



FISICA GENERALE I

Dott.ssa Annalisa Allocca

**Università degli Studi di Napoli,
Compl. Univ. Monte S. Angelo – Dipartimento di Fisica
Via Cinthia, I-80126, Napoli**

**Istituto Nazionale di Fisica Nucleare,
sez. Napoli**

Studio: 1G16, Edificio 6

+39-081-676345

annalisa.allocca@unina.it



Organizzazione

- **Sito web:** www.docenti.unina.it/annalisa.allocca
 - La registrazione al sito si può effettuare inserendo numero di matricola e pin oppure tramite SPID per chi non fosse ancora in possesso di matricola
 - Il materiale didattico si trova sulla pagina web e su Teams
- **Libri di testo adottati:**
 - **Mazzoldi, Nigro, Voci «Elementi di Fisica – Meccanica e Termodinamica» Vol. 1 - Edises Napoli**
 - Halliday, Resnick, Walker «Fondamenti di Fisica» - Ambrosiana Milano
 - Serway, Jewett «Principi di Fisica» - Edises Napoli



In science we trust (?)





P. Gauguin: Da dove veniamo, chi siamo e dove andiamo?





Argomenti di oggi:

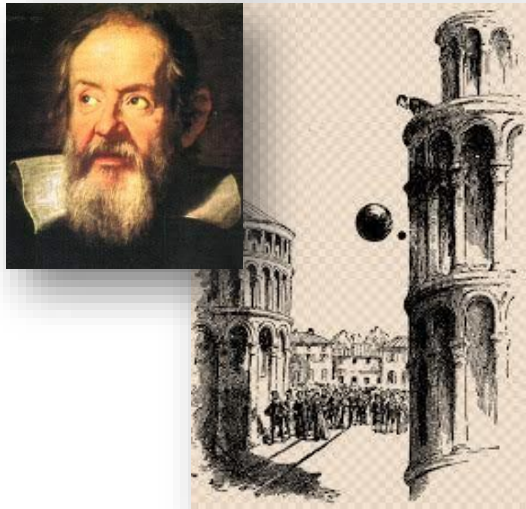
- Grandezze fisiche fondamentali
- Notazione scientifica e analisi dimensionale
- Cenni a nozioni di base di matematica - trigonometria
- Sistemi di riferimento



Introduzione

Fisica - Scienza fondamentale sperimentale che studia quantitativamente i fenomeni naturali e le leggi che li governano

- Fisica classica (fino al XX sec.): meccanica classica, termodinamica, elettromagnetismo e ottica



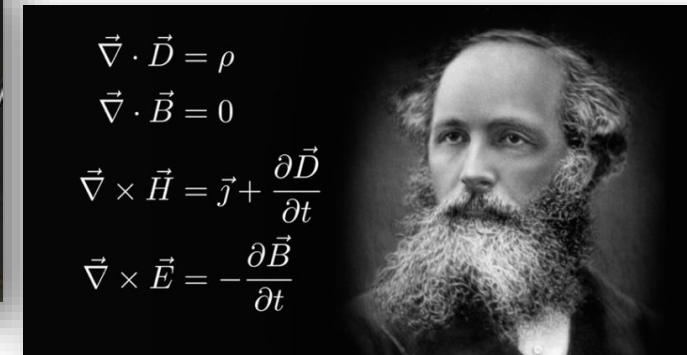
Galileo Galilei (1600)
Leggi del moto in presenza di accelerazione costante



Johannes Kepler (1600)
Leggi empiriche sul moto dei pianeti



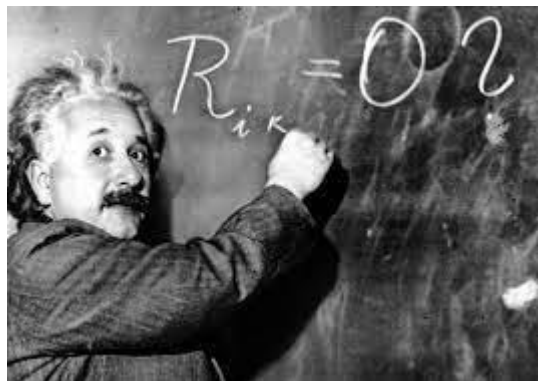
Isaac Newton (fine 1600)
Sviluppo della meccanica classica e padre dell'analisi differenziale



James Clerk Maxwell (1850)
Teoria unificata dell'elettromagnetismo



- Fisica moderna (dal XX sec. fino ad oggi): teoria della relatività e meccanica quantistica



Albert Einstein

Teoria della relatività (ma anche molto altro...)



Max Planck



Niels Bohr



Erwin Schroedinger

e tanti altri ...

Sviluppo e formulazione della meccanica quantistica

When you change the way you look at things, the things you look at change - M. Planck



In questo corso:

- Cinematica in una e in più dimensioni
- Dinamica del punto materiale
- Energia e lavoro
- Sistemi di punti materiali e meccanica del corpo rigido
- Urti
- Fisica della Gravitazione
- Cenni di meccanica dei fluidi
- Termologia e termodinamica



Grandezze fisiche fondamentali

GRANDEZZA FISICA	UNITA' DI MISURA NEL S.I.	SIMBOLO
• Lunghezza	Metro	m
• Tempo	Secondo	s
• Massa	Chilogrammo	kg
• Temperatura	Kelvin	K
• Intensità di corrente	Ampere	A
• Quantità di sostanza	mole	mol
• Intensità luminosa	Candela	cd



Unità di misura fondamentali

Meccanica

Grandezza fisica	Unità di misura nel SI	Simbolo
Lunghezza	Metro	m
Massa	Chilogrammo	kg
Tempo	Secondo	s
Intensità di corrente elettrica	Ampere	A
Temperatura	Kelvin	K
Quantità di materia	Mole	mol
Intensità luminosa	Candela	cd

Molte delle definizioni attuali si basano sulla misura di alcune costanti fisiche fondamentali (considerate esatte)



Grandezze fisiche fondamentali

- Gli elementi fondamentali della fisica sono le **grandezze fisiche**, in termini delle quali vengono espresse le sue leggi
- Ogni grandezza fisica viene espressa nella sua **unità**, mediante il **confronto con un campione** di quella stessa unità
 - Una volta stabilito il campione, bisogna sviluppare i procedimenti in modo tale che tutte le grandezze fisiche di quella categoria possano essere espresse mediante un numero in rapporto all'unità di campione
- I campioni fondamentali sono **accessibili** e **invariabili**
- Nel 1971 la 14° Conferenza Generale sui pesi e sulle misure ha selezionato **sette grandezze fisiche fondamentali** dalle quali si derivano tutte le altre. Queste costituiscono la base del **Sistema Internazionale (SI)**



