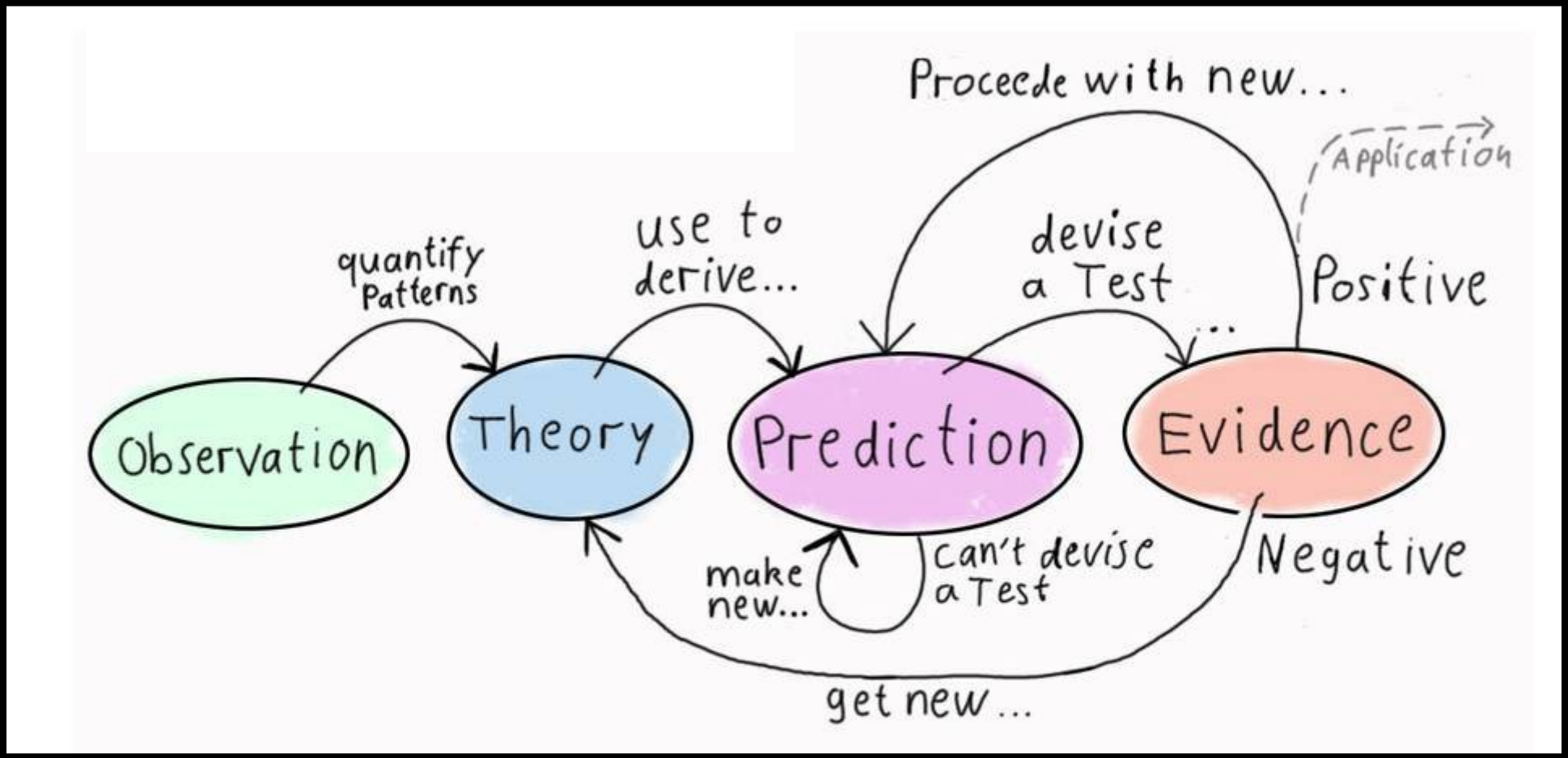
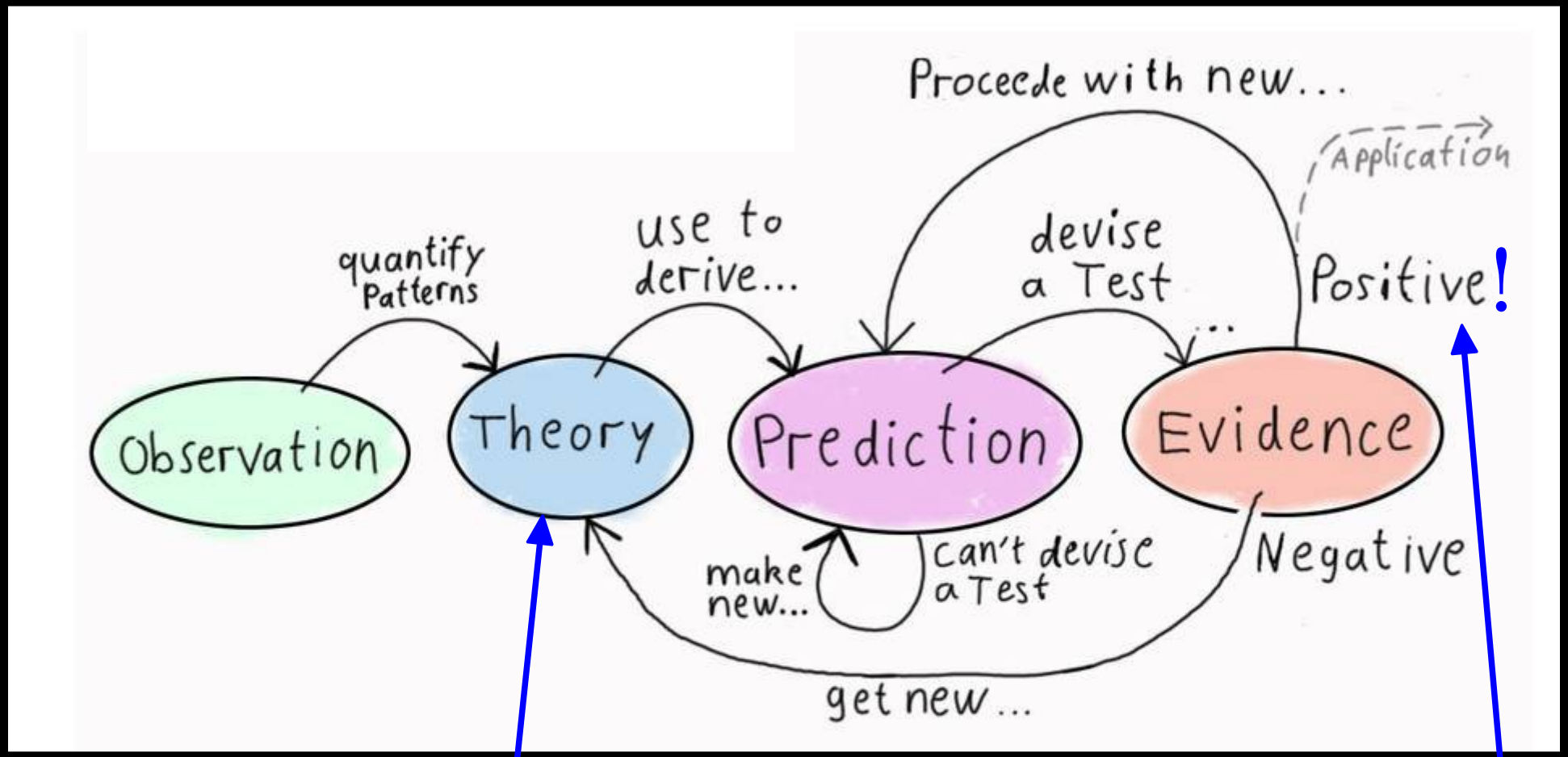
Scientific Method

