

# Il lavoro di scienziate e scienziati e i metodi della scienza

## Scienziati diversi metodi diversi

Come ci sono tante definizioni di scienza, così ci sono tanti modi diversi di fare scienza. Si fa scienza nei laboratori o davanti allo schermo di un computer, si fa scienza in cima alle montagne o in fondo agli oceani, si fa scienza sul balcone di casa o in un giardino. Si fa scienza con strumenti grandi quanto una città o con microscopici dispositivi estremamente complessi. Si fa scienza con software quasi intelligenti o con carta e penna.

Oggi la scienza ha bisogno di grandi collaborazioni, molti finanziamenti, attrezzature costose e sofisticate. Eppure per secoli e addirittura millenni, donne e uomini di ingegno, con determinazione e grande passione, si sono arrangiati con **quello che avevano o riuscivano a costruirsi da sé**: **Marie Skłodowska Curie** ha scoperto la radioattività in un deposito abbandonato, lavorando tonnellate di pechblenda in un grande pentolone, il laboratorio dove **Lise Meitner** ha scoperto la fissione stava su un tavolo da cucina, **Charles Darwin** ha esplorato la sua idea di evoluzione allevando piccioni nella sua casa di campagna.

Anche se ci sono tante scienze diverse e scienziate e scienziati diversi, che affrontano la ricerca nei modi per loro più appropriati, è anche vero che è necessario un accordo su come lavorare, come fare gli esperimenti, analizzare i dati e dare le giuste spiegazioni. Bisogna applicare il cosiddetto **metodo scientifico**.

Da sinistra destra, Marie Skłodowska Curie, Lise Meitner e Charles Darwin.



Il metodo scientifico non deve essere inteso come un protocollo stabilito una volta per tutte e sempre uguale, e non ha regole fisse e rigide. Anzi, il metodo scientifico è flessibile e scienziate e scienziati usano molto l'immaginazione e la creatività per affrontare problemi sempre nuovi e difficili.

È sempre importante:

- farsi le domande giuste nel modo giusto;
- capire qual è la strada migliore per rispondere alle domande;
- scegliere gli strumenti appropriati per misurare e osservare;
- acquisire i dati in modo preciso e documentare tutto;
- analizzare i dati;
- interpretare i dati, cioè provare a spiegare quello che si è osservato;
- comunicare al mondo i risultati della ricerca.

I pilastri fondamentali dei metodi scientifici sono **osservazione e misura, errore, trasformazione**.

## 1 Osservazione e misura

Osservare significa usare i nostri sensi o strumenti per registrare informazioni sul mondo esterno o sul nostro corpo. Per ottenere informazioni attendibili e oggettive, si deve misurare. Si possono misurare la lunghezza o il peso di un oggetto, la durata di un evento, la corrente elettrica e moltissime altre quantità.

Per misurare bisogna **confrontare l'oggetto da misurare con qualcosa di standard**: una lunghezza standard, per esempio il centimetro; oppure un tempo standard, per esempio il secondo. Si può quindi dire che una persona è alta 167 centimetri, e che la corsa è durata 10 secondi. Ogni misura è **sempre accompagnata da un errore**. Per esempio, una persona è alta  $167 \pm 2$  centimetri (si legge 167 più o meno 2 centimetri) o la corsa è durata  $10 \pm 1$  secondi. Scienziate e scienziati cercano sempre di rendere l'errore il più piccolo possibile.

L'osservazione e soprattutto la misura sono un elemento fondamentale e fondante della ricerca scientifica.

## 2 Errore

C'è sempre un errore quando si misura qualcosa, anche con lo strumento migliore e con la massima attenzione. **Non significa che qualcuno ha sbagliato**. L'errore **fa parte della misura**. Se misurate 100 volte la lunghezza di un banco della vostra classe otterrete ogni volta una misura lievemente diversa: questo perché il banco non ha i margini ben definiti o lo strumento che usate non è perfetto o voi non utilizzate sempre lo stesso punto di vista per leggere la misura. Facendo tante e tante misure ripetute e usando la **misura media** si ottiene una misura **più vicina al vero**. Ci sono modi per calcolare l'errore che accompagna ogni misura: è una parte importantissima della ricerca scientifica.

## 3 Trasformazione

Scienziate e scienziati sono molto interessati ai cambiamenti. **Tutto cambia e si trasforma**. La vita sulla Terra è nata da un unico piccolissimo essere e si è poi sviluppata attraverso tantissime trasformazioni. Nell'Universo all'inizio non c'erano stelle né pianeti e si sono formati nel tempo. Nel futuro l'Universo sarà ancora diverso ed è molto interessante provare a capire come si svilupperà.

