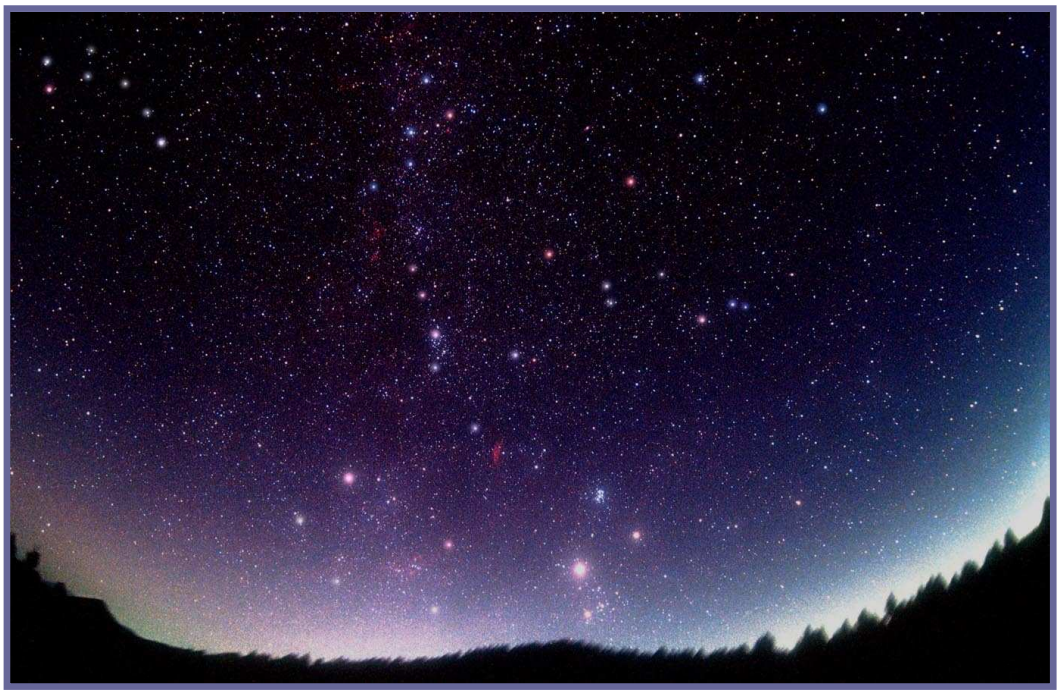
INTRODUZIONE AL METODO SCIENTIFICO

prof.ssa Maria Masera

anno scolastico 2009/2010

classe IA - IB

Cosa muove l'uomo nella ricerca scientifica?



Il lavoro dello scienziato nasce come passione a tensione al vero, nella continua domanda sul perché delle cose, senza mai accontentarsi di risposte parziali.
Per fare scienza occorre quindi saper guardare ed imparare ad osservare la realtà per saper cogliere in essa i nessi, i meccanismi, le diverse funzioni. Per guardare fino in fondo la realtà è necessario provare uno stupore verso di essa:

Dice **Max Planck**[1]: *"Chi ha raggiunto la stadio di non meravigliarsi più di nulla dimostra semplicemente di aver perduto l'arte del ragionare e del riflettere."*

Il desiderio di conoscere nasce dallo stupore che suscita la realtà, così com'è, dall'attrattiva che essa esercita sull'uomo. Proprio dalla realtà che si impone davanti agli occhi nascono le domande e quindi il desiderio di ricerca.
Heisenberg[2] fa emergere lo stupore per tutto quello che ci sta attorno, perché ci viene dato, non lo creiamo noi, e sottolinea questo aspetto con la parola

---

[1] **Max Planck** (kiel, Germania 1858 - Gottinga, Germania 1947), è considerato il padre della fisica quantistica: nel 1900, infatti, avanzò l'ipotesi che l'energia venisse irraggiata in quantità discrete che chiamo quanti e formulò la legge che collega proporzionalmente l'energia del singolo quanto alla frequenza della radiazione, secondo una costante universale nota come la costante di Planck. Il valore della sua ipotesi fu reso evidente dai lavori di Einstein sull'effetto fotoelettrico e sullo sviluppo della teoria atomica. Nel 1918 gli venne assegnato il premio nobel per la fisica.

dono: "*…e ora che il picco è proprio davanti a me, l'intero territorio dei rapporti interni nella teoria atomica è improvvisamente e chiaramente disteso dinnanzi ai miei occhi. Che questi rapporti mostrino, in tutta la loro astrazione matematica, una grado incredibile di semplicità è un dono che noi possiamo solo accettare con umiltà. Questi rapporti non possono essere inventati; essi esistono dalla creazione del mondo.*"

L'avventura della ricerca, il perdurare della sete di conoscenza nasce proprio perché la realtà da una parte si fa conoscere dall'uomo, è accessibile alla conoscenza umana, è ordinata, ma al contempo rimane misteriosa.

