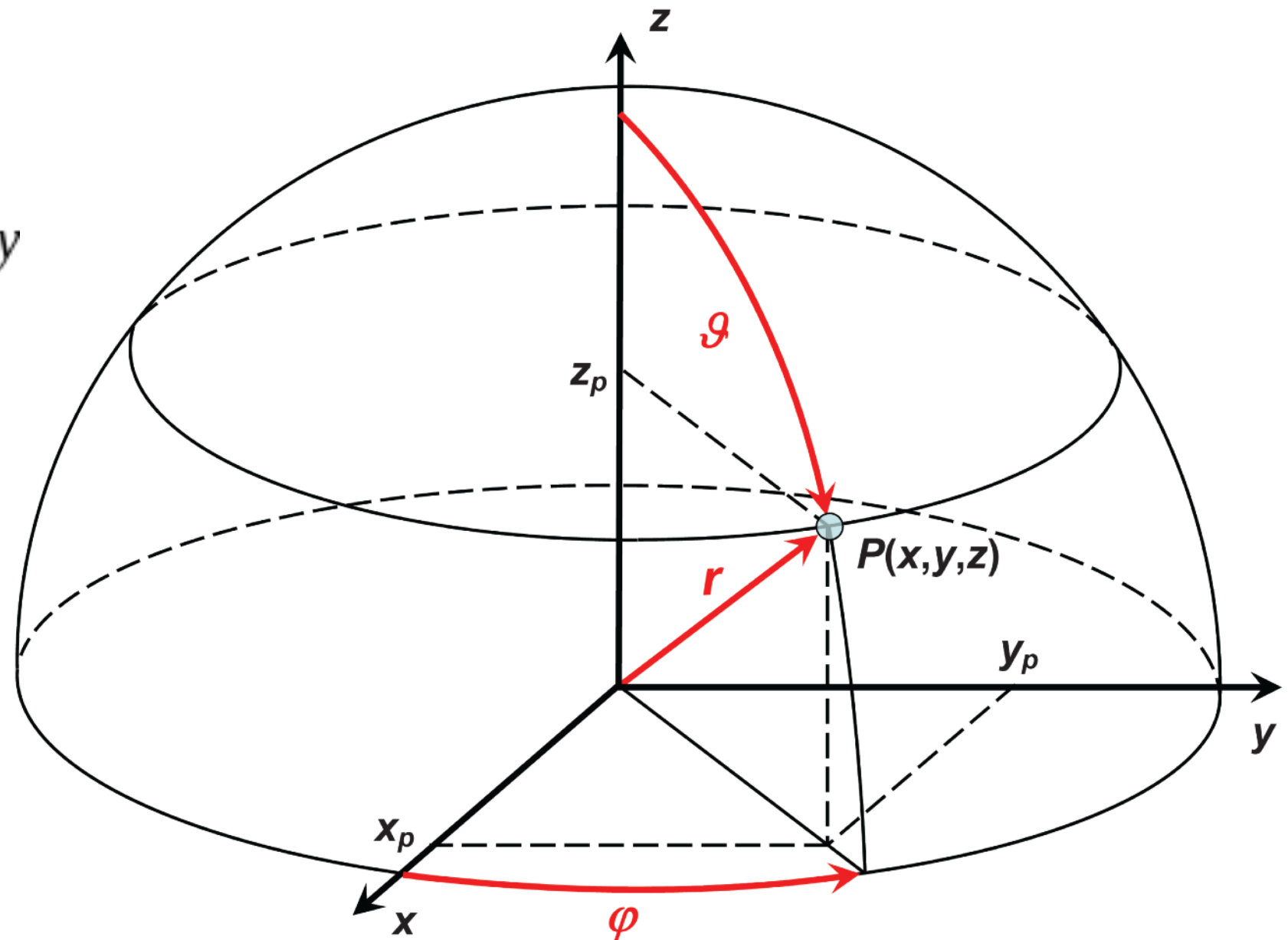


INTRODUZIONE

Coordinate sferiche



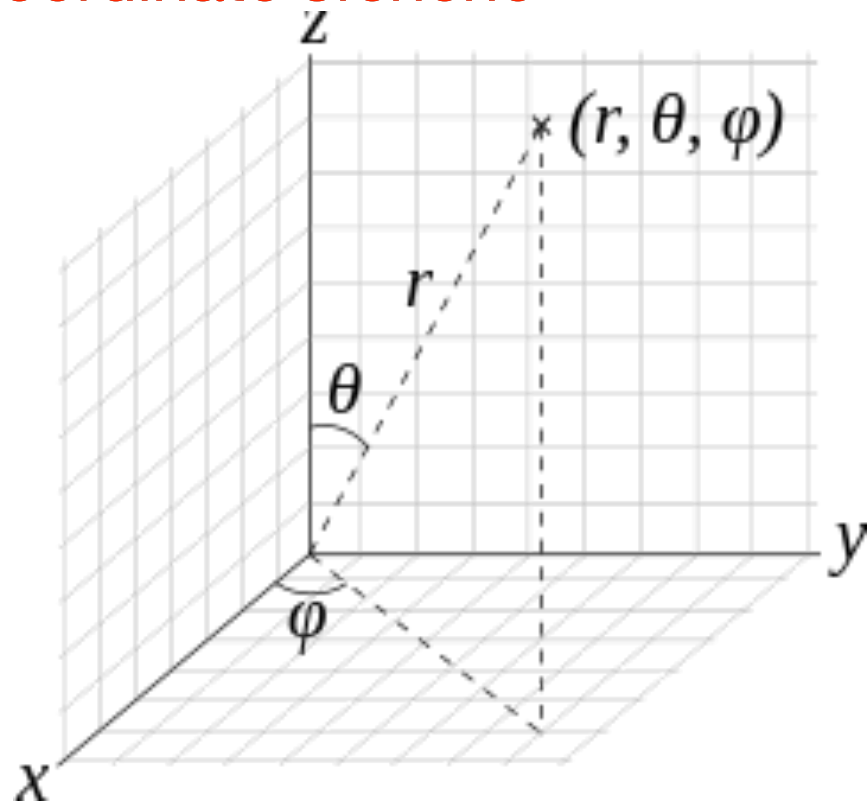
dare le coordinate sferiche di un punto P significa dire quali solo il meridiano e il parallelo della sfera di raggio r che passano per il punto P



sistemi di riferimento,
vettori, grandezze fondamentali,
unità di misura

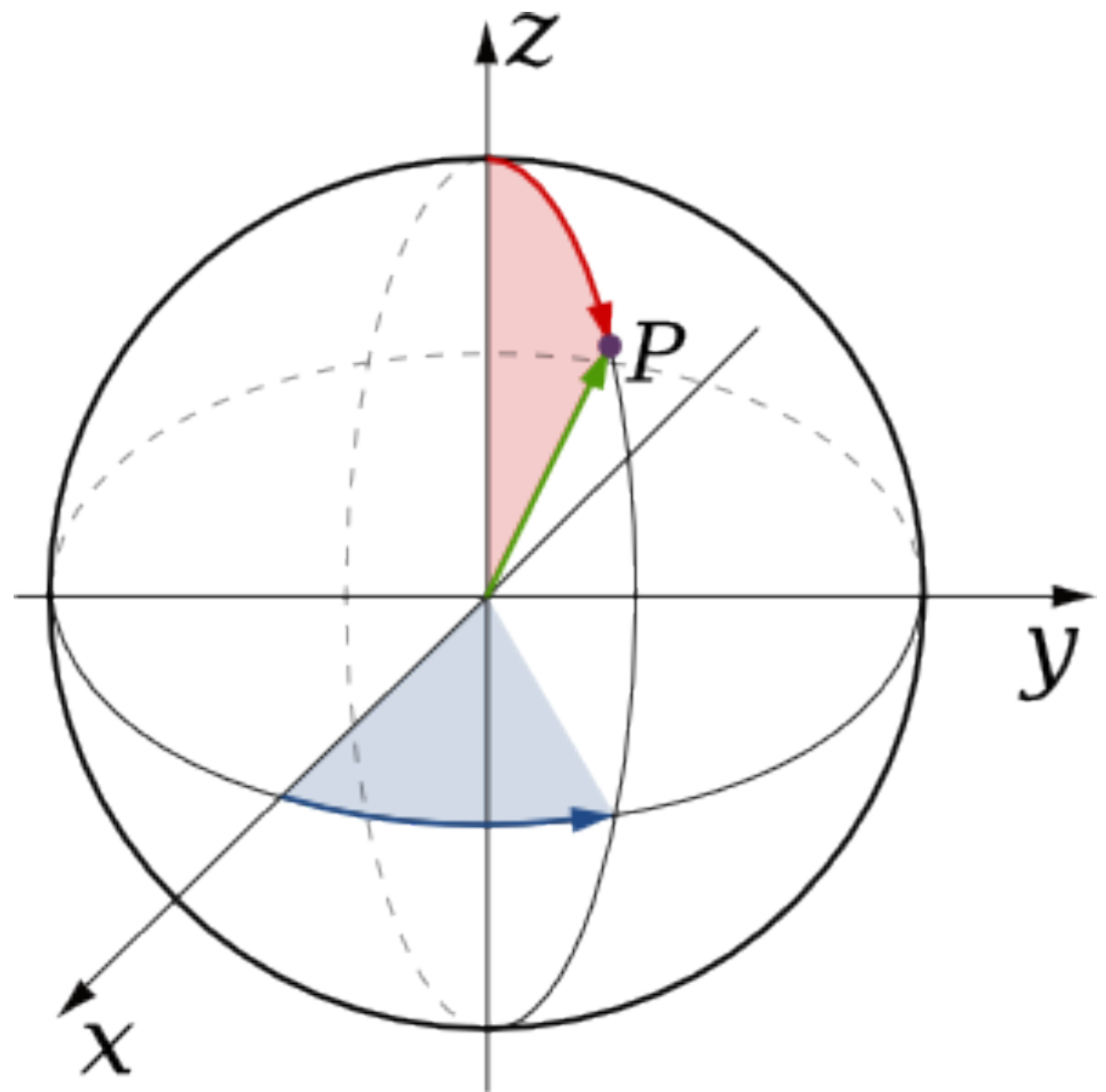
INTRODUZIONE

Coordinate sferiche



dare le coordinate sferiche di un punto P significa dire quali solo il meridiano e il parallelo della sfera di raggio r che passano per il punto P

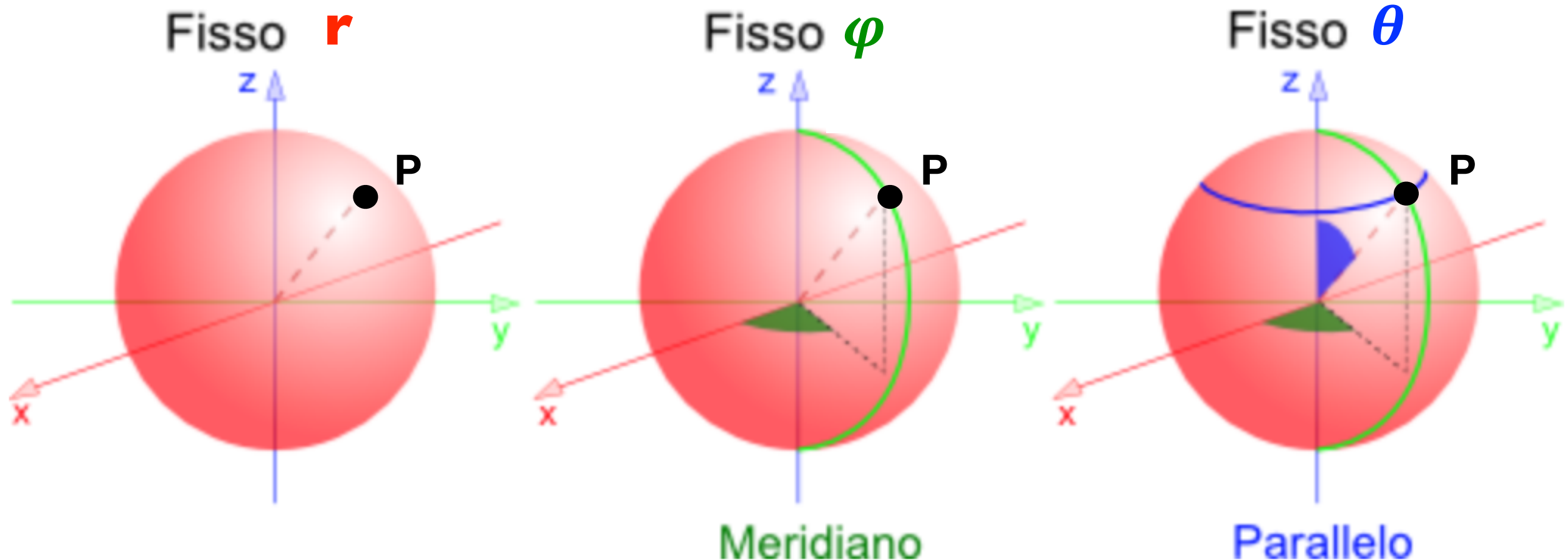
sistemi di riferimento,
vettori, grandezze fondamentali,
unità di misura



