

Pillola 2 («scatola degli attrezzi»)

Il metodo scientifico



Si ringrazia il collega Prof. Lorenzo Magnea (dispense A.A. 2019-20) per gli spunti

Scienza e filosofia secondo Aristotele

- Aristotele considerò la filosofia come un'attività scientifica articolata in discipline distinte, con l'obiettivo di interpretare tutta la realtà.
- Per arrivare a questo obiettivo, era necessario avere un metodo in cui i pensieri e i ragionamenti dovevano necessariamente rispettare delle determinate condizioni per giungere a conclusioni certe.

Aristotele: logica e sillogismo

- Secondo Aristotele, la logica era la più importante fra tutte le scienze; lui la denominava come «analitica».
- La logica è definita come la scienza che studia le regole della conoscenza scientifica. La logica aristotelica si basava sulla teoria del sillogismo e sull'analisi delle proposizioni.
- Il ragionamento sillogistico consisteva nel pervenire a conclusioni vere se le premesse erano vere; quindi, era necessario controllare e verificare sempre le premesse da cui aveva inizio il discorso.

Sillogismi scientifici e dialettici

- I sillogismi scientifici – per Aristotele – partono da premesse vere. Alla base delle scienze (e di ogni deduzione) ci sono principi generali detti assiomi e delle definizioni indimostrabili ma evidenti, che si possono cogliere solo attraverso un atto di intuizione del nostro intelletto.
 - Esempio: A) Marco è fratello maggiore di Luca. B) Luca è fratello maggiore di Alberto. C) Marco è fratello maggiore di Alberto.
- I sillogismi dialettici partono, invece, da premesse probabili, accettate dai più, ma non necessariamente vere. Rientrano nel novero delle discussioni e sono fondati sul procedimento dialettico e non su quello scientifico (o dimostrativo).
 - Esempio: A) Ogni animale è mortale B) Ogni uomo è animale C) Ogni uomo è mortale

Il metodo scientifico: dagli ellenisti a Galileo

- Il metodo scientifico «moderno» è basato su alcuni aspetti fondamentali: l'osservazione dei fenomeni della natura, la formulazione di un'ipotesi, la costruzione di un modello teorico e la sua verifica attraverso il metodo sperimentale, per giungere infine alla formulazione di una teoria che valga per tutti i fenomeni simili a quello osservato in principio.
- Il metodo scientifico di età ellenistica non si discostava molto da questi principi base, di stampo deduttivo. Gli scienziati greci ponevano al centro il concetto di “ipotesi” (principio alla base di una teoria, o postulato), nata dai fenomeni osservati, per dare loro un senso. La formulazione di un’ “ipotesi” richiede perciò una grande capacità di astrazione.
 - Un esempio può essere l'eliocentrismo di Aristarco: egli suppose il Sole al centro e la Terra in orbita intorno ad esso insieme alle stelle, perché ciò permetteva di giustificare i moti retrogradi delle stelle.
- Una volta formulata un' ipotesi era necessario che corrispondesse con la realtà concreta, che fosse possibile cioè costruire una macchina che verificasse la teoria.
 - Esempio: Archimede, grazie alle sue teorie sulle forze (basate su modelli teorici), riuscì a costruire dei sistemi di pulegge che permettevano lo spostamento di oggetti pesanti

La visione scientifica

- Rappresenta **ciò che rimane nella nostra mente** dopo aver **studiato** uno o più argomenti scientifici una volta che si sono dimenticati i dettagli degli esperimenti o delle teorie
- La capacità di individuare le linee guida, selezionare i modelli concettuali, ed estrarre i contenuti dominanti, **cogliendo l'essenza del fenomeno o del processo**

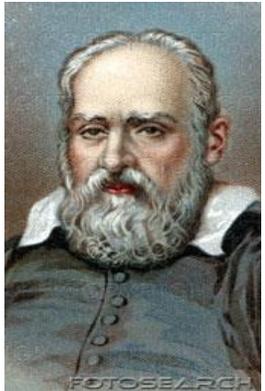
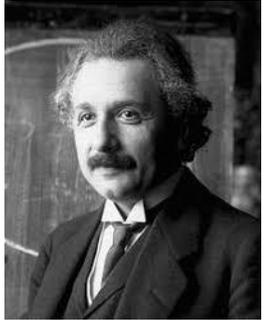
Il metodo scientifico

