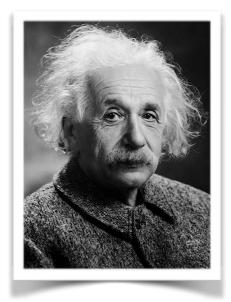
1.0 Premessa: perchè studiare la Fisica?

Benvenuta, benvenuto.

É mia opinione che sarebbe più opportuno riflettere sui motivi che ci devono convincere a studiare qualsiasi materia e mi piace ricordare, al proposito, il pensiero di un uomo di grande cultura e genialità dell'età moderna: *Albert Einstein*.



Sai di chi parlo? Vissuto a cavallo fra l'800 e il '900, è considerato il più importante fisico del XX secolo e tutti coloro che hanno avuto a che fare con la Scienza lo conoscono per una "formula" definita come "l'equazione più famosa al mondo": quella che riconosce l'equivalenza tra la massa e l'energia.

Bando alle cose difficili, senti un po' che disse Albert ad un gruppo di suoi studenti:

"... tenete bene a mente che le cose che imparate nella scuola sono opere di molte generazioni: sono state create in tutti i Paesi della Terra a prezzo di sforzi infiniti e dopo appassionato lavoro.

Questa eredità è lasciata ora nelle vostre mani, perchè possiate onorarla, arricchirla e un giorno trasmetterla i vostri figli.

È così che noi, esseri mortali, diventiamo immortali mediante il contributo al lavoro della collettività ...".

2.0 Il metodo di studio, che tormento ...

Esiste un metodo efficace di studio per lo studente del primo biennio della nostra scuola? Non voglio far perdere tempo a Te, "nativo digitale" ma mi vien da dire: apri un qualsiasi software di

navigazione sul web (Google Chrome, Safari o altro ...) ed inizia la ricerca: troverai un numero infinito di link che ti suggeriscono magiche strategie per diventare uno studente "vincente" ...

In realtà non esiste un sistema infallibile, adatto a tutti noi. Ci sono, però, alcuni atteggiamenti che ritengo convenienti:

- a) Stai attento durante le lezioni (hai voglia a dirlo 😌, come se fosse facile: pian piano imparerai, molto spesso a tue spese ...).
- b) Partecipa al lavoro della classe: non rimanere col dubbio, fai domande, sollecita l'intervento del tuo insegnante senza alcun timore, sforzati di vincere a poco a poco le tue timidezze (:: ...).
- c) Ascolta i tuoi compagni, spesso esprimono le tue stesse indecisioni oppure certezze uguali alle tue (...).
- d) Non commettere l'errore (talvolta tragico ...) di trascurare il lavoro a casa per lunghi periodi: inizia subito nei primi giorni, partirai con le questioni più semplici e così la tua attività sarà una specie di allenamento (...).
- e) Ricorda che studi NON per memorizzare ma per spiegare le cognizioni a te stesso e agli altri. Pertanto é fondamentale simulare la spiegazione come se tu fossi l'insegnante, esponendo a voce alta ciò che ritieni di aver appreso; in modo semplice, cioè "smontando" i concetti (... (20)).

3.0 Di che si occupa la Fisica?

Possiamo dire quanto segue, se non altro per ciò che riguarda lo studio della Fisica nel biennio iniziale della nostra scuola.

La disciplina ha l'obiettivo principale di educare lo studente all'esplorazione dei fenomeni naturali, apprendendo alcune elementari procedure di indagine fondate principalmente sull'esperienza che si acquisisce mediante l'attività in laboratorio.

La meta è senz'altro la costruzione di un "modello" di interpretazione del fenomeno, ciò che il libri chiamano "legge".

Sai di che si tratta? Semplice: una rappresentazione matematica (grafici, formule, eccetera ...) della relazione tra le grandezze caratteristiche del fenomeno studiato.

In altre e più semplici parole, accade spesso che i valori assunti da una grandezza fisica dipendano da quelli che ne assume un altra. In tal caso si afferma che c'è una **relazione** tra le due grandezze Consideriamo insieme alcuni esempi che incontrerai nei prossimi due anni.

3.1 La relazione EMPIRICA

Supponiamo di avere registrato, ora per ora (h) e nel corso di una giornata, la temperatura dell'aria in una data località e di avere ottenuto i risultati indicati nella tabella a fianco.