# Le buone domande

Fare scienza, parlare di scienza o comunicare la scienza? Qual è la differenza? Cosa vuol dire fare scienza? E cosa vuol dire fare scienza a scuola?

Per fare scienza bisogna partire dalle domande, e le domande devono essere buone domande. Sono domande **“vere”, “legittime”, aperte, interessanti, sfidanti, capaci di innescare un ragionamento** e aiutare a imparare. Spesso invece si tende a preferire le domande chiuse, utili solo per valutare una conoscenza. Queste domande però non sono utili per fare passi avanti verso la conoscenza, non **“puntano oltre”**.

“Ho fame” disse Mika.  
 “Puoi mangiare una mela” dissi porgendogli il frutto. [...]  
 “È buona?” domandai.  
 Lui fece un profondo inchino. [...]  
 “Ti è piaciuta?”  
 Mika si inchinò a ripetizione.  
 “Perché fai l’inchino?” [...]  
 “Nel posto da cui vengo ci inchiniamo sempre quando qualcuno fa una domanda acuta” spiegò. “E più profonda è la domanda, più profondo è l’inchino.”  
 Non avevo mai sentito una cosa tanto strana: non riuscivo a capacitarmi che una domanda potesse meritare un inchino. [...]  
 “Una risposta non merita mai un inchino: per quanto intelligente e giusta ci possa sembrare, non dobbiamo mai inchinarci a una risposta.” [...]  
 “E perché no?”  
 “Una risposta è il tratto di strada che ti sei lasciato alle spalle. Solo una domanda può puntare oltre.”

Jostein Gaarder, *C'è nessuno?*, traduzione di Eva Kampmann, Salani, Firenze (2020)

Le buone domande sono quelle che innescano il processo di ricerca (scientifico).

Da una domanda, da un’osservazione, **può nascere un percorso di ricerca** che può coinvolgere l’intera classe, proprio perché nasce da un vero interesse di allieve e allievi e non da un’esigenza dell’insegnante. Fare scienza è proprio questo: è tutto ciò che facciamo per cercare una risposta a una domanda, indipendentemente se poi a quella risposta ci si arriva o meno.

## 1 Quali sono le “buone domande”?

Le buone domande:

- sono domande a **risposta aperta**, che favoriscono discussione e approfondimento;
- sono ricche di contenuto e **significative** per le bambine e i bambini;
- incoraggiano bambine e bambini a intraprendere nuove strade e a valorizzare le **loro idee**;
- portano bambine e bambini a riflettere sulle **loro esperienze**;
- permettono di monitorare i progressi e verificare che bambine e bambini capiscano l’evoluzione del **processo** in atto;
- insegnano a usare **strumenti** e fare **misure**;
- concorrono a creare un’atmosfera di **fiducia**, nella quale bambine e bambini siano desiderosi di condividere le loro idee.

## 2 Come facciamo a scegliere una buona domanda?

La domanda deve essere formulata bene, cioè deve definire il campo di indagine, non deve essere troppo ampia e deve essere verificabile misurando o osservando un numero piccolo di fenomeni. È opportuno che l'insegnante, prima di formulare la domanda, faccia emergere **le idee di bambini e bambine sul tema generale**, che li renda partecipi di questa prima condivisione e al termine dell'esperienza ritorni a confrontare le idee preliminari con i risultati ottenuti. Inoltre la raccolta delle idee serve a evitare di porre delle domande troppo scontate o troppo difficili per la classe. I bambini e le bambine, insieme all'insegnante, devono trovare le risposte alla domanda attraverso attività proposte e realizzate da loro. È importante lasciare che parlino liberamente, e non è detto che sia l'insegnante a dover porre una domanda di ricerca, anzi domande interessantissime emergono spesso dalla classe stessa, ed è importante che l'insegnante le sappia cogliere e valorizzare.

## 3 Come possiamo organizzare le fasi di lavoro?

**IPOTESI** Bambine e bambini cominciano con il fare delle ipotesi che confrontano tra di loro. Per questo usano le loro conoscenze e fanno ricerche bibliografiche e su internet.