Feynman[3] descrive così il lavoro dello scienziato: "*…a una maggiore conoscenza si accompagna un più insondabile e meraviglioso mistero, che spinge a penetrare ancora più in profondità. Mai preoccupati che la risposta ci possa deludere, con piacere e fiducia solleviamo ogni nuova pietra per trovare stranezze inimmaginabili che ci conducano verso domande e misteri ancora più meravigliosi – certamente una grande avventura.*"

Dalle parole di **Einstein**[4] emerge come lo scienziato sia un uomo che si meraviglia di fronte alla natura che gli viene dato e che rimane così

---

2 **Werner Heisenberg** (Würzburg, Germania 1901 – Monaco, Germania 1976) è tra i fondatori della meccanica quantistica, per aver creato la cosiddetta meccanica delle matrici (1925) e soprattutto per aver enunciato il principio di indeterminazione (1927), che porta il suo nome. Ha ricevuto il Premio Nobel della fisica nel 1932.

3 **Richard Feynman** (New York 1918 – California 1988) fisico teorico, fece parte giovanissimo del gruppo che a Los Alamos, portò a termine la costruzione della prima bomba atomica. Fu tra i fondatori dell'elettrodinamica quantistica; per le sue ricerche in questo campo ricevette il Premio Einstein nel 1954 e il Nobel per la Fisica nel 1965. il suo approccio alla scienza, segnato da grande originalità, gli ha consentito di introdurre punti di vista innovativi e di elaborare metodi di grande efficacia, come gli integrali di cammino o i diagrammi che portano il suo nome.

4 **Albert Einstein** (Ulm, Germania 1879 – Princeton, New Jersey 1955) laureato in Fisica e Matematica al Politecnico di Zurigo, pubblicò nel 1905, i tre articoli innovativi sulla relatività ristretta, sull'effetto fotoelettrico e sul moto browniano. Nel 1916 pubblicò il suo lavoro sulla teoria della relatività generale e nel 1921 ricevette il Premio Nobel

misteriosa: *"L'uomo per il quale non è più familiare il sentimento del mistero, che ha perso la facoltà di meravigliarsi e umiliarsi davanti alla creazione è come un uomo morto, o almeno cieco."*

Dalle parole di **Rubbia**[5] emerge tutto il suo stupore e la meraviglia che prova nel conoscere la realtà: *"La bellezza della natura, vista dall'interno e nei suoi termini essenziali, è ancora più perfetta di quanto appaia esternamente; l'interno delle cose è ancora più bello che l'esterno, quindi io non sento ne' sgomento ne' paura. Sento la curiosità e mi sento onorato di poter vedere queste cose, fortunato, perché la natura è effettivamente uno spettacolo che non si esaurisce mai."*

Nella posizione di **Lorenz**[6] si evidenzia l'entusiasmo per il bello che c'è nella realtà, questa posizione permette all'uomo di avere uno sguardo positivo e pieno di fiducia verso di essa: *"ogni persona che si rallegra della vista della creazione vivente e della sua bellezza è vaccinata contro il dubbio che tutto ciò possa essere privo di senso…La familiarità con il bello è un ottimo antidoto contro la convinzione erronea che soltanto ciò che si può definire con esattezza e quantificare sia reale."*

La bellezza del mondo in cui viviamo suscita uno stupore all'uomo che osserva in maniera vera e curiosa la realtà; la ricerca scientifica nasce proprio perché la meraviglia vista genera un desiderio di conoscere il vero, di comprendere: è una domanda sul reale che muove l'uomo nella ricerca!
Da questo racconto su **Karl Jansky**[7] è evidente come la caratteristica predominante dell'uomo sia una instancabile curiosità: *"Non sono in grado si dire con esattezza quando ha avuto inizio l'interesse di mio padre per l'astronomia, se sia nato prima o dopo la sua scoperta, ma so che è continuato dopo di essa lungo tutta la mia infanzia. Aveva alcune referenze basilari sull'astronomia, tra cui un atlante*

---

per la Fisica (non per la relatività ma per gli studi sull'effetto fotoelettrico). Costretto dal nazismo a lasciare la Germania, si trasferì a Princeton, dove ha insegnato fino al 1945.

5 **Carlo Rubbia** (Gorizia 1934) laureato in Fisica alla scuola Normale Superiore di Pisa, ha condotto le prime ricerche sulle interazioni deboli alla Columbia University. Nel 1970 ha ottenuto la cattedra di Fisica all'università di Harvard e da 1989 al 1993 è stato direttore generale del Cern di Ginevra. Qui ha svolto un'intensa attività scientifica e nel 1983 ha scoperto i bosoni W e Z^0, i quanti dell'interazione debole; per questa scoperta ha ricevuto il Premio Nobel nel 1984 con Simon van der Meer. Le sue ricerche in fisica delle particelle hanno portato all'identificazione del quark *top*.

6 **Konrad Lorenz** (Vienna 1903 – Altenberg, Austria 1989) Zoologo, fondatore dell'etologia. Nelle sue ricerche sul comportamento animale, ha distinto una base genetica innata, sulla quale agiscono stimoli specifici "evocatori" dei singoli comportamenti istintivi, ordinati gerarchicamente; ha sviluppato il concetto di imprinting, mediante il quale i piccoli di certe specie apprendono le proprie caratteristiche specifiche e condizionano il loro successivo comportamento, venendo a contatto con i genitori o con altri individui della specie. Nel 1973 ha vinto il Premio Nobel per la Medicina.