1	
T (°C)	tempo (h)
6	0
5,5	2
4,5	4
4	6
5	8
6,5	10
11	12
13,5	14
12,5	16
11,5	18
9,5	20
8	22
6,5	24
-	-

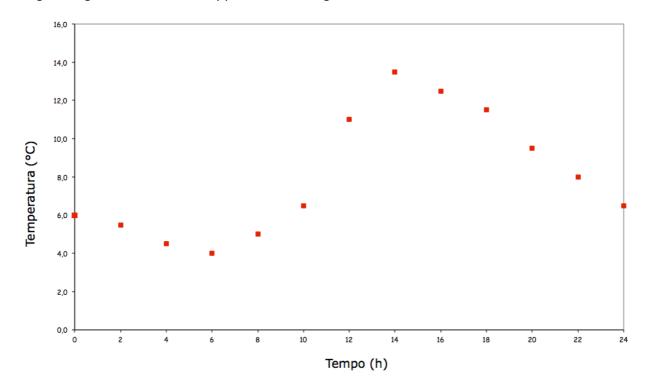
Come si può osservare, i valori della temperatura dipendono dall'istante in cui essa è misurata: dunque esiste una relazione tra la temperatura ed il tempo.

Delle due grandezze fisiche misurate, quella i cui valori sono espressi in funzione dall'altra è detta **variabile** (=che cambia) **dipendente**, la restante si chiama invece **variabile indipendente**. Nell'esempio in questione, la temperatura è la variabile dipendente, il tempo quella indipendente (il tuo insegnante ti "allenerà" a riconoscere le une dalle altre).

Per lo studio della relazione fra le due grandezze misurate abbiamo a disposizione molti strumenti, di cui due essenziali: la tabella e, soprattutto, il **grafico cartesiano XY**. Quest'ultimo é sicuramente quello più facile da usare.

Ricordiamo che nella rappresentazione grafica cartesiana i valori della variabile indipendente si riportano sempre sull'asse delle X (o ascisse, nel caso in esame il tempo), quelli della variabile dipendente sull'asse delle Y (o ordinate, in questo caso la temperatura).

L'immagine seguente mostra la rappresentazione grafica delle misure effettuate:



Se provassimo ad unire i punti del grafico, non otterremmo alcuna linea geometrica di forma definita e riconoscibile.

Inoltre, in casi come questo, non esiste alcuna formula matematica che permetta di calcolare i valori della variabile temperatura, conoscendo quelli del tempo (e viceversa). Infatti, come dimostrato dai calcoli successivamente riportati, non risulta costante né il prodotto, né il rapporto delle due grandezze e (infine) neppure il rapporto tra i valori della temperatura ed il quadrato del tempo:

T . Δt (°C.h)	T/Δt (°C/h)	$T/\Delta t^2$ (°C/h ²)
0		
11	2,75	1,375
18	1,13	0,281
24	0,67	0,111
40	0,63	0,078
65	0,65	0,065
132	0,92	0,076
189	0,96	0,069
200	0,78	0,049
207	0,64	0,035
190	0,48	0,024
176	0,36	0,017
156	0,27	0,011

Si parla allora di **relazione empirica** fra le grandezze.

3.2 Relazione di PROPORZIONALITÀ DIRETTA

Molto spesso, invece, si hanno situazioni nelle quali c'é una "formula" matematica che esprime il legame tra le grandezze: si dice allora che tra esse esiste una *relazione analitica*.

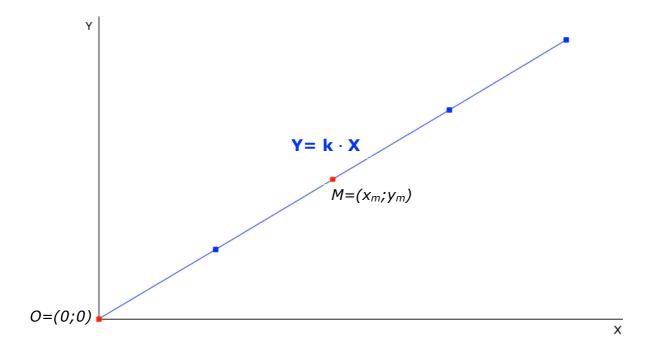
La relazione analitica più semplice (e più diffusa didatticamente) è quella di proporzionalità diretta: come si riconosce?

3.2.1 Aspetto grafico

Ogni volta che due grandezze sono direttamente proporzionali, il diagramma cartesiano XY mostra un insieme di punti esattamente allineati fra loro e con l'origine: "collegandoli" si ottiene una linea a pendenza costante, comunemente chiamata **retta passante per l'origine** (vedi disegno di seguito riportato).

Come tracciare adeguatamente questa retta?