INTRODUZIONE

Coordinate sferiche

sistemi di riferimento,
vettori, grandezze fondamentali,
unità di misura



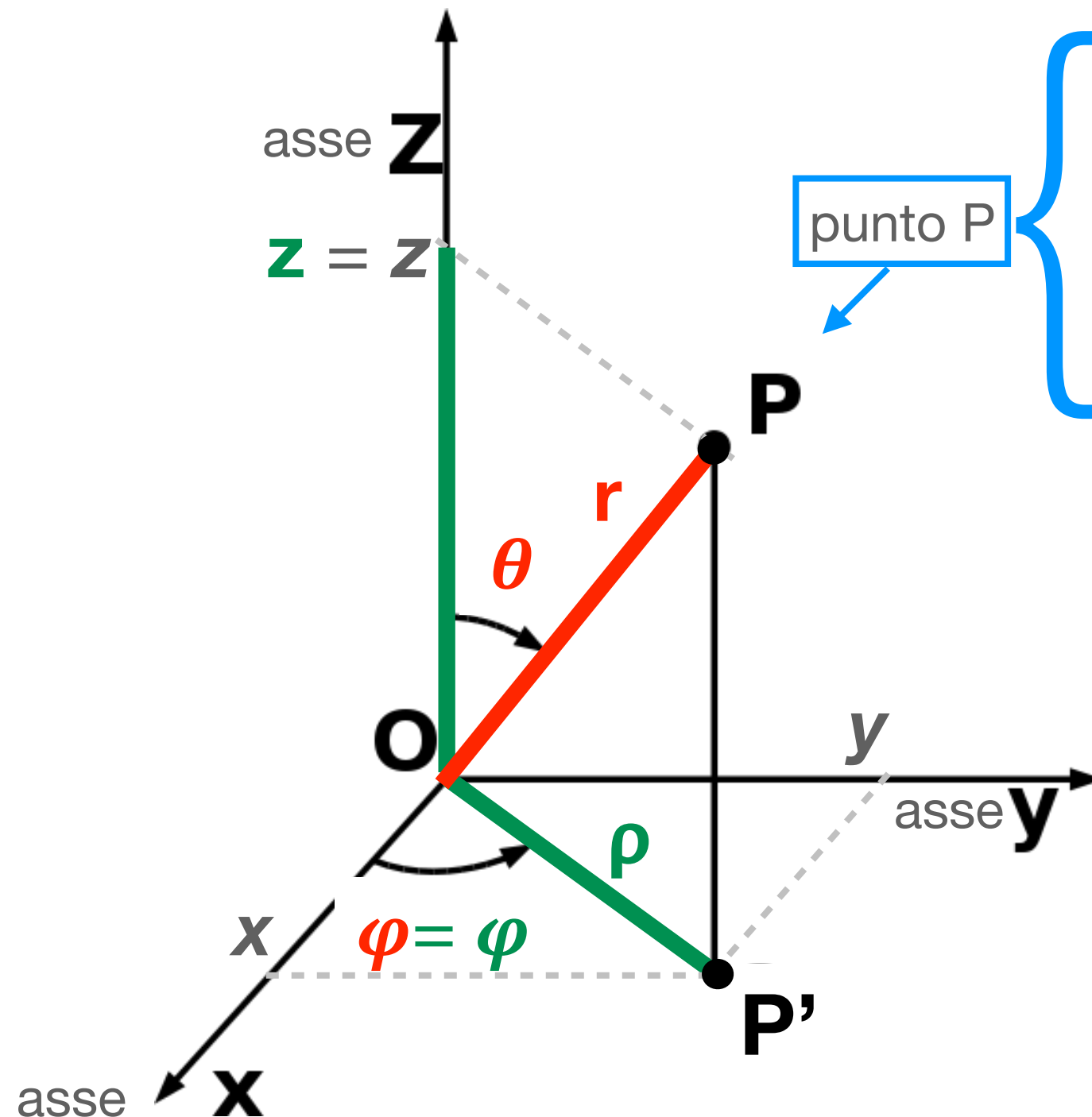
Dire che un **P** è a distanza **r** dall'origine O, equivale a dire che **P** appartiene alla **superficie sferica di raggio r** con centro in O

Dire che **P** è a distanza **r** dall'origine O e ad azimut **φ** equivale a dire che **P** è un punto sul **meridiano** in figura

Dire che **P** è a distanza **r** dall'origine O, e su una retta che forma l'angolo **θ** con l'asse z equivale a dire che **P** è un punto del **parallelo** in figura

INTRODUZIONE

sistemi di riferimento,
vettori, grandezze fondamentali,
unità di misura



punto P

(x, y, z) coordinate cartesiane
 (r, θ, φ) coordinate sferiche
 (ρ, φ, z) coordinate cilindriche

ρ è la distanza dall'asse z di P
 $\rho = \sqrt{x^2 + y^2}$

r è la distanza di P da O
 $r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$

$$\rho = r \sin \theta$$

$$z = r \cos \theta$$

$$x = \rho \cos \varphi$$

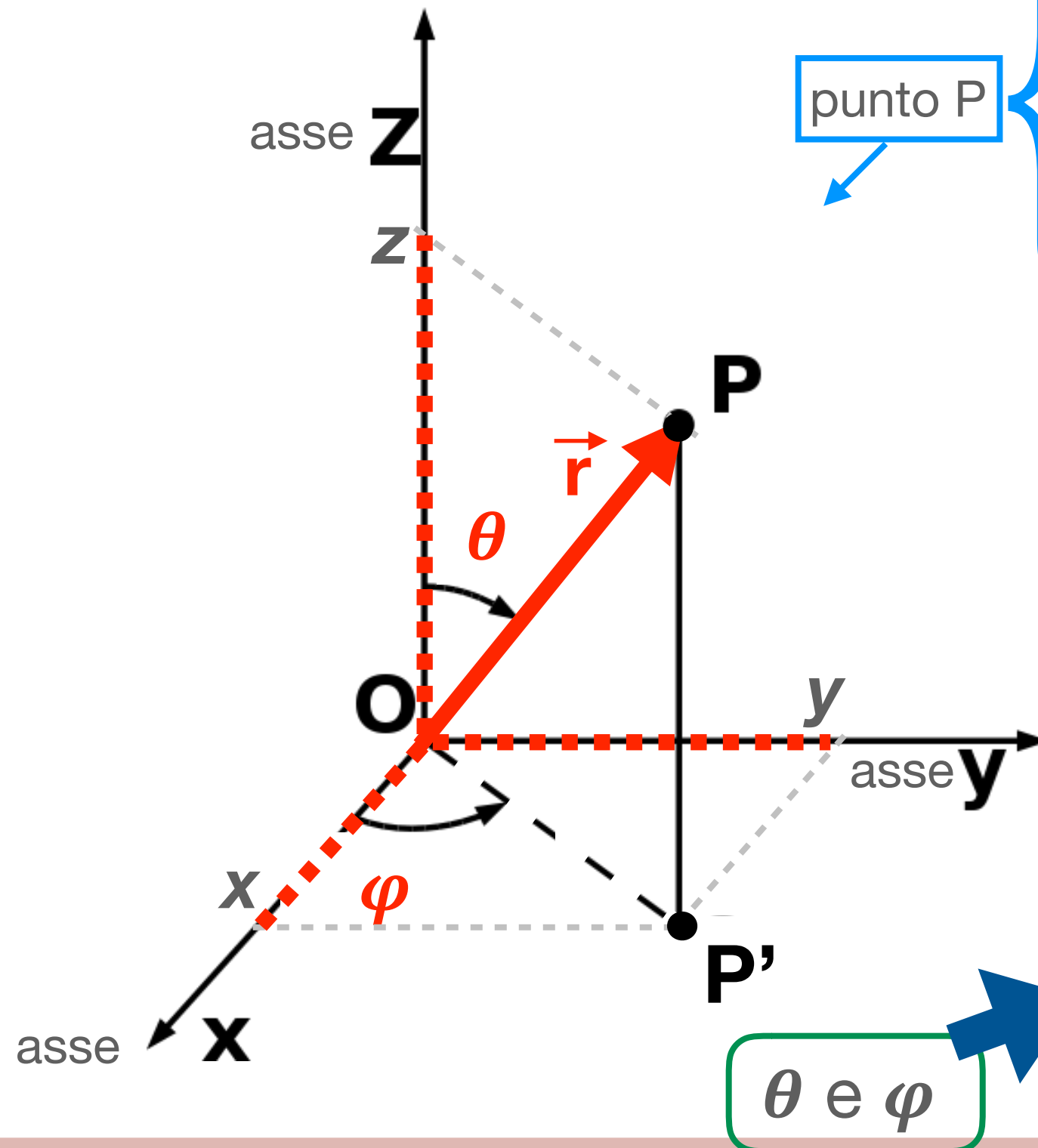
$$y = \rho \sin \varphi$$

$$\tan \varphi = y/x$$

$$\cos \theta = z/r$$

INTRODUZIONE

sistemi di riferimento,
vettori, grandezze fondamentali,
unità di misura



punto P

(x, y, z) coordinate cartesiane
 (r, θ, φ) coordinate sferiche
 (ρ, φ, z) coordinate cilindriche

Il vettore di posizione
di P $\vec{r}$ è una freccia che
dall'origine O punta
verso P

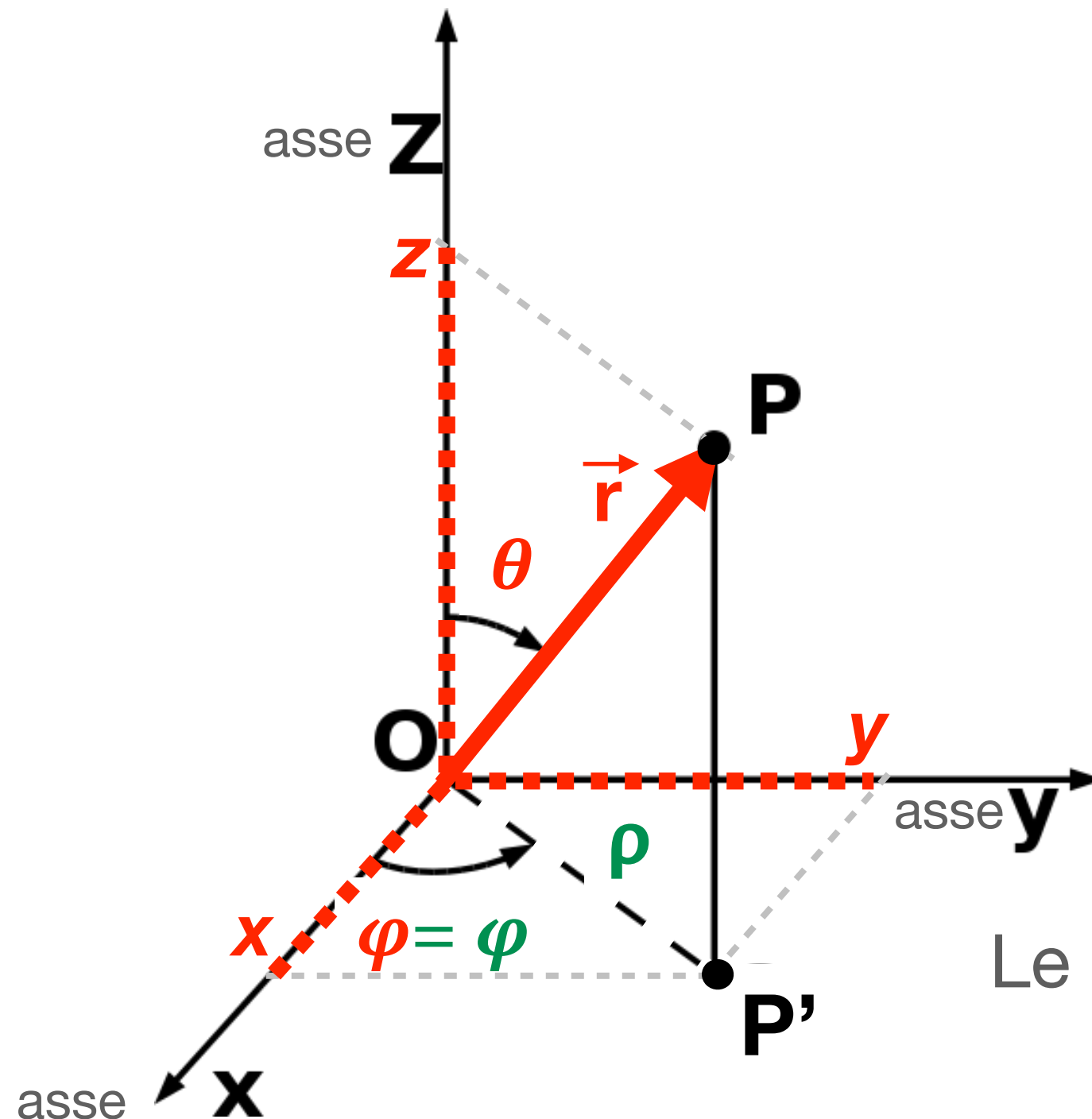
– modulo (lunghezza
della freccia) = r

– direzione
– verso (da O verso P)