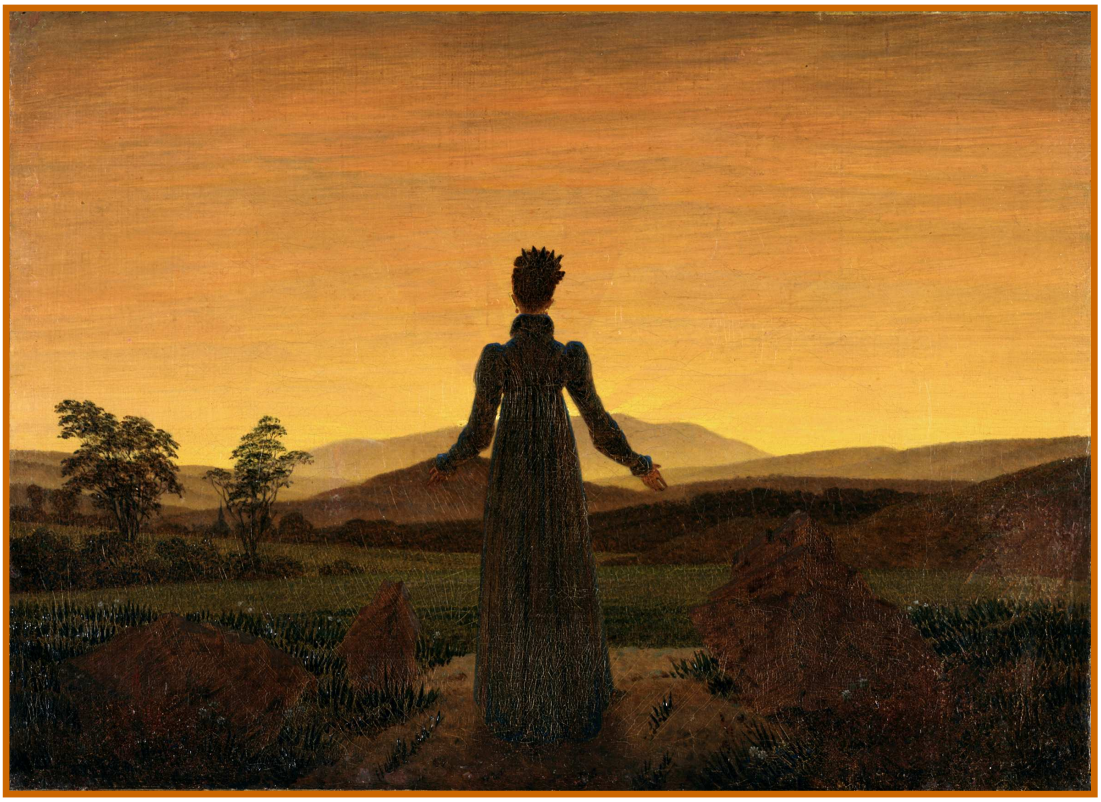
7 **Karl Jansky** (Norman, Oklahoma 1905 – Red Bank, New Jersey 1950) ingegnere, a ventisei anni fece, casualmente la fondamentale e storica scoperta che i corpi celesti possono emettere onde radio così come le onde luminose. L'importanza dei suoi risultati iniziò ad essere largamente apprezzata dopo la seconda Guerra Mondiale contribuendo all'affermazione della radioastronomia. In suo onore è stato dato il nome "Jansky" all'unità di misura di flusso radio.

delle stelle che amava leggere e, a detta di mia madre, possedeva tutti i libri di testo che allora venivano usati nei corsi di Princeton e li leggeva con avidità.
Un probabile effetto dei suoi corsi informali di astronomia era l'abitudine di tirarci giù dal letto nel mezzo della notte per osservare qualche fenomeno celeste. Quelle notti mi svegliavo a poco a poco fino a realizzare che papà stava passeggiando avanti e indietro per la mia stanza, sporgendosi dalle finestre, che erano le uniche al piano superiore con una visuale sgombra del cielo, una dopo l'altra. Poi, quando arrivava il momento giusto per osservare "l'evento", mi faceva alzare, e io correvo fuori con lui, mentre mia madre tentava di tirare mio fratello giù dal letto. Tutto questo era sempre molto traumatico per David, che sempre opponeva resistenza a qualunque cosa interferisse col suo sonno, e si dimenava nel letto obiettando a voce alta alle suppliche di mia madre. Lei allora chiamava: "Karl, David non vuole svegliarsi"e mio padre le rispondeva dal prato davanti a casa: "devi farlo alzare per forza! In tutta la sua vita non avrà mai più occasione di vedere una cosa simile!". Alla fine stavamo tutti fuori, con o senza David a seconda di chi aveva vinto la battaglia. Tremanti nei nostri pigiami, guardavamo un'eclissi di luna o i colori dell'aurora boreale.
Un altro segno del suo interesse era una scatola nera che aveva costruito e montato sulla veranda, con la quale poteva vedere le macchie solari.
Mio padre aveva una curiosità che era evidente nella nostra vita quotidiana."