- La si può disegnare "a mano", facendo in modo che passi "il più possibile vicino" a tutti i punti sperimentali: la tracciatura é aiutata dal fatto che é possibile dimostrare come *la retta passi per il punto "medio"* $M = (x_m; y_m)$, vale a dire il punto che ha per ascissa la media delle ascisse e per ordinata la media delle ordinate. La *si forza*, infine, a passare anche per l'origine O = (0;0) del sistema di assi cartesiani.
- ✓ Oppure si utilizzano i software di produttività chiamati "fogli elettronici". Considerate che da tempo, più o meno una quindicina di anni, i docenti di Scienze Integrate sono tenuti ad istruire i propri allievi all'uso del "foglio di calcolo".



3.2.2 Aspetto algebrico

Si usa dire che due grandezze sono direttamente proporzionali quando: raddoppiando il valore della X anche la Y raddoppia, triplicando il valore della X anche la Y triplica, dimezzando il valore della X lo stesso vale per la Y e così via. È questo il modo corretto e più semplice di pensare alla proporzionalità diretta.

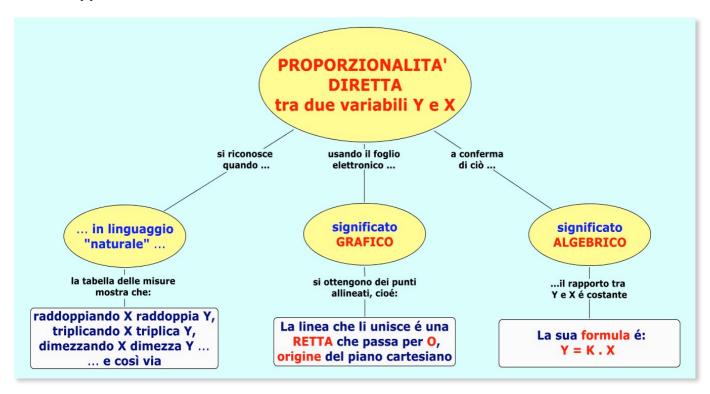
È facilmente dimostrabile che se ciò accade, il rapporto fra i valori delle due grandezze è costante. Quindi se indichiamo in astratto con X il valore della variabile indipendente e con Y quello della variabile dipendente, la relazione di proporzionalità diretta é verificata quando:

$$\frac{Y}{X}$$
 = costante= k

La costante k prende, ovviamente, il nome di **costante di proporzionalità diretta**. La *formula algebrica* della proporzionalità diretta, intesa come espressione polinomiale ordinata di 1° grado, é pertanto:

 $Y = k \cdot X$ (vedi diagramma alla pagina precedente)

3.2.3 Mappa Riassuntiva

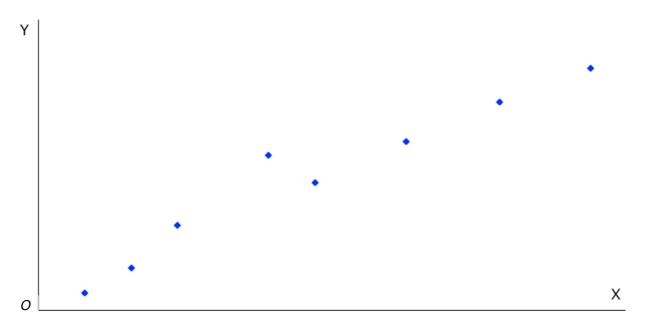


3.3 Relazione di CORRELAZIONE (o DIPENDENZA) LINEARE

La relazione di proporzionalità diretta rappresenta un caso particolare della correlazione lineare tra le grandezze. Anche questa relazione matematica (come tutte, d'altra parte) é riconoscibile sia per via grafica sia per via algebrica.

3.3.1 Aspetto grafico

Per accertare la correlazione lineare tra due grandezze variabili basta disegnare nel piano cartesiano i punti di coordinate (X;Y) corrispondenti alle misure sperimentali e valutarne il loro *allineamento*. Consideriamo, ad esempio, il grafico sottostante come risultato dei dati raccolti effettivamente durante la verifica sperimentale dell'ipotetica proporzionalità diretta tra due generiche grandezze X e Y:



Come si vede i punti sono "quasi" allineati, vale a dire "descrivono" un percorso "quasi rettilineo"; per meglio dire non sono esattamente allineati né tra loro né con l'origine del piano cartesiano.

Non è pertanto possibile tracciare, senza alcuna incertezza, una linea retta che li unisca esattamente e ciò è dovuto agli errori sperimentali commessi. Si conclude affermando che le grandezze sono legate da una correlazione (o relazione) lineare.