θ e φ

INTRODUZIONE

sistemi di riferimento,
vettori, grandezze fondamentali,
unità di misura



Il **vettore di posizione** di P $\vec{r}$ è una freccia che dall'origine O punta verso P

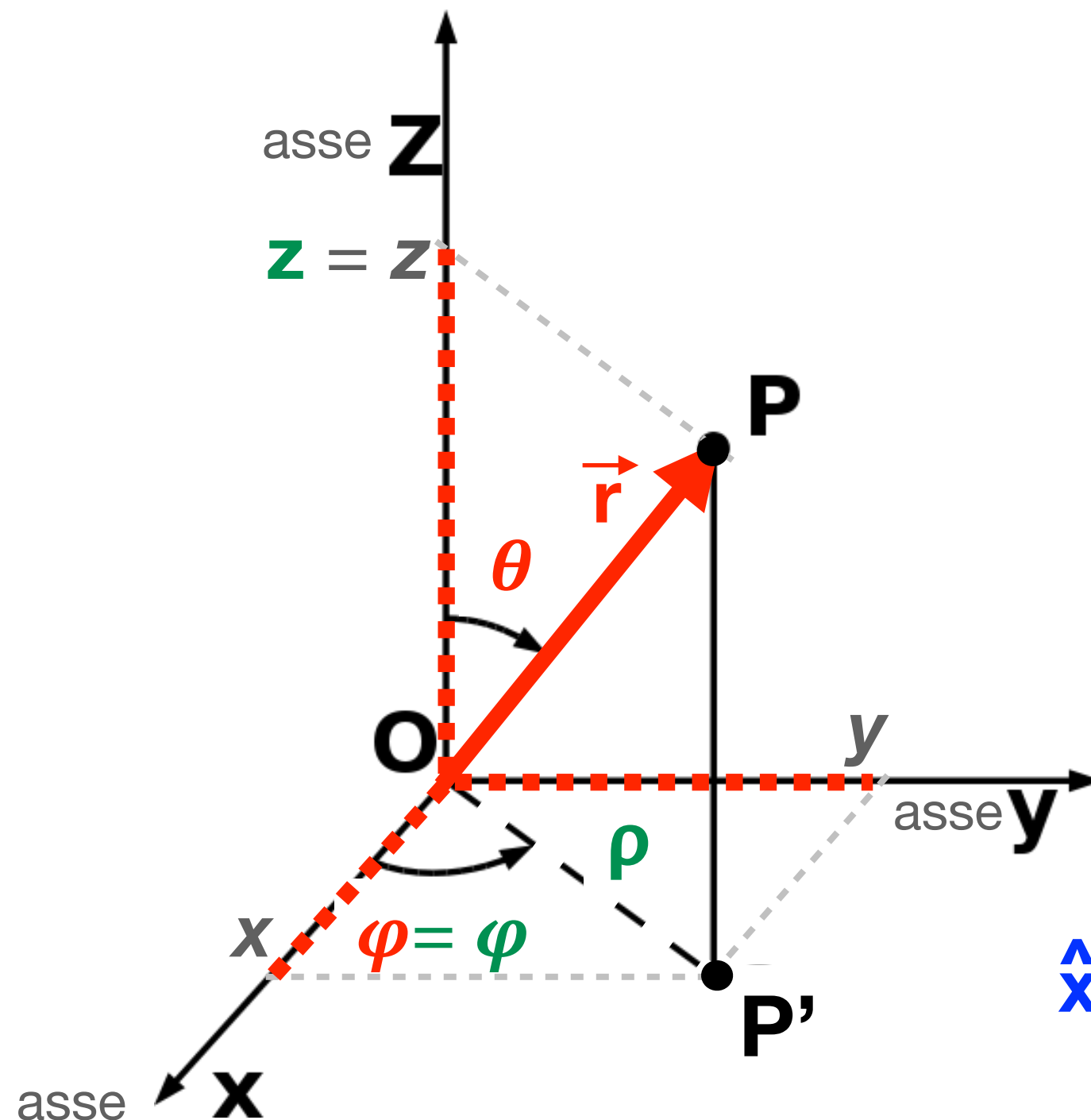
NOTA: le coordinate x, y, z del punto P sono le **proiezioni del vettore sui tre assi x, y e z**



Le proiezioni di un vettore sugli assi sono (definizione) le ***componenti del vettore***

INTRODUZIONE

sistemi di riferimento,
vettori, grandezze fondamentali,
unità di misura



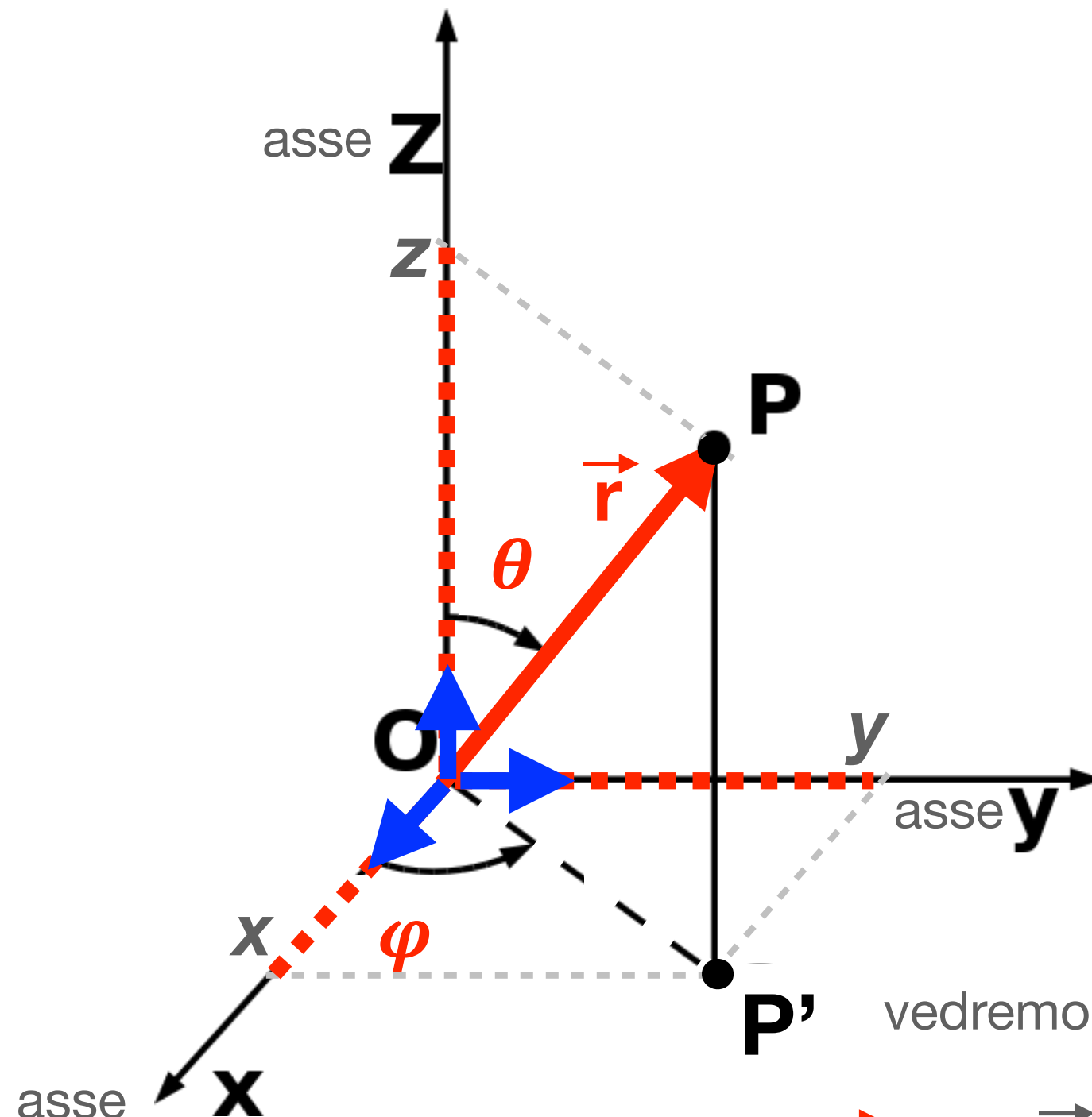
Il **vettore di posizione** di P $\vec{r}$ è una freccia che dall'origine O punta verso P

$\hat{r}$ è il **vettore di lunghezza 1** nella direzione e verso di $\vec{r}$ ← **versore**

$\hat{x}$ $\hat{y}$ $\hat{z}$ sono **versori** diretti come gli assi x, y e z

INTRODUZIONE

sistemi di riferimento,
vettori, grandezze fondamentali,
unità di misura



Il **vettore di posizione** di P $\vec{r}$ è una freccia che dall'origine O punta verso P

$\hat{r}$ è il **versore** di lunghezza 1 nella direzione e verso di $\vec{r}$

$$\vec{r} = x \hat{x} + y \hat{y} + z \hat{z}$$

vedremo poi come è definita la somma di vettori

modulo di $\vec{r}$ $\Rightarrow |\vec{r}| = r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$

INTRODUZIONE

sistemi di riferimento,
vettori, grandezze fondamentali,
unità di misura

- **Grandezze vettoriali**
 - **3 quantità** per definirle (misurarle):
 - modulo, direzione e verso
 - 3 componenti = proiezioni sui 3 assi del sistema di riferimento
 - **esempi:** posizione, velocità, forza, ... vento
 - **NOTA:** spesso le situazioni fisiche sono “**semplici**”, basta rappresentarle su un piano (2 coordinate) oppure lungo una direzione rettilinea (1 coordinata)
 - *le 3 componenti che usiamo per descriverli hanno valori che **dipendono dal sistema di riferimento***
- **Grandezze scalari**
 - **1 quantità** è sufficiente a definirle (misurarle)
 - **esempi:** temperatura, energia, massa, tempo, ... , *ma anche modulo di un vettore*
 - **NOTA:** non è importante il sistema di riferimento che scegliamo per definire il valore di grandezze scalari
 - sono **invarianti per** cambiamento di **sistema di riferimento**

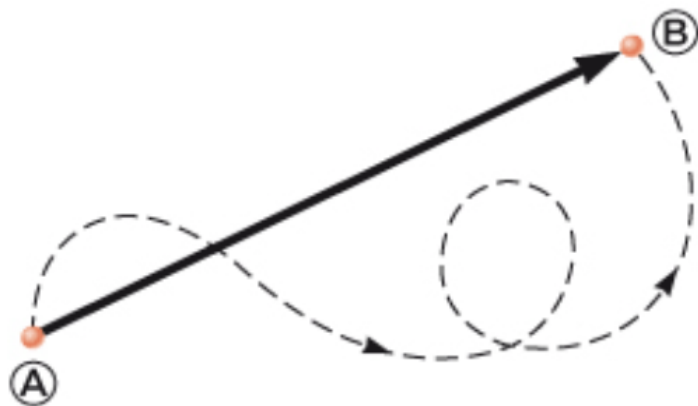
INTRODUZIONE

sistemi di riferimento,
vettori, grandezze fondamentali,
unità di misura



Supponiamo che una particella (punto materiale) si muova da un punto A ad un punto B lungo una retta

Rappresentiamo questo **spostamento** tramite una **freccia da A a B**, in cui la punta della freccia indica il verso dello spostamento e la lunghezza della freccia rappresenta il modulo dello spostamento



Se il punto materiale descrive un qualche **altro percorso** da A a B, quale quello tratteggiato, il suo **spostamento è ancora il vettore da A a B**.

Il vettore spostamento lungo qualsiasi **percorso non rettilineo da A a B** è definito come equivalente allo **spostamento rettilineo da A a B**.

È importante sottolineare che la **lunghezza del percorso effettuato** dal punto materiale **non** va confusa con il suo **spostamento**.

