CAPITOLO 1: INTRODUZIONE ALLA FISICA

1.1 IL CONCETTO DI SISTEMA:

Nel mondo della fisica, ma non solo, il concetto di sistema assume un ruolo molto importante. Ma vediamo subito come si può definire il concetto di sistema. Per **sistema** noi intendiamo una porzione di mondo che vogliamo studiare ed analizzare. Per esempio, supponiamo che vogliamo studiare le caratteristiche chimiche di una goccia di acqua. Bene, la goccia di acqua è il nostro sistema. Tutto ciò che è esterno alla goccia di acqua non appartiene al sistema ma appartiene ad un'altra entità che prende il nome di **ambiente**. Quindi abbiamo appena introdotto due importanti entità astratte: il sistema e l'ambiente. Adesso sorge spontanea una domanda. Come possiamo rappresentare in maniera semplice e concreta queste due entità. Spesso si utilizza uno strumento matematico che va sotto il nome di **diagramma di Venn** e che permette di rappresentare graficamente ed in maniera semplice ed immediata sia il sistema sia l'ambiente. I diagrammi di Venn spesso vengono utilizzati nella teoria degli insiemi per rappresentare un insieme ed il suo complementare. Per esempio, se consideriamo l'insieme di tutte le città d'Italia e denotiamo tale insieme con il carattere X, il complementare di tale insieme sarà composto da tutte le città che non fanno parte della nazione Italia. Tornando a noi, possiamo rappresentare il sistema e l'ambiente in questo modo:

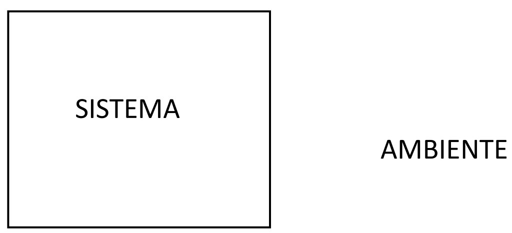


Figura 1.1

La figura 1.1 mostra chiaramente che il sistema e l'ambiente sono due entità definite ma complementari, ossia se una porzione di mondo non appartiene al sistema, per forza di cose deve appartenere al suo complementare ossia all'ambiente. Quanto appena detto viene spesso denominato **principio aristotelico del terzo escluso**. Ovviamente il sistema e l'ambiente interagiscono tra di loro ma il modo in cui interagiscono verrà trattato più avanti. Per ora è importante capire bene cosa è il sistema e cosa è l'ambiente. Quindi, tornando all'esempio della goccia di acqua, se la goccia è il nostro sistema, tutto ciò che è esterno alla goccia di acqua fa parte dell'ambiente. Possiamo anche introdurre a questo punto una terza entità astratta che possiamo definire come l'unione del sistema e dell'ambiente. Questa terza entità astratta possiamo chiamarla **universo**. Pertanto formalmente possiamo definire l'universo in questo modo:

$$sistema \cup ambiente = universo$$

Dove il simbolo ∪ denota il **simbolo di unione insiemistica.** Vale la pena citare che l'unione è un'operazione insiemistica che permette di creare un insieme formato da tutti gli elementi del primo insieme, o tutti gli elementi del secondo insieme, oppure tutti gli elementi appartenenti al primo ed al secondo insieme. Per esempio se si hanno a disposizione due insiemi che chiamiamo per comodità A e B, allora l'unione di questi due insiemi creerà un terzo insieme composto da tutti gli elementi di A o tutti gli elementi di B o tutti gli elementi di A e di B. Rappresentando il tutto con i diagrammi di Venn si ottiene:

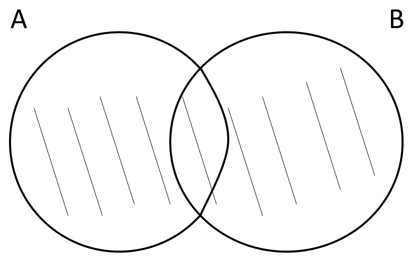


Figura 1.2

Questi due insiemi non sono disgiunti e quindi la loro intersezione non è un insieme vuoto (denotato di solito con il simbolo Ø), ossia la loro intersezione ha degli elementi. Se i due insiemi fossero stati **disgiunti** allora la loro intersezione avrebbe prodotto un insieme vuoto, come viene mostrato di seguito:

