

Lezione 0: Un'introduzione giocosa

C'era una volta un cavernicolo: si chiamava Fred. Come tutti i cavernicoli aveva sempre fame. Un giorno girava con un sasso in mano, provando se per caso fosse utile a placare la fame. Era del tutto inutile! Prova e riprova, a un bel momento gli cadde di mano: gli finì dritto sul piede, per giunta facendogli male. Provò con un secondo sasso, anche questo gli cadde: non sul piede (si era fatto più furbo), però verso il basso, esattamente come il primo.

Fred ebbe un'illuminazione improvvisa: cominciava a sospettare l'esistenza di un comportamento regolare e prevedibile. Se avesse avuto una mentalità scientifica, probabilmente avrebbe espresso così la sua intuizione:

Teoria 1 - quando un sasso viene lasciato libero, si muove verso il basso

Fred pensò che avrebbe dovuto mettere alla prova la teoria 1. Prese un altro sasso e pregustò quello che sarebbe accaduto quando lo avesse lasciato cadere: era in grado di fare una *previsione!* Poco tempo dopo raccolse una pigna e la annusò speranzoso, perchè aveva sempre fame. Anche la pigna gli scivolò di mano e, incredibile a dirsi, anch'essa cadde come erano caduti i sassi in precedenza. Pensò allora di generalizzare la sua teoria e fece alcune previsioni basate sulla generalizzazione. Fece poi alcuni esperimenti che andarono proprio come egli aveva previsto. Allora, pienamente fiducioso, decise che:

Teoria 2 - quando qualunque cosa viene lasciata libera, si muove verso il basso

Notate che, a questo punto, Fred non aveva due teorie, ma una soltanto: la teoria 1 era solo un *caso particolare* della teoria 2. Gli scienziati dell'età della pietra erano felici quando una sola teoria spiegava molti fatti diversi, anche perchè a quell'epoca le teorie venivano incise sulla pietra!

Qualche tempo dopo gli capitò di trovare un palloncino rosso legato ad un albero. Lo slegò, fiducioso che anche il palloncino si sarebbe comportato come previsto dalla teoria 2. Lo lasciò andare e, sorpresa, il palloncino salì verso l'alto! Fred sperimentò la sua prima *crisi* scientifica: le sue previsioni si erano rivelate esatte in centinaia di casi diversi, ed ecco che quell'unica prova smentiva la teoria 2.

Siccome Fred odiava gettare via una teoria, cominciò ad osservare con la massima diligenza quali cose cadessero verso il basso e quali verso l'alto. Fu una ricerca molto lunga, che egli non riuscì a portare a termine. Un suo lontano discendente riuscì finalmente nell'impresa, e formulò la

Teoria 3 - le cose più leggere dell'aria, lasciate libere, cadono verso l'alto, quelle più pesanti dell'aria cadono verso il basso.

Notate che di nuovo abbiamo una sola teoria. Le due precedenti sono entrambe casi particolari della terza. Le cose non finirono lì: nulla può arrestare il progresso della scienza. Un lontano discendente del discendente di Fred scoprì un giorno che le pigne, certamente più pesanti dell'aria, cadono verso l'alto quando ve ne state immersi nell'acqua. Provate a immaginare che cosa fece... Facile: formulò la

Teoria 4 - le cose più leggere del mezzo in cui vi trovate, lasciate libere, cadono verso l'alto, quelle più pesanti del mezzo in cui vi trovate cadono verso il basso

Ancora una generalizzazione! E così via, di generalizzazione in generalizzazione, si giunse ai tempi di Newton, e poi a quelli di Einstein, e poi ai nostri, e, speriamo, si giungerà a quelli nei nostri lontani discendenti.

Come in tutte le favole, ora dobbiamo cercare la morale. Ce ne sono in abbondanza:

Morale 1 - la scienza consiste in due processi: l'*induzione* e la *deduzione*

La deduzione va dal generale al particolare: serve a fare predizioni basate su teorie. L'induzione va dal particolare al generale: raccoglie osservazioni per formulare una teoria. Il bello della deduzione è che, se fate le cose bene, le conclusioni cui arrivate sono sempre corrette. L'induzione invece, per quanto bene la facciate, porta sempre a conclusioni incerte, talvolta addirittura sbagliate.

Morale 2 - a tutti piace avere teorie giuste

Gli scienziati spendono un mucchio di tempo a fare previsioni, sperando che esse si avverino. E tuttavia non imparano molto quando ciò accade. Il bello viene quando le previsioni si dimostrano sbagliate!

Morale 3 - le teorie sbagliate sono ancora utili

Ciascuna delle teorie di Fred si è prima o poi rivelata sbagliata, e lo stesso è accaduto a quelle di Newton, e lo stesso probabilmente accadrà a quelle di Einstein. Ogni teoria, però, è un mattone utile a costruire la teoria successiva. Inoltre ogni teoria è utile purchè usata nel dominio in cui è vera.