Tale **lunghezza** del percorso è una grandezza **scalare**, essa generalmente è **maggiore del modulo** del vettore spostamento

INTRODUZIONE

sistemi di riferimento,
vettori, grandezze fondamentali,
unità di misura

spostamento

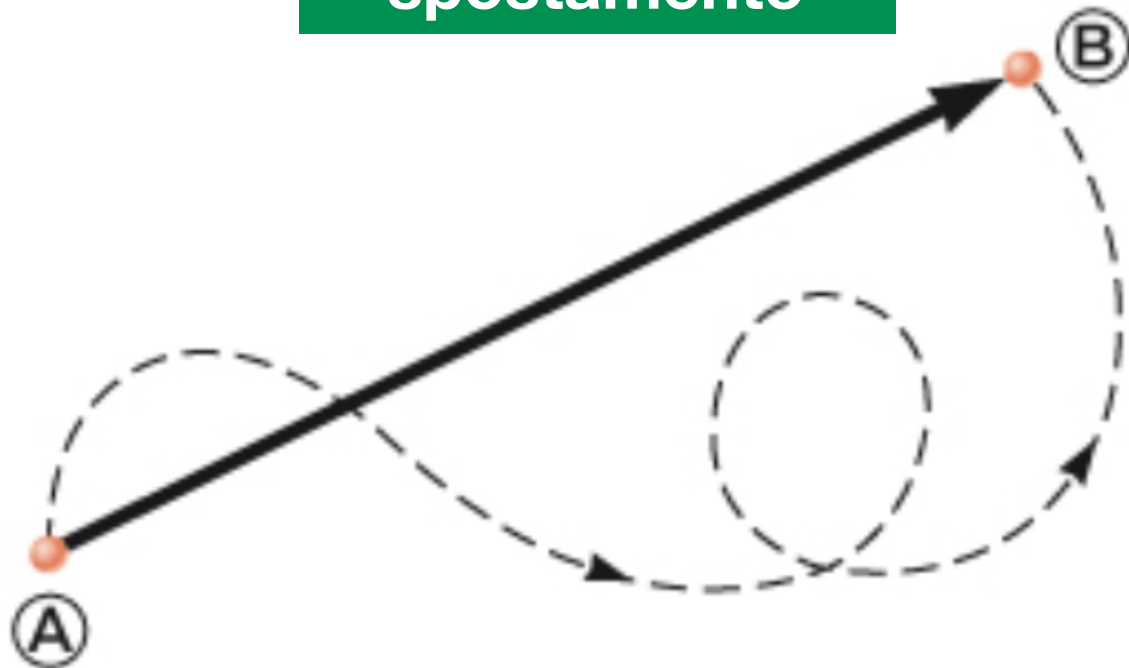
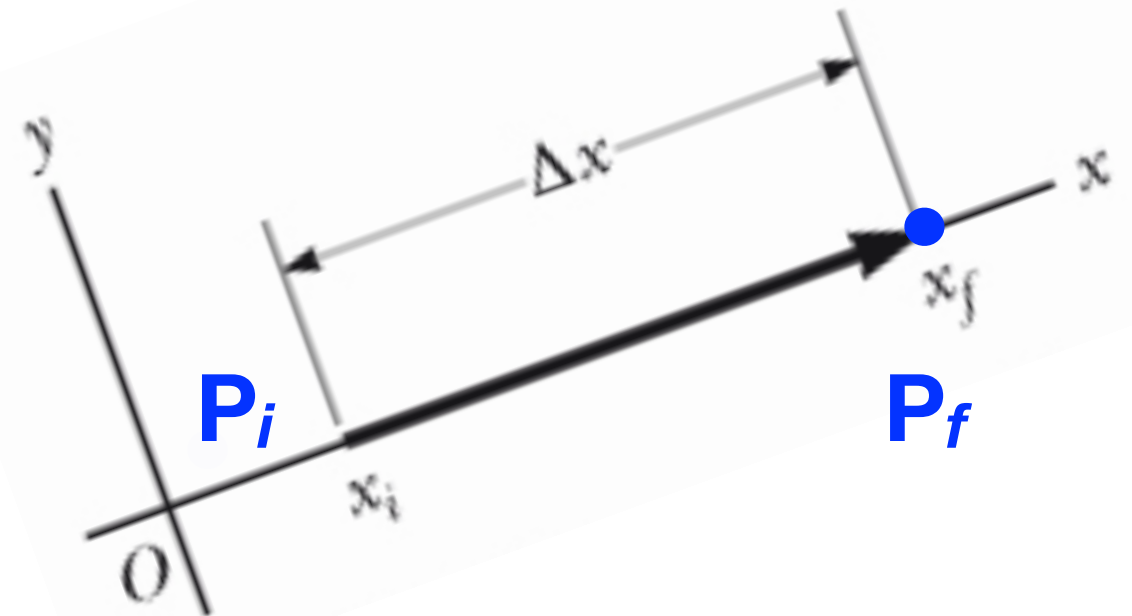


Figura 1.6 Quando un punto materiale si muove da A a B lungo un percorso arbitrario rappresentato dalla linea tratteggiata, il suo spostamento è un vettore indicato dalla freccia che unisce A e B.



se il moto avviene lungo una linea retta
è opportuno scegliere un asse (per esempio
l'asse x) lungo la direzione del moto

spostamento

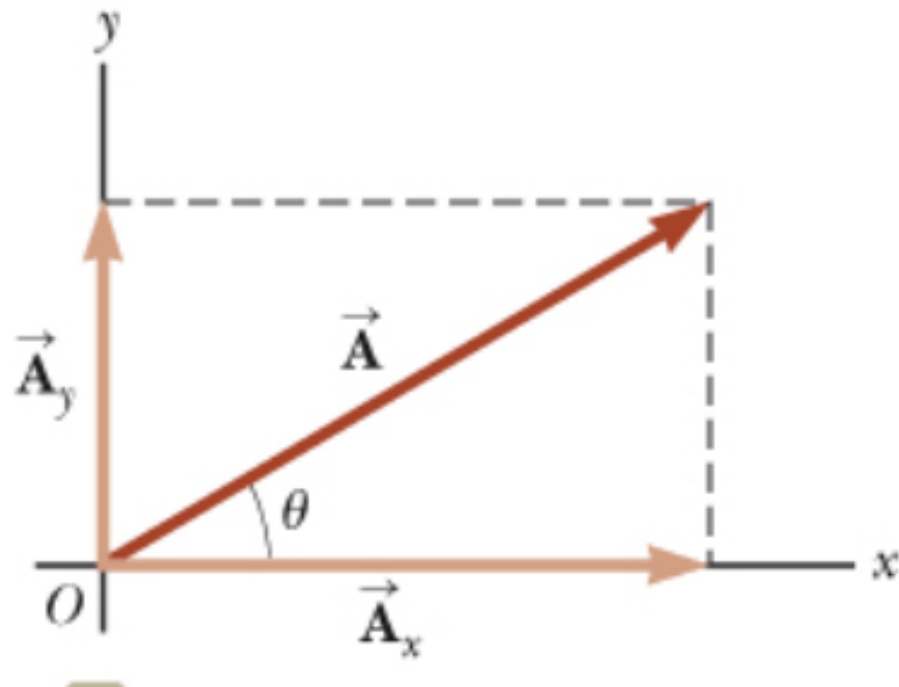
$$\downarrow$$
$$(x_f - x_i) \hat{x}$$

INTRODUZIONE

sistemi di riferimento,
vettori, grandezze fondamentali,
unità di misura

Modulo di un vettore

una quantità scalare



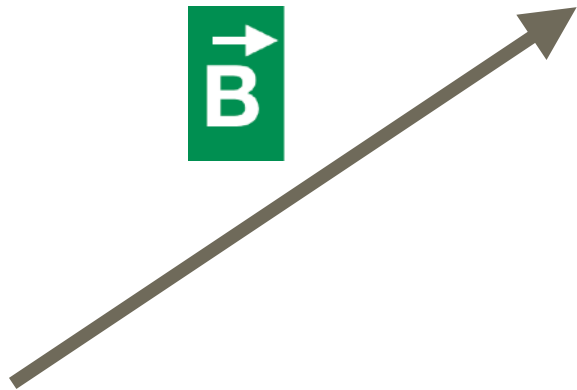
modulo di $\vec{A}$ $|\vec{A}| = A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}$

INTRODUZIONE

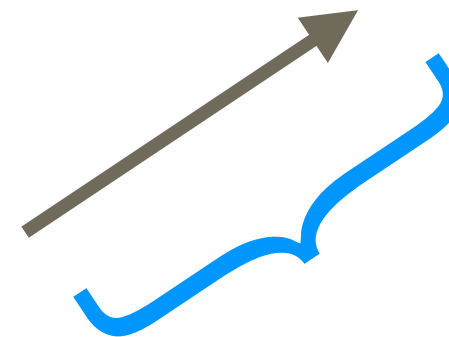
sistemi di riferimento,
vettori, grandezze fondamentali,
unità di misura

Prodotto di un vettore per uno scalare

è un vettore



$$\vec{A} = k \vec{B}$$



modulo di $\vec{A}$ $|\vec{A}| = k |\vec{B}|$
stessa direzione e verso di A
(verso opposto rispetto ad $\vec{A}$ se $k < 0$)

INTRODUZIONE

sistemi di riferimento,
vettori, grandezze fondamentali,
unità di misura

Somma di vettori

è un vettore

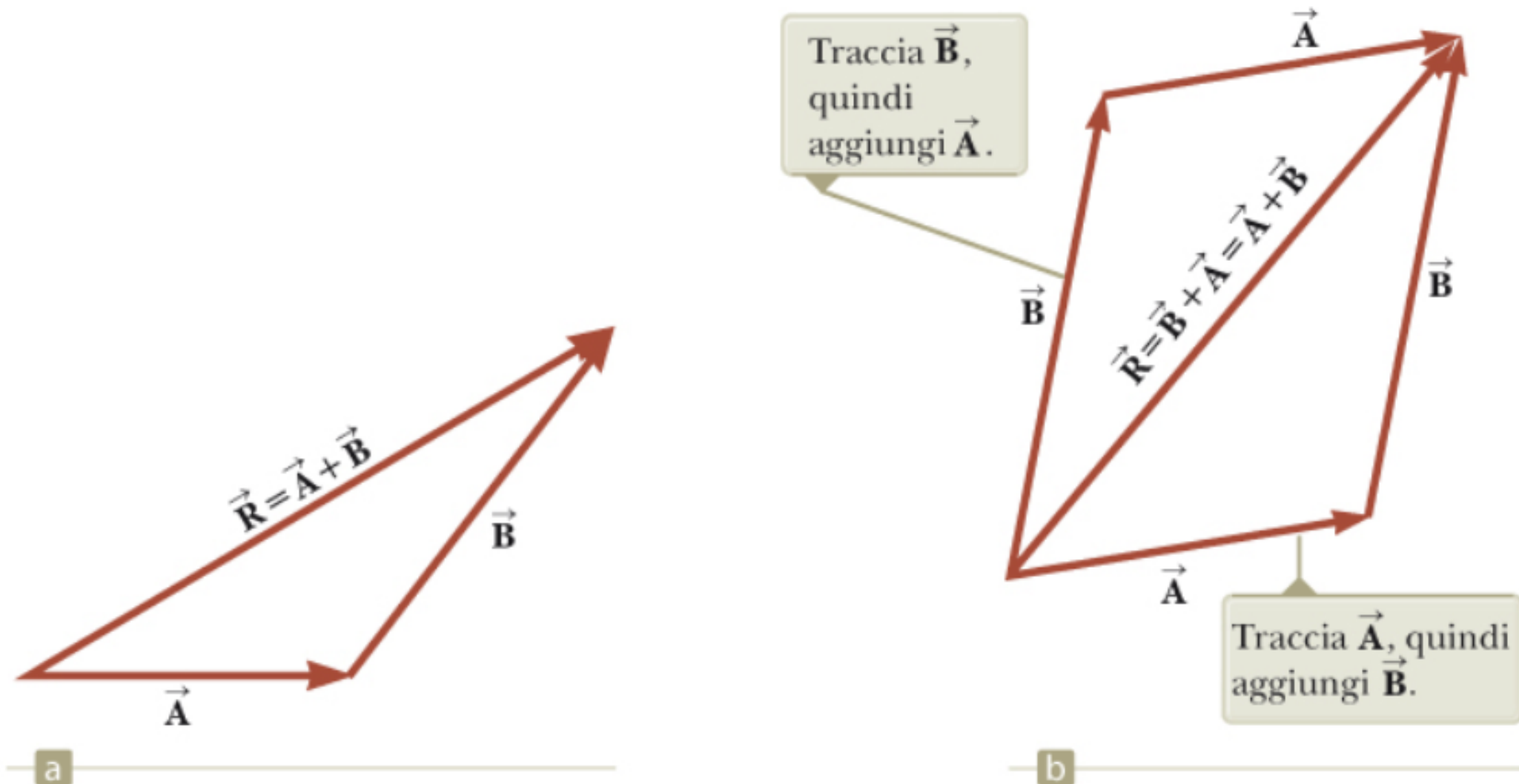


Figura 1.9 (a) Quando il vettore $\vec{B}$ è sommato al vettore $\vec{A}$, il risultante $\vec{R}$ è il vettore che va dalla coda di $\vec{A}$ alla punta di $\vec{B}$. (b) Questa costruzione mostra che $\vec{A} + \vec{B} = \vec{B} + \vec{A}$; la somma tra vettori è commutativa.

INTRODUZIONE

sistemi di riferimento,
vettori, grandezze fondamentali,
unità di misura

Somma di molti vettori

Le costruzioni geometriche
possono anche essere adoperate
per **sommare più di tre vettori**.

Il caso di **quattro vettori** →

Il vettore somma risultante:

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

è il **vettore che completa il poligono
formato dai vettori che si sommano**.
In altre parole, è il vettore disegnato
dalla coda del primo vettore alla
punta dell'ultimo vettore.

