Università degli Studi di Verona

CORSO DI LAUREA IN INFORMATICA

Fisica I

Federico Brutti
federico.brutti@studenti.univr.it

Nono, io mi rifiuto, questo fatevelo voi. - Elisa A.

Contents

Chapter 1

Introduzione e strumenti base

La fisica è una scienza naturale che si occupa dei principi primi che spiegano il funzionamento dell'universo e li esprime tramite il linguaggio matematico; pone quindi le basi per lo studio di tutto ciò che ci circonda ed è vastamente utilizzata anche in ambito ingegneristico. Partiamo subito col dare alcuni concetti.

1.1 Grandezze fisiche e analisi dimensionale

Diciamo **grandezza fisica** una proprietà misurabile mediante un apposito dispositivo, per esempio, nel misurare il peso di un oggetto ci serviremo di una bilancia. Queste si esprimono con una moltiplicazione fra un valore numerico e la relativa unità di misura: $[1g]$. Distinguiamo le:

- **Fondamentali**; Concetti indipendenti l'uno dall'altro indefinibili in termini di altre grandezze.
- **Derivate**; Definibili mettendo in relazione le grandezze fondamentali.

Grandezze fondamentali	**Grandezze derivate**
Lunghezza $[L]$	Superficie $[L^2]$
Massa $[M]$	Volume $[L^3]$
Tempo $[t]$	Velocità $[L/t]$
Intensità di corrente $[i]$	Accelerazione $[L/t^2]$
Temperatura assoluta $[T]$	Forza $[M \times L/t^2]$
	Pressione $[(M \times L/t^2)/L^2]$

Quello utilizzato da noi per le misure è detto **sistema internazionale**, caratterizzato dalla semplicità per ottenere multipli e sottomultipli, attraverso moltiplicazioni e divisioni per 10 rispettivamente. Gli eventuali risultati si scriveranno poi in base al numero di

cifre significative richiesto, ovvero il totale delle cifre decimali entro le quali deve essere espresso il valore; tuttavia, in presenza di numeri molto grandi o piccoli, è possibile usare la **notazione scientifica**, una scrittura più compatta.

Essendo poi che stiamo lavorando su valori espressi come una moltiplicazione, è necessario prestare attenzione alle unità di misura in gioco. Ciò si fa mediante l'**analisi dimensionale**, un semplice algoritmo che funge da accertamento.

Esempio 1. *Analisi dimensionale*
Prendiamo la seguente formula indicante una velocità: $v = at$. Per controllare se è dimensionalmente corretta, si sostituiscono ai valori nell'equazione le loro unità di misura. Se le misure sono concordanti, la formula sarà corretta. Abbiamo quindi:

$$v = \tfrac{L}{T},\ a = \tfrac{L}{T^2},\ t = T$$

$$v = at \implies \frac{L}{T} = \frac{L}{T^2} \times T \implies \frac{L}{T} = \frac{L}{T} \tag{1.1}$$

Notiamo che il risultato è un'identità, quindi la misura è corretta.

1.2 Vettori

I **vettori**, indicati con $\overrightarrow{A}$, sono oggetti nel piano cartesiano definiti mediante due misure: la distanza da un punto detto **origine** e la direzione orientata relativamente ad un asse di riferimento. Utilizzano **grandezze vettoriali**, espresse con un valore e una direzione, e possono essere rappresentati in un sistema di coordinate cartesiane o polari. Useremo le seguenti formule per ottenere le coordinate:

- Coordinate cartesiane in funzione delle polari; $x = rcos(\theta)$, $y = rsin(\theta)$.
- Coordinate polari in funzione delle cartesiane; $tan(\theta) = \dfrac{y}{x}$, $r = \sqrt{x^2 + y^2}$.

