

Bugie, verita', statistiche

*Come orientarsi
fra scienza, pseudoscienze e nuove paure*

Che cos'è la scienza ?

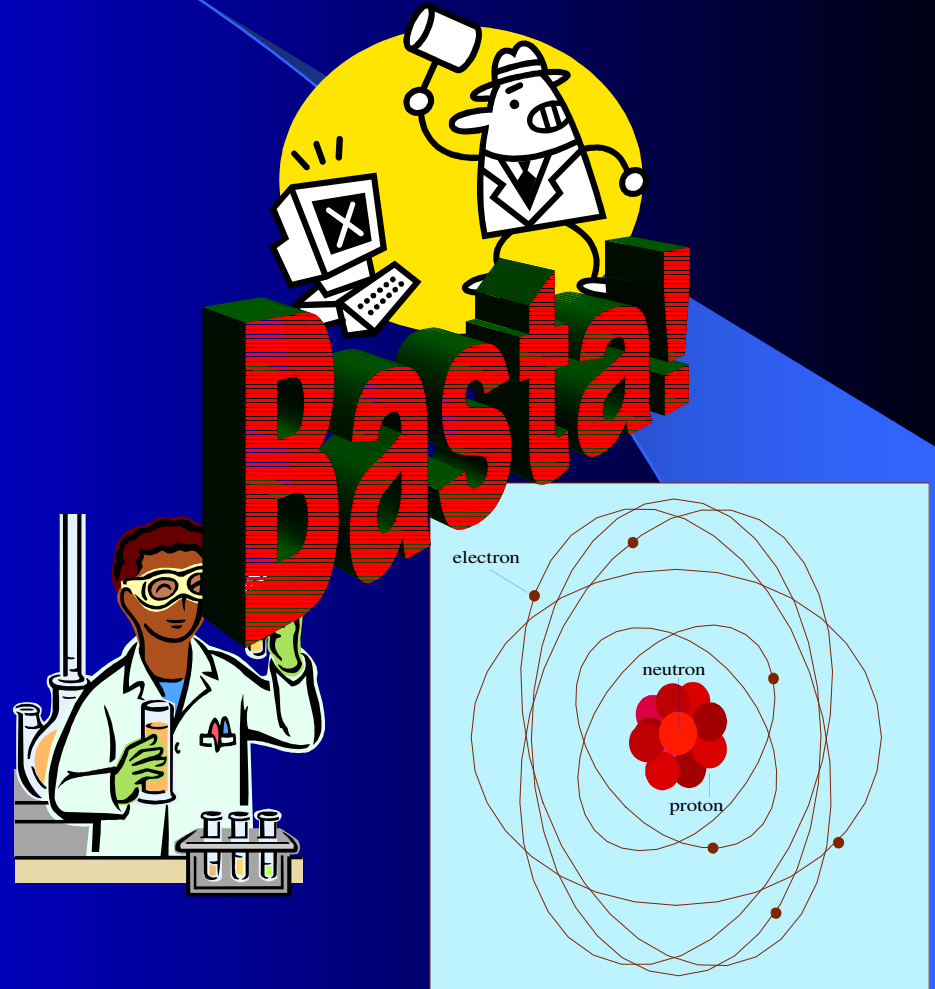
Due definizioni

L'insieme delle risposte razionali che è possibile dare alle nostre domande sulla natura delle cose (Scenziato anonimo)

...una ricerca attenta, logica, disciplinata, su tutti gli aspetti dell'universo, ottenuta dall'esame della migliore evidenza sperimentale, e sempre soggetta a correzioni e miglioramenti con la scoperta di nuova evidenza. Tutto il resto è magia. E non funziona. (J.Randi)

È importante la scienza?

- Oggi molti si dicono preoccupati dagli *effetti* della scienza
- Altri vorrebbero porre *limiti stretti* a molte *ricerche scientifiche*
- Altri ancora pensano che molte *ricerche* siano *inutili*



Un effetto importante delle scoperte scientifiche

Il progredire della conoscenza produce sviluppo tecnologico,

...che cambia le condizioni di vita per gran parte dell'umanità,

...spesso migliorandole,

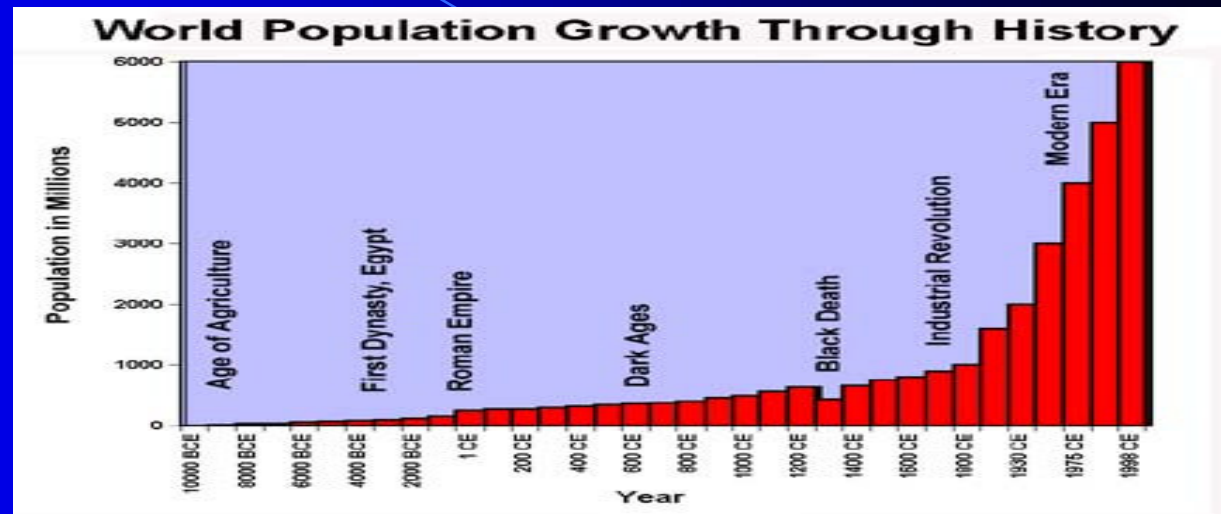
...ma talvolta creando nuovi squilibri e nuovi problemi

Cosa non c'era nel 19..?