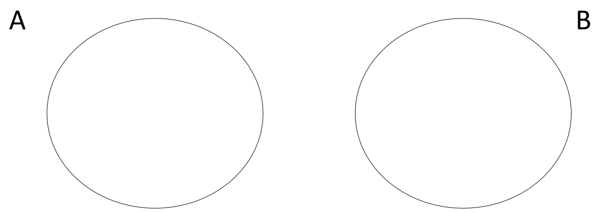


Figura 1.3

In questo caso si può scrivere formalmente così:

$$A \cap B = \emptyset$$

Dove il simbolo ∩ denota il **simbolo di intersezione**. Anche l'intersezione è un'operazione insiemistica. Tornando al concetto di sistema e di ambiente, possiamo tranquillamente affermare che l'intersezione del sistema e dell'ambiente produce un insieme vuoto, ossia privo di elementi, in quanto il sistema e l'ambiente sono due entità disgiunte. Quindi:

$$sistema \cap ambiente = \emptyset$$

Detto ciò, vediamo ora di descrivere il sistema in maniera un po' più generale. Il sistema è in effetti un concetto molto generale, e come tale non solo può essere applicato a tutte le branchie della fisica, ma può essere applicato anche su altre scienze come la chimica, la geometria, la biologia, e così via. Se applichiamo il sistema al mondo della meccanica parliamo allora di **sistema meccanico**, se invece applichiamo il concetto di sistema al mondo della termodinamica allora parliamo di **sistema termodinamico** e così via.

Non è facile fornire una lista di tutti i possibili ambiti in cui si può applicare questo potente concetto astratto, e sarebbe anche un po' assurdo. Pertanto man mano che entreremo nel vivo di certi argomenti vedremo come il sistema potrà essere utilizzato per modellizzare ottimamente certe situazioni fisiche. Prima però di entrare nel vivo della fisica, e quindi di applicare il concetto di sistema, è necessario fornire alcuni strumenti matematici essenziali per poter comprendere i successivi argomenti.

1.2 LE GRANDEZZE E LE UNITA' DI MISURA:

Non è facile nemmeno definire il concetto di **grandezza**. A grandi linee possiamo fornire una definizione di grandezza del seguente tipo. Un grandezza fisica è un qualunque oggetto naturale che può essere percepito direttamente oppure indirettamente dai nostri sensi e che può essere in qualche modo misurato. Esempi concreti di grandezze fisiche sono: il tempo, la massa, la forza, la velocità, l'accelerazione, e così via. Ad ogni grandezza fisica è associata la sua **unità di misura** la quale può essere diretta o indiretta. Per esempio, il tempo si misura in secondi e pertanto possiamo dire che l'unità di misura del tempo è un'unità di misura diretta. La forza ha un'unità di misura che è il Newton che è un'unità di misura non diretta in quanto la forza è il prodotto della massa per l'accelerazione. Pertanto possiamo affermare che la maggior parte delle grandezze fisiche sono delle combinazioni di grandezze fisiche più elementari, e pertanto la maggior parte delle unità di misura in fisica (ma non solo) sono di natura non diretta. Fino ad un po' di anni fa vi era molta confusione in merito alle grandezze fisica basilari o meno ed alle relative unità di misura. Nel 1960 alla **conferenza dei pesi e delle misure** si cercò di standardizzare le grandezze e le rispettive unità di misura stabilendo quelle che vennero poi considerate universalmente le **grandezze fondamentali**. Il risultato di questa conferenza fù un sistema particolare che venne denominato **sistema internazionale (S.I).** tale sistema consta di sette grandezze fondamentali con le loro rispettive unità di misura:

Grandezza fisica	**Unità di misura**	**Simbolo**
Tempo	secondi	s
Massa	Chilogrammo	Kg
Intensità di corrente	Amperè	A
Intensità luminosa	Candela	Cd
Lunghezza	metro	m
Quantità di sostanza	Mole	Mol
Temperatura	Kelvin	K