Lo scienziato è quindi un uomo che vive veramente, che desidera conoscere la verità di quello in cui si imbatte, mai domo, certo che la sua ricerca non sia vana; questa posizione è possibile perché la realtà si fa conoscere, non è

nemica all'uomo, così il cammino alla ricerca della verità risulta pieno di entusiasmo.

Così dice **Max Planck**: *"la nostra condizione è paragonabile a quella di un alpinista che non conosce le montagne per cui cammina e non sa mai se dietro la cima che vede dinanzi a sé e che vuole raggiungere non ne sorga per caso un'altra più alta. A lui come a noi potrà servire di consolazione il sapere che si procede sempre più avanti e sempre più in alto e che non c'è nessun limite che continuare ad avvicinarsi alla meta…non il possesso della verità ma la lotta vittoriosa per conquistarla fa la felicità dello scienziato."*



Metodo scientifico

Il metodo scientifico, chiamato anche sperimentale o ipotetico deduttivo, è alla base della scienza moderna e contiene un insieme di regole adottate dagli scienziati per raggiungere una conoscenza di verità oggettiva, affidabile, verificabile e condivisibile da tutti. **Galileo Galilei**[8] fu il primo ad introdurre formalmente il metodo scientifico con criteri che sono ancora validi oggi.
Per poter conoscere in modo esauriente i fenomeni naturali non basta solo osservare la realtà, ma è necessario utilizzare un linguaggio adeguato a descriverla quantitativamente, e non solo qualitativamente, ed eseguire degli esperimenti per poterla capire fino in fondo.
Galileo non dedica al metodo scientifico un'opera sistematica, ma ne descrive i criteri metodologici in due sue opere: nel *"saggiatore"* e nei *"dialoghi"*. Il metodo sperimentale di Galileo mette in luce due fondamenti essenziali nella ricerca: la **ragione** e l'**esperienza**, cioè la sintesi tra le *"sensate esperienze"* e le

---

8 **Galileo Galilei** (Pisa 1564 – Arcetri, Firenze 1642) dopo aver iniziato gli studi di medicina, nel 1585 si dedicò completamente alla matematica e alla fisica, insegnando dapprima a Pisa e poi all'Università di Padova, dove compì le prime fondamentali ricerche nella meccanica, scoprendo tra l'altro la legge della caduta dei gravi. Come astronomo fece scoperte decisive che lo spinsero ad attaccare pubblicamente le tesi degli aristotelici e a sostenere apertamente l'eliocentrismo di Copernico.

"necessarie dimostrazioni", le sperimentazioni e il calcolo matematico, che descrive in modo quantitativo i fenomeni naturali.

Il metodo galileiano si suddivide on due momenti essenziali:

1) **Momento risolutivo** o *analitico induttivo*
2) **Momento compositivo** o *sintetico deduttivo*

1) Il primo momento riguarda innanzitutto l'**osservazione** approfondita della realtà che si vuole conoscere, per cui è necessario uno sguardo interessato verso di essa.

Così sottolinea questo aspetto necessario per la ricerca **Pierre Teilhard De Chardin**[9]: *"La storia della scienza naturale può essere riassunta come l'elaborazione di occhi sempre più perfetti entro un cosmo nel quale c'è sempre qualcosa di più da vedere."*

L'osservazione scientifica richiede uno sguardo umano che interroga la realtà e in essa ricerca una prospettiva di ordine, bellezza e un nesso con la totalità. Con questo sguardo indagatore lo scienziato ricerca gli aspetti fondamentali del fenomeno osservato, individua le grandezze da analizzare e misurare e formula ipotesi che vengono esplicitate in un linguaggio matematico. Galileo per primo intuì che il linguaggio adeguato per descrivere l'universo fosse quello della geometria e della matematica.

Galileo scrive così nel "saggiatore": *La filosofia è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi agli occhi (io dico l'universo), ma non si può intender se prima non si impara ad intenderne la lingua e conoscerne i caratteri nei quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica e i caratteri son triangoli, cerchi ed altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile a intenderne umanamente parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per oscuro labirinto."*

Per studiare in modo approfondito il fenomeno da studiare è necessario definire i particolari fondamentali e tralasciare gli "elementi di disturbo" del problema; formulare quindi le ipotesi che dovranno successivamente essere accertate e infine osservare la realtà con mezzi adeguati. Ad esempio Galileo fu il primo a posizionare il telescopio verso il cielo: grazie a questo sguardo più approfondito riuscì ad osservare il cielo in modo più dettagliato così da dimostrare l'inconsistenza delle tesi geocentriche.

---

9 **Pierre Teilhard De Chardin** (Sarcenal, Francia 1881 – New York 1955) paleontologo e geologo, ma anche filosofo e teologo. Entrato nella Compagnia di Gesù nel 1899, ha proseguito la sua attività scientifica. Nel suo tentativo di conciliare le tesi evoluzionistiche con la dottrina cattolica, elabora una visione cosmologica che vede l'intero universo e l'uomo tendere ad un punto omega: il Cristo cosmico.

