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 in un piano di riferimento definiti mediante due misure: la distanza da un punto detto **origine** e la direzione orientata relativamente ad un asse di riferimento. Li utilizziamo per studiare la posizione di un punto materiale in più dimensioni, mediante le siddette **coordinate cartesiane** (x, y) e **coordinate polari** (r, θ), strettamente legate fra loro.

Finora, per esprimere i valori è stato utilizzato puramente un numero; chiamiamo questa una **grandezza scalare**, ma è possibile specificare valori anche con una direzione, creando le **grandezze scalari**. Essendo queste ultime non necessariamente sovrapposte agli assi, è possibile scomporle in parti ad essi associate. Scriviamo infatti in forma generale:

$$\overrightarrow{A} = x\hat{\imath} + y\hat{\jmath} + z\hat{k}$$

Dove x, y, z sono le grandezze dei vettori, dette **moduli** nel piano rispettivo e $\hat{\imath}, \hat{\jmath}, \hat{k}$ i vettori unitari che danno loro la direzione. In particolare, è possibile introdurre l'aritmetica legata ai vettori. Dove esistono metodi grafici, ci concentreremo sulle apposite formule:

- **Somma algebrica fra vettori**: $\overrightarrow{A} = \overrightarrow{B} + \overrightarrow{C} = (B_x + C_x)\hat{\imath} + (B_y + C_y)\hat{\jmath}$
- **Moltiplicazione con scalare**: $n\overrightarrow{A}$
- **Coordinate cartesiane in funzione delle polari**: $x = rcos(\theta)$, $y = rsin(\theta)$.
- **Coordinate polari in funzione delle cartesiane**: $\theta = tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right)$, $r = \sqrt{x^2 + y^2}$.

1.3 Esercizi svolti

Esercizio 1: Passaggio fra tipi di coordinate
Supponiamo di avere due punti in coordinate cartesiane $A = (2.00, -4.00)m; B = (-3.00, 3.00)m$. Vogliamo passare a coordinate polari.

Ricordiamo che la forma polare è espressa nella formula (r, θ), dove r è il raggio che passa per l'origine e θ l'ampiezza dell'angolo da esso formato. Abbiamo che:

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}; \theta = arctan\left(\frac{y}{x}\right)$$

Quindi sostituiamo i valori richiesti alle variabili per il punto A e B:

- $r_A = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{2^2 - 4^2} = 4.47m$
- $\theta_A = arctan\left(\frac{y}{x}\right) = \theta = arctan\left(\frac{-4}{2}\right) = \theta = arctan(-2) = -63.4$
- $r_B = \sqrt{-3^2 + 3^2} = 4.24m$
- $\theta_B = arctan\left(\frac{3}{-3}\right) = arctan(-1) = -45$

Notare che il punto B risiede necessariamente nel secondo quadrante e che quindi dovremo sottrarre $180 - 45 = 135$ per ottenere l'effettivo valore in gradi.

Esercizio 2: Somma nella stessa direzione
Esercizio 3: Somma in direzioni diverse

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:

$$a_x = \frac{v_{xf} - v_{xi}}{t - 0} \implies v_{xf} = v_{xi} + a_x t$$

$$v_x = \frac{v_{xi} + v_{xf}}{2}$$

$$x_f - x_i = v_x t = \frac{1}{2}(v_{xi} + v_{xf})t \implies x_f = x_i + \frac{1}{2}(v_{xi} + v_{xf})t$$

$$x_f = x_i + \frac{1}{2}[v_{xi} + (v_{xi} + a_x t)]t \implies x_f = x_i + v_{xi}t + \frac{1}{2}a_x t^2$$

$$x_f = x_i + \frac{1}{2}(v_{xi} + v_{xf})\left(\frac{v_{xf} - v_{xi}}{a_x}\right) = x_i + \frac{v_{xf}^2 - v_{xi}^2}{2a_x} \implies v_{xf}^2 = v_{xi}^2 + 2a_x(x_f - x_i)$$

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

Prima di iniziare abbiamo la necessità di aggiungere un attributo alle grandezze. Precedentemente, essendo stato il moto in una singola dimensione, potevamo ignorare questa caratteristica e lavorare con quelle che sono chiamate **grandezze scalari**, le quali indicano un solo valore numerico.

Lavorando ora in due dimensioni dobbiamo considerare anche la **direzione** del moto. Andremo quindi ad aggiungere questo attributo alle variabili e le chiameremo **grandezze vettoriali**. Sintatticamente non cambia molto, infatti le formule rimangono le stesse, eccezion fatta che ora le grandezze sono vettoriali, ma è possibile utilizzarle per nuovi modelli di analisi.

- Moto in due dimensioni con accelerazione costante

Il punto materiale è specificato dal vettore posizione $\overline{r} = x\hat{\imath} + y\hat{\jmath}$. Ciò significa che il moto può essere modellizzato in due moti indipendenti lungo rispettivamente l'asse x e l'asse y. Ciò significa che per ottenere i vettori finali richiesti, sarà necessario effettuare la somma fra le parti.