La grandezza del vettore si dice **modulo** ed è un valore sempre positivo. La presenza di valori implica che è possibile operarci, quindi è possibile effettuare:

- **Somma fra vettori**; $\overrightarrow{A} + \overrightarrow{B} = \overrightarrow{C}$
  - **Metodo punta-coda**
    Il vettore risultante è ottenuto attaccando la testa del primo vettore A alla coda dell'altro B. Traccia una linea dalla coda di A alla testa di B e hai fatto.
  - **Somma delle parti**
    I vettori possono essere visti come la somma delle proprie componenti, ovvero nella forma $\overrightarrow{A} = A_x\hat{\imath} + A_y\hat{\jmath}$, dove le varie A sono i moduli delle proiezioni dati dalle formule $A_x = Acos(\theta), A_y = Asin(\theta)$, mentre le lettere con accento circonflesso i vettori unitari che determinano la direzione. Ciò rende possibile utilizzare le formule polari viste prima:

$$A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2},\ \theta = tan^{-1}\left(\frac{A_y}{A_x}\right)$$

Questa operazione gode di proprietà commutativa e associativa.

- **Sottrazione fra vettori**; $\overrightarrow{A} - \overrightarrow{B} = \overrightarrow{C}$

  La sottrazione usa la definizione di **opposto**, definito come $\overrightarrow{A} + \overrightarrow{-A} = 0$. Si tratta di un vettore parallelo al primo, ma con verso opposto. Attacca le code dei due vettori e traccia una linea che collega le teste: questo è il tuo risultato.

- **Moltiplicazione con scalare**; $n\overrightarrow{A}$

  Abbastanza autoesplicativo, serve solo a modificare il modulo ed eventualmente direzione se è negativo.

1.3 Esercizi svolti

Chapter 2

Moto in una e due dimensioni

Lo studio della fisica avviene attraverso dei **modelli di analisi**, ovvero approssimazioni di fenomeni reali per renderne la comprensione più semplice. Nelle sezioni successive saranno prima forniti gli strumenti di base e poi il relativo modello usato per la risoluzione degli esercizi.

2.1 Moto in una dimensione

Iniziamo il percorso con la **cinematica**, la quale tratta il moto dei corpi, visti come un punto materiale, da un punto di vista descrittivo, ignorando le interazioni con l'ambiente circostante. I concetti di base sono:

- **Posizione** x: Punto occupato, istante per istante, dal punto materiale rispetto ad un altro punto di riferimento, scelto come origine.
- **Spostamento** $\Delta x = x_f - x_i$: Variazione della posizione di un punto materiale, da quella iniziale x_i, a quella finale x_f, in un certo intervallo di tempo.
- **Velocità** $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$: Detta anche velocità media, è il rapporto fra lo spostamento del punto materiale e l'intervallo di tempo in cui ha compiuto tale movimento.
- **Velocità istantanea** $v_x = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta x}{\Delta t}$: Velocità di un corpo in un preciso istante t, è il limite della velocità quando l'istante tende a zero.

Il modello di analisi più semplice è quello del **moto rettilineo uniforme**, il quale pone un punto materiale che si muove ad una velocità costante. Come diretta conseguenza, la velocità istantanea sarà sempre uguale indipendentemente dall'istante colto. Inoltre, si prenderà l'istante finale del tempo, quindi, da un punto di vista di formule, avremo che:

$$\text{Velocità: } v_x = \frac{\Delta x}{\Delta t}, \text{ Posizione finale: } x_f = x_i + v_x t$$

Altra caratteristica degna di nota è come la velocità può essere espressa anche in quantità scalare, se al posto dello spostamento è utilizzata la **distanza** d percorsa dalla particella. Si tratta di un valore sempre positivo, indipendentemente dalla direzione in cui va il punto.

Dove quello appena visto è un modello molto usato, non ci si può aspettare che in ogni fenomeno fisico i corpi si muovano a velocità costante; questa infatti può variare, e quando accade, si dice che il corpo **accelera**. In tal merito introduciamo i concetti di:

- **Accelerazione** $a_x = \frac{\Delta v_x}{\Delta t}$: Variazione della velocità divisa per l'intervallo di tempo in cui avviene la variazione. Va a 0 quando la velocità del corpo è massima ed è negativa quando la velocità in direzione positiva decresce.