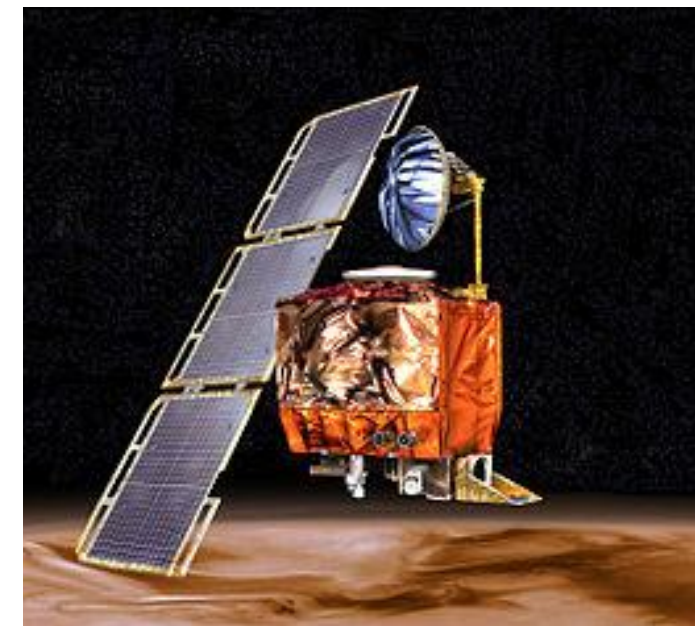
Attenzione al sistema di unità di misura!

Il caso *Mars Climate Orbiter*

È stato un **errore di conversione** a causare nel 1999 lo **schianto della sonda Mars Climate Orbiter nell'atmosfera di Marte** e nello specifico un **errore di conversione tra unità di misura inglesi e il Sistema Internazionale** da parte di due diverse aziende impegnate nella progettazione della sonda: là dove gli uni avevano utilizzato i Newton, gli altri avevano utilizzato invece la libbra – forza.

Sistema Internazionale	Sistema inglese
1 Newton = $\text{kg} \cdot \text{m} / \text{s}^2$	1 lf = libbra * m / s^2

$$1 \text{ libbra} = 0.453 \text{ kg} \rightarrow 1 \text{ lf} = 4.45 \text{ N}$$







Metro

- Nel 1120 d.C., Enrico I d'Inghilterra dichiarò che per il suo paese il campione di lunghezza corrispondesse alla **iarda**, definita come la distanza tra la punta del suo naso e la fine del suo braccio teso
- Nel XVII secolo, il campione originale del piede adottato dai francesi era il piede reale del Re Luigi XIV
- Nel 1791 fu adottata la Barra di Platino-Iridio lunga un metro (per definizione) tenuta in condizioni controllate al museo dei pesi e delle misure di Sevres (Parigi)
- **Attualmente il metro è definito come la lunghezza che la luce percorre nel vuoto in un intervallo di tempo di $1/299\,792\,458$ secondi (1983)**



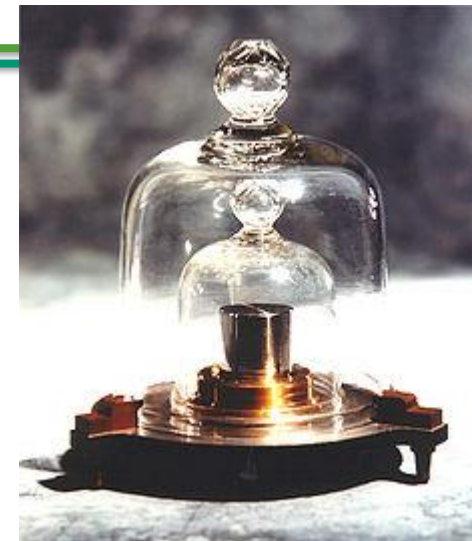
Costante fisica:
 c = velocità della luce
 $= 299\,792\,458 \text{ m/s}$



Chilogrammo

- Cilindro di platino-iridio conservato nel museo di Sevres
– nonostante il controllo della temperatura, la massa variava di una quantità dell'ordine delle decine di microgrammi
- Attualmente (dal 2019) è definito come la quantità di massa necessaria per compensare una forza in una Bilancia di Kibble percorsa da una data quantità di corrente ed **è correlata alla Costante di Planck**. In particolare, è dato da:

$$1 \text{ kg} = \frac{h}{6,62607015 \times 10^{-34}} \frac{s}{m^2}$$



Le Grand Kilo

Costante fisica:
 h = costante di Planck

ATTENZIONE: non confondiamo massa e peso!



Secondo

- Prima del 1967, definito come 1/86400 di un giorno solare medio (l'intervallo tra due comparse successive del sole)



**Attualmente il secondo corrisponde a
9 192 631 770 volte il periodo di oscillazione
dell'atomo di cesio-133**

Costante «campione»:
frequenza della radiazione
emessa dal Cs nella
transizione tra due livelli
iperfini:

$$\Delta\nu_{\text{Cs}} = 9\,192\,631\,770\,\text{s}^{-1}$$



Kelvin

- La definizione del Kelvin adottata dal 1954 fino al 2018 era di
« $\frac{1}{273,16}$ della temperatura assoluta del punto triplo dell'acqua»



Attualmente, il Kelvin è definito a partire dalla costante di Boltzmann, come la differenza di temperatura termodinamica corrispondente ad una differenza di energia termica pari a $k_B T$, con $k_B = 1,380649 \times 10^{-23}$ J/K costante di Boltzmann

$$0 \text{ K} = -273,15^\circ\text{C}$$

Costante fisica:
 $k_B =$ costante di Boltzmann



Le altre unità di misura

- **Ampere:** intensità della corrente costante che, percorrendo due conduttori ideali paralleli posti a 1 m di distanza, produce fra di essi una forza di 2×10^{-7} N per ogni metro
- **Mole:** A partire dal 20 maggio 2019, la mole è definita come la quantità di sostanza che contiene esattamente $6,02214076 \times 10^{23}$ entità fondamentali, essendo questo il valore numerico della **costante di Avogadro** quando espressa in mol^{-1} .
- **Candela:** intensità luminosa in una data direzione di una sorgente che emette radiazione monocromatica alla frequenza di 540×10^{12} Hz con intensità radiante in quella direzione di valore pari a $1/683$ watt in uno steradiano