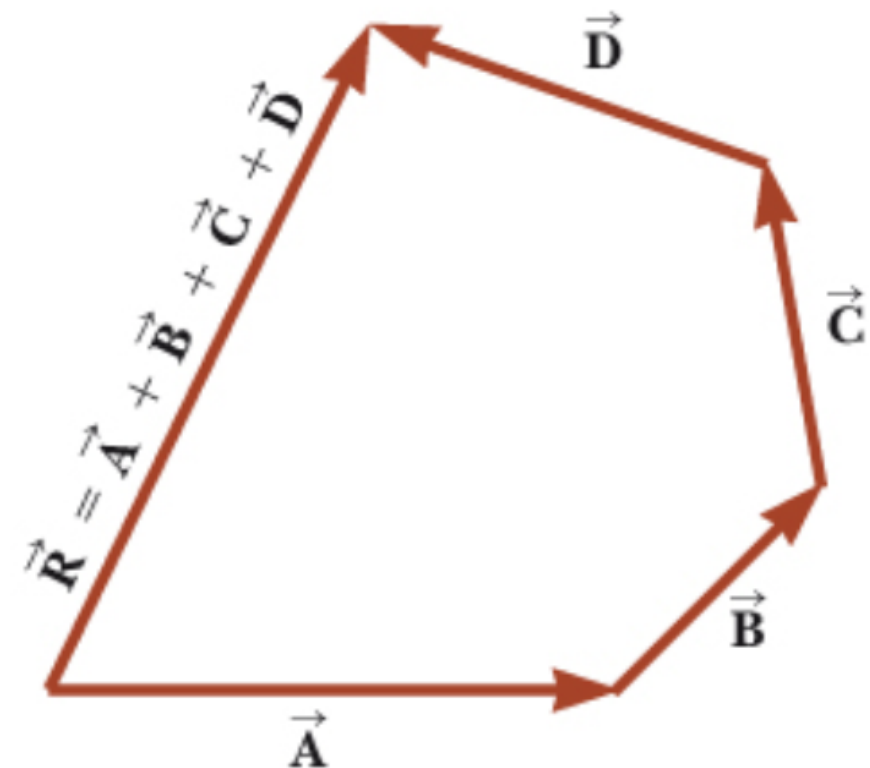


Figura 1.11 Costruzione geometrica per sommare quattro vettori. Il vettore risultante $\vec{R}$ completa il poligono e unisce la coda del primo vettore alla punta dell'ultimo.

INTRODUZIONE

sistemi di riferimento,
vettori, grandezze fondamentali,
unità di misura

Differenza di vettori

è un vettore

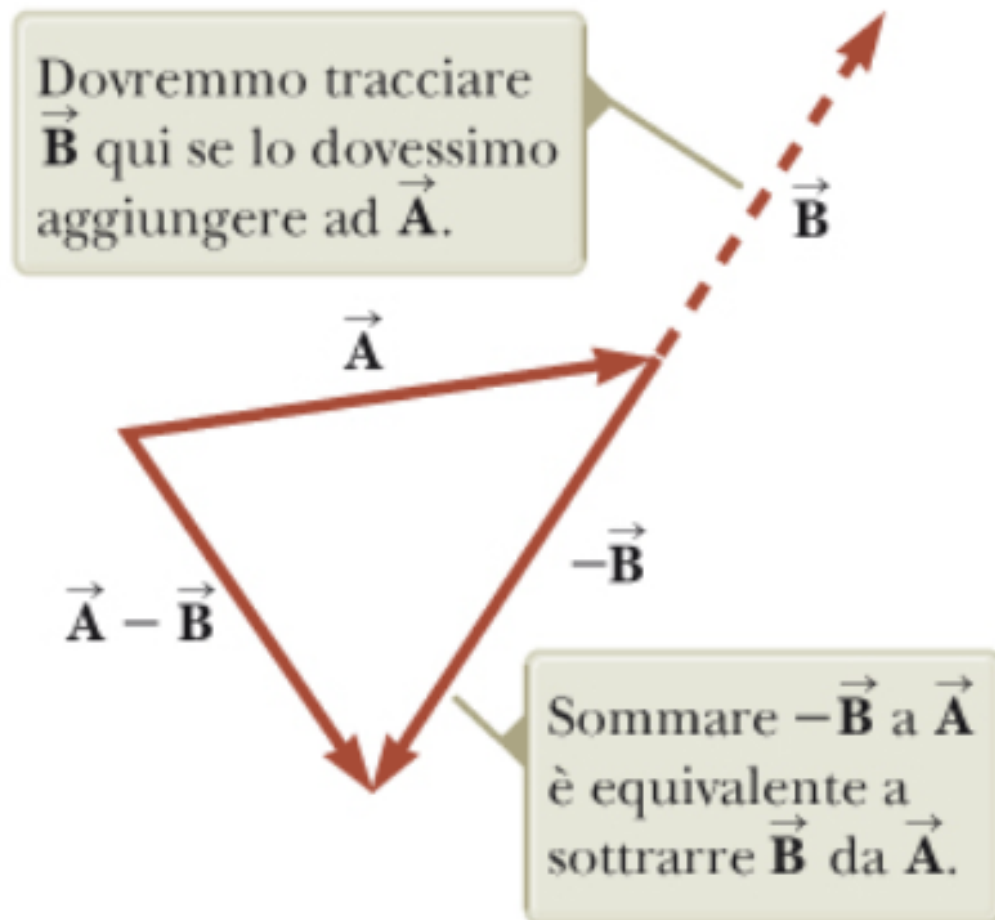
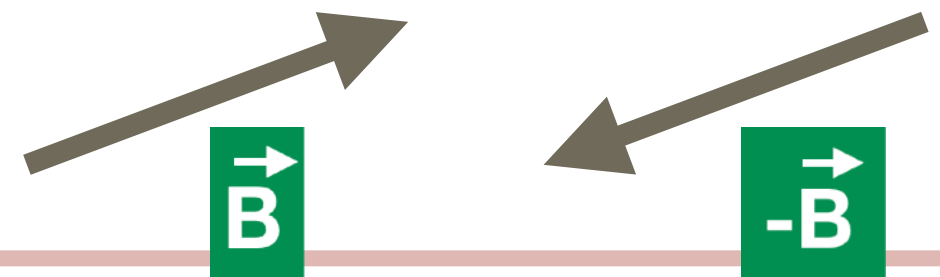


Figura 1.12 Sottrarre il vettore $\vec{B}$ dal vettore $\vec{A}$. Il vettore $-\vec{B}$ è uguale in modulo al vettore $\vec{B}$ e punta nel verso opposto.

$$\vec{A} - \vec{B} = \vec{A} + (-\vec{B})$$

$-\vec{B}$ è un vettore
uguale a $\vec{B}$ ma con
verso opposto



INTRODUZIONE

sistemi di riferimento,
vettori, grandezze fondamentali,
unità di misura

Somma di vettori per componenti

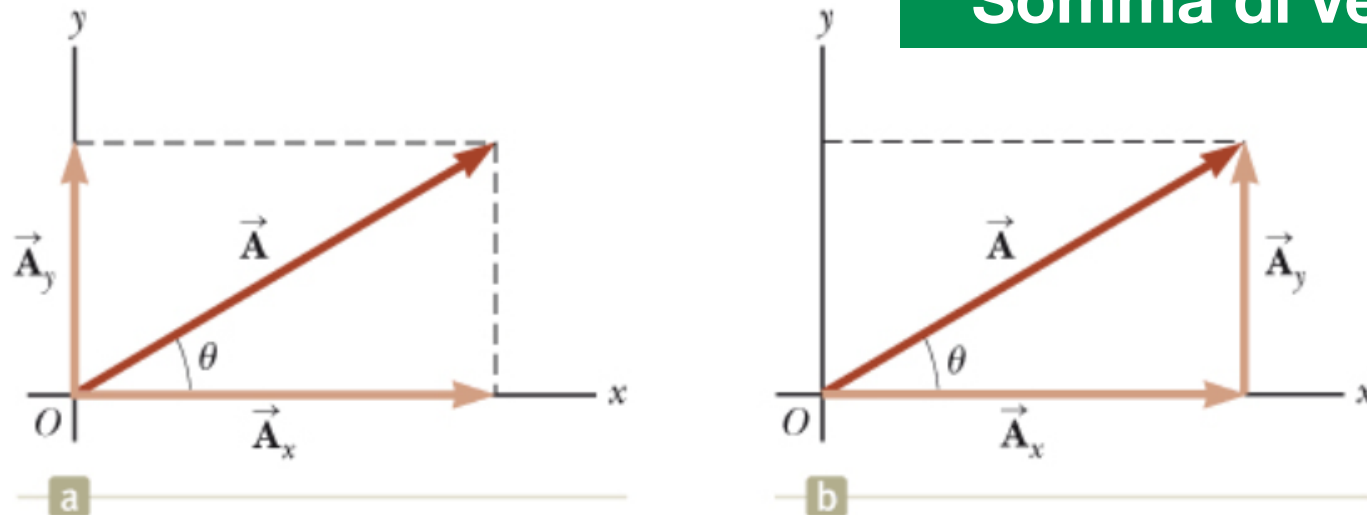


Figura 1.13 (a) Un vettore $\vec{A}$ che giace nel piano xy si può rappresentare per mezzo dei suoi componenti $\vec{A}_x$ e $\vec{A}_y$. (b) Il vettore componente $\vec{A}_y$ può essere spostato verso destra per essere sommato ad $\vec{A}_x$. Il vettore somma dei vettori componenti è $\vec{A}$. Questi tre vettori formano un triangolo rettangolo.

$$\vec{A} = A_x \hat{x} + A_y \hat{y}$$

$$\vec{B} = B_x \hat{x} + B_y \hat{y}$$

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

$$\vec{R} = (A_x + B_x) \hat{x} + (A_y + B_y) \hat{y}$$

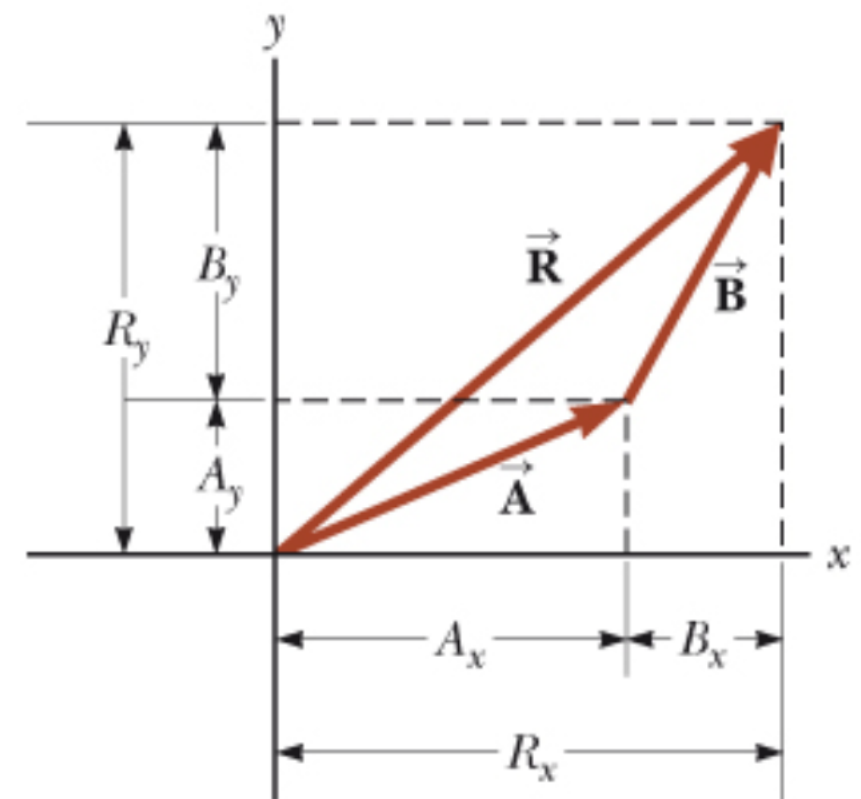


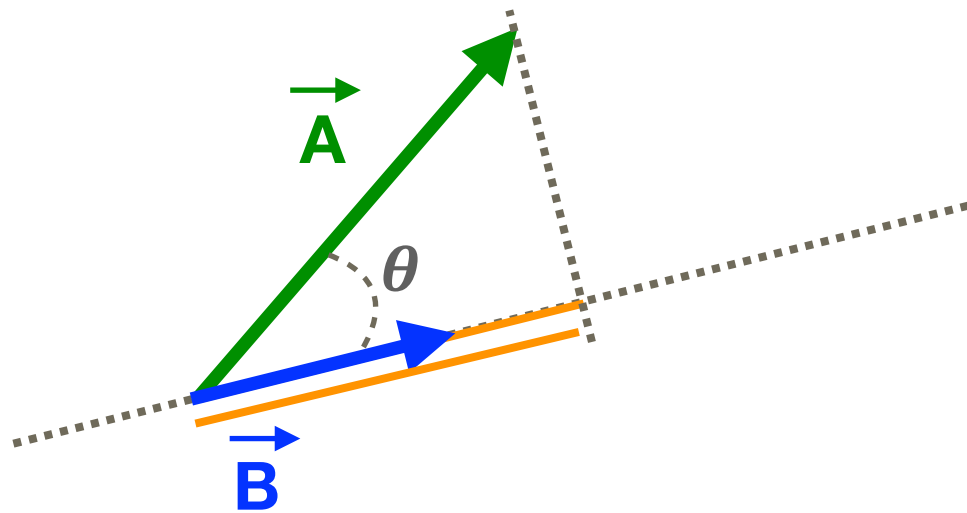
Figura 1.17 Una costruzione geometrica che mostra la relazione fra le componenti della risultante $\vec{R}$ di due vettori e le singole componenti dei vettori di partenza.