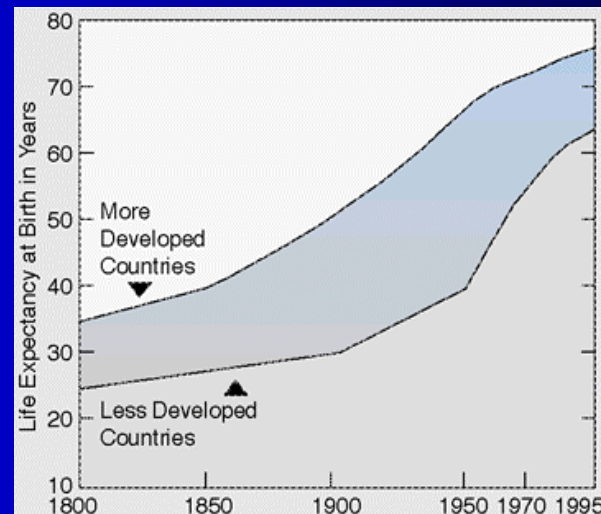
- *1990: no telefoni cellulari, web*
- *1980: no PC, CD, risonanza magnetica, reti di calcolatori*
- *1950: no frigorifero, calcolatore, televisione, satellite*
- *1900: no radio, automobili, antibiotici, radiografie, energia atomica, aeroplano, cinema*
- *1800: no elettricità, treno, nave a vapore*

Le conseguenze piu' evidenti..

Aumento della popolazione mondiale



Aumento della speranza media di vita per i nuovi nati



....ma anche, purtroppo:

Armi piu' sofisticate

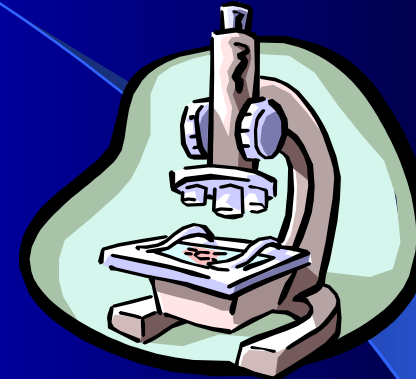
Maggiore inquinamento

Squilibrio economico

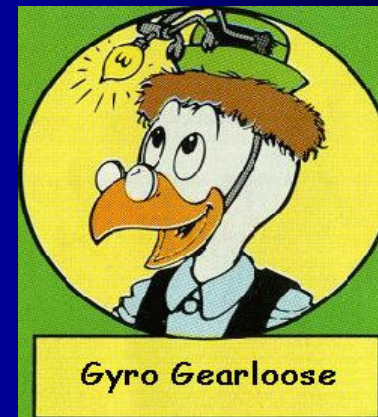
*..e poi: crescita di alienazione,
depressione, tensioni sociali, ..*

Tecnologia e scienza

La scienza indaga il mondo: e' aiutata dalla tecnologia per fare nuove scoperte



La tecnologia lo modifica: ha bisogno della scienza per progredire in nuove invenzioni



Un altro effetto meno immediato, ma importante

- *La conoscenza scientifica cambia il modo di pensare in tutti i campi di attivita'*
- *Le domande e le risposte di oggi sono diverse da quelle di ieri: la conoscenza e' un fatto dinamico*
- *L'ambiente culturale si evolve*



Come e' avvenuto tutto questo?

- *1) Uso dell'esperienza:*
Per comprendere il mondo occorre innanzi tutto osservarlo
- *2) Uso della matematica:*
Il libro della natura e' scritto in caratteri matematici
- *3) Scetticismo:*
Dubitare necesse est
- *4) Rasoio di Ockham:*
Entia non sunt multiplicanda sine necessitate

Esempio 1 : l'osservazione

Aristotele

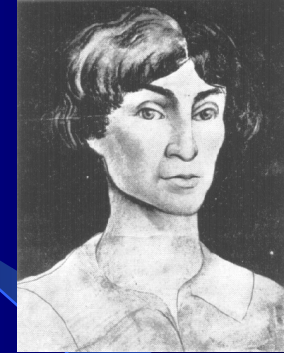
Le femmine hanno un numero di denti diverso dai maschi

Chiedetelo al vostro dentista...

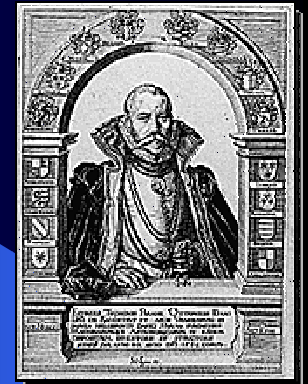


Esempio 2: la matematica

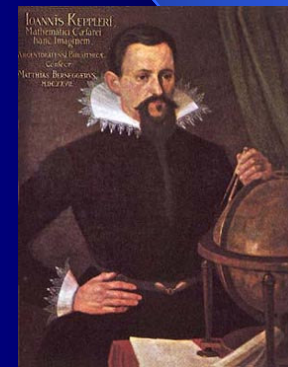
Copernico: le orbite dei pianeti sono circonferenze con il Sole nel centro



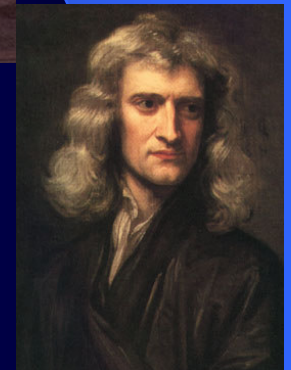
Tycho Brahe: Si', ma dai dati sembra che il sole non sia proprio nel centro



Keplero: No, i dati sperimentali dicono che le orbite non sono cerchi, ma ellissi, con il sole che sta in uno dei fuochi



Newton: Si', e questo accade perche' sono attratti dal Sole con una forza inversamente proporzionale al quadrato della distanza



Esempio 3: lo scetticismo

L' "alternativo":

Voi, scienziati "ortodossi", avete i paraocchi, perche' non considerate seriamente la mia nuova teoria!