Osservare la realtà richiede quindi non soltanto di guardarla, ma anche saperla interrogare con ipotesi e procedimenti adeguati. Senza una domanda precisa sul fenomeno che si ha davanti non si può ricercare la verità di esso ne riconoscere i segni di un'iniziale risposta. Solo un atteggiamento carico di attesa, curiosità e domanda può introdurre una novità nella realtà, una scoperta:

"Ogni scoperta consiste nel vedere ciò che tutti hanno visto e nel pensare a ciò a cui nessuno a mai pensato." (**Albert Szent-Györgyi**[10]**)**

2) In questo secondo momento vengono formulate ipotesi e analizzate le conseguenze derivanti dalle ipotesi formulate. Successivamente viene utilizzato lo strumento come strategia di verifica, in modo tale da fare esperienza della realtà osservata e analizzata.

Nella ricerca scientifica è necessario un continuo rimando alla realtà e non alla propria immaginazione: *"Tra le sicure maniere per conseguire la verità è anteporre l'esperienza a qualsivoglia discorso."* (**Galileo Galilei**)

Il predominio della realtà sulle proprie idee emerge anche dalle parole di **Alexis Carrel**[11]: "È *risaputo che scarse osservazioni e molti ragionamenti sono causa di errore. Molta osservazione e poco ragionamento conducono alla verità."*

Per poter stare di fronte ai fenomeni da studiare con questa semplicità occorre osservare la realtà con un atteggiamento carico di domanda e guardare all'esperimento come attesa che la natura risponda.

"Lo scienziato che pone la domanda giusta esplora un pezzo nuovo dell'ignoto, e può, con un po' di fortuna, ricondurlo entro i confini stretti, ma in espansione, di ciò che è noto." (**Fred Hoyle**[12])

"Il segreto del nostro successo sta sicuramente nella nostra curiosità, intelligenza, capacità di manipolazione e nella nostra passione per l'esplorazione. È nella natura dell'uomo il porre domande e dare risposte, e più profonda è la domanda più tale attività è tipicamente umana…ma c'è una sorta di conforto al pensiero che

---

10 **Albert Szent-Györgyi** (Budapest 1983 – Woods Hole, Massachusetts 1986) laureato in Medicina si è dedicato alla biochimica ed in particolare alla biochimica muscolare. Nel 1928 ha isolato una sostanza fortemente riducente nei tessuti vegetali e nella corteccia del surrene, identificata in seguito con l'agente antiscorbutico e chiamata poi acido ascorbico (vitamina C). Per queste ricerche nel 1937 ha vinto il Premio Nobel per la Medicina e la Fisiologia.

11 **Alexis Carrel** (Lione, Francia 1873 – Parigi 1944) laureato in medicina si è dedicato in particolare alle ricerche di chirurgia vascolare. Libero pensatore e scettico, ha avuto l'occasione, accompagnando i malati a Lourdes, di assistere ad un miracolo: ne ha steso una relazione rigorosa ed oggettiva, procurandosi l'ostilità del mondo universitario e politico e compromettendo la sua carriera in Francia. Nel 1912 ha vinto il Premio Nobel per la Medicina e la Fisiologia.

12 **Fred Hoyle** (Bingley 1915 – Bournemouth 2001) astrofisico e cosmologo. Dopo aver dato il suo contributo alla realizzazione dei radar, studiò l'evoluzione delle stelle ed affrontò i grandi temi della cosmologia.

non sapremo mai tutto. Per un essere intelligente, un universo in cui tutto ciò che è importante fosse noto, sarebbe estremamente noioso." (**Carl Sagan**[13])

Il vero scienziato è dunque colui che parte dalla realtà, che sottomette la propria idea alla verifica nella realtà.

Queste frasi descrivono chiaramente come lo scienziato agisce:
"Ragionevole designa colui che sottomette la propria ragione all'esperienza."
(**Jean Guitton**)

"Lo scienziato non è colui che si rinchiude nascosto in uno sgabuzzino cercando di pensare." (**Max Perutz**[14])

"Mettete da parte la vostra immaginazione nel momento in cui vi togliete il cappotto entrando in laboratorio". (**Claude Bernard**[15])

---

13 **Sagan Carl** (New York 1934 – Seattle, Washington 1996) astronomo e scrittore è stato uno dei precursori dell'Astrobiologia. Ha insegnato Astronomia e Scienze Spaziali alla Cornell University. Ha svolto un ruolo guida in missioni planetarie come Mariner, Viking e Voyager, per le quali ha ricevuto dalla NASA diversi riconoscimenti. Tra gli altri riconoscimenti ha rivevuto anche il Premio Pulitzer e la Oersted Medal.

14 **Max Perutz** (Vienna 1914 – Cambridge 2002) biochimico. Operando con l'obiettivo di gettare un ponte tra la biologia e la fisica, ha contribuito a identificare la struttura dell'emoglobina attraverso la diffrazione ai raggi X. Nel 1962 gli è stato assegnato, insieme a Kendrew, il Premio Nobel per la Chimica.

15 **Claude Bernard** (Saint-Juliene, Francia 1813 – Parigi 1878) fisiologo, endocrinologo, patologo ed epistemologo. Dalle sue ricerche derivano quattro acquisizioni fondamentali: la funzione digestiva del pancreas, l'innervazione vasomotoria, l'effetto del curaro sulla trasmissione neuromuscolare e la funzione glicogenetica del fegato. Considerato il padre della medicina sperimentale, ha condensato i suoi principi metodologici nella *Introduzione allo studio della medicina sperimentale* dove ha cercato una sintesi critica tra meccanicismo e vitalismo, nonché tra sperimentalismo e razionalismo.