➤ Il metodo scientifico si basa su:

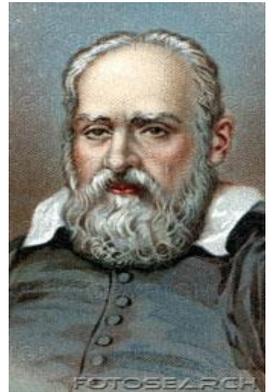
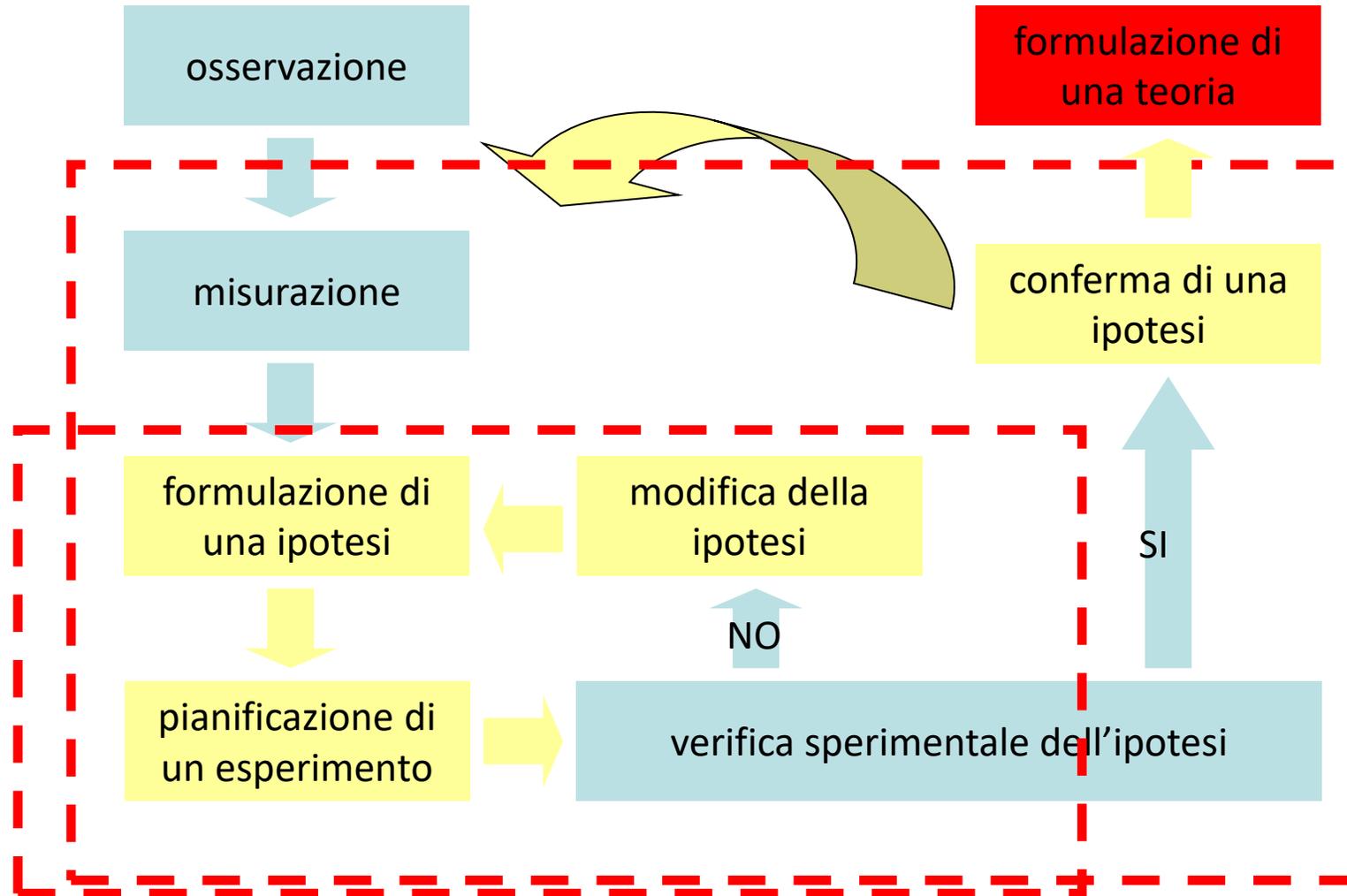
- **osservazione sperimentale** di un fenomeno
 - riconoscimento degli elementi caratteristici del fenomeno
 - formulazione di ipotesi sulla natura del fenomeno
- **costruzione di una teoria**
 - permette di interpretare il fenomeno in esame
 - permette di fare delle predizioni sul fenomeno
- **verifica sperimentale** della teoria
 - conferma o smentisce le previsioni teoriche