Una teoria non scientifica: la Luna e' abitata da alieni invisibili e inafferrabili, che hanno completo controllo della nostra volonta'...

Una teoria scientifica: sulla Luna non c'e' nessun alieno



Esempio 4: il rasoio

- Teoria A: *i pianeti si muovono su orbite ellittiche perche' soggetti a una forza inversamente proporzionale al quadrato della distanza dal sole*



- Teoria B: *i pianeti si muovono su orbite ellittiche perche' soggetti alla forza di cui sopra. Questa forza e' dovuta al battito delle ali delle schiere angeliche*



Qualche altra regola generale:

Conservatorismo illuminato

Progressismo illuminato

Miglioramento tecniche di misura

Generalizzazione principi base



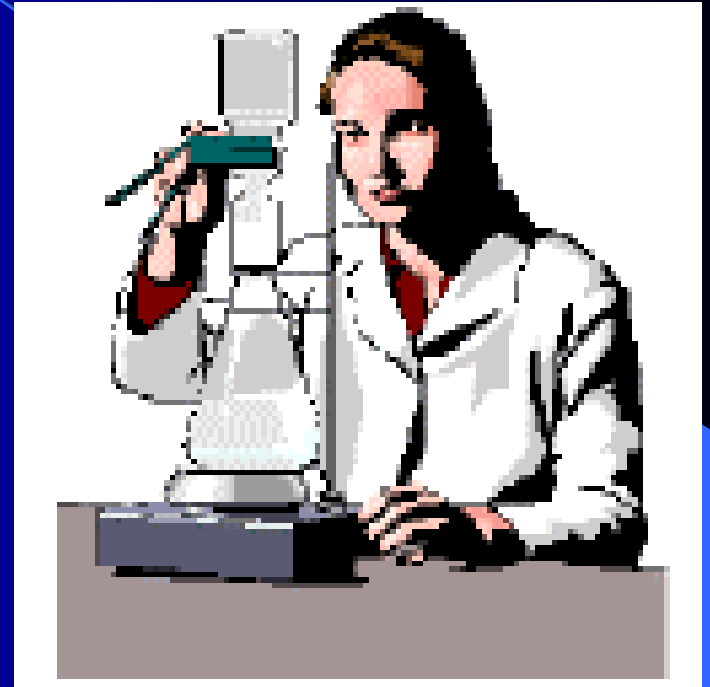
Dunque, il metodo scientifico...

A cosa si applica ?

All'indagine della natura, allo sviluppo tecnologico, e in genere a ogni argomento che si adatti a uno studio quantitativo

A cosa invece non si applica ?

A tutto cio' che sfugge alla misura, come la morale, il gusto estetico, la fede religiosa, e in genere a cio' che investe la sfera dei sentimenti



..serve a scoprire la verita'! O no?

Si formula un'ipotesi : si puo' sempre stabilire se e' vera?

Dall'ipotesi e dalle leggi note si traggono conseguenze: verificare sperimentalmente le conseguenze puo' confermare o no l'ipotesi. Ma e' sufficiente a dirci se e' vera? Ahime', no!

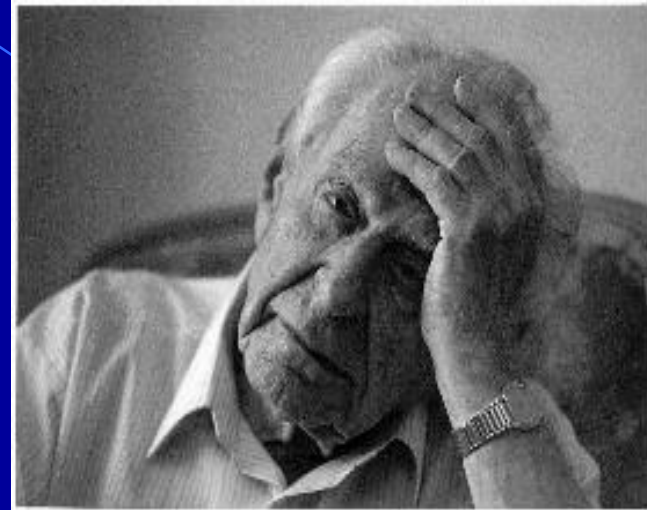
Esempio:

*L'ipotesi del Big Bang
Se e' vera, ci si attende
una radiazione "fossile"
alle frequenze delle
microonde → Eureka!
La si osserva davvero!*



Le ipotesi: scientifiche e no

K. Popper: criterio per stabilire se un'ipotesi è accettabile dal punto di vista scientifico



Non essendo possibile dimostrare che è vera (il che richiederebbe una serie infinita di verifiche) si deve poter dimostrare che è falsa

*Esempio di ipotesi falsificabile:
In ogni reazione chimica, la massa si conserva sempre
Se trovo una reazione in cui non si conserva, l'ipotesi è KO*

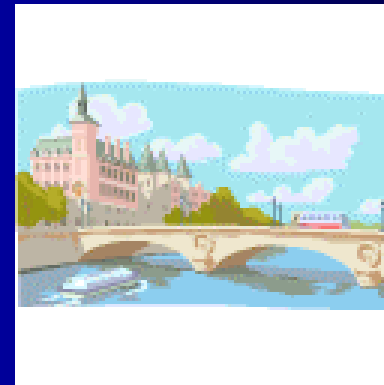
Eterni lavori in corso...

*Le teorie scientifiche sono
provvisorie*

*Nuova evidenza sperimentale
→nuova teoria*

*Cosa ne facciamo della vecchia?
Non e' "sbagliata", visto che
riproduce bene i dati sperimentali
disponibili fino a ieri*

*Rimane come una buona
approssimazione della nuova,
utile nella maggioranza dei casi*



Quindi: Potere ai numeri!

