1 Introduzione al Corso di Fisica GENERALE del prof. Nicola Giglietto

Corso FISICA GENERALE CORSO-L Ingegneria Bari Il corso è da **12 crediti** diviso in due moduli da 6 CFU. Le modalità di conseguimento dei crediti (e superamento esame) consistono nel superare una prova scritta con voto È possibile sostenere la prova scritta su ciascuno dei due moduli (nell'ordine), **sostenibili anche in appelli diversi**, purchè si completi il modulo 2 **entro l'ottavo appello** (entro aprile dell'anno successivo). È prevista una prova scritta (esonero) a metà corso. È **fortemente consigliato** seguire le lezioni e partecipare alla prova intermedia, in modo da creare le condizioni per utilizzare il bonus velocità .

Il testo consigliato è uno tra quelli elencati in ordine di importanza consigliata:

- **Mazzoldi -Nigro Voci Elementi di Fisica ed.II EDISES- vol.meccanica-termodinamica e vol.elettromagnetismo**

Altri testi utili:

- **P.A. TIPLER, G. MOSCA, Corso di Fisica (quarta edizione)(2 volumi) per il primo semestre serve il vol.1 -ed. ZANICHELLI**

Il programma, le informazioni sul corso (esami, con risultati e dispense) saranno di volta in volta disponibili sul mio sito all'indirizzo: http://90.147.102.78/fisica-giglietto/ oppure all'indirizzo: http:/www.ba.infn.it/\%7Egiglietto/didattica/ che equivale a http:/www.ba.infn.it/~giglietto/didattica/ Troverete anche l'indirizzo email cui contattarmi per i ricevimenti.

2 Introduzione alla Fisica, Cap 1 Tipler

- la Fisica è una scienza basata **sull'esperienza**;
- la Fisica descrive il mondo reale mediante **modellizzazione e schematizzazione** delle osservazioni;
- questo implica che si semplifica una situazione sperimentale per ricavare un modello descrittivo e solo successivamente si introducono dei dettagli che si avvicinano alla reale osservazione

- i modelli possono essere superati nel tempo da nuovi che descrivono meglio le osservazioni sperimentali.

Il risultato finale è un insieme di principi fondamentali e leggi che descrivono i fenomeni che avvengono intorno a noi. La metodologia fisica che approfondirete nel corso vi rimarrà come metodologia **applicativa** che utilizzerete nei vari campi dell'ingegneria.

3 Il metodo scientifico

La fisica basa la sua conoscenza su fatti sperimentali: dalle osservazioni deriva modelli dei processi naturali e li inquadra in teorie. Le leggi fisiche producono relazioni tra grandezze **fisiche**. Ogni grandezza fisica è **misurabile** ed è definita **solo se viene anche associato il modo di misurare** la grandezza (metodo operativo). Ogni grandezza ha una sua specifica dimensione ed il processo di misura della grandezza produce un numero con una sua precisione ed espresso in termini dell'unità di misura. Tra le grandezze alcune sono individuate come **fondamentali** ed altre sono considerate **derivate**. Le equazioni della fisica che stabiliscono relazioni tra grandezze devono essere **dimensionalmente corrette**. Il corso inizia trattando degli aspetti relativi al moto dei corpi: dapprima si considera l'astrazione del **punto materiale** ovvero un oggetto di dimensioni trascurabili (ai fini del moto) ma aventi le stesse proprietà fisiche di un oggetto esteso (massa in particolare).