Il metodo sperimentale

- Secondo Einstein l'essenza della scoperta scientifica si basa su un aspetto individuale: **la creatività, che produce idee nuove.**
- Il “metodo” viene dopo, nell'ottenere le conseguenze logico matematiche delle idee e nel confronto fra esse e la realtà del mondo.
- In effetti identificare un “metodo”, ossia qualcosa di ben definito, che “funzioni” sempre, anche nella scienza non è una cosa facile.
- Comunque già **Galileo Galilei aveva individuato alcune caratteristiche principali che deve possedere una indagine scientifica.**



Il metodo sperimentale

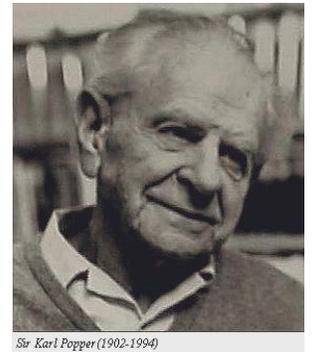
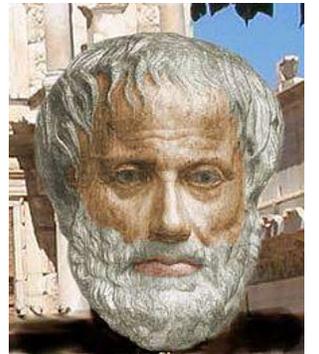


Un po' di humor: il metodo scientifico secondo Galileo e Facebook/Google



Il metodo dell'induzione

- Per una tradizione che va almeno da Bacone ai giorni nostri, la scienza si fonda sull'**induzione**, intesa come procedimento che va dal particolare all'universale
- Si osserva il comportamento di determinate cose e per induzione si elabora una teoria che le giustifichi
- In precedenza c'era il concetto di **deduzione**, dovuto ad Aristotele, che la identificò sostanzialmente con il sillogismo: partire **da una legge universale per giungere a conclusioni particolari**.
 - «Tutti gli uomini sono mortali; Socrate è un uomo; dunque Socrate è mortale»
- Popper sostenne che, in realtà, l'induzione, concepita come procedimento di giustificazione delle teorie, non esiste. Infatti, per quanto numerose possano essere le osservazioni singolari, esse non saranno mai capaci di produrre teorie universali

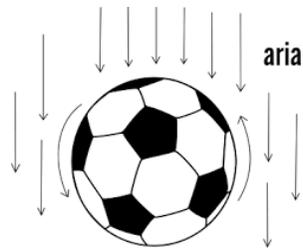


Sir Karl Popper (1902-1994)

Verificazionismo e falsificabilità

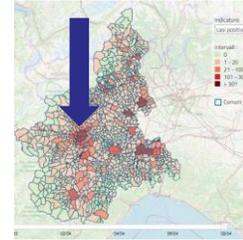
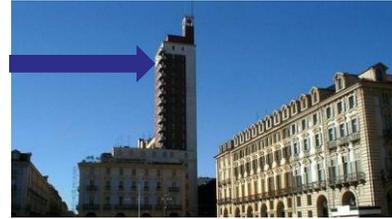
- Secondo l'assioma filosofico del neopositivismo, una teoria risulta scientifica nella misura in cui può essere verificata dall'esperienza
 - Tuttavia, il verificazionismo è un mito o un'utopia, in quanto per verificare completamente una teoria **dovremmo controllare tutti i casi possibili**
- Popper definisce il criterio di falsificabilità secondo cui **una teoria è scientifica se può venire smentita dall'esperienza.**
 - La base empirica del sapere risulta priva di absolutezza: all'immagine della scienza come edificio stabile fondato su roccia solida si contrappone immagine della scienza come costruzione precaria su fragili palafitte
- Esiste un'asimmetria logica fra verificabilità e falsificabilità:
 - **Miliardi e miliardi di conferme non rendono certa una teoria, mentre basta una sola smentita per confutarla**
 - Concetto delle teorie provvisoriamente vere