- Moto dei proiettili

Per proiettile si intende un punto materiale che è lanciato in una certa direzione, ed è sempre influenzato dalla gravità per poi arrivare a terra. Ne consegue che il movimento crea una parabola. L'unica differenza rispetto al modello di analisi precedente è come il ruolo dell'accelerazione è assunto dalla costante gravitazionale, esattamente come nel moto di caduta, solo in due dimensioni. Ci sono tuttavia due punti che è interessante analizzare:

- **Altezza massima** $h = \frac{v_i^2 sin^2\theta_i}{2g}$: Il picco di coordinate cartesiane o massimo della funzione, se preferisci. Si ottiene ragionando sulla velocità del vettore verticale. Quando questa è uguale a zero, ne consegue che il proiettile è arrivato al massimo. Possiamo quindi scrivere:

$$\begin{aligned} y_f = y_i + v_{yi}t - \frac{1}{2}gt^2 &\implies h = (v_i sin\theta_i)\frac{v_i sin\theta_i}{g} - \frac{1}{2}g\left(\frac{v_i sin\theta_i}{g}\right)^2 \\ &\implies h = \frac{v_i^2 sin^2\theta_i}{2g} \end{aligned} \tag{2.1}$$

- **Gittata orizzontale** $R = \frac{v_i^2 sin2\theta_i}{g}$: La distanza raggiunta dal proiettile una volta ritornato a terra dopo il lancio, in un tempo doppio di quello necessario per raggiungere l'altezza massima. Dalla formula iniziale, poniamo:

$$\begin{aligned} x_f = x_i + v_{xi}t \implies R &= v_{xi}t = (v_i cos\theta_i)2t \implies R = (v_i cos\theta_i)\frac{2v_i \sin\theta_i}{g} \\ \implies R &= \frac{2v_i^2 sin\theta_i cos\theta_i}{g} \\ \implies R &= \frac{v_i^2 sin2\theta_i}{g} \end{aligned} \tag{2.2}$$

- Punto materiale in moto circolare uniforme
Questo modello di analisi vede un punto materiale muoversi con una velocità scalare costante in senso circolare. Qui il vettore velocità, sempre tangente alla traiettoria, cambia continuamente direzione; inoltre, l'accelerazione è perpendicolare alla traiettoria e punta verso il centro del cerchio. I concetti da ricordare qui sono:

- **Accelerazione centripeta** $a_c = \frac{v^2}{r} = r\omega^2$: Accelerazione con direzione perpendicolare al vettore della velocità, verso il centro della circonferenza.
- **Periodo del moto** $T = \frac{2\pi r}{v}$: Intervallo di tempo richiesto al moto per compiere un giro completo.
- **Velicità angolare** $\omega = \frac{2\pi}{T}$: Prodotto fra la frequenza e la lunghezza della circonferenza, è misurata in radianti.

Esiste inoltre una relazione fra la velocità angolare e la velocità con cui il punto si muove lungo la traiettoria circolare:

$$\omega = 2\pi \frac{v}{2\pi r} = \frac{v}{r} \implies v = r\omega$$

Questo ci è particolarmente comodo, perché in questo modo possiamo esprimere l'accelerazione centripeta con una formula molto più semplice e compatta:

$$a_c = \frac{v^2}{r} \implies a_c = \frac{(r\omega)^2}{r} = r\omega^2$$

Presta attenzione; se i vettori possono essere rappresentati attraverso le loro componenti rispetto agli assi, allora è possibile anche ottenere quello dell'**accelerazione totale**, considerando quello dell'accelerazione centripeta e quello dell'accelerazione tangente alla circonferenza. Più precisamente abbiamo:

- **Accelerazione radiale** $a_r = -a_c = -\frac{v^2}{r}$: L'inverso dell'accelerazione centripeta, sicché sia un valore positivo.
- **Accelerazione tangenziale** $a_t = \left|\frac{dv}{dt}\right|$: Come detto dal nome, il vettore tangente al vettore della velocità istantanea, quindi una derivata.
- **Accelerazione totale** $\overrightarrow{a} = \overrightarrow{a_r} + \overrightarrow{a_t}$: La somma totale delle due accelerazioni appena viste.

Come ultimo concetto del capitolo, supponiamo di avere due osservatori A, B di uno stesso fenomeno posti in posizioni diverse. Ciò significa che osserveranno l'evento con due origini differenti. Questo è un tipo di problema spesso utilizzato e necessita dei concetti di velocità e accelerazione **relative**.

Definiamo qui un tempo $t = 0$ dove le origini coincidono; andando avanti nel tempo fino a t si troveranno ad una distanza $v_{BA}t$ l'una dall'altra, sotto il punto di vista dell'osservatore B. Diciamo di volere la posizione del vettore della posizione relativa ad A. Avremo che:

$$\vec{r}_A = \vec{r}_B + \vec{v}_{BA}t$$

Essendo questa la formula che mostra la posizione finale e quindi uno spostamento, possiamo ragionare con il calcolo differenziale per poter ottenere anche la velocità e l'accelerazione, derivando rispettivamente una o due volte la formula.