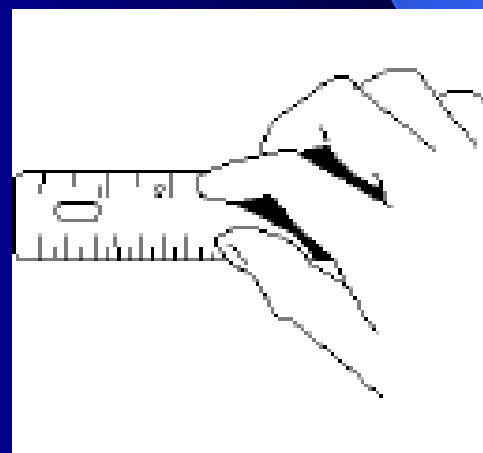
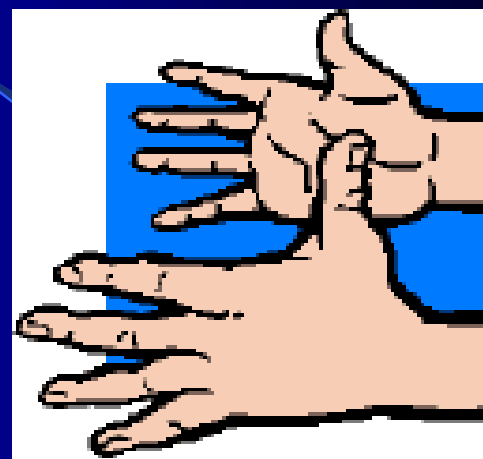
Cosa vuol dire porre ipotesi scientificamente corrette, in concreto?

Sono quelle per le quali e' possibile, almeno in linea di principio, una conferma attraverso misure ed esperimenti, e che con lo stesso metodo possono essere smentite

- *Esempio corretto: Qual e' l'eta' della Sindone? [Risposta: circa 680 anni]*
- *Altro esempio corretto: Qual e' l'evidenza sperimentale per fenomeni paranormali? [Risposta: 0]*
- *Esempio scorretto: Qual e' il fine dell'esistenza?*
- *Altro esempio scorretto: E'' piu' divertente il calcio o la pallacanestro?*

Osservazione e misura

- *Dall'osservazione e dal confronto si è portati alla misura*
- *Misura elementare: atto del contare*
- *Quindi, uso la matematica per trattare i risultati delle misure*



Misure ed errori

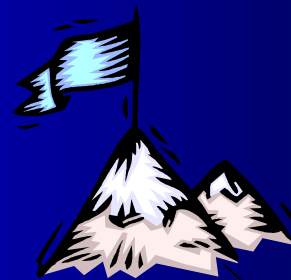
- *Ogni quantita' che si misura porta con se', oltre al risultato, anche un errore di misura*
- *Se ripeto la misura, pur in condizioni identiche, trovo di volta in volta risultati un po' diversi*
- *Questo e' un fatto che non si puo' eliminare*



Il record mondiale dei 100 m piani



Il numero di globuli rossi per cm^3 nel sangue di un paziente

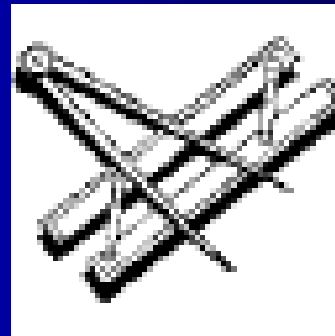


L'altezza dell'Everest

Pizza al taglio: errare e' umano..

Quanto bene conosciamo l'ampiezza del trancio di pizza che paghiamo?

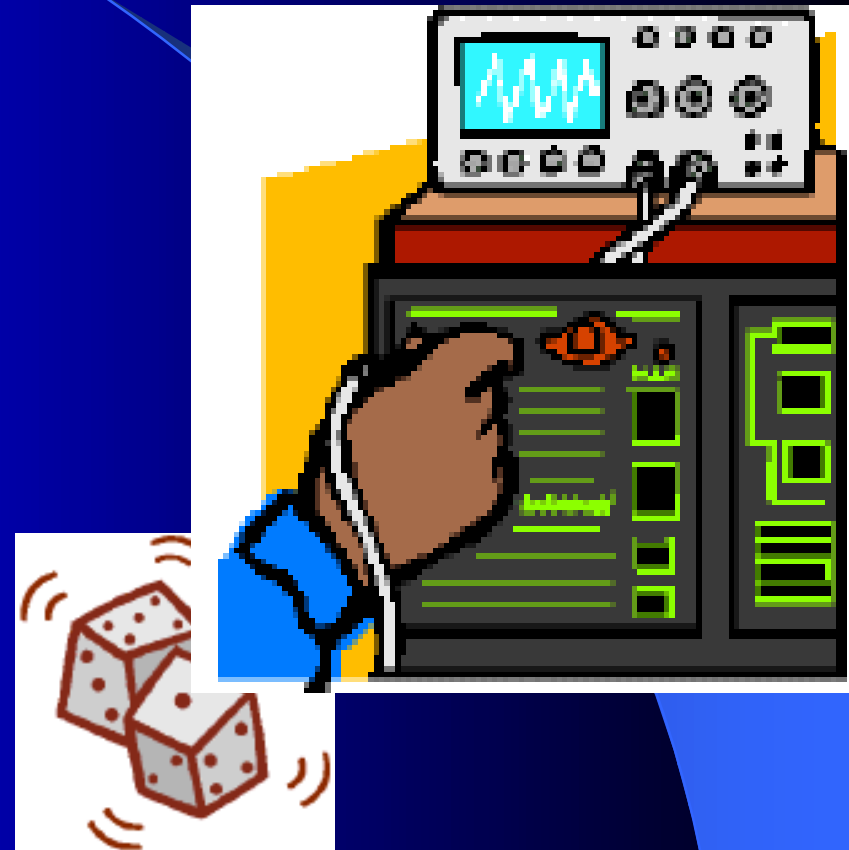
L'errore di misura puo' certamente essere ridotto con metodi sempre piu' sofisticati, ma mai ridotto a zero