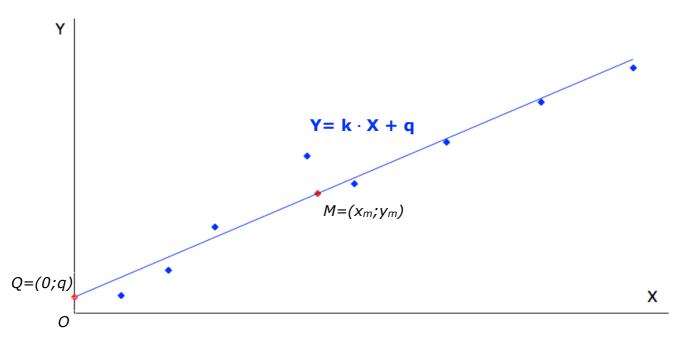
Quindi, come si collegano i punti sperimentali?

- Ancora una volta si può disegnare "a mano" una retta che passa "il più possibile vicino" a tutti i punti sperimentali: la tracciatura é aiutata dal fatto che é possibile dimostrare come la retta passi per il punto "medio" $M = (x_m; y_m)$, vale a dire il punto che ha per ascissa la media delle ascisse e per ordinata la media delle ordinate. In questo modo, però, ogni allievo traccia una retta diversa!
- ✓ Esiste un **metodo oggettivo** per disegnare la **retta di regressione**, cioè che da lo stesso risultato a tutti gli alunni? La risposta é sì, basta lasciar fare il foglio elettronico: utilizzerà il

metodo **dei minimi quadrati**. In base ad esso la "formula geometrica" della retta in questione (per meglio dire con il linguaggio della matematica, l'equazione della retta), è la seguente:

$$Y = k \cdot X + q$$

La costante di correlazione k, detta *coefficiente di regressione*, é legata alla *pendenza* della *retta*, mentre **q** è comunemente chiamato *intercetta* in quanto rappresenta il *punto di intersezione Q* della retta con l'asse delle ordinate o meglio la sua distanza dall'origine del sistema di assi cartesiani (vedi grafico sottostante).



L'immagine della correlazione lineare in Fisica è perciò inconfondibile: il suo diagramma cartesiano è una **semiretta che interseca l'asse delle Y in un punto diverso dall'origine O**. Tale punto può essere situato sopra o sotto l'origine degli assi, cioè avere distanza positiva (come nell'immagine alla pagina precedente) o negativa dal punto O.

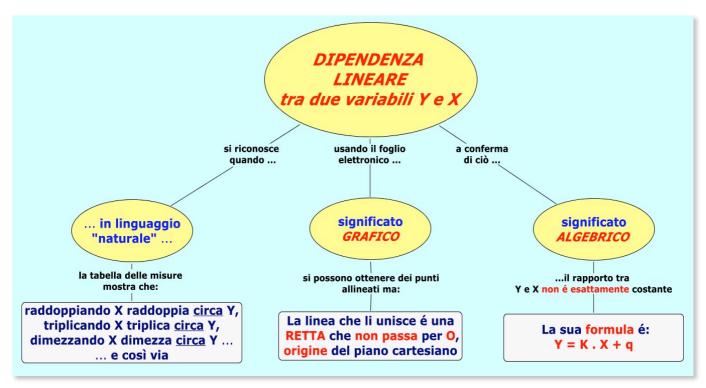
3.3.2 Aspetto algebrico

Si afferma che due grandezze sono linearmente correlate quando il loro rapporto è <u>circa costante</u>, vale a dire:

$$\frac{Y}{X} \simeq k$$

La costante k prende, ovviamente, il nome di costante di correlazione lineare.

3.3.3 Mappa Riassuntiva



3.4 Relazione di PROPORZIONALITÀ QUADRATICA

3.4.1 Aspetto algebrico

In termini elementari si usa dire che fra due grandezze Y e X si ha una relazione di proporzionalità quadratica quando:

- al raddoppiare di X la Y quadruplica;
- triplicando il valore della X la Y diventa 9 volte più grande;
- più in generale quando X viene moltiplicata per n volte, Y diventa n² volte maggiore.