2.3 Calcolo differenziale per la cinematica

Questa sezione è necessaria perché non sempre possono bastare le formule pronte per la risoluzione dei problemi. Applicare il calcolo differenziale alla fisica consente di capire in toto cosa c'è dietro alle formule e cosa significano veramente da un punto di vista matematico.

Considera lo schema di un moto che subisce un'accelerazione, avremo in gioco i valori per lo spostamento, velocità ed accelerazione. Da un punto di vista analitico, il primo è un'area, la seconda una tangente e la terza è la tangente della tangente. Ciò si traduce in derivate ed integrali, quindi le tre formule sono collegate dalle seguenti relazioni:

$$\Delta x = \int_{t_i}^{t_f} v_x(t)dt; \Delta v_x = \int_0^t a_x dt$$

$$a_x = \frac{dv_x}{dt}; v_x = \frac{dx}{dt}$$

Il succo del concetto è che, in assenza di numeri discreti, è possibile ricavare i valori grazie all'analisi matematica.

2.4 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

Il concetto che governa le dinamiche di questo mondo è la **forza**, della quale esistono due tipi:

- **Forze di contatto**: Esercitate mediante il contatto fisico fra due oggetti.
- **Forze di campo**: Agiscono mediante lo spazio vuoto.

Le forze $\overrightarrow{F}$ sono annotate come vettori, poiché vanno in una determinata direzione con un certo valore scalare. Un altro concetto fondamentale per questa sezione è la **massa**, la quale misura quanta resistenza un corpo mostra ai cambiamenti della sua velocità. In linguaggio comune è chiamata "peso".

Diciamo di voler spingere un corpo di massa $3kg$ con una certa forza che produce un'accelerazione di $4m/s^2$. Se applichiamo la stessa forza ad un corpo di massa differente, così lo sarà l'accelerazione. Diciamo infatti che il modulo dell'accelerazione del corpo è inversamente proporzionale alla sua massa. A partire da questi concetti, possiamo definire le **Leggi di Newton**:

Teorema 1. ***Prima legge di Newton***
*Chiamata anche legge d'inerzia, definisce dei sistemi di riferimento detti **sistemi inerziali**. Afferma che se un corpo non interagisce con altri corpi, si può trovare un sistema di riferimento nel quale la sua accelerazione è nulla. Inoltre, quando su di un corpo non agiscono forze, la sua accelerazione è nulla. Risponde alla domanda "Cosa succede a un corpo se non gli vengono applicate forze?"*

Teorema 2. ***Seconda legge di Newton***
L'accelerazione di un corpo è dovuta alla forza risultante, ovvero la somma vettoriale delle forze, esercitata su un corpo. Risponde alla domanda "Cosa succede a un corpo se

gli viene applicata una o più forze?"

$$\sum \overrightarrow{F} = m\overrightarrow{a}$$

Grazie alla seconda legge, è possibile definire anche la forza gravitazionale esercitata dalla Terra. Molto semplicemente, come visto nel moto di caduta, si sostituisce la costante gravitazionale g al posto dell'accelerazione. Chiamiamo questo valore **forza peso**.

Teorema 3. ***Terza legge di Newton***
Ad ogni forza esercitata ne corrisponde una uguale e contraria. Infatti, una forza $\overrightarrow{F}_{12}$ *esercitata da un corpo* 1 *su un corpo* 2 *è uguale in intensità ed è opposta in verso alla forza* $\overrightarrow{F}_{21}$, *esercitata dal secondo corpo sul primo.*

$$\overrightarrow{F}_{12} = -\overrightarrow{F}_{21}$$

Se consideri un oggetto poggiato su un tavolo, noterai che non viene accelerato, distruggendo ogni cosa nel suo cammino verso il centro della terra. Questo è perché il tavolo esercita una forza che annulla quella del peso, e la chiamiamo **forza normale** poiché porta il corpo ad essere in quiete. Le forze sono infine misurate con l'unità **Newton**, dove $1N = 1kg \times m/s^2$. Passiamo ora ai modelli di analisi che utilizzano quanto appena visto:

- Punto materiale in equilibrio
Se l'accelerazione di un corpo schematizzato come punto materiale è nulla, stiamo parlando di un corpo in equilibrio. La forza risultante deve necessariamente essere uguale a zero.

- Punto materiale soggetto ad una forza risultante
Se un corpo ha un'accelerazione, abbiamo la certezza che su di esso agisce una forza, ed infatti sarà possibile analizzarne la dinamica grazie alla seconda legge di Newton. In caso di una fune, diremo che la forza risultante sarà uguale al modulo della **tensione** T, ottenendo le seguenti formule:

$$\sum F_x = T = ma_x; a_x = \frac{T}{m}$$

3.2 Concetto di energia

3.3 Applicazioni

3.4 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