Analisi dimensionale

Oltre alle **grandezze fisiche fondamentali** che abbiamo visto finora, abbiamo anche le **grandezze fisiche derivate**, che possono essere espresse come una combinazione matematica delle grandezze fondamentali

<i>Grandezza</i>	<i>Dimensione</i>
lunghezza	$[L]$
area	$[L^2]$
volume	$[L^3]$
tempo	$[T]$
velocità	$[L/T]$
accelerazione	$[L/T^2]$
energia	$[M \cdot L^2/T^2]$



Esempi: equazioni dimensionali $\frac{L}{T^2} = L \cdot T^{-2}$

Pressione: rapporto tra la forza esercitata su una superficie e l'area di quest'ultima

$$[P] = \frac{[F]}{[A]} = \frac{[M][a]}{[L^2]} = \frac{[M][L][T^{-2}]}{[L^2]} = [M][L^{-1}][T^{-2}] = \text{kg m}^{-1} \text{s}^{-2}$$

Densità:

$$[\rho] = \frac{[M]}{[V]} = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$$



Notazione scientifica

- Si utilizza per esprimere grandezze con valori molto piccoli o molto grandi in modo rapido e immediatamente leggibile
- In notazione scientifica i numeri sono espressi con il prodotto di un numero decimale compreso tra 1 e 9 (mantissa) e una opportuna potenza di 10:

$$42.000 = 4,2 \times 10^4$$

$$\text{Numero} = \text{mantissa} \times 10^{\text{esponente}}$$

$$0,004$$

$$4 \times 10^{-3}$$

Es.: costante di Planck = $6,62607015 \times 10^{-34}$ J/s



Multipli e sottomultipli

Fattore di moltiplicazione	Prefisso	Simbolo
1 000 000 000 000 = 10^{12}	tera	T
1 000 000 000 = 10^9	giga	G
1 000 000 = 10^6	mega	M
1 000 = 10^3	kilo	k
100 = 10^2	etto	h
10 = 10^1	deca	da
0.1 = 10^{-1}	deci	d
0.01 = 10^{-2}	centi	c
0.001 = 10^{-3}	milli	m
0.000 001 = 10^{-6}	micro	μ
0.000 000 001 = 10^{-9}	nano	n
0.000 000 000 001 = 10^{-12}	pico	p



Ordine di grandezza e analisi dimensionale

Immaginare i **valori tipici delle quantità** quando si risolve un problema è fondamentale per capire se il risultato finale è ragionevole.

Es.: Se da un problema viene fuori che la massa di una mosca è 100kg c'è sicuramente qualcosa che non va!

Inoltre, è importante effettuare **un'analisi dimensionale** delle equazioni per capire se stiamo sbagliando qualcosa:

Es.: Le grandezze possono essere sommate tra loro solo se hanno le stesse dimensioni, non possiamo sommare una forza con una lunghezza!!!



Ordini di grandezza: esempi

- Lunghezze:

Distanza del corpo celeste più lontano dalla Terra	$1.4 \times 10^{26} \text{ m}$
Anno-luce	$9.46 \times 10^{15} \text{ m}$
Distanza media Terra-Luna	$3.84 \times 10^8 \text{ m}$
Diametro di un atomo di H	$\approx 10^{-10} \text{ m}$

- Masse:

Universo visibile	$\approx 10^{52} \text{ kg}$
Terra	$5.98 \times 10^{24} \text{ kg}$
Zanzara	$\approx 10^{-5} \text{ kg}$

- Tempi:

Un giorno	$8.6 \times 10^4 \text{ s}$
Tempo di Planck	$\approx 10^{-43} \text{ s}$

- Lunghezza di un campo di calcio = ? $1 \times 10^2 \text{ m}$

- Altezza di un uomo = ?
 $1.8 \times 10^0 \text{ m}$

- Massa media di 3 mele? = ?

- Durata di questa lezione = ?



Trasformare le unità di misura $1\text{ kg} = 10^3\text{ g}$

- Densità dell'acqua: $1\text{ g/cm}^3 \rightarrow$ quanto fa in kg/m^3 ?

$$1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = \frac{10^{-3} \text{ kg}}{(10^{-2} \text{ m})^3} = \frac{10^{-3} \text{ kg}}{10^{-6} \text{ m}^3} = 10^{-3} \times 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

- Enrico Fermi notò che la lunghezza di una lezione era pari circa ad un micro-secolo. Quanto durava una sua lezione (in ore)?

$$1 \text{ secolo} = 100 \text{ anni (y)}$$

$$1 \text{ anno} = 365 \text{ giorni (d)}$$

$$1 \text{ giorno} = 24 \text{ ore (h)} = 24 \times 10 \times 3,6 \times 10^3 \text{ secondi}$$