INTRODUZIONE

sistemi di riferimento,
vettori, grandezze fondamentali,
unità di misura

Prodotto scalare

è uno scalare



una quantità scalare

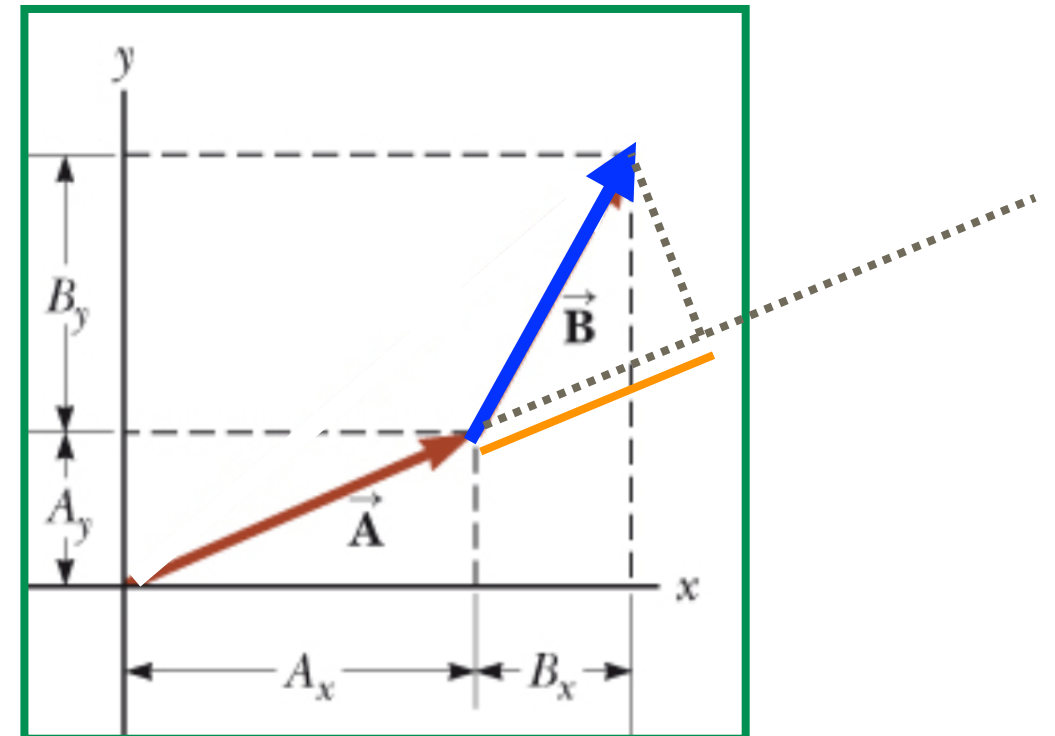
$$\vec{A} \cdot \vec{B} = \text{lunghezza del tratto arancione} \cdot |\vec{B}|$$
$$= (\text{proiezione di A su B}) \cdot |\vec{B}|$$

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = |\vec{A}| |\vec{B}| \cos \theta \quad \begin{array}{ll} > 0 \text{ se } 0 < \theta < 90^\circ \\ < 0 \text{ se } 90^\circ < \theta < 180^\circ \end{array}$$

Prodotto scalare dalle coordinate

$$\vec{A} = A_x \hat{x} + A_y \hat{y}$$
$$\vec{B} = B_x \hat{x} + B_y \hat{y}$$

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = A_x B_x + A_y B_y$$

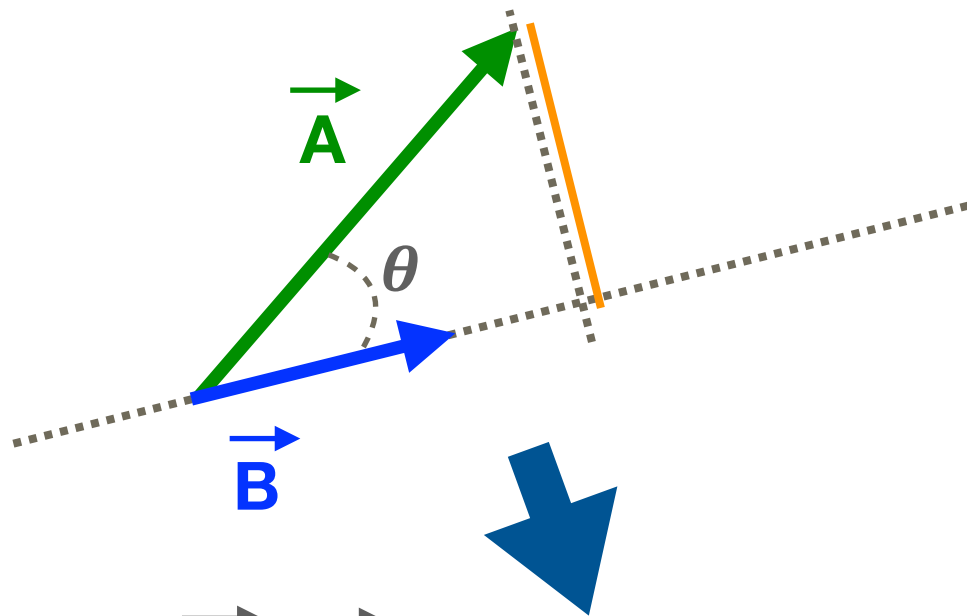


INTRODUZIONE

sistemi di riferimento,
vettori, grandezze fondamentali,
unità di misura

Prodotto vettoriale

una quantità
vettoriale



$\vec{A} \wedge \vec{B}$ = vettore perpendicolare a $\vec{A}$ e $\vec{B}$

con modulo = **lunghezza del tratto arancione** $\cdot |\vec{B}|$

verso secondo la **regola della mano destra**

$$|\vec{A} \wedge \vec{B}| = |\vec{A}| |\vec{B}| \sin \theta \quad >0 \text{ sempre}$$

$\vec{A} \wedge \vec{B}$ è perpendicolare al foglio e *in questo caso entrante*

regola della mano destra:

immaginiamo il piano (del foglio) che contiene A e B e immaginiamo A e B applicati nello stesso punto (le frecce partono dallo stesso punto)

se non è così trasliamo uno dei due

se per sovrapporre A a B -con il minimo spostamento- devo ruotarlo in senso anti-orario, $\vec{A} \wedge \vec{B}$ punta verso di noi (esce dal foglio)

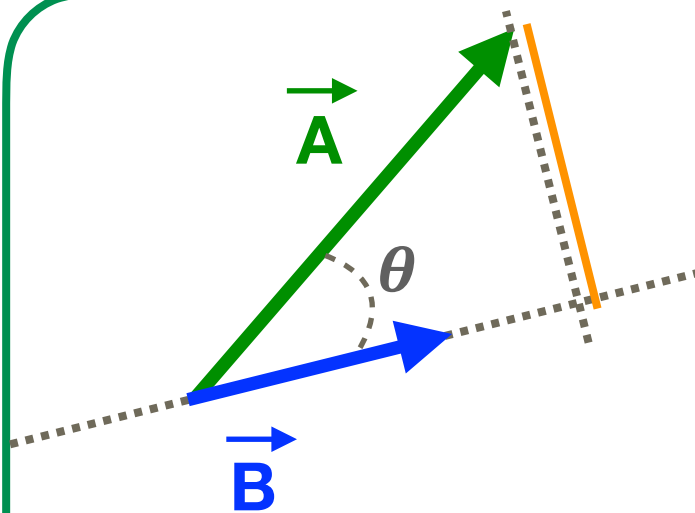
se per sovrapporre A a B -con il minimo spostamento- devo ruotarlo in senso orario, $\vec{A} \wedge \vec{B}$ è diretto come il nostro sguardo (entra nel foglio)

INTRODUZIONE

sistemi di riferimento,
vettori, grandezze fondamentali,
unità di misura

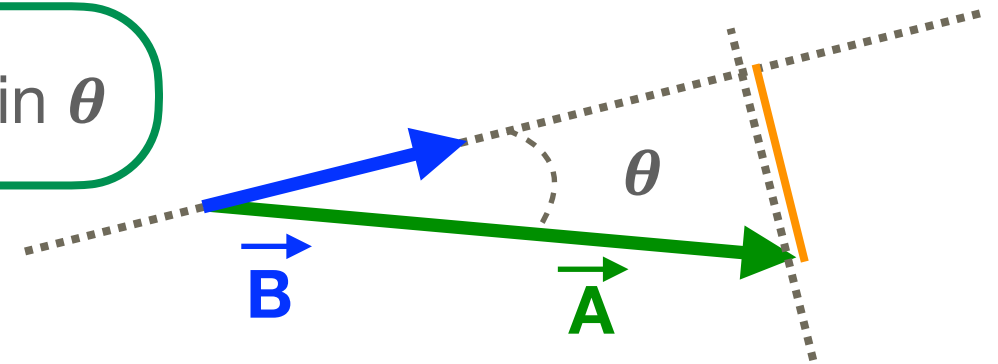
Prodotto vettoriale

$$|\vec{A} \wedge \vec{B}| = |\vec{A}| |\vec{B}| \sin \theta$$



$\vec{A} \wedge \vec{B}$ è perpendicolare al foglio e **entrante**
*ruoto A in senso **orario** per sovrapporlo a B*

$\vec{B} \wedge \vec{A}$ è perpendicolare al foglio e **uscente**



$\vec{A} \wedge \vec{B}$ è perpendicolare
al foglio e **uscente**
*ruoto A in senso **antiorario** per
sovrapporlo a B*

regola della mano destra:

immaginiamo il piano (del foglio) che contiene A e B e immaginiamo A e B applicati nello stesso punto (le frecce partono dallo stesso punto)

se non è così trasliamo uno dei due

se per sovrapporre A a B -con il minimo spostamento- devo ruotarlo in senso anti-orario, $\vec{A} \wedge \vec{B}$ punta verso di noi (esce dal foglio)

se per sovrapporre A a B -con il minimo spostamento- devo ruotarlo in senso orario, $\vec{A} \wedge \vec{B}$ è diretto come il nostro sguardo (entra nel foglio)

INTRODUZIONE

sistemi di riferimento,
vettori, grandezze fondamentali,
unità di misura

Osservazioni:

- * il quadrato del modulo di un vettore è uguale al prodotto scalare del vettore per se stesso
- * la componente x (y o z) di un vettore A_x è uguale al prodotto scalare del vettore A per il versore x (y o z)
- * la somma di vettori gode della proprietà associativa e commutativa
- * il prodotto di uno scalare per un vettore gode della proprietà distributiva verso la somma di vettori
- * Il prodotto scalare di vettori gode della proprietà commutativa
- * Il prodotto vettoriale di vettori gode della proprietà anti-commutativa
- * ...
 - ... tutte le proprietà principali del calcolo vettoriale vi sono note dai corsi di analisi e geometria ... la loro utilità sarà più chiara quando ne vedremo il significato e l'utilizzo in fisica

INTRODUZIONE

sistemi di riferimento,
vettori, **grandezze fondamentali**,
unità di misura

- In fisica si descrivono **relazioni** dettate da *leggi osservate sperimentalmente* tra **misure** di grandezze fisiche