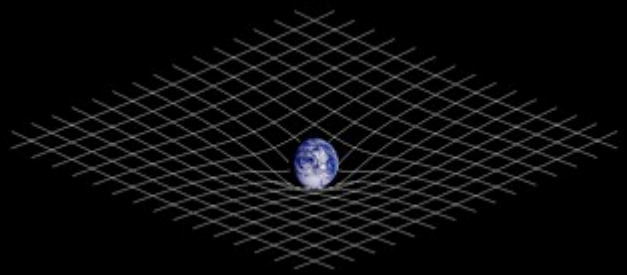
Scientific Method



Source: aphysicist.deviantart.com

Scientific Method





Einstein Albert,
Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie,
Annalen der Physik, Vol 7, **1916**

Abbott B.P. et al. e Witze Witze,
Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger,
Physical Review Letters, 11 February **2016**

What is an Innovation?

CREATIVITY → **FEASIBILITY** → **PROTOTYPING** → **ENGINEERING**

- **CREATIVITY** → IDEA DESCRIPTION
- **FEASIBILITY** → FEASIBILITY STUDY (including Market & Financial Analysis)
- **PROTOTYPING** → PROTOTYPE
- **ENGINEERING** → PRODUCT / SERVICE

Scienza

"Conoscenza esatta e ragionata
che deriva dallo studio, dall'esperienza, dall'osservazione"
Dizionario Zingarelli

"Insieme delle discipline
fondate essenzialmente sull'osservazione, l'esperienza, il calcolo,
o che hanno per oggetto la natura e gli esseri viventi,
e che si avvalgono di linguaggi formalizzati"
Enciclopedia Treccani

Cosa manca a queste definizioni?
Manca l'elemento essenziale: la passione.

"La scienza e' un amore a prima vista" (Claudia Galimberti)

Le persone appassionate di scienza hanno in comune:
passione, curiosita', fantasia, creativita', condivisione...
Passione per ... attenta osservazione ... slancio di un'intuizione,
... piacere che deriva dal trovare una risposta
a una domanda che nessuno prima si era mai posta. Poetical Science?