Attraverso la verifica sperimentale è quindi possibile confermare o meno l'esattezza delle ipotesi formulate e le relative conseguenze (cioè la *"sensata esperienza"*): se l'esperienza verifica positivamente l'ipotesi questa diventa legge. La legge scientifica regola i fenomeni studiati e ne fornisce una descrizione di tipo quantitativo.
Questo però non significa che la legge scientifica comporti una completa conoscenza del fenomeno: i risultati scientifici non sono mai definitivi ma possono essere modificati grazie all'acquisizione di nuovi dati sperimentali, dall'innovazione della tecnologia e degli strumenti di osservazione e da nuove conoscenze.

Einstein evidenzia questo carattere dinamico della ricerca: *"nessuna quantità di esperimenti potrà dimostrare che ho ragione, un unico esperimento pu dimostrare che ho sbagliato"*

ATTIVITÀ DI LABORATORIO

Per iniziare a svolgere un'attività sperimentale risulta quindi necessario conoscere il metodo sperimentale, precedentemente studiato, che può essere schematizzato in quattro fasi salienti.

Prima fase: si osserva il fenomeno che si intende studiare, raccogliendo il maggior numero possibile di dati che lo riguardano.

Seconda fase: formulazione delle ipotesi, cioè di possibili teorie che spiegano le cause, gli sviluppi e gli effetti del fenomeno indagato. In questa fase è necessario saper individuare le grandezze e i particolari che "contano" nel fenomeno studiato e quelli che si possono ignorare. Le ipotesi sono descritte attraverso il linguaggio matematico e rappresentano le relazioni esistenti tra le grandezze coinvolte nel fenomeno.

Terza fase: verifica sperimentale. Si tratta di eseguire un esperimento più volte e in diverse condizioni il fenomeno osservato, eseguendo le opportune misure.

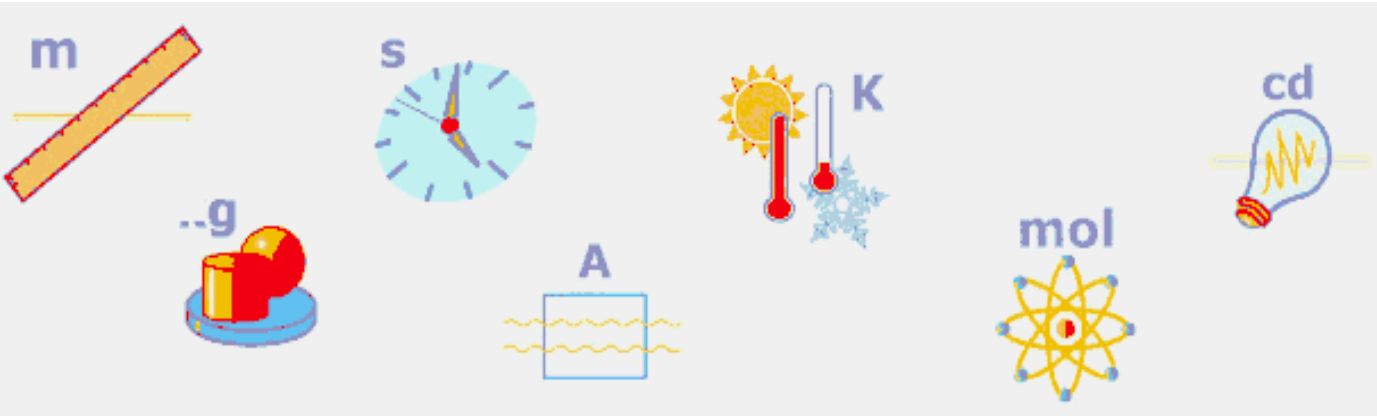
Quarta fase: se l'analisi dei dati raccolti con la sperimentazione consente di verificare l'ipotesi formulata, questa viene trasformata in una legge fisica. Se l'ipotesi non viene verificata, occorre rivedere la sperimentazione, o formulare ipotesi diverse, e ripetere il procedimento.

La Misura

Le **misure** sono un aspetto importante nella vita quotidiana: costituiscono uno dei modi con cui ci mettiamo in rapporto con il mondo in cui viviamo. È fondamentale riuscire a misurare le grandezze prese in considerazione fornendone un valore univoco e non ambiguo.
Immaginiamo per esempio quando chiediamo informazioni stradali o cuciniamo una torta: per poter arrivare a destinazione o gustare una torta commestibile è necessario definire le grandezze in modo preciso, con una definita unità di misura.
Per la fisica questo aspetto è essenziale, proprio perché il suo scopo è quello di descrivere e comprendere il mondo che ci circonda, per cui la misurazione è uno dei mezzi essenziali a sua disposizione.
Qualsiasi aspetto di un fenomeno naturale che possa essere misurato viene detto grandezza fisica. La misura di una **grandezza fisica** consiste allora nell'associare alla grandezza un numero che esprime il suo rapporto con un'altra grandezza omogenea usata come unità di misura, scelta come campione di riferimento.
È essenziale quindi che le **unità di misura** (campioni di riferimento) siano riconoscibili e accettate da tutti. Un insieme di unità di misura e delle loro