$$1 \text{ ore} = 60 \text{ min} = 3600 \text{ secondi}$$

$$1 \text{ secolo} = 10^{-6} \text{ secoli}$$





Misura di una grandezza fisica

La fisica è una scienza sperimentale

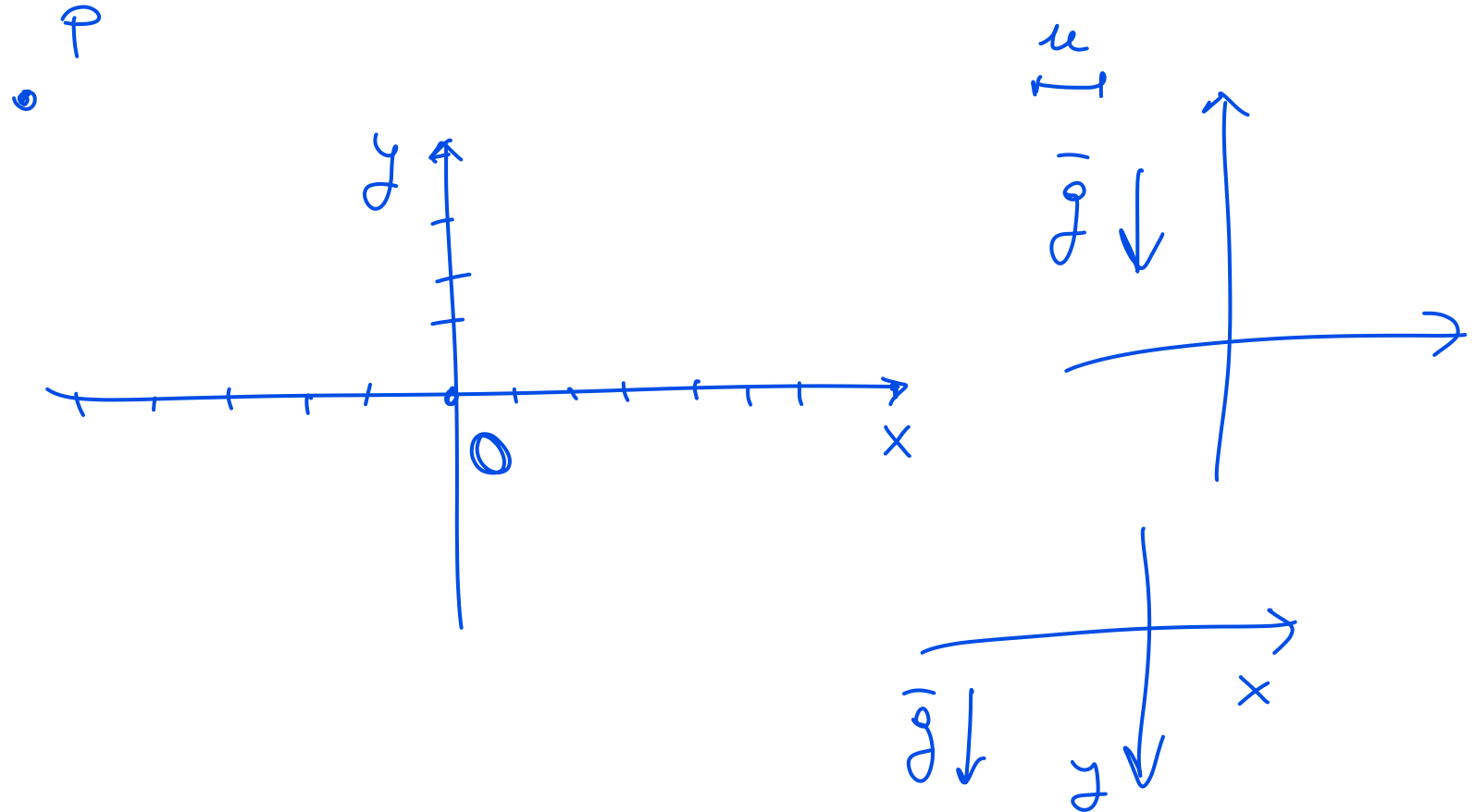
Il procedimento che permette la scoperta di una nuova legge fisica o la verifica di un'ipotesi teorica è il **metodo sperimentale**:

- Si individuano le **grandezze fisiche** in gioco
- Si esegue la **misura** con un procedimento chiaro e ripetibile
- La legge che regola il fenomeno è **quantitativa** ed esprime in linguaggio matematico una relazione tra le grandezze misurate



Sistemi di riferimento

Dato un punto in un piano, come facciamo ad individuarne la posizione?

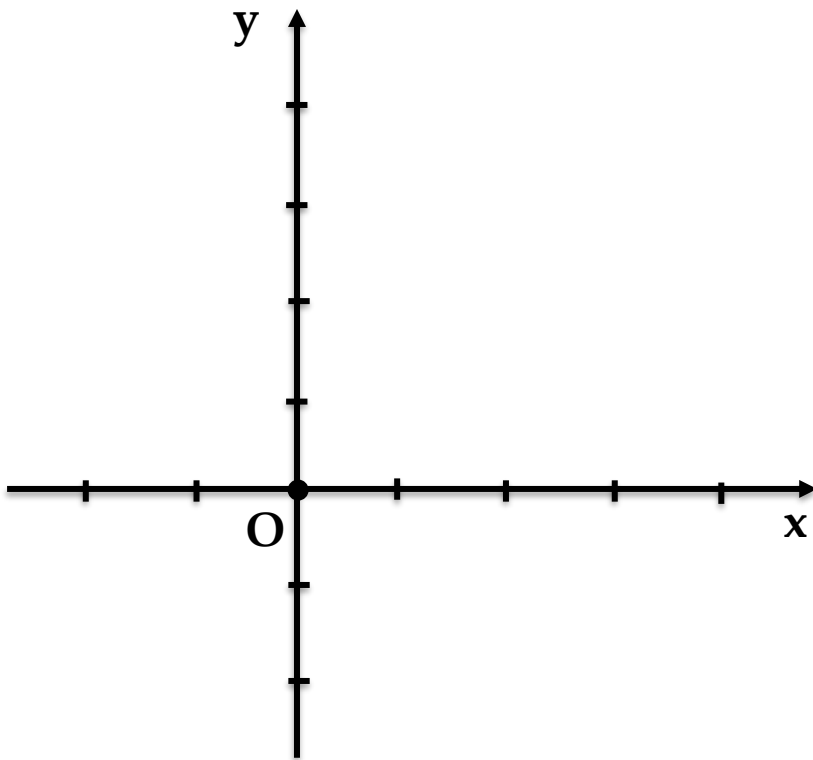






Sistema di assi cartesiani ortogonali

- Introdotto per la prima volta da Nicola d'Oresme, matematico del XIV sec, a Parigi
- Cartesio nel 1637 ne riprese gli studi, e lavorò alla fusione dell'algebra con la geometria euclidea