Un esempio di deduzione: la gravità



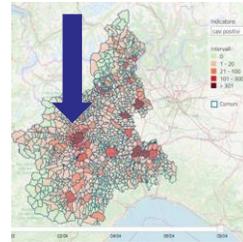
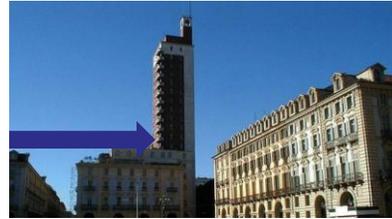
➤ L'accelerazione di gravità vale $g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$

Un altro esempio: l'ebollizione dell'acqua



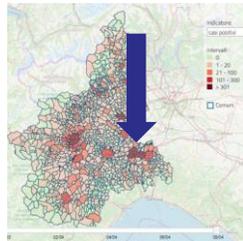
A Torino (240 m s.l.m.), al 15° piano, l'acqua bolle a 99 °C.

Conclusione: possibile dipendenza da: altitudine, posizione, altezza



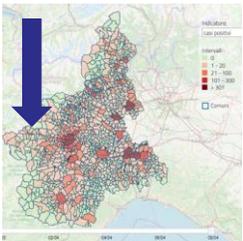
A Torino (240 m s.l.m.), al 5° piano, l'acqua bolle a 99 °C.

Conclusione: possibile dipendenza da: altitudine, posizione, ~~altezza~~



Ad Alessandria (90 m s.l.m.), al 15° piano, l'acqua bolle a 99 °C.

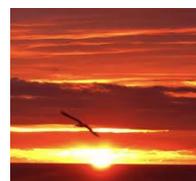
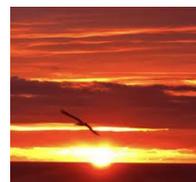
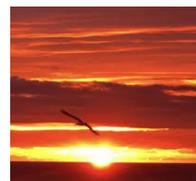
Conclusione: possibile dipendenza da: altitudine, ~~posizione~~, ~~altezza~~



A Sestrières (2000 m s.l.m.), l'acqua bolle a 93 °C.

Conclusione: dipendenza da: altitudine, ~~posizione~~, ~~altezza~~

L'induzione: non sempre funziona...



Legge «indotta»: «ogni giorno, all'alba, arriva del cibo»



Non sempre l'induzione/deduzione funziona...



Tutti i cigni che ho visto erano bianchi

DEDUZIONE:

→ Tutti i cigni sono bianchi

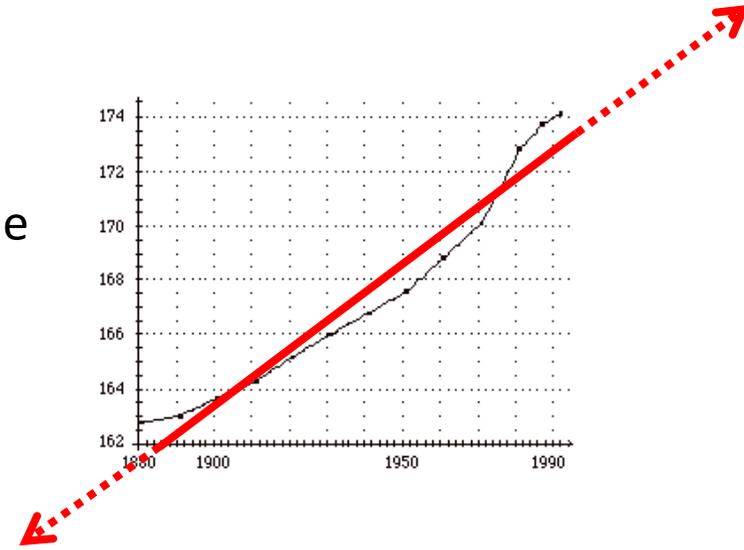


Deduzione e falsificazione



← Sensazione

Misura →



Deduzione di una teoria (tramite generalizzazione)

La statura degli italiani cresce con il tempo.