INTRODUZIONE

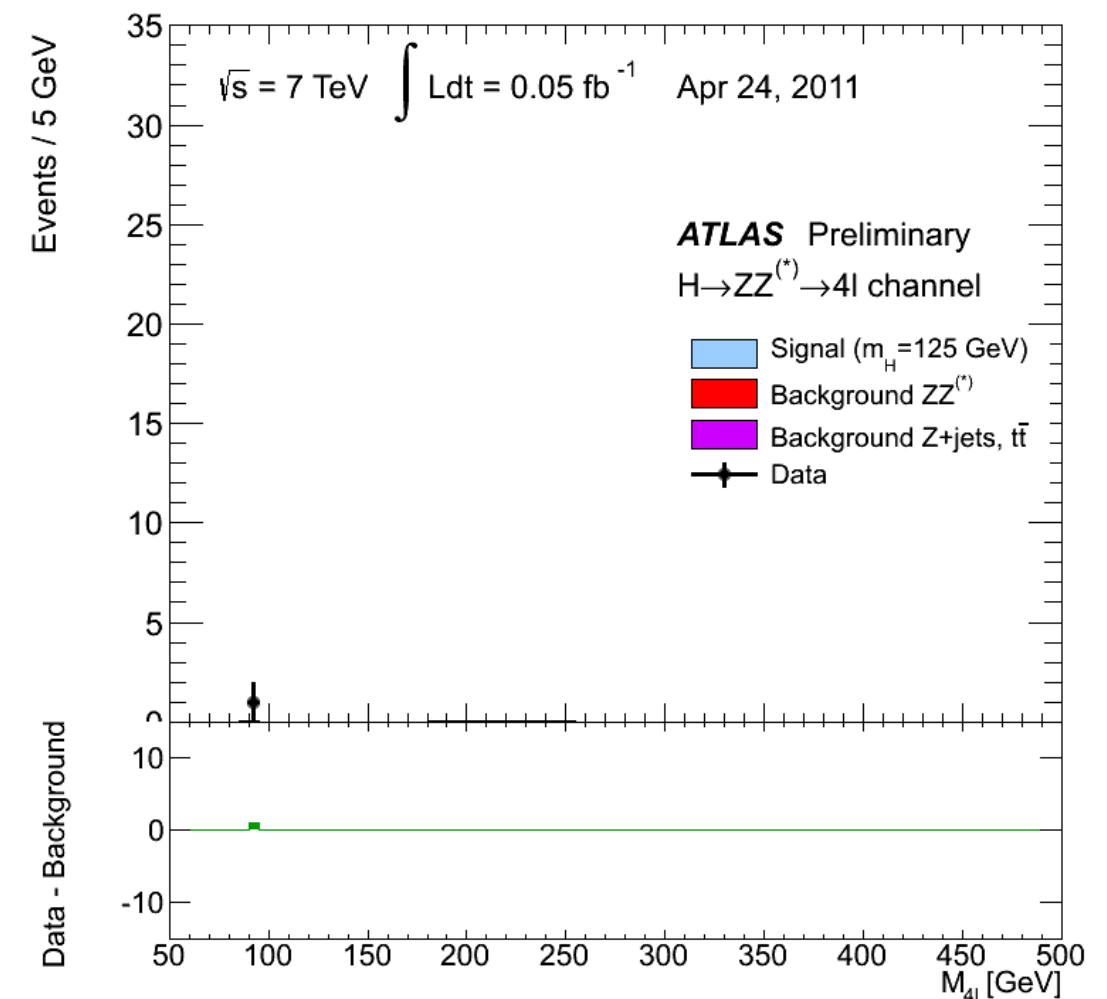
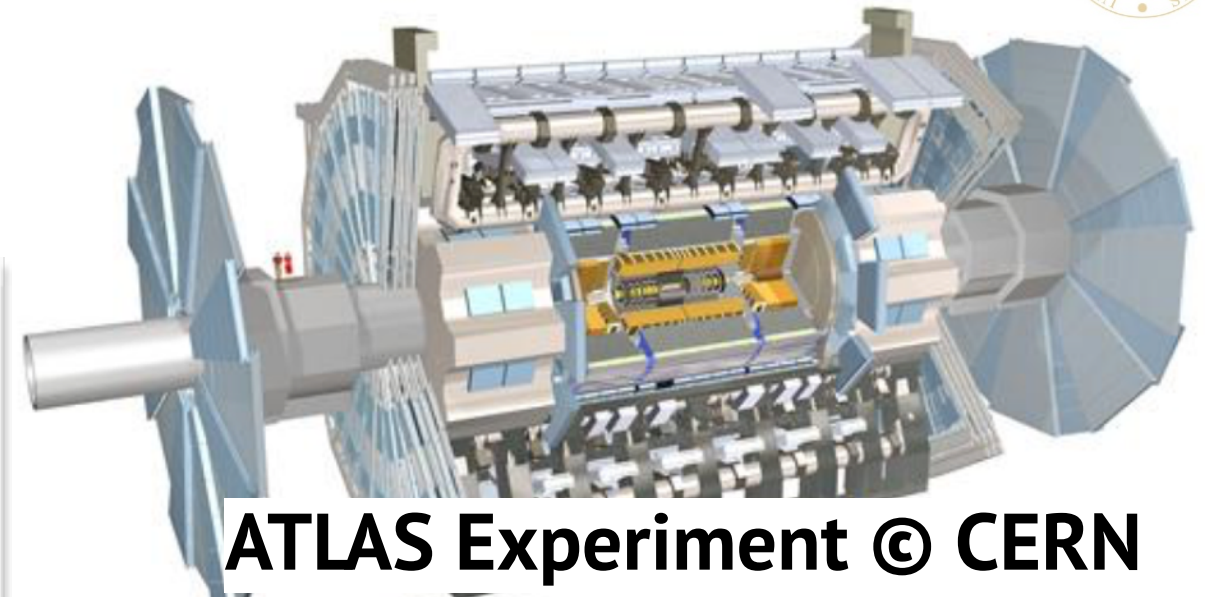
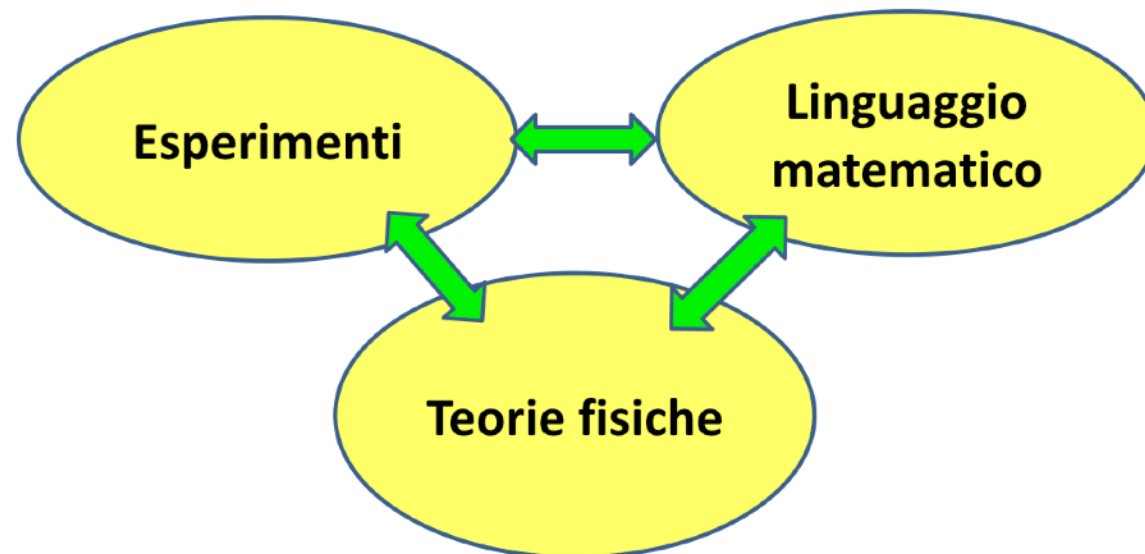
sistemi di riferimento,
vettori, grandezze fondamentali,
unità di misura

grazie a Prof. C. Pennetta

osservazioni sperimentali + modello matematico



Comprensione di un fenomeno in termini di teorie fisiche



INTRODUZIONE

sistemi di riferimento,
vettori, grandezze fondamentali,
unità di misura

Le grandezze fisiche oggetto di misure **sono alcune delle proprietà che possiamo attribuire agli oggetti** coinvolti nel fenomeno sotto osservazione



grazie a Prof. C. Pennetta

INTRODUZIONE

sistemi di riferimento,
vettori, **grandezze fondamentali**,
unità di misura

- In fisica si descrivono **relazioni** dettate da **leggi osservate sperimentalmente** tra **misure** di grandezze fisiche

- **Grandezze fisiche FONDAMENTALI**

m, Kg, s, C e K

sono gli standard di unità delle
grandezze fondamentali nel
Sistema Internazionale di unità
di misura

- Lunghezza **L** unità di misura **m** (metro)
- Massa **M** unità di misura **Kg** (chilogrammo)
- Tempo **T** unità di misura **s** (secondo)
- *Carica / Corrente elettrica **C / A** (Coulomb / Ampère)*
- *Temperatura **K** (gradi Kelvin)*
- *... 2 altre*

- esistono molte altre **grandezze DERIVATE**

per alcune **grandezze derivate** le unità di
misura (combinazioni di m, Kg, s, C, K)
prendono nomi specifici.

esempi: **N** unità di forza

V/m unità di campo elettrico

- [velocità] **LT⁻¹** m/s
- [forza] **LMT⁻²** m Kg /s² = N (Neuton)
- [campo elettrico] **C⁻¹LMT⁻²** m Kg / (C s²) = V/m (Volt su metro)

INTRODUZIONE

sistemi di riferimento,
vettori, **grandezze fondamentali**,
unità di misura

- **m, Kg, s, C/A e K** sono gli standard di unità delle grandezze fondamentali nel **Sistema Internazionale (SI)** di unità di misura
 - esistono multipli e sotto multipli
 - p (pico), n (nano), μ (micro), m (milli), 1, k (chilo), M (mega), G (giga), T (tera)
 - 10^{-12} 10^{-9} 10^{-6} 10^{-3} 10^0 10^3 10^6 10^9 10^{12}
 - esistono unità di misura alternative che si possono convertire nelle unità SI mediante opportuni fattori
 - Unità di pressione SI è il **Pa** (Pascal) [$\text{LM}^{-1}\text{T}^{-2}$] esistono altre unità
 - torr, Atmosfera, mmHg, bar

1 bar	750,0637556 torr
1 atmosfera	760 torr
1 torr	133,322 Pa

1 Atmosfera	101 325 Pa
1 torr	1 mmHg

INTRODUZIONE

sistemi di riferimento,
vettori, **grandezze fondamentali**,
unità di misura

L'unità di misura può essere:

- **arbitraria**: ad esempio la spanna, il piede o il passo per la misura di lunghezze
- **convenzionale**: se è scelta di comune accordo dalla comunità, ad esempio il "metro", che è l'unità di misura del **Sistema Internazionale di misura (SI)**.

Una buona **unità di misura** deve

- essere **omogenea con la grandezza da misurare**
- essere **costante**, cioè non cambiare nel tempo o con condizioni esterne
- essere **riproducibile**, cioè tale che anche altri possono costruirla
- avere **multipli e sottomultipli**, per poter misurare oggetti più grossi o più piccoli

INTRODUZIONE

sistemi di riferimento,
vettori, **grandezze fondamentali**,
unità di misura

Tutte e sole le unità delle grandezze fondamentali nel sistema SI

Grandezza	Nome	Simbolo	Definizione
Lunghezza	metro	m	"Il metro è la lunghezza del tragitto compiuto dalla luce nel vuoto in un intervallo di tempo di 1/299 792 458 di secondo"; è così fissata, per definizione, la velocità della luce in 299 792 458 m/s
Massa	kilogrammo	kg	"Il kilogrammo è l'unità di massa ed è eguale alla massa del prototipo internazionale"; il prototipo internazionale, cilindro di platino iridio, è conservato presso il BIPM (Bureau International des Poids et mesures)"
Tempo	secondo	s	"il secondo è l'intervallo di tempo che contiene 9 192 631 770 periodi della radiazione corrispondente alla transizione tra i due livelli iperfini dello stato fondamentale dell'atomo di cesio 133"
Intensità di corrente elettrica	ampere	A	"l'ampere è l'intensità di corrente elettrica che, mantenuta costante in due conduttori paralleli, di lunghezza infinita, di sezione circolare trascurabile e posti alla distanza di un metro l'uno dall'altro, nel vuoto, produrrebbe tra i due conduttori la forza di 2×10^{-7} newton per ogni metro di lunghezza"
Temperatura termodinamica	kelvin	K	"il kelvin è la frazione 1/273,16 della temperatura termodinamica del punto triplo dell'acqua"; la temperatura termodinamica si indica con il simbolo T; il valore numerico della temperatura Celsius (indicata con t) in gradi celsius è data da: $t/^{\circ}\text{C} = T/\text{K} - 273,15$.
Intensità luminosa	candela	cd	"la candela è l'intensità luminosa, in una data direzione, di una sorgente che emette una radiazione monocromatica di frequenza 540×10^{12} hertz e la cui intensità energetica in quella direzione è 1/683 watt allo steradiante"
Quantità di sostanza	mole	mol	"la mole è la quantità di sostanza di un sistema che contiene tante entità elementari quanti sono gli atomi in 0,012 kg di carbonio 12 (^{12}C). Le entità elementari devono essere specificate e possono essere atomi, molecole, ioni, elettroni, ecc., ovvero gruppi specificati di tali particelle", in questa definizione va inteso che gli atomi di ^{12}C sono non legati e nello stato fondamentale.