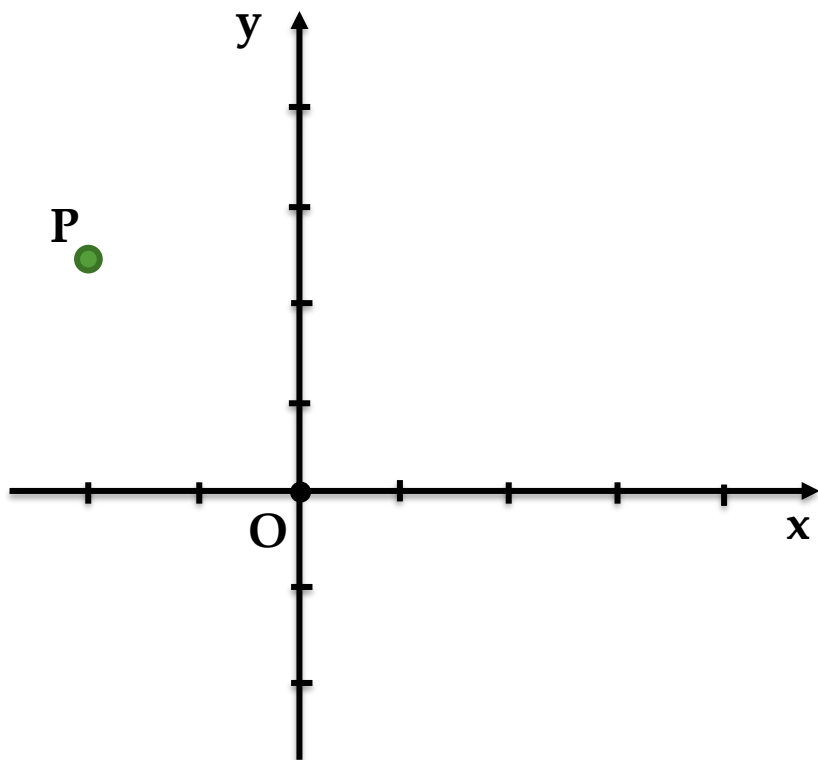


- Si sceglie un punto di riferimento che chiamiamo origine **O**
- Si scelgono due direzioni (rette) passanti per quel punto, di cui si individua il verso. Se le direzioni sono ortogonali, molte cose si semplificano (come il calcolo della distanza di un punto dall'origine)
- Si sceglie un'unità di misura per rappresentare le distanze sui due assi



Esempio:

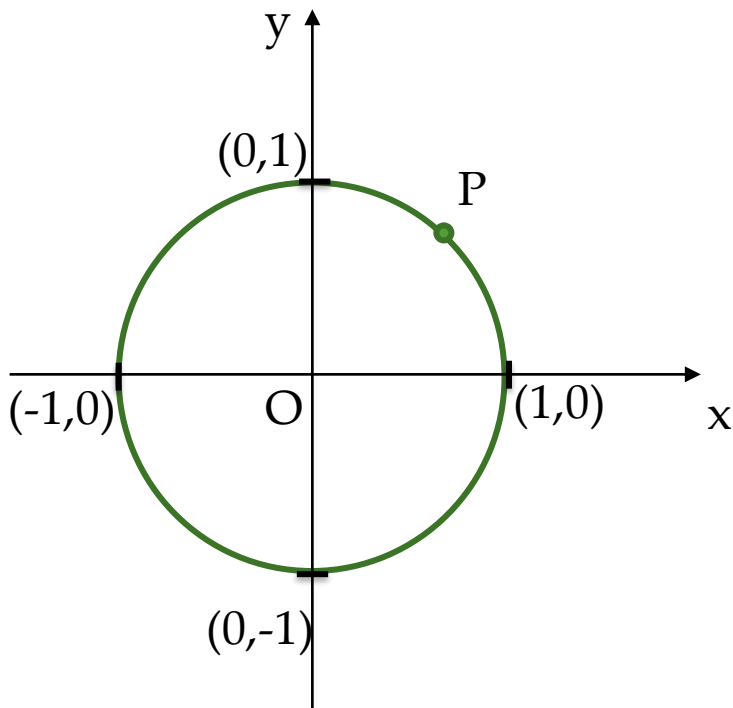
Dato il punto P nel sistema cartesiano ortogonale, individuarne le coordinate e la distanza dall'origine





Elementi di base di trigonometria

Definiamo una circonferenza di raggio unitario nel piano cartesiano ortogonale.



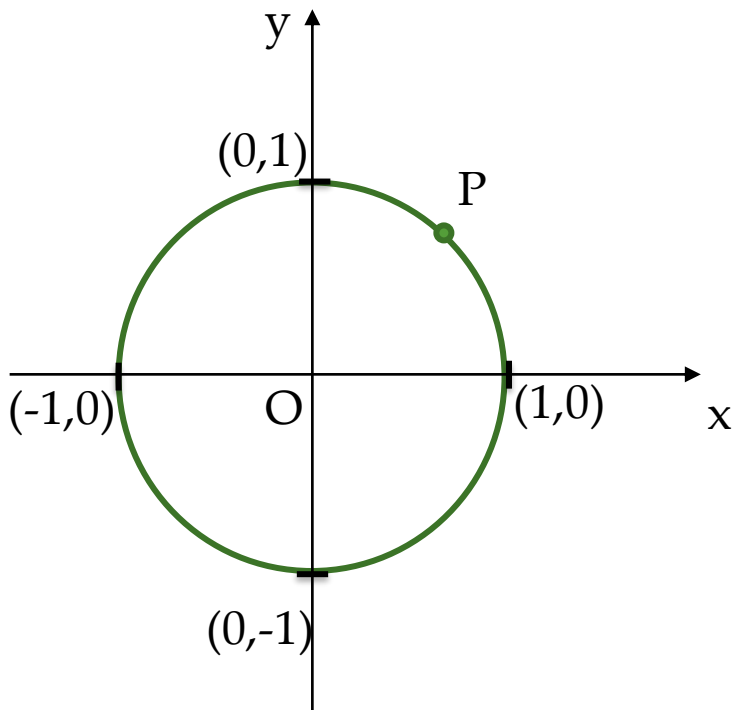
$$x^2 + y^2 = 1$$

Dato un punto P sulla circonferenza unitaria, come si fa a descrivere la sua posizione utilizzando un solo parametro?



Elementi di base di trigonometria

Definiamo una circonferenza di raggio unitario nel piano cartesiano ortogonale.



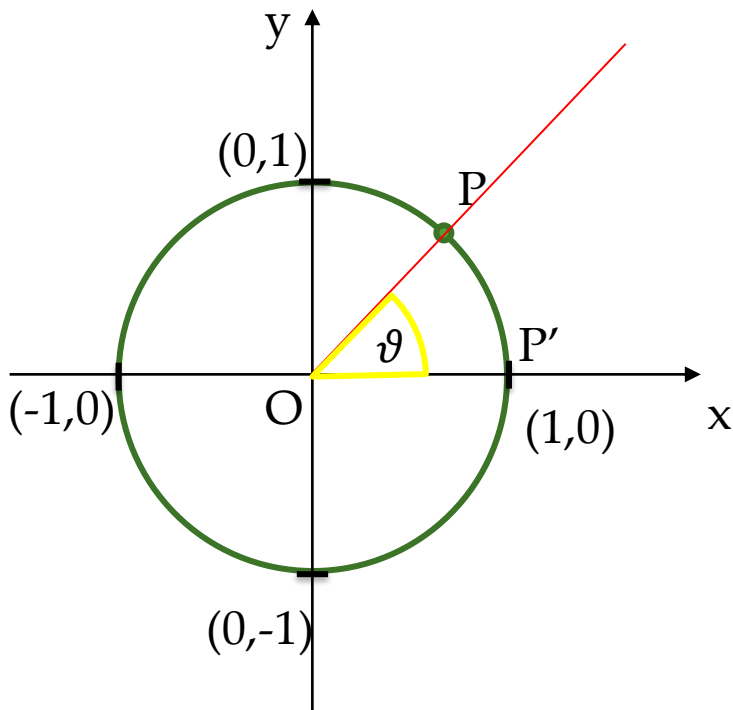
$$x^2 + y^2 = 1$$

Dato un punto P sulla circonferenza unitaria, come si fa a descrivere la sua posizione utilizzando **un solo parametro**?
(Noto x, saprò anche y perché deve soddisfare l'equazione della circonferenza)