Nel 20° secolo gli italiani sono cresciuti di 10 cm

Teoria: il tasso di crescita degli italiani è di 0,1 cm/anno.

Conseguenze (falsificazione):

Nel 260 d.C. gli «italiani» erano alti... $164 - 1640 \times 0,1 = 0 \text{ cm!}$

Nel 2300 gli italiani saranno alti... $174 + 300 \times 0,1 = 204 \text{ cm!}$

La crescita (o decrescita) esponenziale

- Una grandezza cresce esponenzialmente quando ad intervalli di tempo uguali corrispondono incrementi pari ad una frazione costante del totale.
- Più è grande la quantità di cui si dispone, più essa si accresce.
- La crescita esponenziale viene spesso espressa attraverso il cosiddetto “tempo di raddoppiamento”, che è il tempo necessario affinché una grandezza raddoppi il proprio valore (incremento del 100%).

I paradossi della crescita esponenziale

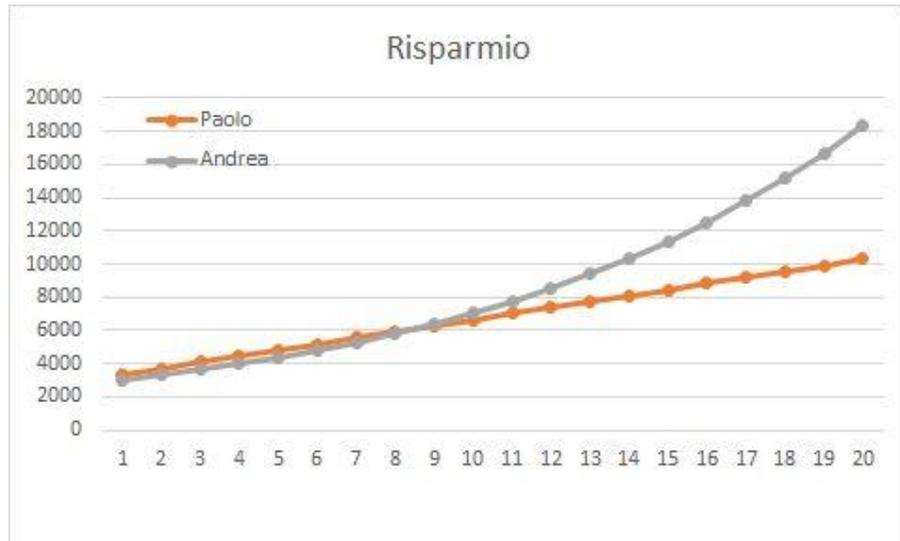


- Una persona ha un laghetto nel suo cortile
- Un giorno nota che c'è una ninfea
- Nota anche che questa ninfea raddoppia la sua estensione ogni giorno
- La persona pensa che dovrebbe toglierla, un giorno... ma non adesso!
- Un giorno, lunedì, nota che ha ormai ricoperto un quarto del lago, e si dice: sabato ho tempo e la tolgo
- Però, il mercoledì, la ninfea ha già ricoperto l'intera superficie del lago
 - «Raddoppia ogni giorno»
- **La nostra mente è poco avvezza a comprendere la crescita esponenziale**