Prometheus' Myth

Prometheus,
Ancient Greek Mythology (a Titan)
Champion of human-kind
known for his wily intelligence.

Prometheus stole fire from Zeus and gave it to mortals

Zeus punished him for his crime:
Prometheus was bound to a rock
a great eagle ate his liver every day

Prometheus steals the fire, Heinrich Friedrich Füger, 1817

Ulysses' Myth

"... Ma misi me per l'alto mare aperto
...
Considerate la vostra semenza:
fatti non foste a viver come bruti,
ma per seguir virtute e canoscenza"

Dante Alighieri,
Divina Commedia, Inferno, Canto XXVI, Ulisse

"...But I put forth on the high open sea
...
Call to mind from whence ye sprang:
Ye were not form'd to live the life of brutes,
But virtue to pursue and knowledge high"

Translated by The Rev. Henry Francis Cary, A.M.
London: Printed for Taylor and Hessey, Fleet Street. 1819.
Volume I: *Inferno*, CANTO XXVI

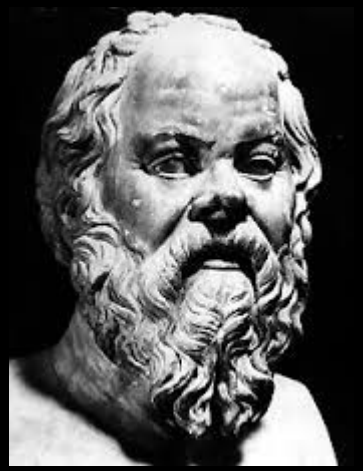
Anonimo fiorentino, 1400, "*Il naufragio della nave di Ulisse*"

"The only true wisdom is in knowing you know nothing"

Socrates

Menon:
"how will you inquire into a thing
when you are wholly ignorant of what it is?"

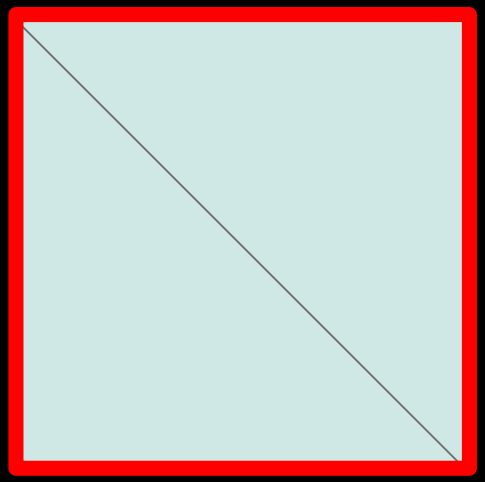
Socrates:
"knowledge is never acquired,
it can only be recollected,
it is a recollection from the past lives of the immortal soul..."