La prima parte della fisica che affrontiamo è la **meccanica**: la meccanica è la parte della fisica che studia **il moto** dei corpi e le **cause** del loro moto(forze). La meccanica a sua volta viene suddivisa in **cinematica** che è la parte della meccanica che studia il solo moto dei corpi e **dinamica** che studia l'azione delle forze (la causa del moto dei corpi). Premessa all'inizio del corso è il contenuto dei precorsi che troverete riassunto nelle dispense che trovate su

`http://www.ba.infn.it/~giglietto/didattica/fis_gen/`

Parte I

4 Appunti pre-corso di FISICA GENERALE

Il contenuto di questi appunti è più estesamente riportato nei capitoli 1 e 3 dell'**Halliday V o VI- Edizione volume Meccanica-Termologia e dal**

capitolo 1 del TIPLER

La Fisica è una scienza basata sul metodo sperimentale ossia basata sulle misurazioni: per un dato fenomeno si individuano le grandezze significative e se ne eseguono le misure. Il risultato della misura è un numero e per ogni grandezza è necessario definire le procedure per effettuare la misura (definizione operativa di una grandezza).

Per spiegare meglio se vogliamo definire le distanze come grandezze fisiche dobbiamo prima definire un campione di lunghezza (metro) poi fare il confronto con la distanza da misurare con il campione ed il risultato sarà un numero di volte il campione (x metri). Il confronto che operiamo con il campione può essere sia diretto che indiretto (attraverso una relazione nota a priori).

Il numero di grandezze fisiche che si possono misurare è grande tuttavia molte di queste sono legate da equazioni le une con le altre. Pertanto si può individuare un numero di grandezze **fondamentali** da cui le altre derivano (ad esempio la velocità si esprime in m/s metro e secondo sono grandezze fondamentali e la velocità è grandezza derivata). Il criterio scelto per individuare le grandezze fondamentali è in genere legata alla facilità di misura della grandezza. Il sistema che si usa è il **Sistema Internazionale (S.I.)** a sua volta derivato da quello metrico che ha selezionato come fondamentali le seguenti 7 grandezze (appendice A del volume I dell'Halliday e del Tipler):

GRANDEZZA	Nome dell' unità	Simbolo
Lunghezza	Metro	m
Tempo	secondo	s
Massa	Kilogrammo	kg
Corrente elettrica	Ampere	A
Temperatura	Kelvin	K
Quantità di sostanza	mole	mol
Intensità luminosa	Candela	cd

Per tutte queste grandezze fondamentali sono date le procedure sperimentali che le definiscono ad es. 1 metro è definito come lo spazio percorso dalla luce nel vuoto nel tempo t=1/299792458 secondi. Le altre procedure sono nell'appendice A del libro di testo. Le grandezze derivate invece sono collegate da equazioni alle grandezze fondamentali ad es. la potenza si misura in watt e 1 watt= 1W = 1 $kg \cdot m^2$/s che si legge " 1 watt è uguale a 1 kilogrammo **PER** m^2 **AL** secondo".

5 NOTAZIONE SCIENTIFICA

Prendiamo familiarità con la notazione scientifica.

Il risultato di una misura spesso è un numero molto grande o molto piccolo. Per meglio esprimere questi valori si usa la notazione scientifica:

3˙560˙000˙000 m = **$3.56 \cdot 10^9$ m** **(nelle vostre calcolatrici 3.56E+9)** oppure **0.000000492** = **$4.92 \cdot 10^{-7}$**m **(nelle vostre calcolatrici 4.92E-7)**

6 1.5 Tipler- cifre significative

Quante cifre dopo la virgola usare? Per una corretta risposta alla domanda bisognerebbe rifarsi alla teoria degli errori, non inclusa nel programma di studio di questo corso. Tuttavia il numero delle cifre utilizzate indica l'incertezza della misura; ad esempio: se misuriamo un tavolo con un **centimetro**, assumendo che l'errore è dato dalle tacche visibili ed è 1mm, allora se trovo come risultato della misura **1.2542 m** devo più correttamente indicare 1.254 m (sottintendendo ±0.001). Altro esempio: ho un quadrato di lato **l=5.2 cm**, qual'è la sua area?