Pertanto, si ha una proporzionalità quadratica tra due grandezze X e Y quando la grandezza variabile dipendente Y è direttamente proporzionale al quadrato di una grandezza variabile indipendente X, ovvero se le due grandezze sono collegate da una relazione funzionale della forma:

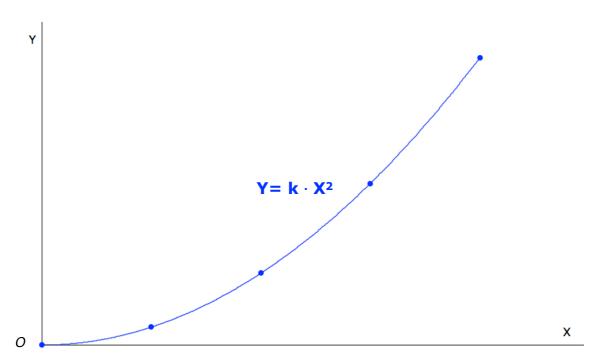
$$\frac{Y}{X^2}$$
 = costante = k

La costante k prende, ovviamente, il nome di **costante di proporzionalità quadratica**. La *formula algebrica* della proporzionalità quadratica, intesa come espressione polinomiale ordinata, é pertanto:

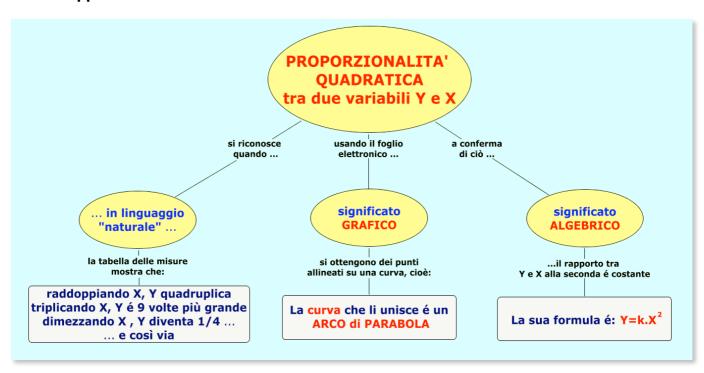
$$Y = k \cdot X^2$$

3.4.2 Aspetto grafico

Anche il grafico cartesiano della proporzionalità quadratica é rappresentato da un insieme di punti: collegandoli si ottiene una linea a pendenza variabile e ascendente (= che va in salita) il cui nome é arco di parabola.



3.4.3 Mappa Riassuntiva



3.5 Relazione di PROPORZIONALITÀ INVERSA

3.5.1 Aspetto algebrico

In termini elementari si usa dire che fra due grandezze Y e X si ha una relazione di proporzionalità inversa quando:

- al raddoppiare di X la Y diventa la metà;
- triplicando il valore della X la Y diventa 1/3;
- dimezzando la X, la Y diventa il doppio e così via ...

È facilmente dimostrabile che se ciò accade, il prodotto fra i valori delle due grandezze è costante. Quindi se indichiamo con X, in astratto, il valore della variabile indipendente e con Y quello della variabile dipendente, la relazione di proporzionalità inversa é determinata dalla seguente formula algebrica:

$$X \cdot Y = k$$

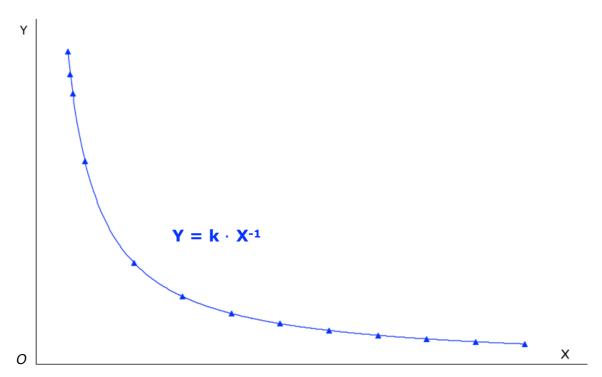
Si deve considerare che il foglio elettronico scrive l'espressione matematica nella forma equivalente:

$$Y = k \cdot X^{-1}$$

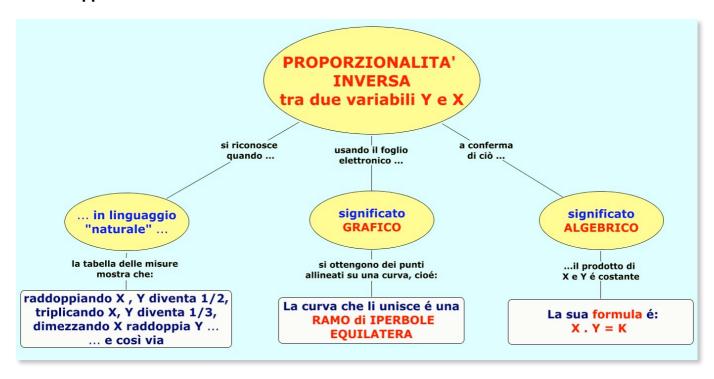
La costante k prende, ovviamente, il nome di costante di proporzionalità inversa.