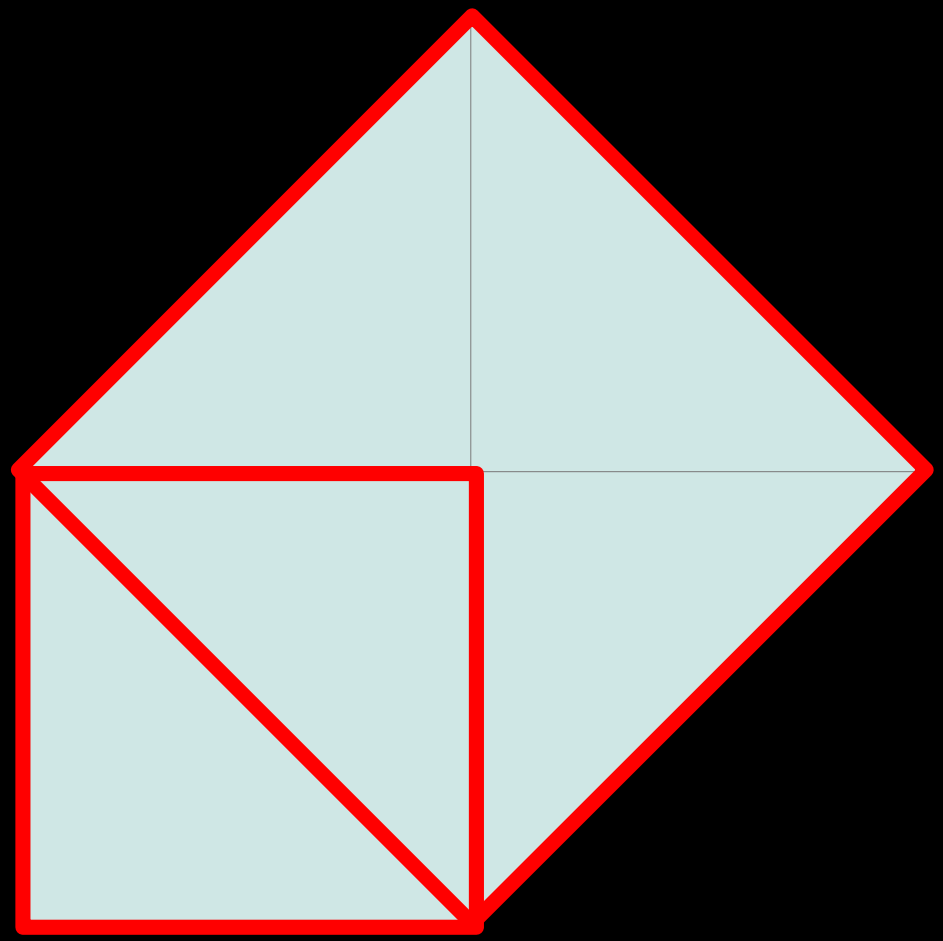


Socrates
(469 - 399 B.C.)

But such *recollection* requires (Socratic) **questioning**
(that is different from teaching).

Source: Plato, 428-348 B.C. - Menon Dialogue





Che Cos'e' la Scienza.
La Rivoluzione di Anassimandro

Carlo Rovelli

Source: Carlo Rovelli, "Cos'e' la Scienza", Mondadori, 2014

Che Cos'e' la Scienza?

"...Il pensiero scientifico e' innanzitutto
un'appassionata esplorazione
di modi sempre nuovi per pensare il mondo.
La sua forza non consiste nelle certezze raggiunte,
bensi' in una radicale consapevolezza
dell'estensione della nostra ignoranza;
questa consapevolezza ci permette di
rimettere in dubbio in continuazione
***cio' che crediamo di sapere**,*
e quindi di continuare ad apprendere.
La ricerca di conoscenza non si nutre di certezza:
si nutre di una radicale mancanza di certezze..."

Carlo Rovelli
Che cos'e' la Scienza, 2014, p.4

Source: Carlo Rovelli, "Cos'e' la Scienza", Mondadori, 2014

Utopia

("nowhere": greek "ou"+"topos", "not"+ "place")

"... *Concerning the highest state of the republic and the new island Utopia*"
(*Libellus…de optimo reipublicae statu, deque nova insula Utopia*)
Thomas More, *Utopia*, 1516

Ventana sobre la utopía

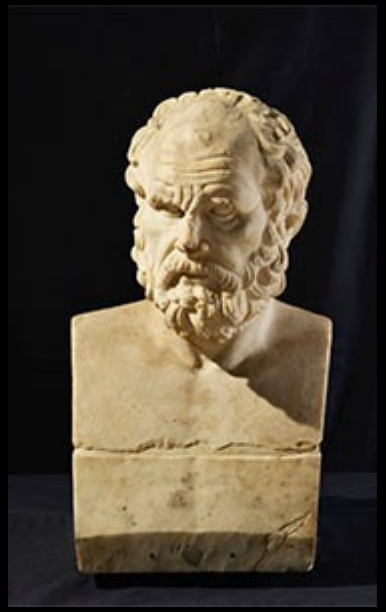
Ella está en el horizonte - dice Fernando Birri.
Me acerco dos pasos, ella se aleja dos pasos.
Camino diez pasos y el horizonte se corre diez pasos más allá.
Por mucho que yo camine, nunca la alcanzaré.
¿Para que sirve la utopía?
Para eso sirve: para caminar.
Eduardo Galeano,
Las palabras andantes, Siglo veintiuno, México, 1993.

Finestra sull'utopia

Lei è all'orizzonte - dice Fernando Birri.
Mi avvicino di due passi, lei si allontana di due passi.
Cammino per dieci passi e l'orizzonte si sposta di dieci passi più in là.
Per quanto io cammini, non la raggiungerò mai.
A cosa serve l'utopia?
Serve proprio a questo: a camminare.

Eduardo Galeano
Parole in cammino
trad.M.Trambaioli, Sperling & Kupfer, Milano 2006

L'Alba del Pensiero Scientifico



Anassimandro
(610 - 546 B.C.)

La Terra e' un sasso gigantesco
che galleggia nello Spazio
immersa in un Cielo
che continua sotto i nostri piedi

"Si tramanda che fu
Anassimandro di Mileto,
che per primo apri' le porte della natura"
Plinio, Storia Naturale, II, 31

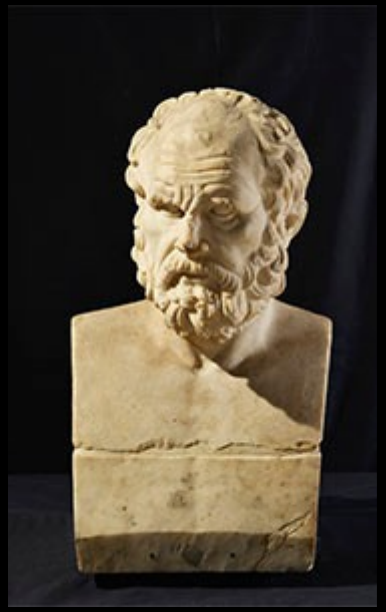
Source: Carlo Rovelli, "Cos'e' la Scienza", Mondadori, 2014