- a) A=27.04 cm^2
- b) A=27.0 cm^2

La risposta b) è quella giusta perchè l'incertezza sul dato è sulla prima cifra! In genere per i conti dei vostri problemi **SE VOLETE DEI RISULTATI APPROSSIMATI ALLA PRIMA CIFRA DOPO LA VIRGOLA** (come negli esempi mostrati) bastano **2 cifre** dopo la virgola. Inoltre in generale è meglio indicare la parte intera non nulla ovvero è meglio indicare $1.72 \cdot 10^{-2}$ piuttosto che $0.172 \cdot 10^{-3}$ anche se è la rappresentazione dello stesso numero. Altro modo sintetico per esprimere numeri è tramite l'utilizzo di multipli e sottomultipli delle unità di misura in modo da evitare le potenze di 10. Ad esempio:

12000 g=12 kg 2.35 $\cdot 10^{-9}$ s =2.35 ns (2.35 nanosecondi)
1.2710^9 W=1.27 GW (Gigawatt)

Per utilizzare questo modo bisogna anteporre il suffisso del multiplo-sottomultiplo alla unità di misura e ricordarsi la conversione. La seguente tabella riporta multipli/sottomultipli e potenze di 10 da mettere a fattore:

FATTORE	***PREFISSO***	***Simbolo***
10^{18}	exa	E
10^{15}	peta	P
10^{12}	tera	T
10^9	giga	G
10^6	mega	M

$\mathbf{10^3}$	kilo	k
10^2	etto	h
10^{-2}	centi	c
$\mathbf{10^{-3}}$	milli	m
10^{-6}	micro	μ
10^{-9}	nano	n
10^{-12}	pico	p
10^{-15}	femto	f
10^{-18}	atto	a

7 Equazioni dimensionali-cambiamenti di unità

Spesso per passare da una unità di misura fondamentale ad un'altra derivata e viceversa occorre ricavarsi i fattori di conversione ad esempio: $\mathbf{1\ cm^2 = (1\ cm)^2 = (10^{-2}\ m)^2 = 10^{-4}\ m^2}$ il fattore di conversione è in questo caso $\mathbf{10^{-4}}$. Bisogna far attenzione a questi passaggi per non avere risultati sbagliati di diverse potenze di 10!

Equazioni dimensionali
Se abbiamo una equazione che lega una grandezza derivata ad una fondamentale e vogliamo determinare le unità di misura da usare si usano le **eq. Dimensionali**. La considerazione che si fa è che le equazioni della fisica stabiliscono relazioni tra **grandezze** per cui dal punto di vista delle unità di misura i 2 membri dell'equazione devono avere le **stesse unità di misura**.

Le equazioni dimensionali consentono **la verifica** della correttezza di una equazione che per esempio abbiamo ottenuto dopo una serie di passaggi: una anomalia nell'equazione dimensionale indica che un errore in qualche passaggio. **Esempio**: abbiamo trovato l'equazione $\mathbf{a = \frac{gh}{mt}}$ con g=9.8 m/s^2, h=metri e t=secondi e sapendo che **a** si esprime in m/s^2 dal confronto si ottiene: $\mathbf{[a] = [g][h]/[m][t] \Rightarrow [LT^{-2}] = [LT^{-2}][L]/[M][T] \Rightarrow ms^{-2} = ms^{-2}m/(kg\ s) = m^2s^{-2}kg^{-1}s^{-1} = m^2s^{-3}kg^{-1}}$ che è chiaramente incoerente. Per indicare l'unità di misura di una grandezza la racchiudiamo come mostrato sopra tra parentesi quadre.