3.5.2 Aspetto grafico

Il grafico cartesiano della proporzionalità inversa é rappresentato da un insieme di punti: collegandoli si ottiene una linea a pendenza variabile e discendente il cui nome é ramo di iperbole equilatera.



3.5.3 Mappa Riassuntiva



4.0 La MISURA di una grandezza fisica

Hai sicuramente capito che il primo passo da compiere per studiare un fenomeno fisico é la MISURAZIONE. Di che si parla?

Le grandezze fisiche sono proprietà dei corpi e/o dei fenomeni naturali che assumono carattere quantitativo, in altre parole hanno un valore numerico che può essere misurato.

Stabilita l'unità di misura UDM (ne discuterai parecchio con il tuo insegnante ...) di una grandezza fisica G, si definisce **misura** della stessa il valore M, risultato del rapporto tra G ed UDM:

$$M = \frac{G}{UDM}$$

Ad esempio, la tua massa é 59 kg? Significa che l'unità di misura (UDM) chilogrammo (kg) "ci sta" 59 volte nella tua massa.

La temperatura dell'aria estiva é pari a 34°C? Ciò indica che l'unità di misura (UDM) grado Celsius (°C) "ci sta" 34 volte nella temperatura dell'aria.

Le grandezze fisiche possono essere misurate secondo due modi differenti:

- 1. La **misura diretta** è quella che si ottiene "confrontando" direttamente la grandezza in esame con l'unità di misura, vale a dire si ottiene all'istante leggendo uno **strumento**.
- 2. Si dice invece **misura indiretta** quella che si ottiene con una **calcolo matematico** che lega la grandezza studiata con altre già misurate direttamente. Cito un paio di casi:
- La determinazione del volume di un cubo si ottiene con la "formula" $V = l^3$, a partire dalla misura della sua dimensione significativa, il lato o "spigolo", eseguita con un qualsiasi strumento;
- La misurazione della velocità di un corpo in movimento può essere eseguita con la "formula" $v=\frac{\Delta s}{\Delta t}$ e ciò comporta la necessità di avere prima misurato lo spazio percorso ed il tempo.

4.1 La misura diretta e gli STRUMENTI

La parte fondamentale di uno strumento è la **scala graduata**, su cui l'operatore (chi misura) esegue materialmente la lettura.

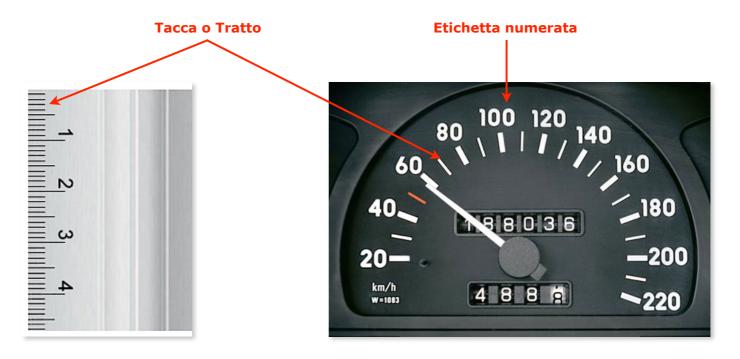
Le scale possono essere:

- Analogiche, come nel tuo righello;
- *Digitali* negli indicatori numerici comunemente chiamati *display*, come il cronometro del tuo smartphone.

4.1.1 Scala analogica

Nel caso più comune la scala analogica si presenta come una successione di <u>tacche equidistanti</u> (chiamate tratti) che corrispondono a un determinato valore della grandezza in misura. Questo tipo di scala é chiamata *lineare* o *regolare*. I tratti sono distribuiti lungo una linea ideale che può essere diritta (come nei righelli) o curva (come nei tachimetri, gli strumenti di misura della velocità

istantanea di un veicolo): essi sono numerati con etichette distribuite in modo crescente, dalla più piccola alla più grande (vedi disegni sottostanti).



4.1.2 Scala digitale

Nel caso più comune é costituita da un visualizzatore di valori numerici, dotato di un numero fisso di cifre (*digit* in lingua inglese).

Quando si compie la misura, si legge direttamente il valore numerico nell'unità di misura d'interesse (vedi l'immagine sotto riportata: un termometro digitale indica una temperatura di 27 °C).