L'Alba del Pensiero Scientifico

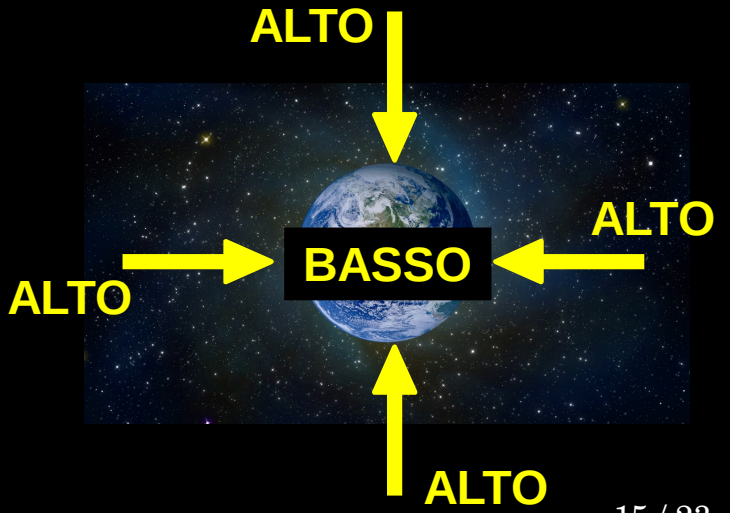
I fenomeni meteorologici hanno cause naturali.
L'acqua della pioggia e' l'acqua del mare e dei fiumi
che evapora a causa del calore del Sole;
e' portata dai venti e poi cade sulla Terra.
Il tuono e il lampo
sono causati dallo scontrarsi e dallo spaccarsi delle nubi.
I terremoti dallo spaccarsi della Terra...

La Terra e' un corpo di dimensione finita
che galleggia nello spazio.
Non cade perche'
non ha una direzione speciale verso cui cadere e
non e' 'dominata da alcun corpo'

Anassimandro



Anassimandro
(610 - 546 B.C.)

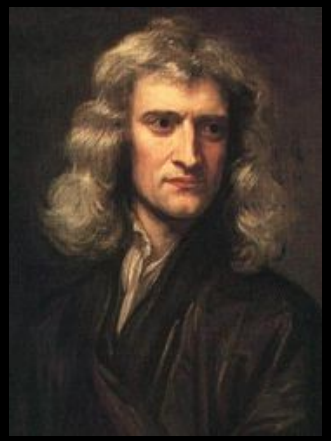


Source: Carlo Rovelli, "Cos'e' la Scienza", Mondadori, 2014

Newton: On the Shoulders of the Giants

Science = Free Flow of Ideas

Science:
- Openness
- Decentralisation
- Participation
- Sharing
- Collaboration
- Mutual Support

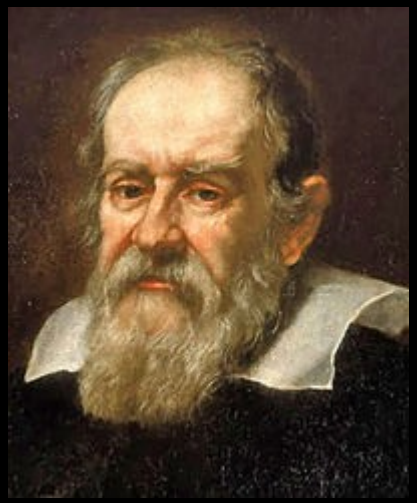


Isaac Newton
(1642-1727)

"If I have seen further
it is by standing on
ye shoulders of Giants"
Letter to Robert Hooke (15 February 1676)

Scientific Method

Source: Venice, August 21, 1609, *Galileo presenting telescope potentiality to Venetian Senate from San Marco clock tower,* (Giuseppe Bertini, 1858, Villa Ponti, Varese)



Galileo Galilei
(1564-1642)

Cristina di Lorena
(1565-1637)

"... conclusioni naturali, attenenti a i moti celesti,
trattate con astronomiche e geometriche dimostrazioni,
fondate prima sopra ***sensate esperienze*** *ed accuratissime osservazioni."*

Galileo Galilei, 1615
Lettera a Cristina di Lorena, Granduchessa di Toscana

Source: Galileo Galilei, Opere, Edizione Nazionale a cura di Antonio Favaro, Giunti-Barbera, Firenze 1968, vol. V, pp. 309-348.