L'origine degli errori di misura

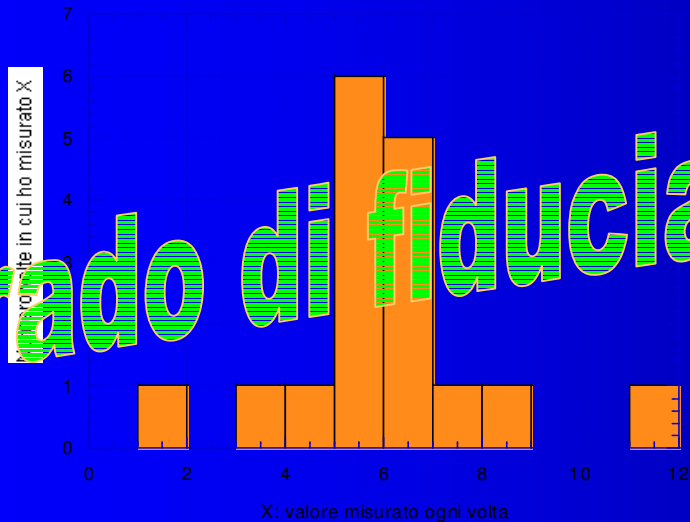
Molti piccoli effetti incontrollabili rendono ogni atto di misura un po' diverso dagli altri, in modo non prevedibile. Per esempio?

Movimenti incontrollati, effetti di temperatura e pressione, diverse piccole irregolarità degli strumenti, disturbi elettrici, etc



Il significato statistico delle misure

Grado di fiducia: alto



Grado di fiducia: alto

Qual e' la nostra fiducia che la misura che abbiamo ottenuta sia vicina al valore vero della quantita' misurata?

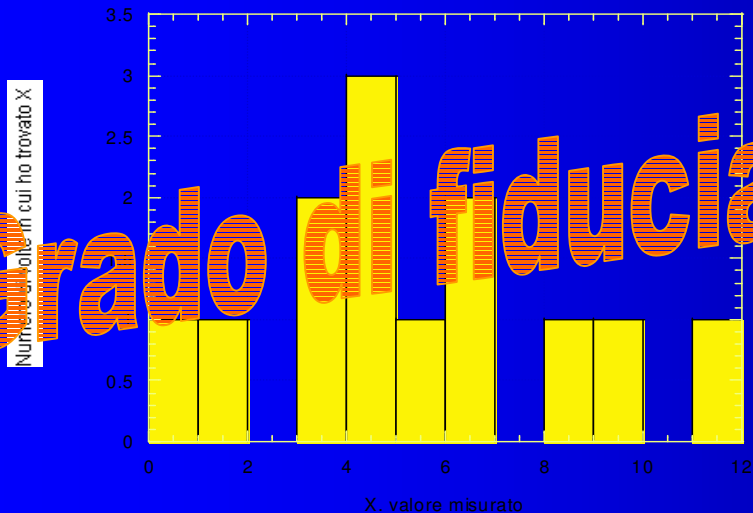
La esprimiamo con un "voto", fissato con regole statistiche piuttosto semplici: fra 0 e 1, con

0 = nessuna fiducia

1 = fiducia totale

Il voto dipende dall'errore....

Grado di fiducia: basso



Grado di fiducia: basso

Ritornando alla verita'...

*Non esiste la certezza assoluta
nelle scienze della natura*

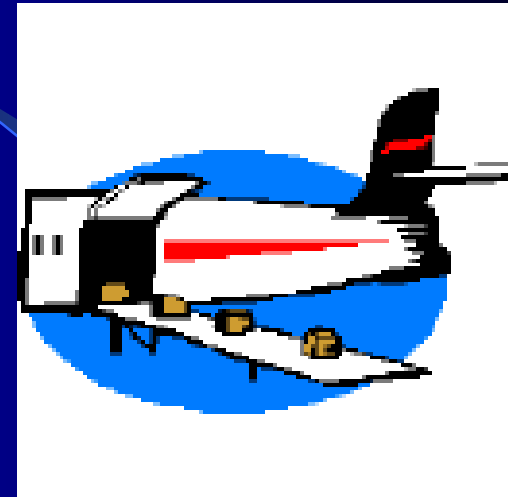
*Ogni conclusione scientifica
viene di fatto con un suo
grado di fiducia, ed e'
sempre soggetta a revisione*

*Conclusioni presentate senza
citare il grado di fiducia che
le accompagna non sono
scientificamente accettabili*



Le pseudoscienze

- *Feynman e il “cargo cult”: il culto degli aerei da trasporto nelle isole del Pacifico del II dopoguerra*
- *Le pseudoscienze imitano le forme esteriori della scienza della natura, senza coglierne il carattere essenziale: il confronto con l'esperienza e la capacità di modellare la realtà*



Quante pseudoscienze !

*Astrologia, predizione del futuro,
lettura della mano,...*

Pseudo-diagnostica, idologia,...

*Pseudo-terapia, omeopatia, cura
D. Res,...*

Moto perpetuo, energia infinita,...

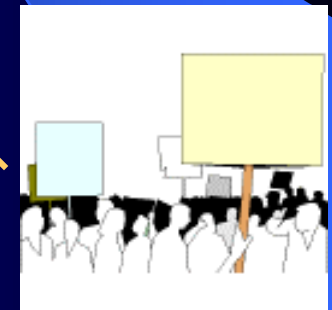
Parapsicologia, spiritismo,...

La "Scienza della Genesi"...