Le scale digitali sono ovviamente di facile lettura, per contro sono difficili da interpretare quando la grandezza sottoposta alla misura non è stabile (a causa dell'oscillazione delle cifre sul display).

4.1.3 Caratteristiche importanti di uno strumento

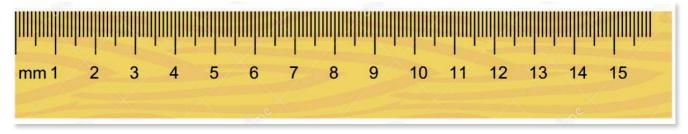
Due sono le proprietà degli strumenti che ci interessano in particolare: la sensibilità e la portata.

La **portata** é il massimo valore che lo strumento é in grado di misurare senza che subisca alcun danno; spesso é specificata sullo strumento stesso o sulla sua parte posteriore .

Negli strumenti che mostrano una *scala graduata* la portata é quasi sempre indicata dall'ultimo numero presente sulla scala stessa e perciò é spesso (in modo inesatto) chiamata *fondo scala*. É il caso del *manometro* (strumento per la misura della pressione) della seguente immagine, la cui portata é pari a 100 bar.



In alcuni casi, però, l'ultima etichetta numerata non indica la portata: essa é, infatti, seguita da altri tratti non numerati e quindi bisogna eseguire un semplice calcolo che si basa sulla conoscenza della sensibilità. Un esempio tipico é costituito dal righello della seguente immagine:



La sua portata non é 15 bensì 15,9 mm.

A proposito di **sensibilità**, si può tranquillamente utilizzare la definizione data dal tuo libro di testo: "... è la variazione minima che lo strumento é in grado di segnalare ...".

Piuttosto semplice da individuare negli strumenti digitali (come illustrerà il tuo insegnante ...), non altrettanto facile con quelli analogici.

É opportuno, perciò, avere chiara la procedura che consente di determinare il valore della sensibilità di uno strumento analogico:

- A. Si sceglie a piacere una prima etichetta numerica: indichiamola col simbolo V₁.
- B. Si legge il valore dell'etichetta successiva V₂.
- C. Si conta il numero di suddivisioni "contenute" fra le due etichette di numerazione: N.
- D. Si esegue il seguente calcolo:

$$sensibilit \grave{a} = \frac{V_2 - V_1}{N} \big(UDM \big)$$

4.2 Misurare senza **ERRORI?** Impossibile!

Le operazioni di misurazione, anche se eseguite con tecniche accurate e strumenti appropriati, non consentono mai di conoscere con assoluta certezza l'espressione numerica del valore di una grandezza, perché si commettono sempre degli errori.

Nell'attività di laboratorio possono presentarsi sostanzialmente due diversi tipi di errore.

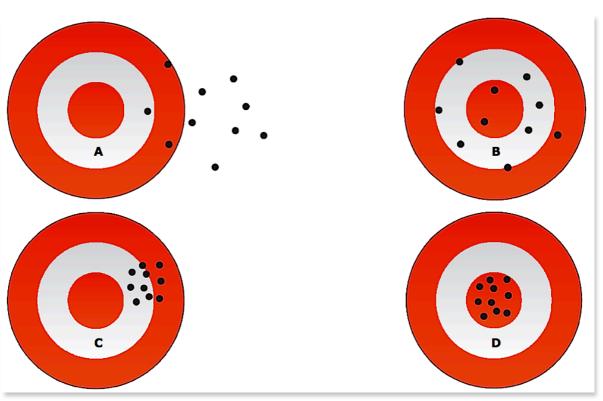
L'errore sistematico deriva dall'uso di strumenti non correttamente tarati o male funzionanti, dall'applicazione inesatta della procedura, dal cattivo stato del materiale utilizzato.

Per sua natura si ripete sempre nello stesso senso, vale a dire si presenta sempre con lo stesso segno, in più o in meno rispetto al valore che ci si aspettava di "leggere".

Passiamo all'errore accidentale. Per definizione non è dovuto ad un fattore bene identificato ma solamente al fatto che non esistono operatori ed apparecchi infallibili: in pratica esso nasce per cause accidentali, imprevedibili e non eliminabili.

Questo tipo di errore non si ripete quasi mai con la stessa modalità e quindi la differenza fra valore misurato e valore atteso può avere segno positivo o negativo.

Il significato delle due categorie di errore citate può essere meglio compreso considerando l'analogia tra l'operazione di misura e quella di tiro al bersaglio (vedi i disegni sotto).