I 7 Ingredienti della Scienza

1. Un'impresa collettiva

(la conduzione della ricerca scientifica e soprattutto il suo controllo sono oggi compito di molti)

2. Un'indagine progressiva

(ogni fenomeno accertato e compreso nei suoi meccanismi genera nuoni interrogativi e nuove metodologie)

3. La riproducibilita' e il metodo sperimentale

("sensate esperienze", Galileo: il nocciolo della pratica scientifica e' l'esperimento)

4. Comunicabiita'

(il sapere scientifico deve essere trasmesso e quindi comunicabile, chiunque deve essere posto in condizione di comprenderlo, di valutarlo e di applicarlo)

5. Coerenza

(occorre che le varie proposizioni teoriche non siano in contraddizione l'una con l'altra)

6. Prevedere

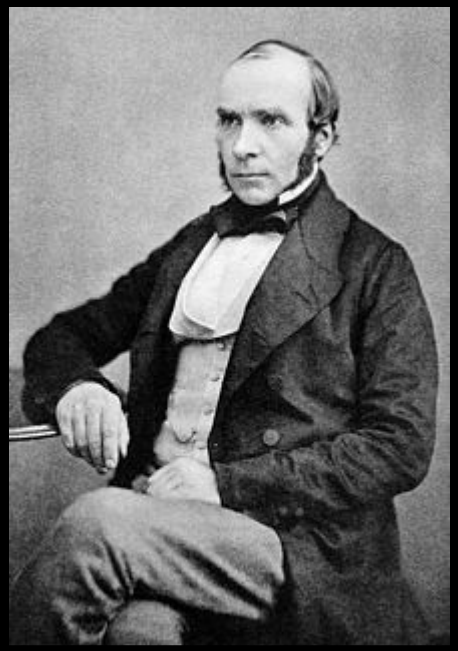
(l'attendibilita' e la potenza di una teoria scientifica si vedono nella sua capacita' di prevedere)

7. Costruire

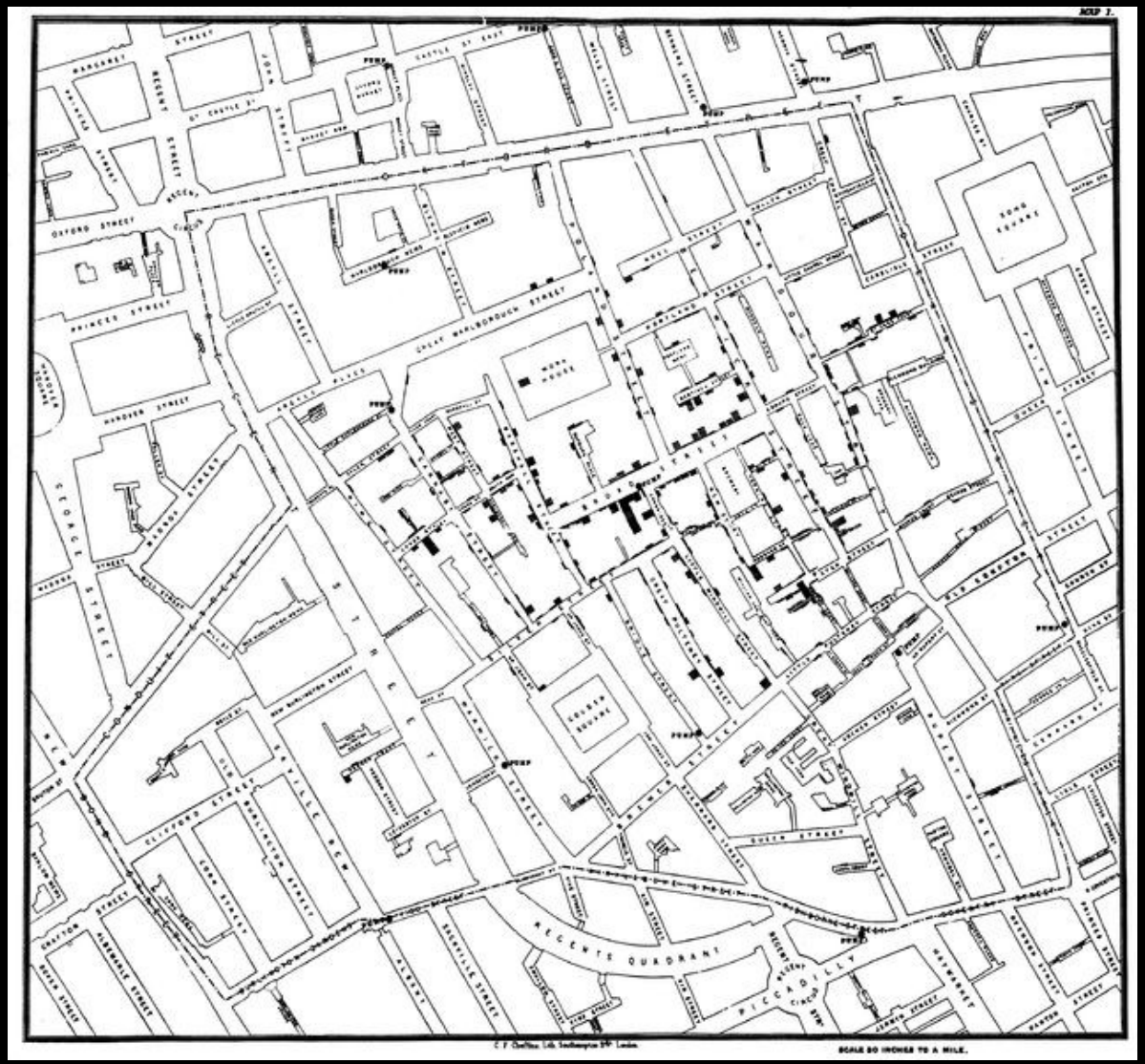
(il volto piu' noto della scienza: l'innovazione, la tecnica e le sue realizzazioni, l'influenza sulla societa' e sul nostro modo di vivere quotidiano)