combinazioni accettate a livello mondiale costituisce un sistema di unità di misura.
Dopo la XI conferenza di Pesi e Misure svoltasi a Parigi nel 1960 è stato introdotto un sistema, quasi universalmente conosciuto, chiamato **Sistema Internazionale di Unità**, più semplicemente indicato con la sigla **SI**.
Il SI si basa su alcune grandezze fondamentali che vengono misurate mediante le cosiddette unità di misura fondamentali. Le unità di misura fondamentali, come ad esempio il metro e il kilogrammo, vengono definite mediante opportuni campioni di riferimento. Per le grandezze non fondamentali, dette grandezze derivate, non è necessario definire e conservare un campione di riferimento. Esse vengono misurate mediante unità di misura, dette unità di misura derivate, che sono opportune combinazioni di due o più unità di misura fondamentali.

Grandezza	Unità	Simbolo
lunghezza	metro	m
massa	kilogrammo	kg
intervallo di tempo (durata)	secondo	s
intensità di corrente elettrica	Ampere	A
temperatura termodinamica	Kelvin	K
quantità di materia	mole	mol
intensità luminosa	candela	cd



È molto importante anche l'uso di multipli e sottomultipli delle unità di misura: per esempio il kilometro, uguale a 1000 metri, o il centimetro, uguale ad un centesimo di metro.
A secondo del tipo di oggetto da misurare è necessario scegliere un ordine di grandezza adeguato: non è conveniente per esempio usare, per misurare la distanza tra casa e scuola, il centimetro come unità di misura...
In fisica si usa il termine dimensioni per indicare la natura di una grandezza: due grandezze fisiche hanno le stesse dimensioni fisiche se sono omogenee tra loro, cioè se possono essere misurate in rapporto alla stessa unità di misura.

Nella tabella che segue sono indicate alcune denominazioni ufficiali di prefissi utilizzati per i multipli e i sottomultipli delle varie grandezze:

MULTIPLI			**SOTTOMULTIPLI**		
prefisso	**valore**	**simbolo**	**prefisso**	**valore**	**simbolo**
deca	10^{1}	da	deci	10^{-1}	d
etto	10^{2}	h	centi	10^{-3}	c
kilo	10^{3}	k	milli	10^{-3}	m
mega	10^{6}	M	micro	10^{-6}	µ
giga	10^{9}	G	nano	10^{-9}	n
tera	10^{12}	T	pico	10^{-12}	p

MISURE DIRETTE E INDIRETTE

Il confronto diretto di una grandezza con un campione omogeneo, che può essere eventualmente l'unità campione, rappresenta una **misura diretta**. Non tutte le grandezze possono per essere misurate direttamente e in molti casi si deve ricorrere ad una **misura indiretta**, ove il valore della grandezza è determinato misurando altre grandezze, non omogenee rispetto alla grandezza in esame, ma legate a quelle tramite relazioni matematiche.
La misura della lunghezza di un'asta con un comune metro è un esempio di misura diretta. Se invece si vuole conoscere il volume della sfera è necessario misurare il diametro di essa e attraverso la formula matematica ricavare, con una misurazione indiretta, il volume.

STRUMENTI DI MISURA

Uno strumento di misura è un dispositivo con il quale vengono eseguite le operazioni di misura di una determinata grandezza fisica. Esso consente il confronto tra la grandezza e la corrispondente unità di misura.
Le proprietà fondamentali degli strumenti di misura sono:

1. **Sensibilità.** La sensibilità di uno strumento dipende da come è stato progettato o costruito, e corrisponde alla quantità minima della grandezza in esame che può essere misurata, cioè alla quantità che determina lo spostamento dell'indice di una tacca sulla scala graduata (i righelli classici hanno in genere la sensibilità del millimetro, gli orologi analogici quella del secondo,...)
2. **Portata.** La portata è il massimo valore della grandezza da misurare a cui lo strumento può essere sottoposto senza subire danni. In generale la portata corrisponde all'ultima tacca segnata sulla scala graduata.
3. **Precisione.** La precisione è indice della qualità di uno strumento: essa dà informazioni su quanto il valore misurato sia diverso dal corrispondente valore vero. Nella ripetizione di una misura uno strumento ideale, infinitamente preciso, darebbe sempre lo stesso valore: se si effettua una serie di misure, uno strumento reale risulta tanto più preciso quanto minore è lo scarto dei valori misurati. La precisione peggiora se si usa lo strumento in maniera non corretta.
4. **Prontezza.** La prontezza è la rapidità con cui lo strumento risponde alle variazioni della grandezza da misurare. È un parametro importante per strumenti che misurano grandezze rapidamente variabili nel tempo.

ERRORI DI MISURA

Quando effettuiamo un'operazione di misura non riusciamo mai a conoscere il valore esatto della grandezza misurata, ma solo ad individuarlo con una certa approssimazione. L'errore sulla misura può essere influenzato da tre tipi di errori: di sensibilità, casuale, sistematico.