Limiti umani: l'incapacità di capire la funzione esponenziale

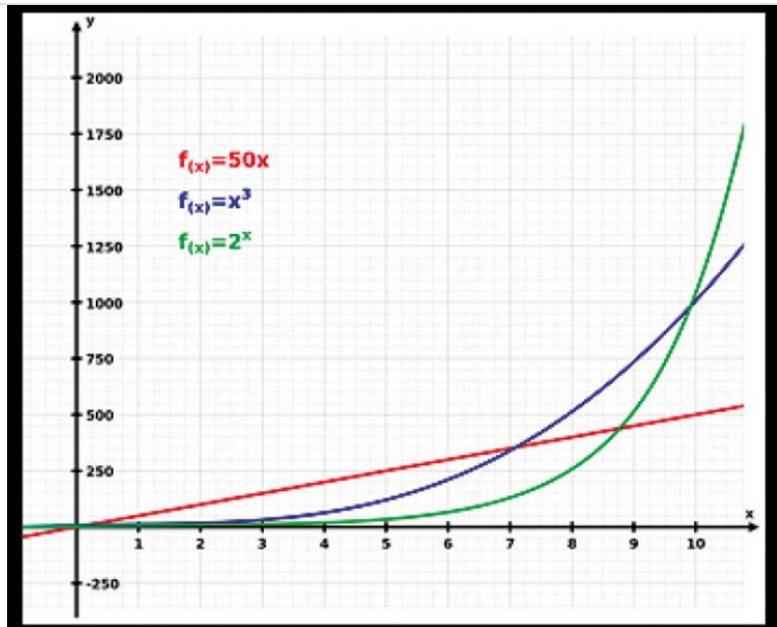
- Nell'esempio precedente, se si decidesse di tagliare la ninfea quando le sue foglie hanno coperto metà del lago in modo da salvarlo dal soffocamento, in quale giorno si dovrebbe intervenire?
 - La risposta corretta è: al 29° giorno
 - Si noti che, al 25° giorno, era coperto appena poco più del 3% del lago: nelle crescite di tipo esponenziale all'inizio le cose vanno piano poi accelerano in modo impressionante.
 - Pochi riuscirebbero a rispondere correttamente – molti direbbero a metà tempo (pensiero «lineare»)

Un altro esempio «paradossale» di crescita esponenziale



- Una grandezza **crece linearmente** quando, ad intervalli di tempo uguali, corrispondono incrementi uguali.
 - I genitori danno al loro figlio Paolo 3000 € e poi 1 € al giorno
- Una grandezza ha una **crescita esponenziale** quando, ad intervalli di tempo uguali, corrispondono incrementi pari ad una frazione costante del totale.
 - I genitori danno al loro figlio Andrea 3000 € e poi un tasso di interesse del 10% annuo

- I fenomeni sottoposti ad una legge di crescita esponenziale non sono infatti caratterizzati da una crescita iniziale veloce.
 - Nella prima fase, infatti, la crescita è piuttosto lenta
- Ma poi la crescita subisce un'accelerazione improvvisa (quasi esplosiva e spesso inaspettata), che è spesso causa di cambiamenti repentini, oltre le aspettative.
- Andrea sarà molto deluso fino all'ottavo anno... ma alla maggiore età avrà ricevuto quasi il doppio di Paolo!

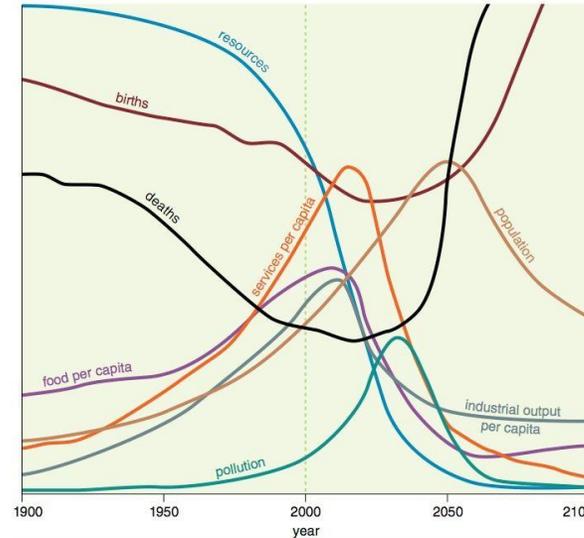
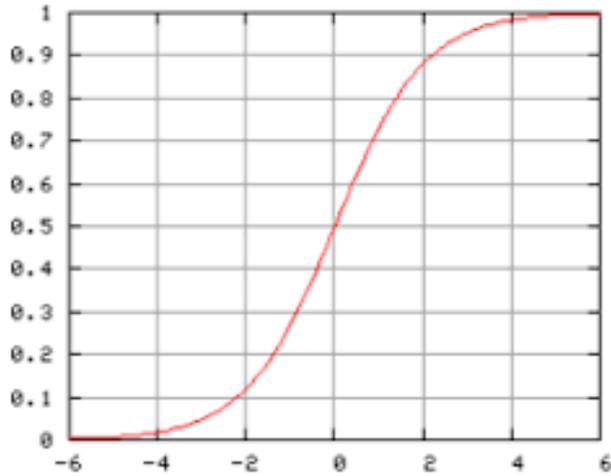