Edoardo Boncinelli,
I sette ingredienti della scienza, Indiana Editore, 2015

From Cause to Corrrelation



John Snow
(1813-1858)



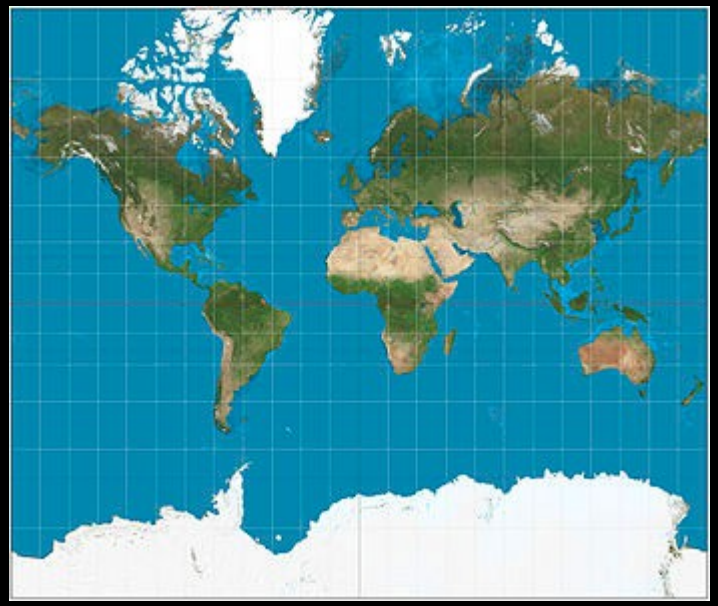
Fathers of modern Epidemiology
For his work in tracing the source of a Cholera outbreak
in Soho, London, in 1854.

Data has Context

Gerardus Mercator
(1512 - 1594)

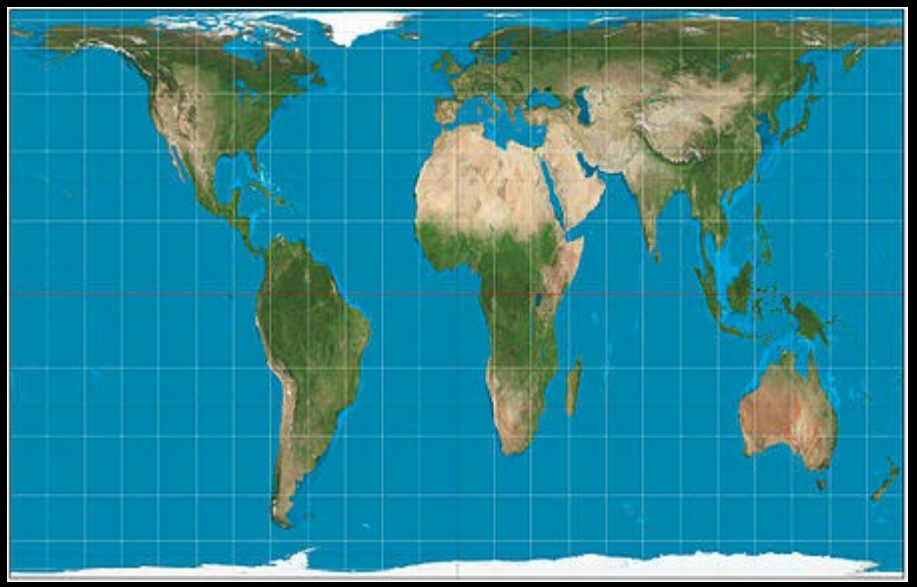
Nova et Aucta Orbis Terrae Descriptio
ad Usum Navigantium Emendate Accommodata (1569)