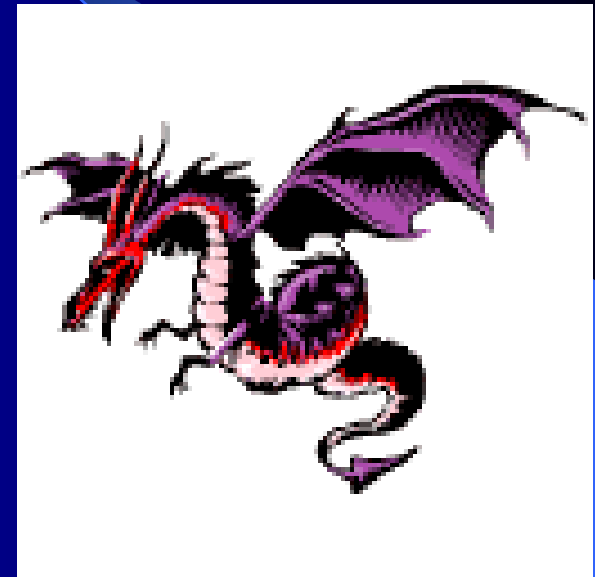
Cos'è la paura della scienza?

- ❖ *Fenomeno caratteristico dei paesi più sviluppati*
- ❖ *Indice di serie carenze culturali, anche fra "intellettuali"*
- ❖ *Spesso curiosamente associato ad atteggiamento di rifiuto e "decostruzione" della scienza in generale*
- ❖ *Associato di solito a forti valenze politiche, di tutti i colori*
- ❖ *Fortemente amplificato dai media, anche da quelli "seri"*



Mini- catalogo (incompleto) dei nuovi *Mostri dell'anno Mille*

- *Effetti delle radiazioni, ionizzanti e no, sulla salute*
- *Organismi geneticamente modificati*
- *“Nuove” pratiche agricole*
- *Esperimenti “apocalittici”*



Radiazioni: che cosa sono?

Una definizione molto semplificata:

Trasporto di energia, da una sorgente a un bersaglio, con e senza trasporto di materia: con effetti diversi sul bersaglio a seconda della natura e dell'energia (o frequenza)

Distinguiamo:

Rad. ionizzanti: nella materia, vivente e non, possono rompere legami chimici, guastare o distruggere cellule, introdurre mutazioni nel DNA, ...

Rad. non ionizzanti: non possono rompere legami chimici, possono però indurre riscaldamento locale, trasporto di cariche elettriche negli elettroliti biologici, oppure indurre piccolissimi effetti magnetici

Esempi: radiazioni ionizzanti

Apparecchio a RX



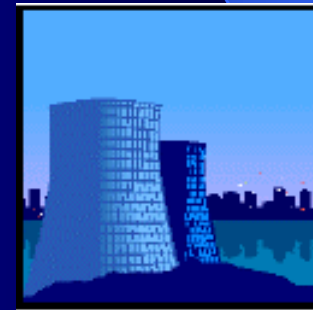
Acceleratore di particelle



Sorgente radioattiva



Reattore nucleare



Raggi cosmici



Esempi: radiazioni non ionizzanti

**Trasmittitore radio/TV,
Radar**



Telefono cellulare



Forno a microonde



Linea ad alta tensione



**Motore elettrico a
corrente alternata**



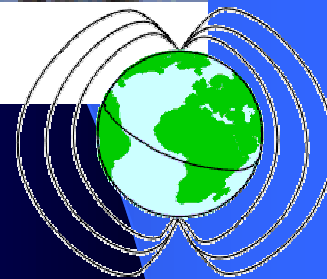
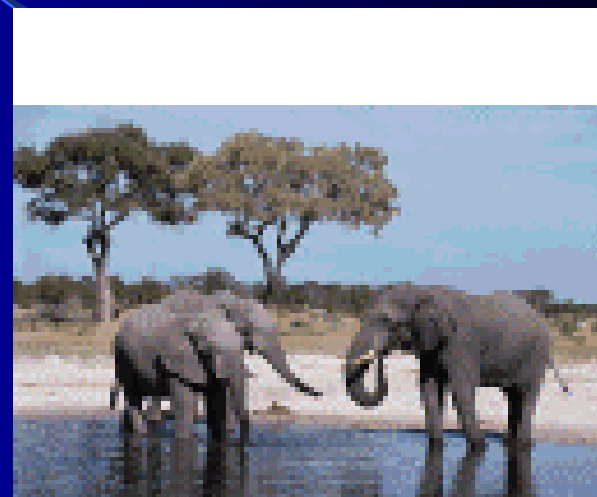
Una invenzione controversa?

No: tutti fenomeni naturali

Le radiazioni sono state scoperte, non inventate

I campi elettromagnetici sono presenti in natura (fulmini, c. magnetico terrestre, luce, fondo fossile a microonde)

Anche le radiazioni ionizzanti sono un fenomeno naturale (raggi cosmici, radioattività ambientale)



Ma quali sono gli effetti biologici?

*Radiazioni ionizzanti:
dipende da quante se ne
prendono*

*Alte dosi: effetti molto gravi,
talvolta letali*

Usate per curare tumori

*Basse dosi: effetti molto
piccoli, difficili da mettere
in evidenza*

Usate in diagnostica



Come e' andata a Chernobyl?

Incidente gravissimo

Gravi errori umani in una centrale con standard di sicurezza scandalosamente bassi

*Conseguenze sanitarie accertate (Rapporto UNSCEAR all' ONU):
perdita diretta di circa 50 vite umane
previsione di circa altri 1000 decessi in 30-40 anni
incremento di tumori alla tiroide nei bambini*



Per confronto:

**Numero tipico di decessi riportati dai media:
30-50000
Folklore: molte mutazioni (pesci giganti, vitelli a tre teste, etc); aumento vertiginoso di malformazioni alla nascita; e molto altro ancora**

E l'uranio impoverito?

Uranio: presente in natura

4 parti per milione, praticamente ovunque

3 tonnellate/km³ in mare

Insieme ai fertilizzanti fosfatici (Guerra in Iraq: equivalente a quello venuto con 17 anni di fertilizzazioni)

Ne mangiamo (da sempre) circa 2 microgrammi ogni anno

Usato (impoverito) per molti scopi (contrappesi, schermature per apparecchi a RX e acceleratori lineari per uso medico, ...)