- **Accelerazione istantanea** $a_x = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta v_x}{\Delta t}$: Il limite dell'accelerazione media per il tempo che tende a zero. Coglie il valore in un determinato istante di tempo.

Il modello di analisi aggiornato con questi dati si dice **punto materiale ad accelerazione costante**, ed è fondamentalmente un'estensione di quanto visto prima. Qui l'accelerazione media è numericamente uguale a quella istantanea in qualunque intervallo di tempo. Aggiungendo l'accelerazione alle formule, otteniamo quanto segue, rispettivamente per la velocità media, la posizione finale e la velocità in posizione finale:

$$\begin{aligned}
a_x &= \frac{v_{xf} - v_{xi}}{t - 0} \implies v_{xf} = v_{xi} + a_x t \\
v_x &= \frac{v_{xi} + v_{xf}}{2} \\
x_f - x_i = v_x t &= \frac{1}{2}(v_{xi} + v_{xf})t \implies x_f = x_i + \frac{1}{2}(v_{xi} + v_{xf})t \\
x_f &= x_i + \frac{1}{2}[v_{xi} + (v_{xi} + a_x t)]t \implies x_f = x_i + v_{xi}t + \frac{1}{2}a_x t^2 \\
x_f &= x_i + \frac{1}{2}(v_{xi} + v_{xf})\left(\frac{v_{xf} - v_{xi}}{a_x}\right) = x_i + \frac{v_{xf}^2 - v_{xi}^2}{2a_x} \implies v_{xf}^2 = v_{xi}^2 + 2a_x(x_f - x_i)
\end{aligned}$$

Un caso più specifico di quanto appena visto è invece il **moto di caduta**. Tutti i corpi sotto effetto della gravità terrestre cadono con la stessa accelerazione costante: $g = 9,8 m/s^2$. È possibile usare le equazioni cinematiche del precedente modello di analisi, semplicemente il moto è ora verticale, ed essendo che l'accelerazione va verso il basso, bisognerà indicare la costante gravitazionale con segno negativo.

2.2 Moto in due dimensioni

2.3 Esercizi svolti

Esercizio 1: Moto rettilineo uniforme
Una studiosa misura la velocità di un atleta che corre a ritmo costante su una strada rettilinea. Fa partire il cronometro quando arriva in un dato punto e lo ferma quando arriva $20m$ più avanti. Registra un tempo di $4,0s$.

- **Qual è la velocità dell'atleta?**

  Richiesta esplicita, possiamo prendere direttamente la formula apposita senza usare criteri di equivalenza.

$$v_x = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{20m - 0m}{4,0s} = 5,0m/s$$

- **Se l'atleta continua a correre per altri $10s$, quale sarà la sua posizione allora?**

  Fondamentalmente ci sta chiedendo la posizione dell'atleta alla fine di questi $10s$. Possiamo prendere anche qui la formula senza cambiare nulla.

$$x_f = x_i + v_x t = 0m + 5m/s \times 10s = 50m$$

Esercizio 2: Punto materiale ad accelerazione costante
Un aereo atterra alla velocità di $140mi/h$.

- **Qual è l'accelerazione dell'aereo, se il cavo di arresto lo ferma in $2s$?**

  Essendo l'accelerazione supposta costante, possiamo utilizzare direttamente la formula. Bisogna solo convertire le miglie orarie a metri al secondo: $140mi/h = \frac{140}{2,237} \approx 63m/s$.

$$a_x = \frac{\Delta v_x}{\Delta t} = \frac{0 - 63m/s}{2,0s - 0} = -32m/s^2$$

- **Se l'aereo aggancia il cavo quando si trova in $x_i = 0$, quale sarà la sua posizione finale?**

  Molto semplicemente si tratta di una sostituzione dei dati alla formula per la posizione finale:

$$x_f = x_i + \frac{1}{2}(v_{xi} + v_{xf})t = 0 + \frac{1}{2}(63m/s^2 + 0)2,0s = 63m$$

Esercizio 3: Corpo in caduta libera
Dal tetto di un palazzo una pietra è lanciata verso l'alto e la sua velocità iniziale è di $20m/s$. Il lancio avviene da un'altezza di $50m$ rispetto al suolo, per poi cadere a terra.