Tutte le altre grandezze che non fanno parte di questo sistema internazionale prendono il nome di **grandezze derivate**. Pertanto la forza è una grandezza derivata , come la velocità e l'accelerazione. A questo punto possiamo fare un passo in avanti, e fornire un'ulteriore classificazione delle grandezze. In fisica infatti possiamo suddividere grossolanamente le grandezze in due tipi fondamentali:

1. **Grandezze scalari**, ossia quelle grandezze rappresentate semplicemente da un numero, e quindi possono essere completamente individuate quando se ne dà la misura (un valore numerico seguito

dalla rispettiva unità di misura). Esempi di grandezze di questo tipo sono: la massa, il tempo, e così via.

2. **Grandezze vettoriali**, ossia grandezze che per essere caratterizzate completamente hanno bisogno di entità matematiche più complesse chiamate **vettori**. Queste grandezze sono caratterizzate oltre che dalla misura, anche da una direzione ed un particolare verso. Esempi di questo tipo di grandezze sono la forza, la velocità, l'accelerazione, e così via.

Una descrizione più accurata di queste grandezze verrà fornita al momento giusto, quando si parlerà di meccanica. Ogni unità di misura poi ha dei multipli e dei sottomultipli che qui di seguito vengono elencati. In particolare per quanto riguarda i multipli si ha la seguente tabella:

Multipli	**Scala**
Deca (da)	10^1
Etto (h)	10^2
Chilo (K)	10^3
Mega (M)	10^6
Giga (G)	10^9
Tera (T)	10^{12}

Invece per quanto riguarda i sottomultipli si ha:

Sottomultipli	**Scala**
Deci (d)	10^{-1}
Centi (c)	10^{-2}
Milli (m)	10^{-3}
Micro (μ)	10^{-6}
Nano(n)	10^{-9}
Pico(p)	10^{-12}

Nel prossimo paragrafo si farà una breve introduzione del concetto di vettore, uno strumento di lavoro indispensabile per poter spiegare molti fenomeni della fisica.

1.3 I VETTORI:

Un **vettore** è uno strumento grafico e matematico per rappresentare grandezze vettoriali ossia grandezze caratterizzate da una misura, una direzione, ed un verso. Graficamente un vettore viene rappresentato mediante una freccia, come viene mostrato qui di seguito:

Figura 1.4

L'utilizzo della freccia si presta bene al significato stesso di vettore. Infatti un vettore è caratterizzato da:

1. Una direzione
2. Un modulo
3. Un verso

Il verso è quello indicato dalla freccia, la direzione è indicata dall'inclinazione o meno della freccia, ed il modulo (chiamato anche **intensità del vettore)** è indicato dalla lunghezza della freccia stessa. Quindi se una freccia è più lunga di un'altra vuol dire che quel vettore ha intensità maggiore. L'intensità del vettore altro non è che la misura di una grandezza vettoriale. Per esempio, è già stato detto che la forza è una grandezza vettoriale. Se ho una forza F1 di 3 Newton, e ho una forza F2 di 2 Newton, allora la freccia che mi rappresenta F1 avrà una lunghezza maggiore della freccia che mi rappresenta F2. Di solito le grandezze vettoriali vengono scritte inserendo una piccola freccia in alto. Per esempio la forza F1 viene così scritta:

$$\overrightarrow{F1}$$

A questo punto vediamo alcune operazioni elementari che si possono effettuare con i vettori. Innanzitutto è possibile moltiplicare uno scalare per un vettore, ossia un semplice numero per un vettore. Per esempio, consideriamo un vettore $\vec{A}$ ed uno scalare K. Se moltiplichiamo lo scalare per il vettore si ottiene come risultato un nuovo vettore che chiamiamo per comodità $\vec{B}$ che avrà la stessa direzione del vettore $\vec{A}$, il suo stesso verso (se k è positivo), ma intensità pari a "k" volte l'intensità del vettore $\vec{A}$. Formalmente si scrive:

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

Vedremo più avanti delle semplici applicazioni del prodotto di uno scalare per un vettore. E'possibile poi effettuare la somma tra due vettori. Prendiamo, a titolo di esempio, due vettori denominati rispettivamente $\vec{A}$ e $\vec{B}$. La somma tra questi due vettori produce ovviamente un nuovo vettore che chiameremo per comodità $\vec{C}$. Esistono fondamentalmente due tecniche per sommare i vettori:

1. Una tecnica chiamata **metodo del parallelogramma** qui di seguito illustrata:

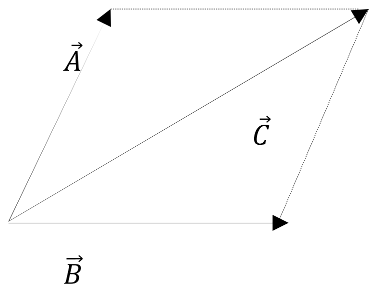


Figura 1.5

Il vettore $\vec{C}$ prende il nome di **vettore risultante**. Quindi si ha: $\vec{C} = \vec{A} + \vec{B}$

2. Una tecnica chiamata **metodo punta-coda** qui di seguito illustrata:

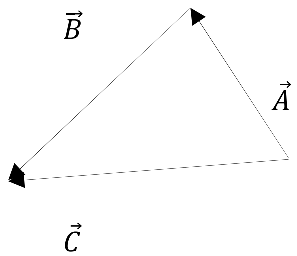
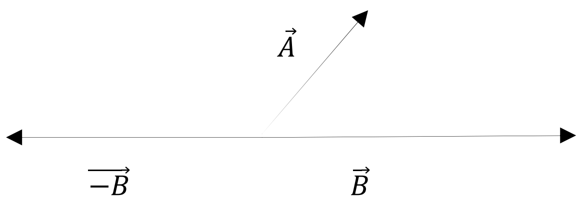


Figura 1.6

Ovviamente è possibile anche effettuare la sottrazione tra due generici vettori. La sottrazione viene effettuata semplicemente utilizzando il **vettore opposto**. Vediamo di chiarire subito il concetto con un esempio grafico:

Figura 1.7



Come si può facilmente notare il vettore $\overrightarrow{-B}$ è il vettore opposto al vettore $\vec{B}$. Quindi se si desidera effettuare la sottrazione $\vec{A} - \vec{B}$ basta effettuare in realtà la somma tra i vettori $\vec{A}$ e $\overrightarrow{-B}$ come viene illustrato di seguito:

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

Il risultato grafico è il seguente:

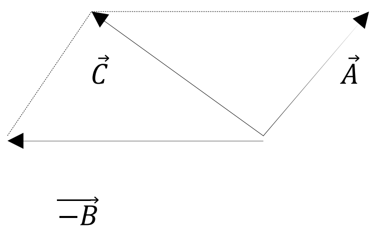


Figura 1.8

Una operazione invece molto comune in fisica è l'operazione di scomposizione di un vettore. Prendiamo a titolo di esempio il seguente piano cartesiano su cui segniamo un generico punto P di coordinate cartesiane (xp, yp) identificato in modo univoco da un determinato vettore $\vec{V}$ che chiamiamo per comodità **vettore posizione**.

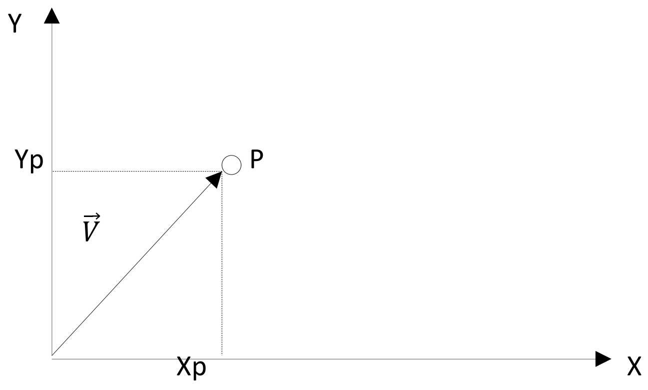


Figura 1.9

Come si può facilmente notare il vettore posizione $\vec{V}$ ha una sua direzione, un suo verso ed una sua intensità. E' possibile scomporre tale vettore nelle sue componenti cartesiane, e quindi scomporlo lungo l'asse x e lungo l'asse y ottenendo così due vettori chiamati rispettivamente $\overrightarrow{Vx}$ e $\overrightarrow{Vy}$ rappresentati qui in figura:

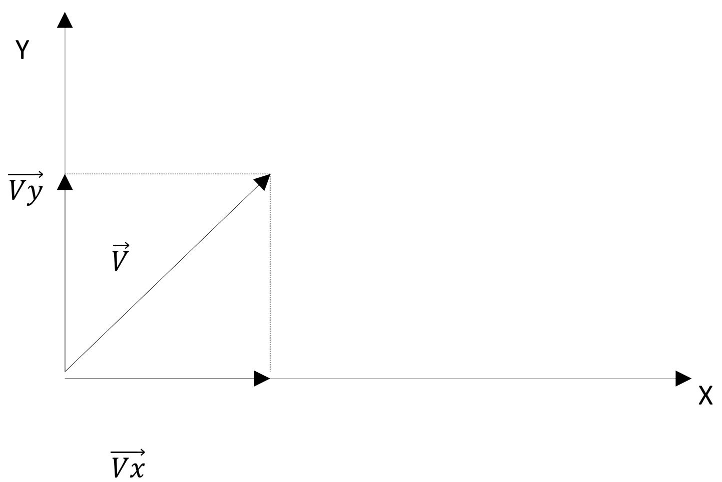


Figura 1.10

Ovviamente si ha:

$$\vec{V} = \overrightarrow{Vx} + \overrightarrow{Vy}$$

Ora però ci chiediamo che intensità avranno i due vettori lungo l'asse x e lungo l'asse y. Chiaramente il vettore $\overrightarrow{Vx}$ avrà un'intensità pari a xp mentre $\overrightarrow{Vy}$ avrà un'intensità pari a Yp. La direzione ed il verso dei due vettori è ben visibile nella figura. Il problema sta nel capire come assegnare il modulo (intensità) ai due vettori. Chiaramente non si può scrivere semplicemente:

$$\overrightarrow{Vx} = xp$$

Perché non ha alcun senso uguagliare un vettore con uno scalare. Però si può aggirare il problema inserendo un vettore avente intensità unitaria (ossia pari a 1), ed avente la stessa direzione e lo stesso verso del vettore $\overrightarrow{Vx}$. Chiameremo questo vettore $\overrightarrow{Ux}$. Possiamo così scrivere:

$$\overrightarrow{Vx} = xp \cdot \overrightarrow{Ux}$$

Ora i conti ci tornano, in quanto abbiamo un vettore risultante che ha la stessa direzione e lo stesso verso del vettore $\overrightarrow{Ux}$ ma modulo pari a xp volte il modulo del vettore $\overrightarrow{Ux}$ (quindi xp*1=xp). Analogamente si ha per il vettore $\overrightarrow{Vy}$, e quindi si ha:

$$\overrightarrow{Vy} = yp \cdot \overrightarrow{Uy}$$

Graficamente si ha:

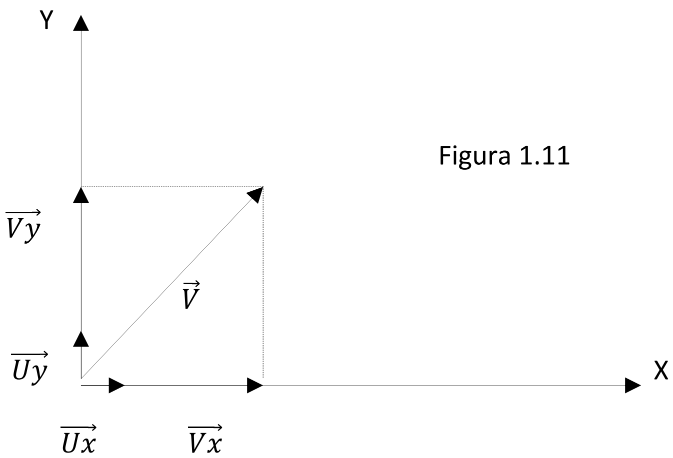


Figura 1.11

I vettori $\overrightarrow{Ux}$ e $\overrightarrow{Uy}$ vengono chiamati **indicatori di direzione** o più semplicemente **versori** e altro non sono che dei vettori aventi modulo unitario (ossia pari a 1). Pertanto possiamo riscrivere il vettore risultante nel seguente modo:

$$\vec{V} = \overrightarrow{Vx} + \overrightarrow{Vy} = xp \cdot \overrightarrow{Ux} + yp \cdot \overrightarrow{Uy}$$