**RICERCA ED ESPERIMENTO** Sulla base delle ipotesi e delle informazioni raccolte, i bambini e le bambine progettano un esperimento che possa confermare o confutare l'ipotesi, e quindi rispondere alla domanda iniziale. Bambine e bambini, aiutati dall'insegnante, allestiscono e realizzano l'esperimento. Per esperimento si intende anche un'osservazione sul campo, una serie di misure, un'indagine attraverso un questionario o un'inchiesta.

**DATI E CONCLUSIONI** I dati vengono raccolti con un metodo uguale per tutti, in modo che possano essere confrontati. Vengono poi analizzati e raffrontati con la domanda iniziale e l'ipotesi. Si traggono delle conclusioni, ed eventualmente si aprono nuove domande, si progettano nuovi esperimenti ecc.

**CONDIVISIONE** Viene presentata una relazione che contiene la domanda iniziale, l'ipotesi, la descrizione dell'esperimento, i dati e la loro analisi, le conclusioni. Le conclusioni vengono discusse in modo collegiale e se possibile presentate anche ad altri, per esempio pubblicate sul giornalino o sulla pagina web della scuola, raccontate alle altre classi ecc.

Ecco **qualche esempio di domanda da parte degli insegnanti** nelle varie fasi del lavoro.

Durante la **progettazione**:

- Che cosa vorreste sapere a proposito di...?
- Che cosa pensate che capiti se la vostra idea è corretta?
- Che cosa pensate che capiterebbe se... o quando...?
- Che cosa ve lo fa pensare?
- Di che cosa avete bisogno per scoprire...?
- Come pensate di registrare i dati durante l'esperimento?
- Quali sono i metodi migliori per rappresentare i dati (grafico, disegno, mappa...)?

Durante l'**analisi dei dati** raccolti:

- Quali sono gli elementi in comune tra...?
- Quali differenze notate tra...?
- Che cosa cambia se guardate attraverso la lente..., il microscopio, da vicino, da lontano, dall'alto ecc.?
- Questo è più lungo, corto, pesante ecc. di questo? E di quanto, secondo voi?
- Quali caratteristiche speciali avevano i posti dove avete trovato...?

E durante la **discussione**:

- Come sono i risultati trovati rispetto a ciò che vi aspettavate?
- Avete notato delle correlazioni tra... e...?
- Il risultato che avete trovato dipende da quanto va veloce, da quanto è lontano, da quanti...?
- Quali sono secondo voi le ragioni di...?
- Come pensate di spiegare agli altri che cosa avete fatto e che cosa è capitato?
- Come pensate di dimostrare che avete ragione (quali prove potete portare)?
- Ci sono altre conclusioni che potete trarre dalla vostra indagine?
- Se doveste farlo di nuovo, che cosa vorreste modificare per migliorare?

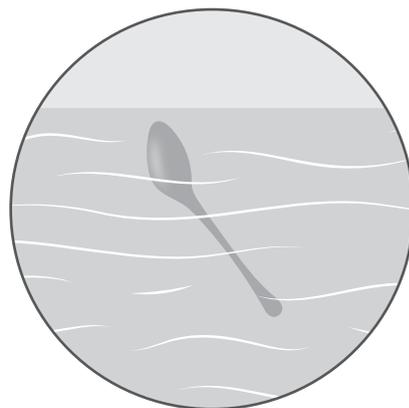
## Ipotesi o previsione?

Un'**ipotesi** è un'idea di come funziona qualcosa, una prima formulazione di una legge che governa un certo fenomeno o evento, e che può essere verificata mediante esperimenti. Una **previsione** è ciò che pensiamo debba succedere in base a una nostra idea, all'esperienza o per analogia con situazioni simili, o anche ci dice cosa accadrà in un esperimento se l'ipotesi è corretta. Per esempio, prevedo che una biglia di acciaio affonderà in acqua perché l'acciaio ha una densità superiore a quella dell'acqua, oppure perché l'ho già provato ed è sempre affondata oppure perché ho provato con un cubetto di acciaio e anch'esso affondava.

L'ipotesi, anche quella più scontata e ovvia, va messa alla prova con **esperimenti**: se accade ciò che l'ipotesi prevede, l'ipotesi sopravvive; se accade il contrario, almeno nelle condizioni sperimentali, significa che l'ipotesi non è valida e quindi va modificata o scartata. Così funziona la scienza.

In matematica l'ipotesi è intesa e usata in un altro modo. In matematica per ipotesi si intende "l'insieme dei fatti che si conoscono, da cui si parte per dimostrare un teorema" in contrapposizione a "tesi" che è invece ciò che si vuole dimostrare.