- **Se t_A è l'istante iniziale in cui la pietra lascia la mano del lanciatore, trovare l'istante in cui la pietra raggiunge la massima altezza.**

  Ci aspettiamo che, essendo la pietra lanciata verso l'alto, la velocità sia inizialmente positiva. Una volta raggiunta la massima altezza questa sarà a zero, mentre nel cadere avrà valore negativo. L'accelerazione avrà la stessa dinamica.

  Per trovare l'istante preciso in cui l'altezza è massima bisogna prima ricavare l'equazione per ottenere t:

  $$v_{yf} = v_{yi} + a_y t \implies t = \frac{v_{yf} - v_{yi}}{a_y} = \frac{0 - 20m/s}{-9,8m/s^2} = 2,04s$$

- **Trovare l'altezza massima raggiunta dalla pietra**

  Risulta comodo considerare due istanze, la seconda come finale. Sapendo questo possiamo usare la formula apposita:

  $$y_f = y_i + v_{xi}t + \frac{1}{2}a_y t^2 = 0 + (20m/s)(2,04m) + \frac{1}{2}(-9,8m/s^2)(2,04s)^2 = 20,4m$$

- **Calcolare la velocità della pietra quando ripassa per l'altezza da cui era stata lanciata**

  Il punto iniziale è lo stesso, mentre il finale è la medesima altezza mentre la pietra cade verso il basso. Sarà necessario utilizzare l'equazione in base alla posizione:

  $$v_{yf}^2 = v_{yi}^2 + 2a_y(y_f - y_i) = (20m/s)^2 + 2(-8,8m/s^2)(0) = 400m^2/s^2$$

  Vogliamo tuttavia la velocità a grado uno, quindi usiamo la radice quadrata:

  $$\sqrt{v_{yf}^2} = \sqrt{400m^2/s^2} \implies v_{yf} = -20m/s$$

  Sebbene il risultato dalla radice quadrata sia positivo, bisogna tenere a mente che il movimento della pietra nella posizione finale è verso il basso, ragion per cui ha velocità negativa.

- **Trovare velocità e posizione della pietra al tempo $t = 5s$.**

  Il punto iniziale è sempre il solito, mentre adesso quello finale è la posizione a tempo $t = 5s$. Prima calcoliamo la velocità in quest'ultima:

  $$v_{yf} = v_{yi} + a_y t = 20m/s + (-9,8m/s^2)5s = -29m/s$$

  E adesso la posizione effettiva:

  $$y_f = y_i + v_{yi}t + \frac{1}{2}a_y t = 0 + (20m/s)5s + \frac{1}{2}(-9,8m/s^2)5s = -22,5m$$

Chapter 3

Leggi del moto ed energia

3.1 Leggi di Newton

3.2 Applicazioni

3.3 Concetto di energia

3.4 Applicazioni

3.5 Esercizi svolti

Chapter 4

Quantità di moto e urti

4.1 Quantità di moto

4.2 Urti in una dimensione

4.3 Urti in due dimensioni

4.4 Esercizi svolti

Chapter 5

Moto rotazionale

5.1 Rotazione di un corpo rigido attorno a un asse fisso

5.2 Momento angolare

5.3 Equilibrio statico ed elasticità

5.4 Esercizi svolti

Chapter 6

Gravità

6.1 Legge di gravitazione universale

6.2 Esercizi svolti

Chapter 7

Moto oscillatorio

7.1 Moto di un corpo attaccato ad una molla

7.2 Oscillatore armonico

7.3 Pendolo

7.4 Esercizi svolti

Chapter 8

Meccanica dei fluidi

8.1 Pressione e profondità

8.2 Spinta di Archimede

8.3 Dinamica dei fluidi

8.4 Equazione di Bernoulli e comportamento nei tubi

8.5 Esercizi svolti

Chapter 9

Termodinamica

9

Chapter 10

Onde

10