(tradotto e adattato da Kenny Felder, <http://www.felderbooks.com/papers/scientist.html>)

Questa seconda parte della lezione serve per farvi capire qual è il ruolo che la matematica riveste nella fisica.

Lanciamo un sasso verso l'alto. Lo lanciamo da terra (anche se è difficile...) con una velocità di 10 metri al secondo. Ecco quello che succede: il corpo sale per un secondo, arriva fino a 5 metri da terra, poi comincia a ricadere, e dopo un altro secondo è di nuovo a terra.

Supponiamo che esista un'equazione che vi permette di calcolare, per ogni istante di tempo t , qual è l'altezza h da terra che il sasso ha proprio in quell'istante. Si tratta perciò di un'equazione che contiene h e t : la chiamiamo "equazione dell'altezza". Non ci importa per il momento sapere come è fatta questa equazione. Ci basta sapere che esiste!

Ecco ora una serie di domande alle quali **SAPPIAMO** forse rispondere, se ci pensiamo attentamente, anche se ancora non sappiamo come è fatta l'equazione dell'altezza.

1. Se poniamo $t \leftarrow 0$ nell'equazione, che h ricaviamo?
2. Se poniamo $t \leftarrow 1$ nell'equazione, che h ricaviamo?
3. Se poniamo $t \leftarrow 2$ nell'equazione, che h ricaviamo?
4. Se poniamo $t \leftarrow 3$ nell'equazione, che h ricaviamo?
5. Se poniamo $h \leftarrow 5$ nell'equazione, che t ricaviamo?
6. Se poniamo $h \leftarrow 0$ nell'equazione, che t ricaviamo?
7. Se poniamo $h \leftarrow 3$ nell'equazione, che tipo di risposta otteniamo per t ? (quanti valori diversi? Positivi, negativi, nulli?)
8. Se poniamo $h \leftarrow 6$ nell'equazione, che tipo di risposta otteniamo per t ? (quanti valori diversi? Positivi, negativi, nulli?)
9. Se poniamo $h \leftarrow -1$ nell'equazione, che tipo di risposta otteniamo per t ? (quanti valori diversi? Positivi, negativi, nulli?)

Per le prossime domande introduciamo un'altra variabile: la velocità v del sasso.

Quando v è positiva, il sasso sta andando verso l'alto, quando v è negativa, il sasso si sta muovendo verso il basso. Come c'è un'equazione dell'altezza, così ci sarà anche un'equazione della velocità.

10. Se poniamo $t \leftarrow 0$ nell'equazione della velocità, che tipo di risposta otteniamo per v ? (quanti valori diversi? Positivi, negativi, nulli?)
11. Se poniamo $t \leftarrow 1$ nell'equazione della velocità, che tipo di risposta otteniamo per v ? (quanti valori diversi? Positivi, negativi, nulli?)
12. Se poniamo $t \leftarrow 3$ nell'equazione della velocità, che tipo di risposta otteniamo per v ? (quanti valori diversi? Positivi, negativi, nulli?)

13. Se poniamo $t \leftarrow 1.5$ nell'equazione della velocità, che tipo di risposta otteniamo per v ? (quanti valori diversi? Positivi, negativi, nulli?)
14. Se poniamo $v \leftarrow 0$ nell'equazione della velocità, che valore otteniamo per t ?
15. Quando v è zero, qual è il valore di h ? Questa è una domanda interessante, perché, per quanto ne sappiamo, non c'è un'equazione che lega v e h . Quindi dobbiamo usare prima l'equazione della velocità, per trovare qual è t quando $v = 0$. Poi usiamo l'equazione dell'altezza, in cui al posto di t scriviamo il valore che abbiamo appena trovato...

Che cosa abbiamo imparato? Le equazioni rappresentano la realtà: ne sono un modello. Fare fisica significa intraprendere un processo di traduzione: prima traduciamo la domanda fisica nel linguaggio della matematica, risolviamo il problema matematico, poi ri-traduciamo la soluzione che abbiamo trovato nel linguaggio della fisica. Questa è la fase più delicata: non dobbiamo fare troppo affidamento sulla matematica: in fin dei conti è solo un modello, non la realtà!

Per non farvi stare con il fiato sospeso vi diciamo quali sono le due equazioni.

Quella dell'altezza:	$h = 10 \cdot t - 5 \cdot t^2$
Quella della velocità:	$v = 10 - 10 \cdot t$

Usatele per calcolare le risposte alle domande elencate in precedenza. Le risposte sono quelle che vi aspettavate?

(tradotto e adattato da Kenny Felder, <http://www.felderbooks.com/papers/physicist.html>)