Elementi di base di trigonometria

Definiamo una circonferenza di raggio unitario nel piano cartesiano ortogonale.



$$x^2 + y^2 = 1$$

Dato un punto P sulla circonferenza unitaria, come si fa a descrivere la sua posizione utilizzando **un solo parametro**? (Noto x, saprò anche y perché deve soddisfare l'equazione della circonferenza)

Traccio una semiretta che parte dall'origine e intercetta P, e definisco l'**angolo** come un **rapporto tra due lunghezze**:

$$\vartheta = \frac{\overline{PP'}}{R}$$

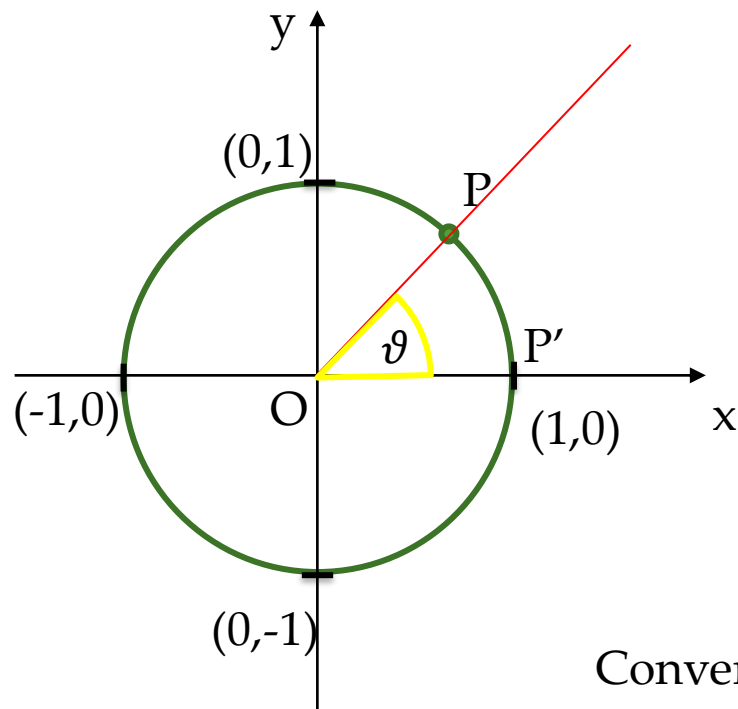
Dove R è il raggio della circonferenza (che nel nostro caso vale 1)

Definizione di angolo in **radianti**



Elementi di base di trigonometria

Definiamo una circonferenza di raggio unitario nel piano cartesiano ortogonale.



$$x^2 + y^2 = 1$$

Definizione di angolo in **radianti**

$$\vartheta = \frac{\overline{PP'}}{R}$$

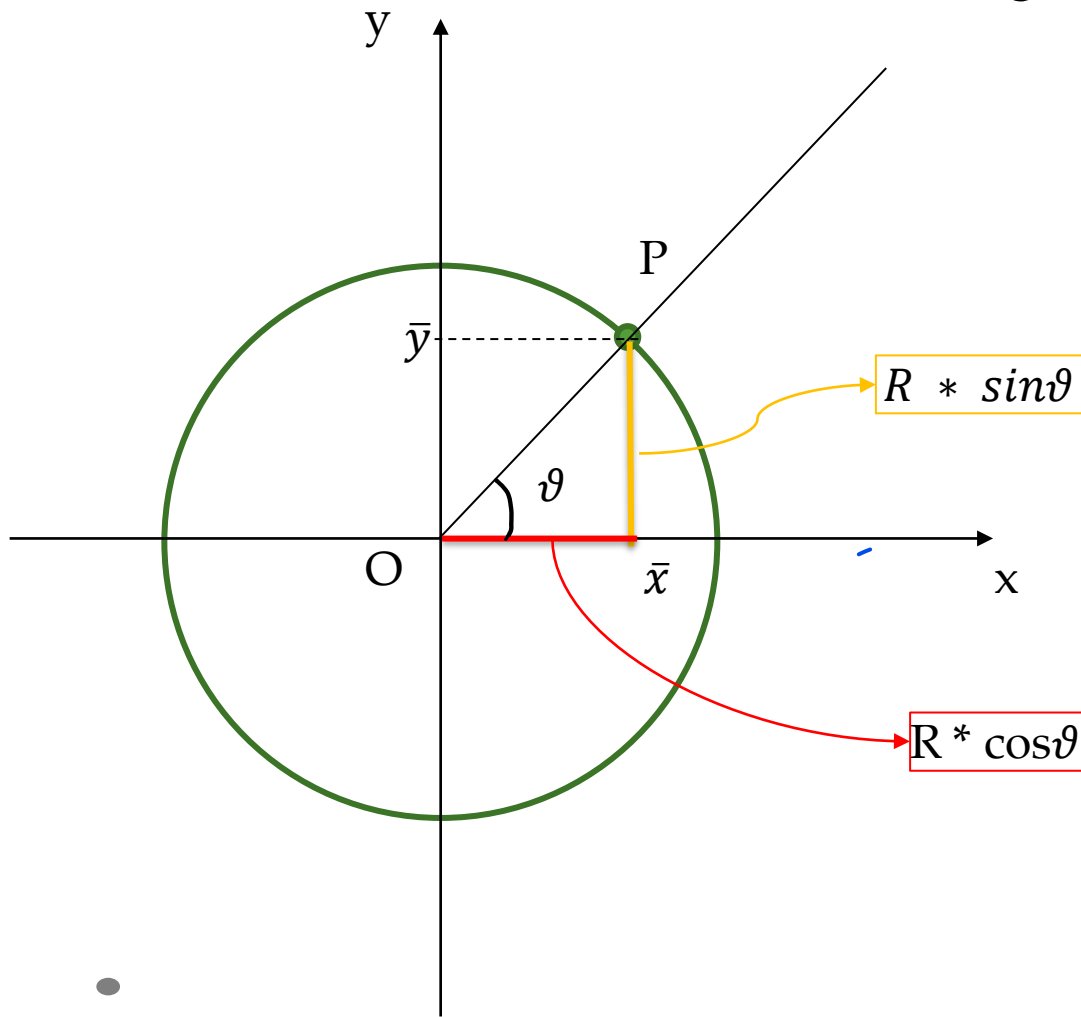
Circonferenza = $2\pi R$ \rightarrow angolo giro = $\frac{2\pi R}{R} = 2\pi$