8 Vettori e scalari

Le grandezze per le quali basta un numero per rappresentarle sono dette **scalari**. In molte situazioni tuttavia non basta dare un numero per definire una grandezza Infatti se ad esempio consideriamo lo spostamento di un oggetto, occorre dire di quanto è spostato l'oggetto (è un numero) e in quale direzione viene spostato. Esempio: **una persona si sposta lungo un marciapiede per 3m in direzione nord, poi svolta a destra (est) camminando altri 3m. Quanto si è spostato in linea d'aria?** Per questo tipo di grandezze si utilizzano i **vettori**: definiamo come vettore un ente individuato da una intensità (detta **modulo**), una **direzione** (una retta lungo la quale agisce) ed un **verso**. Le grandezze vettoriali o vettori si rappresentano con una freccia sopra (es. $\vec{\boldsymbol{v}}$) o per motivi editoriali nei testi anche come $\underline{\mathrm{v}}$ oppure $\mathbf{v}$. Il modulo di un vettore si indica esplicitamente come $|\vec{\boldsymbol{v}}|$ o implicitamente se non mettiamo il simbolo del vettore (ad es. v indica il modulo di $\vec{v}$). Quando un vettore ha modulo unitario, ovvero quando $|\vec{\boldsymbol{v}}| = 1$, si parla di **versori**. In questo caso il simbolo usato è diverso: $\hat{\boldsymbol{u}}$ è un versore, ovvero un vettore di area unitaria. I versori più usati sono quelli che indicano le direzioni degli assi cartesiani: se gli assi sono x,y,z i loro versori sono $\hat{\mathbf{i}}$, $\hat{\mathbf{j}}$, $\hat{\mathbf{k}}$ (o talvolta $\hat{\mathbf{u}}_{\mathbf{x}}$,$\hat{\mathbf{u}}_{\mathbf{y}}$,$\hat{\mathbf{u}}_{\mathbf{z}}$). Ovviamente dalla definizione risulta che per un versore si ha $|\hat{i}| = 1$.

Parte II

9 Proprietà dei vettori

Un vettore possiamo muoverlo traslandolo nello spazio senza che venga modificato. Prodotto di uno scalare per un vettore: è un vettore $\vec{\boldsymbol{b}} = k \cdot \vec{\boldsymbol{a}}$ il vettore $\vec{\boldsymbol{b}}$ risultante ha la proprietà di essere parallelo al vettore $\vec{\boldsymbol{a}}$ e il modulo è : $|\vec{\boldsymbol{b}}| = k \cdot |\vec{\boldsymbol{a}}|$. Quindi nel prodotto di un vettore per uno scalare il vettore risultante è parallelo a quello di partenza ed il modulo è moltiplicato per lo scalare.

10 Somma di vettori

Riprendiamo l'esempio di prima sullo spostamento e seguiamolo dalla figura immaginando di spostarci da A a B per poi svoltare verso C. Lo spostamento risultante (ovvero quello che dal punto di partenza va al punto finale) è quello che unisce direttamente A con C. Da questo esempio ne deriviamo la seguente regola generale per la **somma tra vettori**: se abbiamo due vettori $\vec{\boldsymbol{a}}$ e $\vec{\boldsymbol{b}}$, con $\vec{\boldsymbol{b}}$ applicato alla punta del vettore $\vec{\boldsymbol{a}}$, la loro somma $\vec{\boldsymbol{c}} = \vec{\boldsymbol{a}}+\vec{\boldsymbol{b}}$ è quel vettore $\vec{\boldsymbol{c}}$ che unisce la base (il punto di partenza) di $\vec{\boldsymbol{a}}$ con la punta (il punto finale) del vettore $\vec{\boldsymbol{b}}$. La stessa figura ci suggerisce una regola grafica per determinare la somma che è detta **regola del parallelogramma**: ponendo i

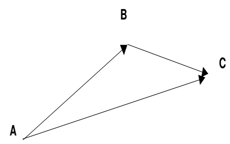
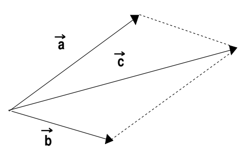


Figura 1: *Uno spostamento da A a B e poi ancora verso il punto C.*

vettori $\vec{\boldsymbol{a}}$ e $\vec{\boldsymbol{b}}$ in modo da avere la stessa base, si completa la figura costruendo



un parallelogramma. Il vettore somma $\vec{\boldsymbol{c}}$ sarà dato dalla diagonale **maggiore** che parte dalla comune base dei vettori.