Data has Context



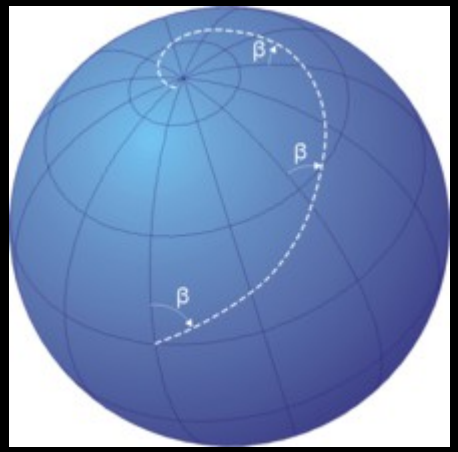
Mercator, 1569

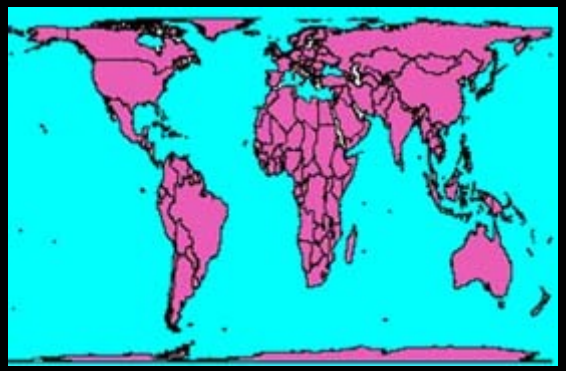
Lines conserve Angles with Meridians
(Standard map for nautical purposes)

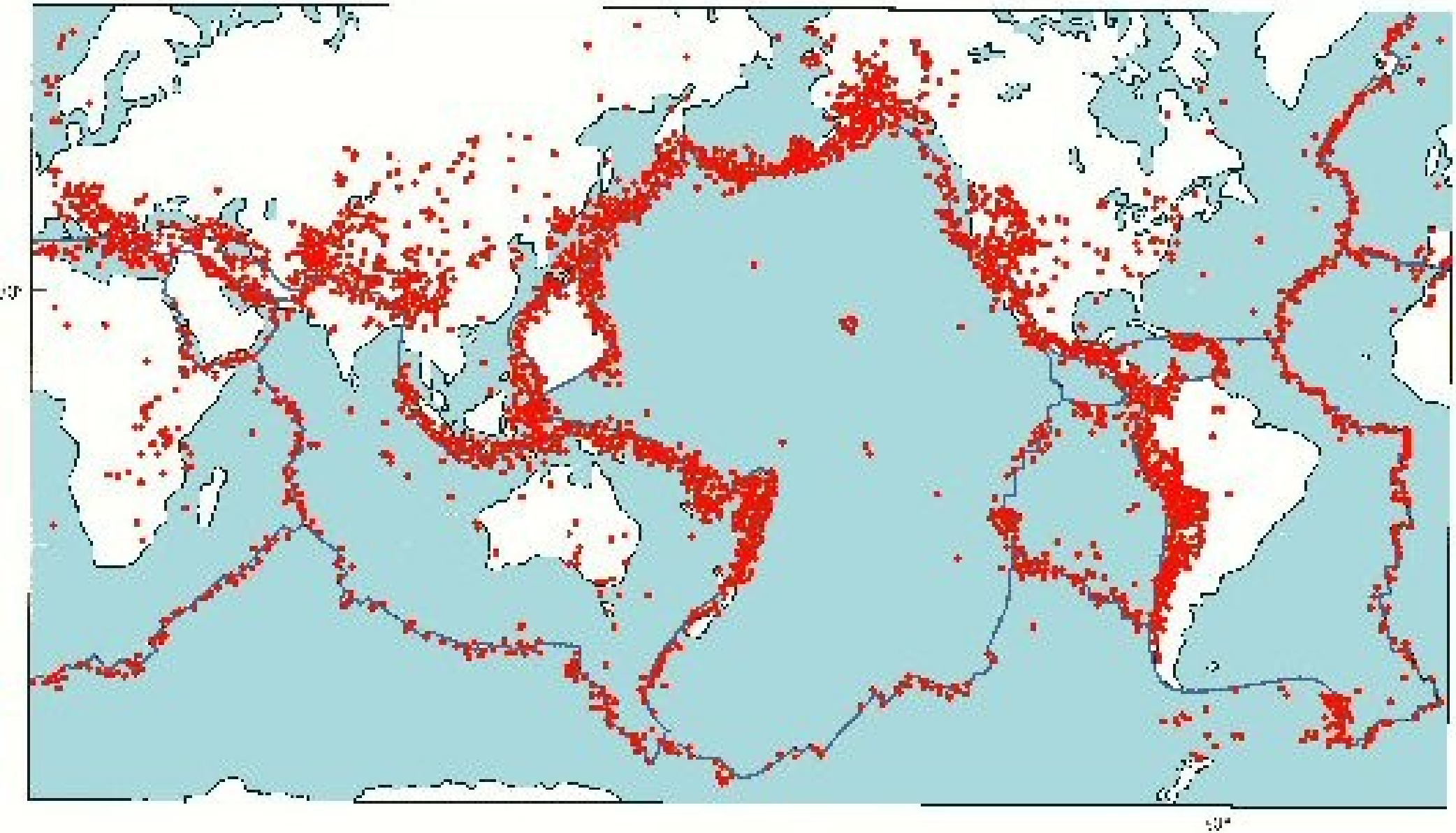


Peters, 1973

Areas conserve Proportions
(promoted by UNESCO)





Da Wegener (1880-1930) a Wilson (1908-1993)

alla "*deriva dei continenti*" (1912) alla "*tettonica a placche*" (1968)