Conversione gradi \rightarrow radianti : $360^\circ : 360^\circ = x : 2\pi$



Elementi di base di trigonometria

Angoli misurati in senso antiorario a partire dalla retta $y=0$



Per $R = 1$:

$$P \equiv (\bar{x}, \bar{y}) = (\cos\vartheta, \sin\vartheta)$$

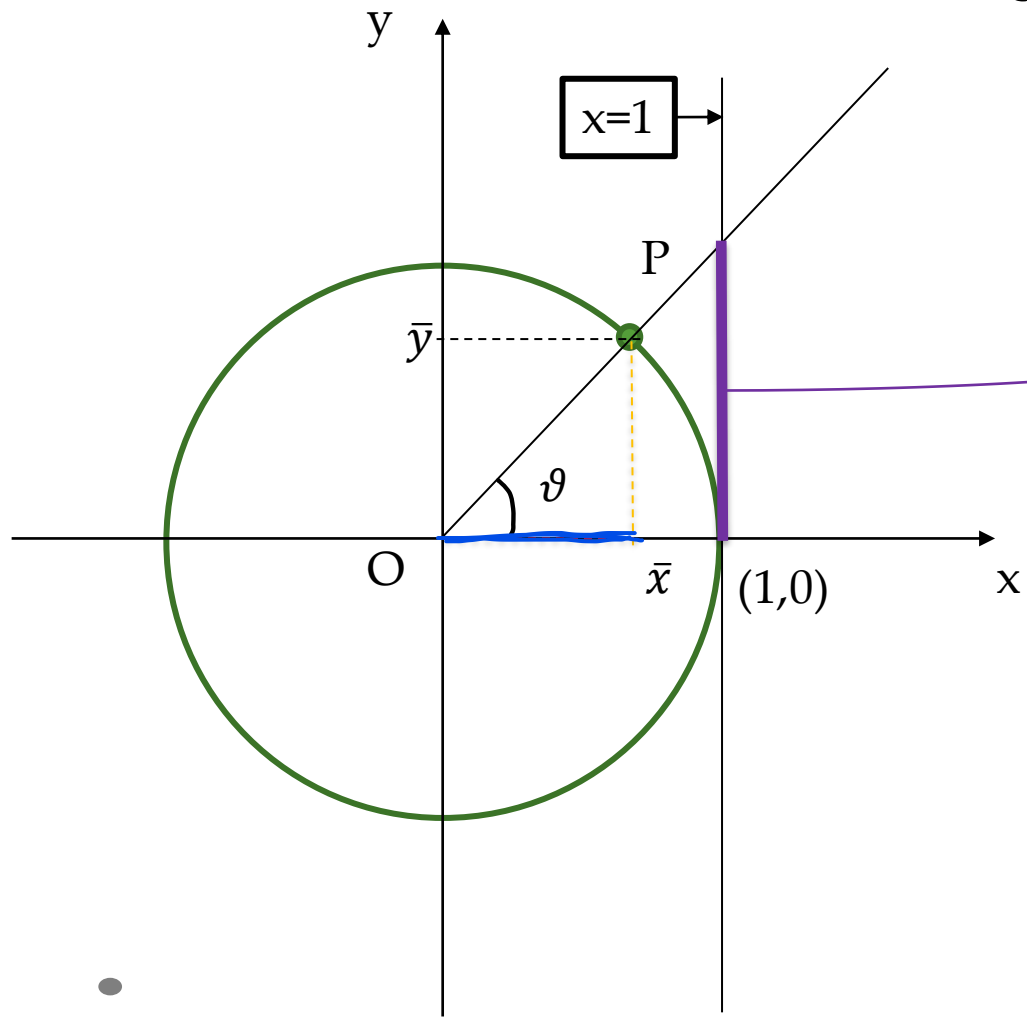
Per un R generico:

$$P \equiv (\bar{x}, \bar{y}) = (R \cos\vartheta, R \sin\vartheta)$$



Elementi di base di trigonometria

Angoli misurati in senso antiorario a partire dalla retta $y=0$



Per $R = 1$:

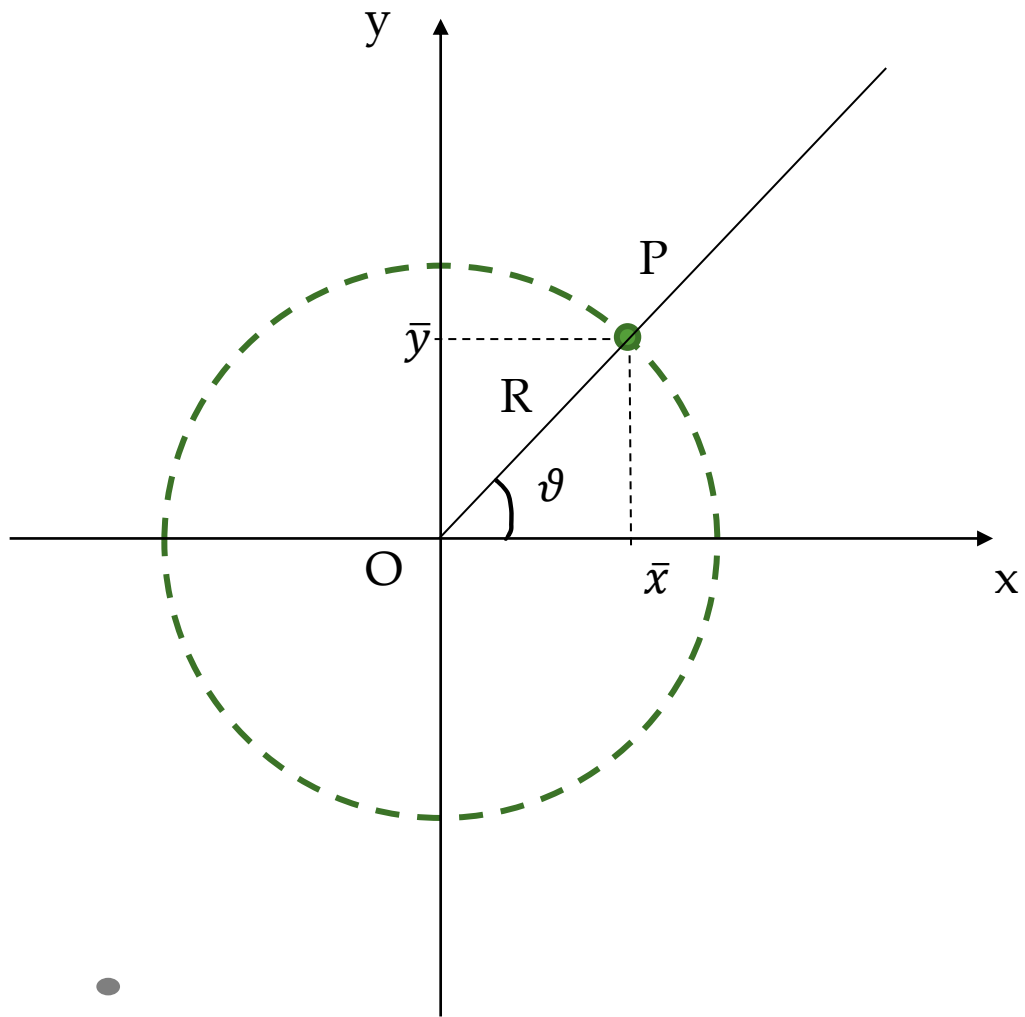
$$P \equiv (\bar{x}, \bar{y}) = (\cos \vartheta, \sin \vartheta)$$

$$\text{tg} \vartheta = \frac{\sin \vartheta}{\cos \vartheta}$$

$$(R \cos \vartheta, R \sin \vartheta)$$



Sistema di riferimento in coordinate polari



Possiamo descrivere la posizione del punto P anche con due diversi parametri in coordinate polari

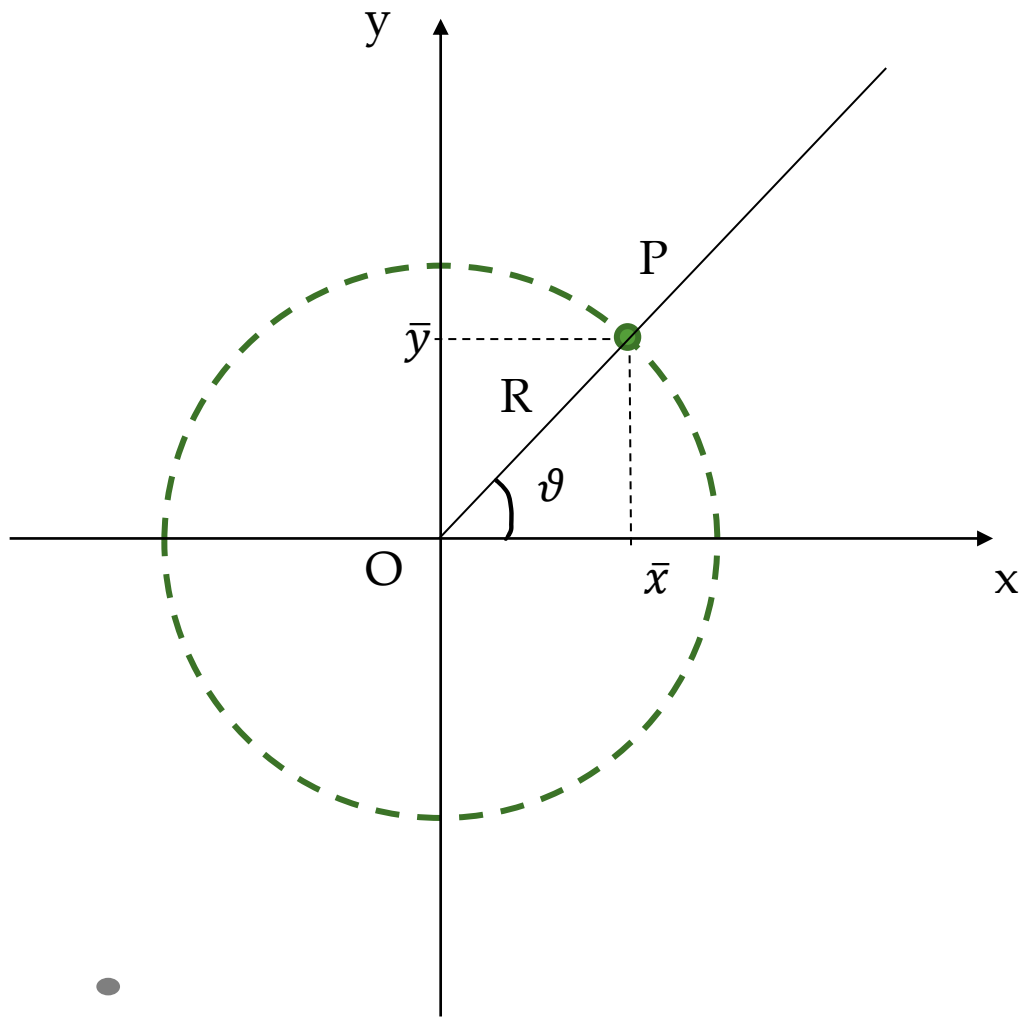
$$P \equiv (R, \vartheta)$$

Cartesiane ortogonali	Polari
$P \equiv (\bar{x}, \bar{y})$	$P \equiv (R, \vartheta)$

Come si passa dal sistema di coordinate cartesiane ortogonali a quello di coordinate polari?



Sistema di riferimento in coordinate polari



Possiamo descrivere la posizione del punto P anche con due diversi parametri in coordinate polari

$$P \equiv (R, \vartheta)$$

Cartesiane ortogonali	Polari
$P \equiv (\bar{x}, \bar{y})$	$P \equiv (R, \vartheta)$

Come si passa dal sistema di coordinate cartesiane ortogonali a quello di coordinate polari?

$$\begin{cases} x = R \cos \vartheta \\ y = R \sin \vartheta \end{cases}$$

$$\begin{cases} R = \sqrt{x^2 + y^2} \\ \vartheta = \operatorname{atan} \frac{y}{x} \end{cases}$$