11 Differenza tra vettori

Per trovare la regola per la differenza tra vettori vediamo prima cosa è il vettore opposto $-\tilde{\mathbf{a}}$. Il vettore opposto $-\vec{a}$ è un vettore che ha la stessa direzione del vettore $\vec{a}$ ma verso opposto. Pertanto una differenza tra vettori la possiamo ricondurre ad una somma: $\vec{a}-\vec{b}=\vec{a}+(-\vec{b})$. Graficamente risulta che il vettore differenza è dato dalla diagonale **minore** del parallelogramma costruito come prima dai vettori $\vec{a}$ e $\vec{b}$.

12 Altre proprietà della somma vettoriale

Per la somma tra vettori sussiste sia la propriet à **associativa** che **commutativa** ovvero: $(\vec{\boldsymbol{a}}+\vec{\boldsymbol{b}})+\vec{\boldsymbol{c}}=\vec{\boldsymbol{a}}+(\vec{\boldsymbol{b}}+\vec{\boldsymbol{c}})$ e $\vec{\boldsymbol{a}}+\vec{\boldsymbol{b}}=\vec{\boldsymbol{b}}+\vec{\boldsymbol{a}}$.

13 Scomposizione e componenti di un vettore

Scomposizione e componenti di un vettore
Un vettore è sempre scomponibile in altri vettori invertendo la procedura della somma, ovvero vogliamo trovare due o più vettori la cui somma fornisce il valore di partenza. Quando abbiamo questa esigenza si cerca di scomporre il vettore dato lungo delle direzioni note quali ad esempio gli assi cartesiani.

Definiamo come **componenti** di un vettore le sue proiezioni sugli assi di riferimento. Un esempio è in fig. 1 dove sono mostrati un vettore e le sue componenti lungo gli assi x e y.
In base alla scomposizione del vettore $\vec{c}$ in fig. 1 si avrà che $\vec{c} = c_x\hat{i} + c_y\hat{j}$ ed inoltre $|\vec{c}| = \sqrt{{c_x}^2 + {c_y}^2}$. Inoltre se indichiamo con θ l'angolo che il vettore forma con l'asse x si ha: $c_x = |c|\cos\theta$ $c_y = |c|\sin\theta$ e $\tan\theta = \frac{c_y}{c_x}$ La decomposizione ci permette di maneggiare le operazioni di somma e differenza tra vettori in modo più comodo ed evitando la procedura grafica: infatti se scomponiamo tutti i termini di una somma nelle componenti lungo gli assi si avrà $\vec{c} = \vec{a} + \vec{b} = (a_x\hat{i} + a_y\hat{j}) + (b_x\hat{i} + b_y\hat{j}) = (a_x + b_x)\hat{i} + (a_y + b_y)\hat{j}$. Quindi si ha che: $\vec{c} = \vec{a} + \vec{b} \Leftrightarrow \vec{c} = (\mathbf{a_x} + \mathbf{b_x})\hat{i} + (\mathbf{a_y} + \mathbf{b_y})\hat{j}$ ovvero si ottiene sommando direttamente le **rispettive componenti**. Analogamente per la differenza si otterrà che $\vec{c} = \vec{a} - \vec{b} \Leftrightarrow \vec{c} = (\mathbf{a_x} - \mathbf{b_x})\hat{i} + (\mathbf{a_y} - \mathbf{b_y})\hat{j}$.

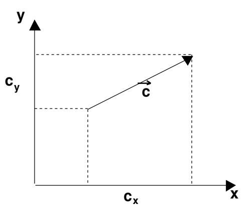


Figura 2: *Scomposizione di un vettore $\vec{c}$ e sue componenti.*

14 Prodotti tra vettori

Sono possibili due tipi di prodotti che danno luogo a risultati completamente differenti:

- prodotto scalare, il cui risultato è uno **scalare**;
- prodotto vettoriale, il cui risultato è un **vettore**.