E' certamente vero :

Alte dosi di radiazioni ionizzanti possono provocare leucemie

Ma :

Comportamento biologico e proprietà fisiche dell'uranio rendono estremamente improbabile che i casi osservati siano dovuti a radiazioni

E le radiazioni non ionizzanti?

Nessun effetto misurabile, a parte il riscaldamento ad alta frequenza (che, ad alte intensità, diventa “cottura” – vedi forno a microonde)



*Usate in radiodiagnostica
(risonanza magnetica)*

*Usate in terapia
(radar terapia)*



Ma e' proprio vero?

Qual e' allora l'origine della paura delle linee ad alta tensione (tralicci)?

Studio epidemiologico americano del 1979, sulla correlazione fra leucemia infantile ed esposizione a campi magnetici da linee ad alta tensione

Metodologia statistica sbagliata; nessuno studio successivo ha indicato nulla

Lo studio epidemiologico

Due modi per stabilire un nesso fra due fenomeni:

Modo A):

Relazione diretta causa-effetto
(Es. danni da avvelenamento)

Modo B):

Correlazione statistica fra misure
(Es. eccesso di peso-infarto)

La correlazione puo' essere forte oppure debole; se e' debole il grado di fiducia statistico e' molto basso, e l'effetto si distingue male

Esempio: una correlazione forte

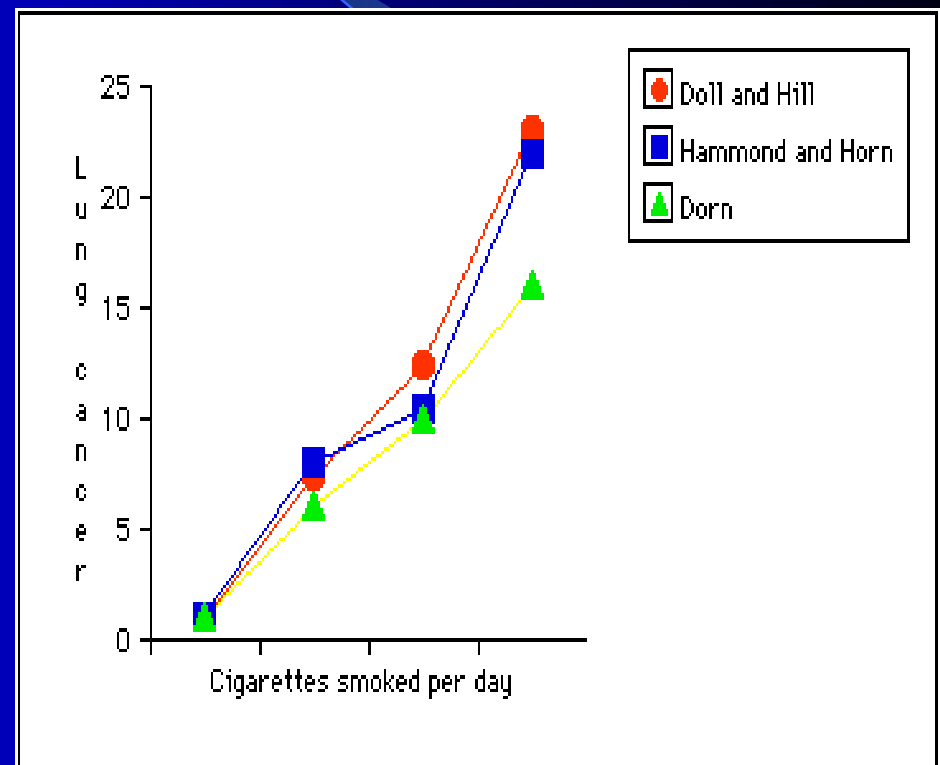
La relazione fumo-tumore polmonare

Ascisse: sigarette al giorno

Da zero a >1 pacchetto

Ordinate: probabilita' di morte per tumori al polmone (%)

[Grafico da Kimball]