Nel <u>caso A</u> i colpi sono tutti a destra rispetto al centro del bersaglio: é stato commesso un errore sistematico. Inoltre i tiri sono "sparpagliati", vale a dire risultano lontani fra loro: sono stati commessi anche errori accidentali.

Nel <u>caso B</u> i colpi sono quasi tutti abbastanza vicini al centro, alcuni sopra altri sotto, a destra e a sinistra del bersaglio: non é stato commesso un errore sistematico. I tiri, però, sono ancora "sparpagliati" e ciò indica la presenza di errori accidentali.

Nel <u>caso C</u> i colpi sono distribuiti in una zona molto ristretta: non sono stati commessi errori accidentali. Ma la "rosa" dei tiri è interamente concentrata a destra del centro: é stato commesso un errore sistematico.

Infine, nel <u>caso D</u> i colpi sono raggruppati in una piccola zona e vicini al centro del bersaglio: non si vedono sostanziali errori sistematici o accidentali.

5.0 Tipo di ATTIVITÀ

Come ti ho già detto (vedi paragrafo 3.0), l'apprendimento in questa disciplina prende avvio dalla pratica sperimentale.

Pertanto l'attività in laboratorio assume una speciale importanza nella nostra scuola e i docenti hanno un approccio nello studio *STEM* (dall'inglese *Science, Technology, Engineering, Maths*) differente rispetto a quella tradizionale: si mostra agli studenti soprattutto "... in che modo il metodo scientifico possa essere applicato alla vita quotidiana ...", cercando di migliorare il loro senso critico piuttosto che le abilità di "problem solving" (vale a dire, in parole povere, l'abilità nel risolvere problemi matematici).

Saranno organizzati lavori di vario genere:

- 1. In alcune circostanze il tema sarà presentato adoperando applet di simulazione del fenomeno o addirittura il software sostituirà l'esperimento, nel caso in cui il nostro laboratorio non sia provvisto dell'apparecchiatura necessaria. Se ignori cosa sia un applet, usa ad esempio il link https://phet.colorado.edu/it/simulations/molecules-and-light, scoprirai come si comportano le molecole di alcuni composti quando su di esse incide un'onda elettromagnetica di diversa natura.
- 2. In altre situazioni effettuerai semplici osservazioni: al proposito vedi la clip *Specchio_piano.mp4*, mostra la determinazione delle distanze di alcuni oggetti e della loro immagine ricavata soltanto con carta, matita e righello.
- 3. Potrà accadere che ti sia assegnato un compito sperimentale a casa, poiché il materiale indispensabile di cui dispone il laboratorio non é sufficiente a garantire l'attività di tutti gli allievi: un esempio di questa eventualità é la misura della velocità di un'onda elettromagnetica, come mostra la clip c_Cioccolata.mp4.
- 4. In certi casi, non pochi a dire il vero, saranno utilizzati i sensori "a bordo" del tuo smartphone: già, forse non ne sei al corrente ma il tuo tanto amato dispositivo elettronico che chiami cellulare è un vero e proprio "laboratorio viaggiante", come puoi osservare aprendo la clip Stevin_SMART.mp4, che riguarda la misura della pressione esercitata dall'acqua.

- 5. In altri eventi ancora si chiederà all'allievo stesso di registrare una clip. Ciò succede soprattutto durante lo studio del moto dei corpi:
 - Vuoi perchè la rapidità del fenomeno pregiudica l'accuratezza delle misure, come risulta evidente nella clip Bolla_aria.mp4;
 - Oppure perchè la sua natura prevede problemi di raccolta di un numero adeguato di misure strumentali e ciò richiede l'uso di un software di video analisi: vedi, al proposito, la clip MCU.mp4.

6.0 "Equipaggiamento" necessario

La dotazione indispensabile allo studio della materia é la seguente:

- I. LIBRO di TESTO.
- II. BLOCCO NOTE (su carta o digitale ...) per scrivere gli appunti.
- III. QUADERNO a QUADRETTI "GRANDE", cioè formato A4.
- IV. Tutto ciò che serve per scrivere ...
- V. FLASH DISK, comunemente denominato "chiavetta" USB (o "pen drive" USB): una capacità di 16 GB é più che sufficiente per le attività didattiche.
- VI. CALCOLATRICE TASCABILE SCIENTIFICA.
- VII.II SOFTWARE in uso nella scuola per l'elaborazione dei FOGLI di CALCOLO, *LibreOffice Calc*. Lo puoi "scaricare" gratuitamente alla pagina web https://www.libreoffice.org/download/download/.

VIII.Talvolta ... lo SMARTPHONE.