15 Prodotto scalare

Prodotto scalare
Il prodotto scalare tra i vettori $\vec{a}$ e $\vec{b}$ è dato da $\vec{a} \cdot \vec{b} = \mathbf{ab}\cos\theta$ con θ l'angolo tra i due vettori.

Dalla definizione (notate che le lettere senza freccia sopra indicano il modulo di questi vettori) risulta che tale prodotto è uno scalare. Proprietà: se 2 vettori sono tra loro **perpendicolari** il loro **prodotto scalare è nullo**.

Pertanto valgono i seguenti prodotti scalari relativi ai versori degli assi: $\hat{\boldsymbol{\imath}} \cdot \hat{\boldsymbol{\imath}} = \mathbf{1}$, $\hat{\boldsymbol{\imath}} \cdot \hat{\boldsymbol{\jmath}} = \mathbf{0}$, $\hat{\mathbf{i}} \cdot \hat{\mathbf{k}} = \mathbf{0}$, $\hat{\mathbf{j}} \cdot \hat{\mathbf{k}} = \mathbf{0}$. Di conseguenza esplicitando le componenti dei vettori il prodotto scalare sarà dato da in generale: $\vec{\boldsymbol{a}} \cdot \vec{\boldsymbol{b}} = \mathbf{a_x b_x + a_y b_y + a_z b_z}$,

16 Prodotto vettoriale

Prodotto vettoriale
Si pronuncia **"a vettor b"** e si scrive $\vec{\boldsymbol{a}} \times \vec{\boldsymbol{b}}$ oppure $\vec{\boldsymbol{a}} \wedge \vec{\boldsymbol{b}}$. Il risultato è un vettore $\vec{\boldsymbol{c}}$ di **modulo** $\mathbf{c} = \mathbf{ab}\sin\theta$, avente direzione perpendicolare sia ad $\vec{\boldsymbol{a}}$ che a $\vec{\boldsymbol{b}}$ e verso individuato dalla regola della mano destra: l'indice della mano destra deve avere la direzione del vettore $\vec{\boldsymbol{a}}$, il medio quella del vettore $\vec{\boldsymbol{b}}$ e la direzione del risultato $\vec{\boldsymbol{c}} = \vec{\boldsymbol{a}} \wedge \vec{\boldsymbol{b}}$ è stabililita dalla direzione del **pollice**. In alternativa si può usare la regola dell'avvitamento: il verso di $\vec{\boldsymbol{c}}$ è quello indicato dalla rotazione (con la mano destra) necessaria a ruotare il vettore $\vec{\boldsymbol{a}}$ verso il vettore $\vec{\boldsymbol{b}}$.

Proprietà :

- il prodotto vettoriale **è anticommutativo**: $\vec{\boldsymbol{a}} \wedge \vec{\boldsymbol{b}} = -\vec{\boldsymbol{b}} \wedge \vec{\boldsymbol{a}}$
- se due vettori sono **paralleli** il prodotto vettoriale è **nullo**.

17 Scrittura del prodotto vettoriale tramite le componenti

Si dimostra che il prodotto vettoriale ha componenti individuate risolvendo il seguente determinante: $\begin{vmatrix} \hat{\mathbf{i}} & \hat{\mathbf{j}} & \hat{\mathbf{k}} \\ a_x & a_y & a_z \\ b_x & b_y & b_z \end{vmatrix}$ che si può dimostrare scrivendo le componenti dei vettori e tenendo conto dei seguenti prodotti vettoriali: $\hat{\mathbf{i}} \wedge \hat{\mathbf{j}} = \hat{\mathbf{k}}$, $\hat{\mathbf{j}} \wedge \hat{\mathbf{k}} = \hat{\mathbf{i}}$, $\hat{\mathbf{k}} \wedge \hat{\mathbf{i}} = \hat{\mathbf{j}}$.

Esercizio vettori
Un vettore è inclinato di +30°rispetto all'asse x ed è lungo 2m. Indicare le componenti del vettore.