Similmente esiste una differenza fra **legge fisica** e **teorema matematico**. Il teorema può essere dimostrato: una volta dimostrato lo è per sempre e in modo definitivo. Una legge fisica non può essere dimostrata: può essere messa alla prova più e più volte e mostrare di prevedere i risultati di molti esperimenti MA non per questo è "vera", "dimostrata", perché potrebbe sempre succedere che si scoprano casi o condizioni in cui la legge fisica non è più valida, o che emergano nuove tecnologie e strumenti capaci di mostrare aspetti nuovi, che richiedano una sua revisione o il suo abbandono in favore di un'altra più corrispondente al comportamento della realtà.



Una nave, pur essendo pesante, non affonda. Un cucchiaino, pur essendo molto più leggero della nave, affonda.

# Che cos'è un esperimento?

La maggior parte di noi alla parola “esperimento” associa un laboratorio di chimica: una stanza bianca, pulita, con tavoli pieni di strumenti, microscopi, bilance di precisione e soprattutto provette piene di liquidi misteriosi e persone con camici bianchi.

Certo, questa è una possibilità. Ma è solo una fra tante. In generale un esperimento consiste “nell’**osservazione sperimentale** di un accadimento attraverso la **riproduzione** della situazione di fatto e la ripetizione simulata delle sue modalità di svolgimento” (dizionario Treccani online).

Pur basandosi sempre su procedure ripetibili e sull’analisi logica dei risultati, gli esperimenti variano notevolmente in termini di **obiettivi e dimensioni**. Anche il **tempo** è una variabile importante: ci sono esperimenti che durano brevi istanti, altri che durano stagioni o addirittura anni.

Anche rimanendo in laboratorio, abbiamo una gran varietà di situazioni. Ricercatori e ricercatrici possono far crescere cellule eucariote o procariote in condizioni fisiologiche e osservare come si sviluppano in piccoli vasetti di vetro. Oppure possono sviluppare e testare nuovi materiali con proprietà innovative, osservare le proprietà della luce o dell’elettricità o di altri fenomeni fisici. Ognuno di questi esperimenti necessita di procedure, strumenti, condizioni e allestimenti completamente diversi.

Fuori dai laboratori, sono innumerevoli le possibilità di condurre esperimenti. Nelle scienze marine o in geologia e geofisica si conducono **osservazioni, monitoraggio, rilievi sul campo** per studiare le proprietà di ambienti, rocce, sistemi. Si mandano palloni aerostatici per esplorare l’atmosfera e i fenomeni che avvengono alle diverse altezze dalla superficie terrestre. In etologia, si tratta spesso di osservare a lungo il comportamento di una popolazione, come per esempio ha fatto **Dian Fossey**, che ha vissuto anni **con i gorilla delle foreste del Ruanda**.

Al **CERN di Ginevra**, il più grande laboratorio scientifico del mondo, per esperimento si intende una collaborazione di migliaia di persone che utilizzano macchinari enormi per indagare, da una parte, le proprietà della materia subatomica e, dall’altra, i primi istanti di vita dell’Universo.

Si possono condurre esperimenti anche con **simulazioni** al computer, per prevedere il comportamento o il risultato di un sistema fisico o del mondo reale. Le simulazioni al computer sono oggi molto utili e diffuse nelle scienze naturali, astrofisica, climatologia, chimica, economia, psicologia, scienze sociali, medicina e ingegneria. La simulazione può essere utilizzata per esplorare e acquisire nuove conoscenze e per stimare le prestazioni di sistemi troppo complessi che non sarebbe possibile studiare con esperimenti reali.

Non sempre è possibile condurre esperimenti reali per verificare le ipotesi: in molti casi l’esperimento supera le possibilità tecnologiche ed è troppo difficile, altri esperimenti sono effettivamente impossibili, non etici o addirittura illegali. Si fanno quindi delle **osservazioni controllate** e delle **misure** per ottenere risposte attendibili a certe ipotesi. Gran parte della ricerca in diverse discipline scientifiche, tra cui economia, geografia umana, archeologia, sociologia, antropologia culturale, geologia, paleontologia, ecologia, meteorologia e astronomia, si basa su quasi esperimenti. Ad esempio, in astronomia è chiaramente impossibile, quando si verifica l’ipotesi “Le stelle sono nubi di idrogeno collassate”, iniziare con una nube gigante di idrogeno e poi eseguire l’esperimento aspettando qualche centinaia di migliaia di anni affinché si formi una stella.