La crescita esponenziale: il paradosso degli antenati

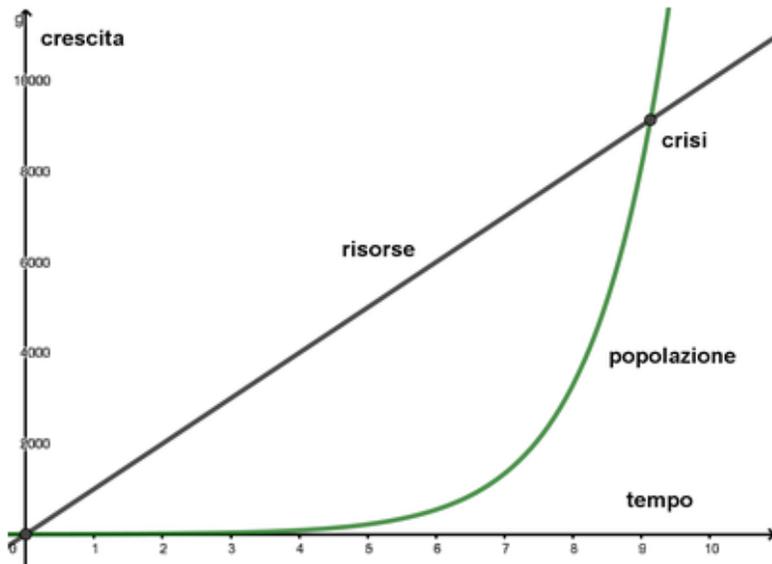


<https://fb.watch/qAopKTfwb-/>

L'insostenibilità della crescita infinita



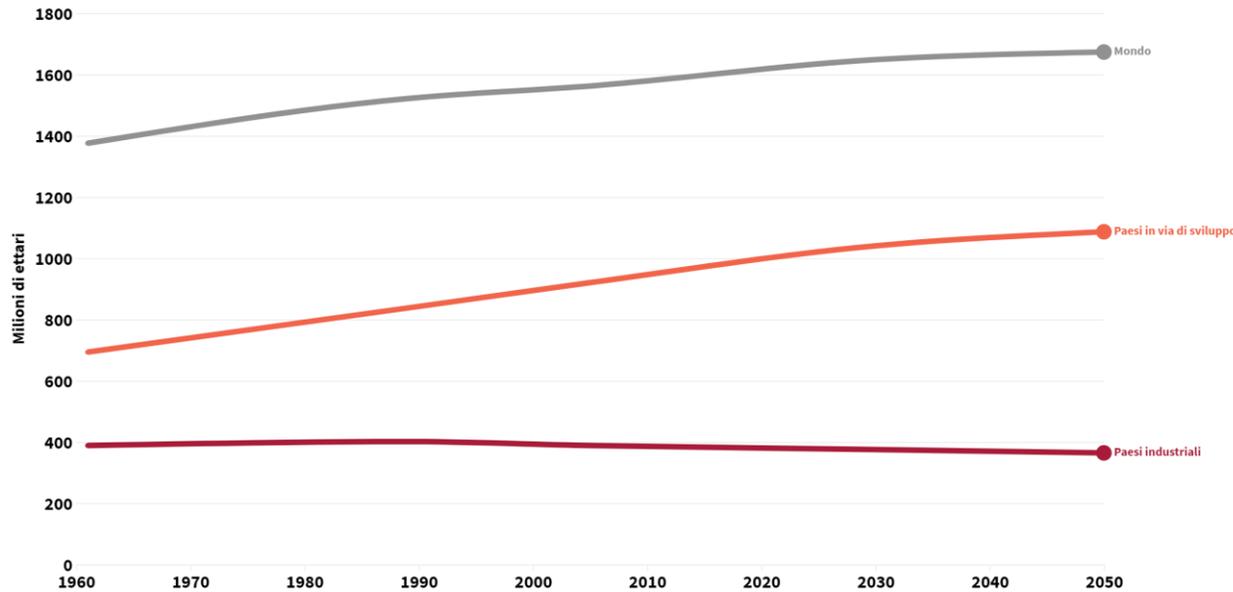
- In natura la crescita di una popolazione può iniziare in maniera esponenziale
- Poi viene inevitabilmente limitata da qualche fattore ambientale
- A questo punto la crescita si stabilizza e potrebbe anche arrestarsi (**modello logistico**)
- Oppure crolla e diventa un collasso