1. L'errore di **sensibilità** dipende dalla sensibilità dello strumento utilizzato. Ad esempio quando la lunghezza di un oggetto che viene misurato con un righello è compresa tra due tacche. Talvolta se la suddivisione della scala dello strumento è molto fitta si può assumere, come errore di sensibilità, l'intera ampiezza di un intervallo.

2. L'errore **casuale**, o accidentale, è quell'errore prodotto da una molteplicità di cause non bene individuabili che possono agire sia per eccesso sia per difetto. Questi errori sono associati a cause imprevedibili, a disturbi che influiscono sulla grandezza da misurare, sullo sperimentatore o sullo strumento di misura. Piccole e improvvise variazioni di temperatura esterna, vibrazioni del piano di lavoro, presenza più o meno rilevante di fenomeni elettrostatici nell'aria e altra cause imprevedibili possono influire in modo accidentale sulla misurazione.

3. Gli errori **sistematici** sono quelli che avvengono sempre nello stesso senso, cioè o sempre per eccesso o sempre per difetto, cosicché il valore ottenuto con la misura è nel primo caso sempre maggiore del valore reale e nel secondo caso sempre minore. Gli errori sistematici possono derivare da difetti strumentali, o anche da metodi errati di misura e, in linea di principio, possono essere individuati e quindi eliminati. Un errore di tipo sistematico è l'errore di parallasse, cioè un errore di lettura che si presenta in generale per tutti gli strumenti con indice mobile. Poiché l'indice non giace sullo stesso piano della scala graduata, esso è proiettato su punti diversi della scala a seconda della direzione di osservazione.

La RELAZIONE di LABORATORIO

La relazione di laboratorio è una documentazione tecnica relativa al lavoro svolto in laboratorio, in cui emerge uno "studio scientifico" del fenomeno osservato: dall'esperimento, passando dalla raccolta e dall'analisi dati, alla legge fisica. Proprio perché la dinamica di questa attività implica una ricerca, una verifica, comunemente chiameremo ogni attività di laboratorio **esperienza di laboratorio.**

Nello schema che segue viene delineato il percorso logico da seguire nella stesura della relazione:

- **Intestazione:** *nome e cognome dell'autore o del gruppo di lavoro*
  data e luogo di svolgimento dell'esperienza
- **Titolo:** *che sintetizzi l'attività svolta*
- **Definizione degli obiettivi:** *collegamenti con la teoria attraverso appunti presi in classe, ricerche personali (libri di testo, enciclopedie, Internet). In tutti questi casi si devono riportare in apposite note le citazioni della fonte utilizzata*
- **Descrizione apparato sperimentale:**
  1. *elenco dei materiali utilizzati*
  2. *strumenti di misura impiegati*
  3. *disegni esplicativi (schemi tecnici, chiari, essenziali)*
- **Analisi delle operazioni:** *commento sulla modalità di svolgimento dell'esperienza (osservazione dell'esperimento, formulazione delle ipotesi, quindi quali soluzioni sono state adottate e quali scartate, verifica delle ipotesi)*
- **Tabelle e grafici:** *nelle tabelle vanno riportati i dati sperimentali e raccolti, con l'indicazione dell'unità di misura adottata; nei grafici vengono studiate le relazioni tra le grandezze coinvolte nell'esperienza; i grafici devono quindi essere accompagnati da didascalie esplicative, che contengano la loro interpretazione*(*)
- **Elaborazione dei dati:** *consiste nel ricavare la formulazione matematica che descriva in modo esauriente l'attività svolta*
- **Commento dei risultati:** *verificare se si sono raggiunti gli obiettivi previsti*
- **Conclusioni:** *dare un giudizio sulla qualità del lavoro svolto e sulla precisione dell'apparato sperimentale*

(*) Rappresentazione grafica dei dati sperimentali

Per imparare a tracciare correttamente i grafici relativi a misure sperimentali bisogna seguire una sequenza di operazioni:

1. **Scelta delle variabili:** stabilire quali sono le grandezze da misurare.
2. **Assegnazioni delle variabili agli assi cartesiani:** sull'asse x (asse delle ascisse) si riportano i valori della variabile indipendente, cioè che sono scelti arbitrariamente dallo sperimentatore (il tempo è sempre considerato una variabile indipendente), mentre sull'asse y (asse delle ordinate) si riportano i valori della variabile dipendente, quelli cioè che variano al variare del valore assegnato alle ascisse. Accanto ad ogni asse bisogna riportare il nome e l'unità di misura della grandezza scelta.
3. **Scelta di una scala di rappresentazione.** È buona norma indicare sempre le scale che sono state adottate.
4. **Rappresentazione dei punti nel piano cartesiano:** trasformazione dei dati riportati in tabella in punti del piano cartesiano. Il procedimento consiste nel considerare le coppie di valori delle variabili come coordinate dei punti del piano.
5. **Tracciamento di una curva approssimatrice:** si effettua un'operazione di interpolazione grafica tracciando una linea che unisce tutti i punti del grafico. La rappresentazione grafica permette di individuare il comportamento delle due variabili nel fenomeno studiato.