Esempio: nessuna correlazione

Leucemie e campi elettromagnetici in Danimarca

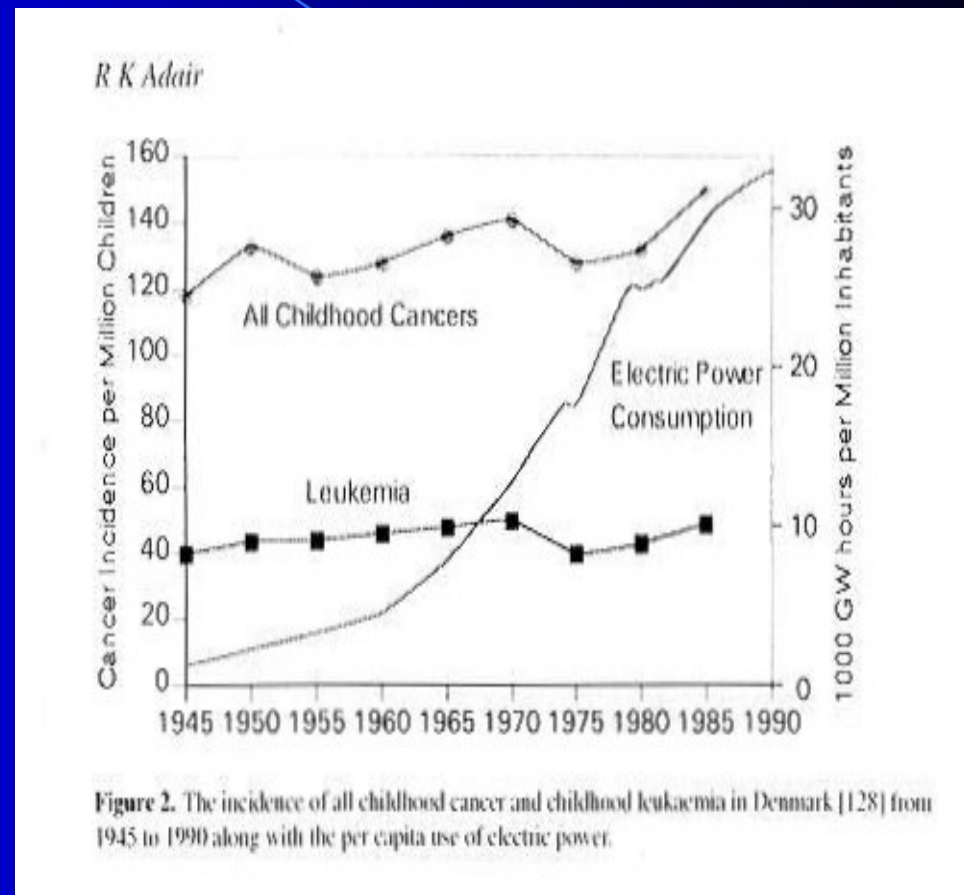
Ascisse: anni

Ordinate

Sinistra: incidenza di leucemie infantili

Destra: potenza elettrica per abitante

[Grafico da R.Adair]



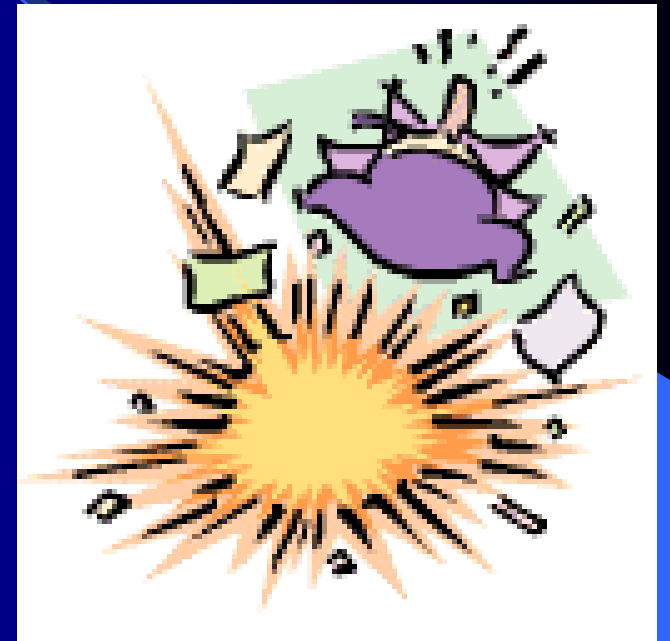
Esperimenti “apocalittici”

E' vero che sono costosi?

E' vero che sono inutili?

E' vero che sono pericolosi?

Sono immorali?



Il costo degli esperimenti

<i>Contributo italiano al CERN (annuo)</i>	<i>85 M€</i>
<i>Costo di PHENIX (10 anni)</i>	<i>92 M€</i>
<i>Finanziamenti INFN (annui)</i>	<i>250 M€</i>
<i>Costo RHIC (10 anni)</i>	<i>553 M€</i>
<i>Budget totale CERN (annuo)</i>	<i>600 M€</i>
<i>Un bombardiere B-2</i>	<i>1327 M€</i>
<i>Spesa per maghi, oroscopi,...(annua)</i>	<i>2700 M€</i>

L'utilita' degli esperimenti

Dalla fisica delle particelle:

Software (p.es. il WWW)

*Monitoraggio di radiazioni
(radioterapia, diagnostica)*

Tecniche di accelerazione

*(usate per cura dei tumori e
per studio materiali;
proposte [Rubbia] per la
produzione di energia
senza inquinamento)*

E molto altro ancora...

Negli anni "60:

Critiche simili per l'astronautica
("Si dovrebbe invece cercare
una cura per il cancro!")

Tecnologie dall'astronautica:

Microelettronica/Software
Satelliti/Comunicazioni

Oggi:

Grandi progressi anche nella
cura dei tumori, soprattutto
da calcolatori e diagnostica...

Pericolosità' degli esperimenti

Gli ipotetici scenari "apocalittici" nelle collisioni studiate da questi esperimenti: sono seri?



Teorie molto speculative (anche se rispettano i principi generali della fisica), che alcuni hanno arbitrariamente estrapolato ad esperimenti già fatti, in corso o previsti

(Come se, in zoologia, qualcuno ipotizzasse l'esistenza, da qualche parte sulla Terra, di una popolazione di unicorni: pur non violando le leggi fondamentali della biologia, ci sarebbero molte ragioni per dubitare. E nessuno ha mai visto un unicorno)

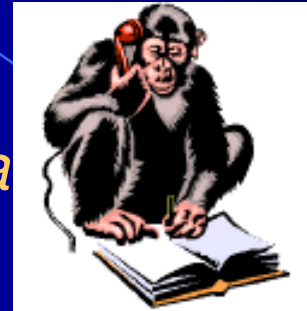


Scienza e morale

1) *Regole morali dalla scienza?*

Terreno pericoloso...

(Es: usi ideologici contrastanti della teoria dell'evoluzione)



2) *Comportamenti immorali da parte degli scienziati?*

Talvolta...

Es. ovvio, esperimenti "medici" ad Auschwitz; meno ovvio, la bomba atomica nella II guerra mondiale; per nulla ovvio il caso degli esperimenti a RHIC e LHC



Malgrado tutto, una morale: anzi due

Ogni futuro cittadino, elettore e contribuente dovrebbe sentire la necessita', nel suo proprio interesse, di studiare la scienza e i suoi metodi: e' tanto indispensabile, per vivere nel mondo di oggi, quanto la patente o la conoscenza delle lingue straniere

Ogni futuro cittadino, elettore e contribuente dovrebbe abituarsi ad accogliere le notizie di argomento scientifico-tecnico diffuse dai media con un po' di cautela: cosi' come tante scoperte mirabolanti di cui si e' informati ogni giorno, molte notizie catastrofiche sono poco conclusive, o fuorvianti, o infondate