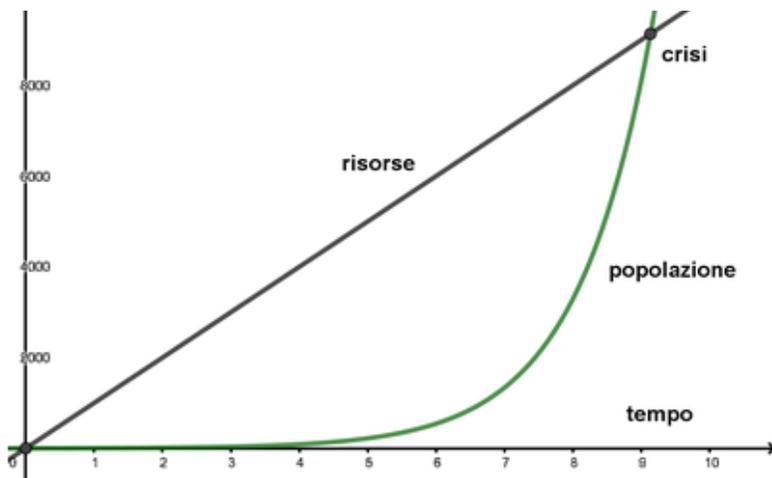
- Malthus osserva che:
 - la popolazione tende a crescere secondo una progressione geometrica (2, 4, 8, ...), con tempo di raddoppio di 25 anni
 - Le risorse tendono a crescere secondo una progressione aritmetica (1, 2, 3, ...)
- La crisi si innesca quando la popolazione aumenta e la richiesta di risorse eccede l'offerta

L'insostenibilità della crescita infinita

Terra coltivabile nel mondo, dati storici e proiezioni



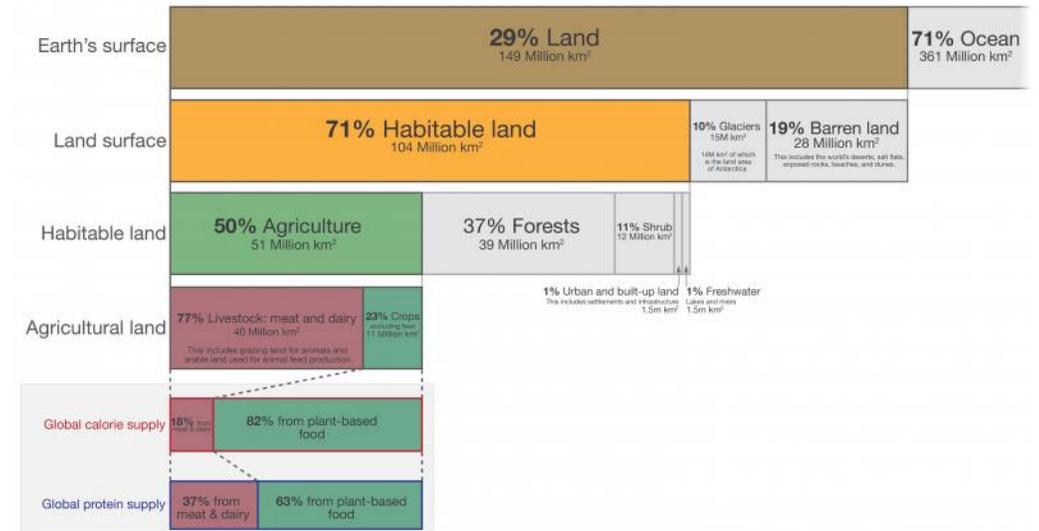
Fonte: FAO



- Il problema nasce quando si cerca di applicare le teorie delle «crescite infinite» a sistemi di grandezza finita
- La progressione aritmetica implicitamente presume una crescita continua delle risorse
- Il realtà la Terra è un pianeta «finito» (nel senso di non infinito) e non può alimentare una crescita infinita (anche considerando il miglioramento della resa agricola)

Global land use for food production

Our World in Data



Data source: UN Food and Agriculture Organization (FAO)
OurWorldinData.org - Research and data to make progress against the world's largest problems.

Licensed under CC-BY by the authors Hannah Ritchie and Max Roser in 2019.