INTRODUZIONE

sistemi di riferimento,
vettori, **grandezze fondamentali**,
unità di misura

TABELLA 1.1 | Valori approssimati di alcune lunghezze misurate

	Lunghezza (m)
Distanza dalla Terra alla più lontana quasar nota	1.4×10^{26}
Distanza dalla Terra alla più lontana galassia normale nota	9×10^{25}
Distanza dalla Terra alla più vicina grande galassia (M 31, Andromeda)	2×10^{22}
Distanza dal Sole alla stella più vicina (Proxima Centauri)	4×10^{16}
Un anno-luce	9.46×10^{15}
Raggio orbitale medio della Terra	1.50×10^{11}
Distanza media Terra-Luna	3.84×10^8
Distanza dall'equatore al polo nord	1.00×10^7
Raggio medio della Terra	6.37×10^6
Tipica altezza di un satellite terrestre orbitante	2×10^5
Lunghezza di un campo di calcio	9.1×10^1
Lunghezza di questo manuale	2.8×10^{-1}
Lunghezza di una mosca domestica	$\sim 10^{-3}$
Dimensione della più piccola particella di polvere	$\sim 10^{-4}$
Dimensione delle cellule della maggior parte degli organismi viventi	$\sim 10^{-5}$
Diametro di un atomo di idrogeno	$\sim 10^{-10}$
Diametro di un nucleo di uranio	$\sim 10^{-14}$
Diametro di un protone	$\sim 10^{-15}$

INTRODUZIONE

sistemi di riferimento,
vettori, **grandezze fondamentali**,
unità di misura

TABELLA 1.2 | Masse
di alcuni corpi
(valori approssimati)

	Massa (kg)
Universo visibile	$\sim 10^{52}$
Via Lattea (galassia)	$\sim 10^{42}$
Sole	1.99×10^{30}
Terra	5.98×10^{24}
Luna	7.36×10^{22}
Squalo	$\sim 10^3$
Uomo	$\sim 10^2$
Rana	$\sim 10^{-1}$
Zanzara	$\sim 10^{-5}$
Batterio	$\sim 10^{-15}$
Atomo di idrogeno	1.67×10^{-27}
Elettrone	9.11×10^{-31}

TABELLA 1.3 | Valori approssimati di alcuni intervalli di tempo

	Intervallo di tempo (s)
Età dell'Universo	4×10^{17}
Età della Terra	1.3×10^{17}
Tempo dalla caduta dell'Impero Romano	5×10^{12}
Età media di uno studente universitario	6.3×10^8
Un anno	3.2×10^7
Un giorno (tempo per una rivoluzione della Terra attorno al suo asse)	8.6×10^4
Tempo di una lezione in classe	3.0×10^3
Tempo fra normali battiti cardiaci consecutivi	8×10^{-1}
Periodo di un'onda sonora nell'udibile	$\sim 10^{-3}$
Periodo di una tipica onda radio	$\sim 10^{-6}$
Periodo di vibrazione di un atomo in un solido	$\sim 10^{-13}$
Periodo di un'onda luminosa nel visibile	$\sim 10^{-15}$
Durata di una collisione nucleare	$\sim 10^{-22}$
Tempo richiesto dalla luce per attraversare un protone	$\sim 10^{-24}$

INTRODUZIONE

sistemi di riferimento,
vettori, **grandezze fondamentali**,
unità di misura

Osservazioni:

si possono sommare, sottrarre o confrontare (ossia mettere in relazione con = oppure con $\geq$ oppure con $\leq$) **grandezze** fisiche **omogenee** cioè grandezze che sono combinazioni uguali di grandezze fondamentali

Quando due grandezze sono **omogenee** si dice che hanno le stesse dimensioni o sono dimensionalmente omogenee

Un concetto molto utile è l'**analisi dimensionale**

il controllo che una relazione dedotta matematicamente tra diverse grandezze risulti **omogenea** con la grandezza che si sta cercando di calcolare

Esempio: calcolo la **distanza** **d** percorsa da un corpo di massa **m**, inizialmente fermo, soggetto a una forza **F** costante nel tempo **t**

è corretta 🤔

$$d = F t^2 / (2 m) = (1/2) \times \text{accelerazione} \times \text{tempo}^2$$

$$\text{accelerazione} = F/m$$

ricordando che $[F] = \mathbf{LMT^{-2}}$

$$[d] = \mathbf{LMT^{-2} T^2 / M = L}$$

dimensionalmente
è corretta 😊

INTRODUZIONE

sistemi di riferimento,
vettori, **grandezze fondamentali**,
unità di misura

Una grandezza derivata:

densità di massa ρ =(def) **massa per unità di volume**

$$\rho \equiv \frac{m}{V}$$

si misura in Kg/m^3

INTRODUZIONE

sistemi di riferimento,
vettori, **grandezze fondamentali**,
unità di misura

Ordini di grandezza - notazione scientifica - approssimazioni

Arrotondamenti di cifre

Se il numero di cifre significative nel risultato di un calcolo deve essere ridotto, una **regola generale per arrotondare i numeri stabilisce che l'ultima cifra mantenuta:**

è aumentata di 1 se l'ultima cifra trascurata > 5

è invariata se l'ultima cifra trascurata < 5

è arrotondata al numero pari più vicino se l'ultima cifra trascurata $= 5$

Questa ultima regola riduce l'accumulo di errori nei lunghi processi aritmetici.

Per esempio:

1.346	→	1.35
1.343	→	1.34
1.345	→	1.34
1.355	→	1.36

grazie a Prof. C. Pennetta

INTRODUZIONE

sistemi di riferimento,
vettori, **grandezze fondamentali**,
unità di misura

Ordini di grandezza - notazione scientifica

Noi usiamo il simbolo $\sim$ per indicare "è dell'ordine di". Usa la procedura indicata sopra per verificare l'ordine di grandezza delle seguenti lunghezze:

$$0.0086 \text{ m} \sim 10^{-2} \text{ m}$$


$$8.6 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$0.0021 \text{ m} \sim 10^{-3} \text{ m}$$


$$2.1 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$720 \text{ m} \sim 10^3 \text{ m}$$


$$0.72 \times 10^3 \text{ m}$$
$$7.2 \times 10^2 \text{ m}$$

INTRODUZIONE

sistemi di riferimento,
vettori, **grandezze fondamentali**,
unità di misura



Esempio 1.3

Il numero di atomi in un solido

Serway, Jewett "*Elementi di Fisica*" EdiSES

Stima il numero di atomi in un cm^3 di un solido.

INTRODUZIONE

sistemi di riferimento,
vettori, **grandezze fondamentali**,
unità di misura



Esempio 1.3

Il numero di atomi in un solido

Serway, Jewett *"Elementi di Fisica"* EdiSES

Stima il numero di atomi in un cm^3 di un solido.

TABELLA 1.1 | Valori approssimati di alcune lunghezze misurate

	Lunghezza (m)
Distanza dalla Terra alla più lontana quasar nota	1.4×10^{26}
Distanza dalla Terra alla più lontana galassia normale nota	9×10^{25}
Distanza dalla Terra alla più vicina grande galassia (M 31, Andromeda)	2×10^{22}
Distanza dal Sole alla stella più vicina (Proxima Centauri)	4×10^{16}
Un anno-luce	9.46×10^{15}
Raggio orbitale medio della Terra	1.50×10^{11}
Distanza media Terra-Luna	3.84×10^8
Distanza dall'equatore al polo nord	1.00×10^7
Raggio medio della Terra	6.37×10^6
Tipica altezza di un satellite terrestre orbitante	2×10^5
Lunghezza di un campo di calcio	9.1×10^1
Lunghezza di questo manuale	2.8×10^{-1}
Lunghezza di una mosca domestica	$\sim 10^{-3}$
Dimensione della più piccola particella di polvere	$\sim 10^{-4}$

Diametro di un atomo di idrogeno

$\sim 10^{-10}$

Diametro di un protone

$\sim 10^{-15}$

INTRODUZIONE

sistemi di riferimento,
vettori, **grandezze fondamentali**,
unità di misura



Esempio 1.3

Il numero di atomi in un solido

Serway, Jewett *"Elementi di Fisica"* EdiSES

Stima il numero di atomi in un cm^3 di un solido.

Esempio 1.3

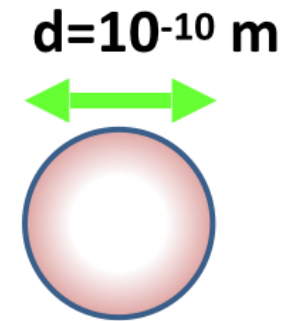
Numero di atomi in un cm^3 di solido

Stima il numero di atomi in un cm^3 di un solido.

SOLUZIONE

Dalla Tabella 1.1 si nota che il diametro d di un atomo è circa 10^{-10} m. Assumiamo che gli atomi nel solido siano sfere di tale diametro. Allora il volume di ciascuna sfera è circa 10^{-30} m^3 (più precisamente, volume = $4\pi r^3/3 = \pi d^3/6$, dove $r = d/2$). Pertanto, poiché $1 \text{ cm}^3 = 10^{-6} \text{ m}^3$, il numero di atomi in un solido è dell'ordine di $10^{-6}/10^{-30} = 10^{24}$ atomi.

Un calcolo più preciso richiederebbe conoscenze aggiuntive che potremmo trovare nelle tabelle. Tuttavia la nostra stima è in accordo con il calcolo più preciso a meno di un fattore 10.



grazie a Prof. C. Pennetta

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3}\pi \left(\frac{d}{2}\right)^3 = \frac{\pi}{6}d^3 \approx 10^{-30} \text{ m}^3$$



$$N = \frac{10^{-6}}{10^{-30}} = 10^{24}$$

INTRODUZIONE: fissiamo le idee

Esercizi

1. Rispondi a ciascuna domanda con un sì o un no. Due quantità devono avere le stesse dimensioni se (a) devono essere sommate? (b) se devono essere moltiplicate? (c) se devono essere sottratte? (d) se devono essere divise? (e) se devono essere uguagliate?

Serway, Jewett "Elementi di Fisica" EdiSES

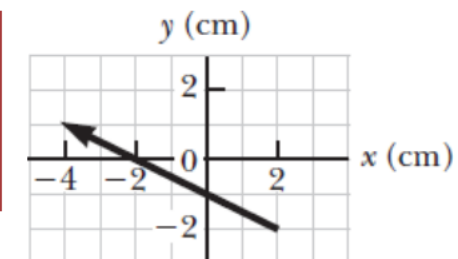


2. Qual è la somma dei valori misurati $21.4 \text{ s} + 15 \text{ s} + 17.17 \text{ s} + 4.00 \text{ s}$? (a) 57.573 s (b) 57.57 s (c) 57.6 s (d) 58 s (e) 60 s

3. Quale delle seguenti è la migliore stima della massa della popolazione della Terra? (a) $2 \times 10^8 \text{ kg}$ (b) $1 \times 10^9 \text{ kg}$ (c) $2 \times 10^{10} \text{ kg}$ (d) $3 \times 10^{11} \text{ kg}$ (e) $4 \times 10^{12} \text{ kg}$

4. Qual è la componente y del vettore $(3\hat{i} - 8\hat{k}) \text{ m/s}$? (a) 3 m/s (b) -8 m/s (c) 0 (d) 8 m/s (e) nessuna delle risposte precedenti

10. Qual è la componente y del vettore mostrato in Figura Q1.9? (a) 3 cm (b) 6 cm (c) -4 cm (d) -6 cm (e) nessuna delle precedenti risposte



11. Qual è l'ampiezza del vettore $(10\hat{i} - 10\hat{k}) \text{ m/s}$? (a) 0 (b) 10 m/s (c) -10 m/s (d) 10 (e) 14.1 m/s

FIGURA Q1.9 Quesiti 9 e 10.

INTRODUZIONE: fissiamo le idee

7. La posizione di una particella quando si muove con accelerazione costante è una certa funzione del tempo trascorso e dell'accelerazione. Supponiamo di scrivere questa posizione come $x = ka^m t^n$, dove k è una costante adimensionale. Mostrare con l'analisi dimensionale che questa espressione è soddisfatta se $m = 1$ e $n = 2$. Può questa analisi dare il valore di k ?

10. Un atomo d'idrogeno ha un diametro approssimativamente di 1.06×10^{-10} m, così come è definito dal diametro della nube elettronica sferica attorno al nucleo. Il nucleo dell'idrogeno ha un diametro di 2.40×10^{-15} m circa. (a) Per un modello in scala, rappresentare il diametro dell'atomo d'idrogeno quanto la lunghezza di un campo di calcio americano (100 yard = 300 ft), e determinare il diametro del nucleo in millimetri. (b) Quante volte l'atomo è più grande in volume del suo nucleo?

$$1 \text{ yard} = 0.9144 \text{ m}$$

$$\text{a) } 45 \times 10^{-5} \text{ m} = 0.45 \text{ mm}$$

$$\text{b) } (1.06/2.40)^3 \times 10^{15} \\ = 0.86 \times 10^{14}$$

68. **BIO** Un centimetro cubo di acqua ha una massa di 1.00×10^{-3} kg. (a) Determinare la massa di 1.00 m^3 di acqua. (b) Le sostanze biologiche contengono il 98% di acqua. Si assuma che esse abbiano la stessa densità dell'acqua per stimare le masse di una cellula che abbia un diametro di 1.00 mm, di un rene umano, e di una mosca. Si modelli il rene come una sfera di raggio 4.00 cm e la mosca come un cilindro di lunghezza 4.00 mm e diametro 2.00 mm.

66. Una donna che desidera conoscere l'altezza di una montagna misura un angolo di elevazione della cima rispetto all'orizzonte pari a 12.0° . Dopo essersi avvicinata di 1.00 km alla base della montagna, misura un angolo di 14.0° . (a) Disegna una rappresentazione del problema, trascurando l'altezza degli occhi della donna rispetto al suolo.