Per quanto riguarda la scomposizione del vettore $\vec{V}$ ci siamo. Dal grafico del piano cartesiano si vede subito la direzione ed il verso del vettore risultante. Ci chiediamo ora quale sarà il modulo di tale vettore. Per risolvere quest'ultimo problema basta semplicemente osservare che la scomposizione del vettore risultante lungo l'asse x ($\overrightarrow{Vx}$) e la scomposizione del vettore risultante lungo l'asse y ($\overrightarrow{Vy}$) formano con il vettore risultante un triangolo rettangolo, come viene mostrato in figura:

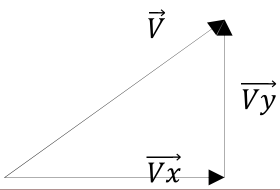


Figura 1.12

Visto che i due vettori (lungo l'asse x e lungo l'asse y) sono i due cateti del triangolo e l'ipotenusa è data dal vettore risultante $\vec{V}$,si può applicare il **teorema di Pitagora** nel seguente modo:

$$|\vec{V}| = \sqrt{|\overrightarrow{Vx}|^2 + |\overrightarrow{Vy}|^2}$$

Dove, con il simbolo |.|, denotiamo il modulo del vettore. Quindi se per esempio abbiamo che $\overrightarrow{Vx}$ ha modulo 3 e $\overrightarrow{Vy}$ ha modulo2 si ottiene:

$$|\vec{V}|=\sqrt{3^2 + 2^2} = \sqrt{13}$$

Vediamo ora brevemente le altre fondamentali operazioni vettoriali. Vediamo i due tipi di prodotti tra due vettori:

1. **Prodotto scalare tra due vettori**, è un'operazione tra due vettori del seguente tipo:

   $$s = \vec{A} \cdot \vec{B} = AB \cos\vartheta$$

   Pertanto il risultato del prodotto scalare tra due vettori è una quantità scalare data dal prodotto dei moduli dei due vettori per il coseno dell'angolo, che qui abbiamo per comodità chiamato ϑ compreso tra i due vettori stessi. Chiaramente il risultato è nullo se l'angolo tra i due vettori è un angolo retto (ossia un angolo di 90° ($\frac{\pi}{2}\, in\ radianti$)).

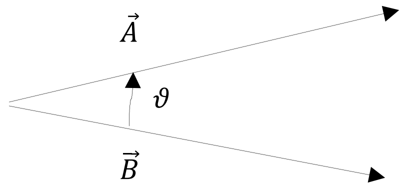


Figura 1.13

2. **Prodotto vettoriale tra due vettori,** è un'operazione tra due vettori del seguente tipo:

   $$\vec{C} = \vec{A} \times \vec{B}$$

   Il risultato di tale prodotto è un altro vettore che ha la direzione perpendicolare al piano individuato dai vettori $\vec{A}\ e\ \vec{B}$, il verso tale che deve apparire antiorario rispetto alla rotazione che porta il vettore $\vec{A}$ sul vettore $\vec{B}$, e modulo pari a:

   $$C = AB \sin\vartheta$$

   Graficamente si ha:

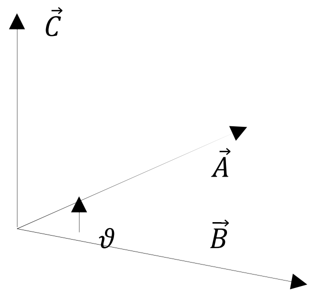


Figura 1.14

Nei prossimi capitoli entreremo nel cuore della fisica iniziando a parlare della cinematica. Man mano che entreremo in certi argomenti più specifici descriveremo anche alcune importanti proprietà dei vettori, ed alcune importanti proprietà sulle operazioni vettoriali in questo capitolo brevemente accennate.