

Dimmi quando quando quando...

Il metodo scientifico, la geologia e la scoperta del tempo

Fabrizio Berra

Dipartimento di Scienze della Terra «A. Desio»

Una scienza, tante scienze...

- «UN» metodo scientifico?
- Quante «scienze»?
- Scienze empiriche e non...
- Perché? Perché non è sempre possibile riprodurre e «controllare» sperimentalmente osservazioni naturali, per esempio quando abbiamo a che fare con spazi e tempi non riproducibili.
- E la geologia? E solo una scienza giovane che sintetizza in se chimica e fisica? O è altro?

Alcune considerazioni

- La geologia opera con processi non replicabili (se non in piccola parte) in laboratori, caratterizzati da variabilità naturali semplificabili ma non riproducibili esattamente
- Consiste in una «combinazione» di processi in parte legati a scienze sperimentali (chimica, fisica), altre più affini alle scienze umane (storia)
- Si tratta di una disciplina che si basa fortemente sulla interpretazione di «segni» che leggiamo nelle rocce: è una scienza ermeneutica e storica, che utilizza strumenti analitici e modelli comuni con le scienze «dure»

Peculiarità della geologia

- Come per tutte le «interpretazioni» dobbiamo avere strumenti di lettura idonei
- Per la geologia è fondamentale l'esperienza e l'arricchimento dell'osservazione diretta di situazioni diverse governate dalle stesse regole generali
- Mentre le scienze fisiche e chimiche sono fortemente predittive, la geologia è una scienza descrittiva e storica che ricostruisce i processi dopo che sono avvenuti, avvalendosi però di strumenti scientifici, permettendo di prevedere sviluppi futuri di processi naturali non sempre controllabili, ma con un margine di incertezza
- Importanza della conoscenza (rilievi) del maggior numero di situazioni reali



Ma allora serve la geologia?

- Quali contributi alla vita dell'uomo?
- *Risorse*
- *Rischi*
- *Variazioni ambientali*
- *Tempo*



Vediamo un po' come «misurare» il tempo passato

Come facciamo a sapere quanto è «vecchia» una roccia?

Ma perché ci può interessare sapere quanti anni ha la Terra?

Ci serve a capire qualcosa?



1) Come facciamo a sapere quanti anni ha la Terra?



- Approccio mitologico
- Ogni religione ha proposto una spiegazione sulla creazione del mondo e sulla sua età
- Approccio scientifico
- Osservazioni, principi fisici e deduzioni logiche hanno portato allo sviluppo di metodi di datazione

Approccio mitologico

- Fino alla fine del 1700: età della Terra calcolata usando la Bibbia. Calcolando l'età delle diverse generazioni (la Bibbia su alcuni aspetti è molto precisa: Adamo visse 930 anni, Noè 950, Abramo 175, Mosè 120...) la creazione era datata esattamente al 4004 a.C..
- Poche persone avevano osato contraddire questo risultato: qualcuno era arrivato a proporre un'età di circa 75.000 anni, molto tempo in più rispetto a 6000, ma sempre dell'ordine delle migliaia di anni.

13 agosto 3114 a.C.

Maya (quarta era)

29 marzo o 22 settembre 3760 a.C.

Ebraismo

23 ottobre 4004 a.C.

Cristianesimo (James Ussher)

5199 a.C.

Cristianesimo (Eusebio di Cesarea, Maria de Agreda)

1° settembre 5509 a.C.

Cristianesimo (chiesa ortodossa)

29 novembre 18490 a.C.

Maya (prima era)

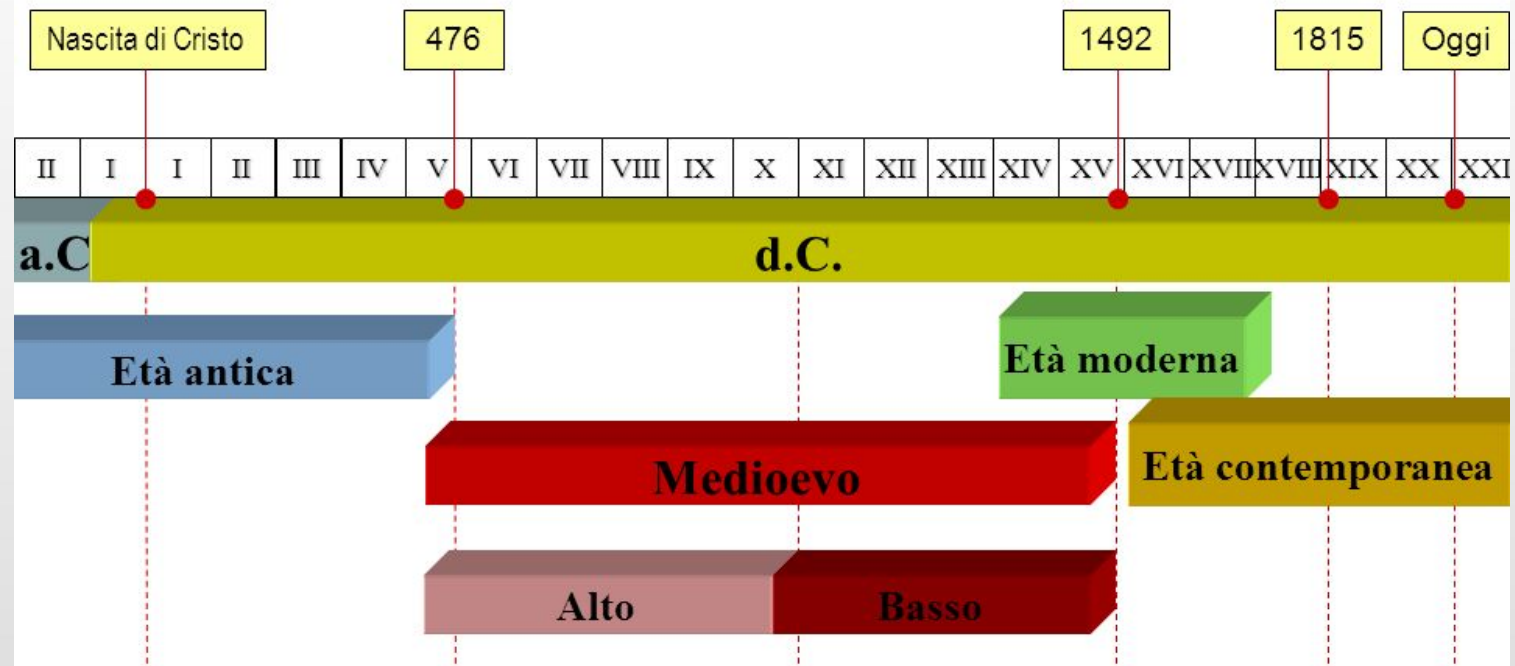
155 miliardi di anni fa

Induismo Purana

Approccio scientifico

- 1) Costruzione di una successione relativa di eventi
- 2) Costruzione di una scala di tempi «assoluti»

La convenzionale linea del tempo



Il libro del tempo: nascosto nelle rocce



Alcune regole... sovrapposizione

- Principio di Stenone (relazione tra tempo e rocce): in una sequenza di rocce sedimentarie

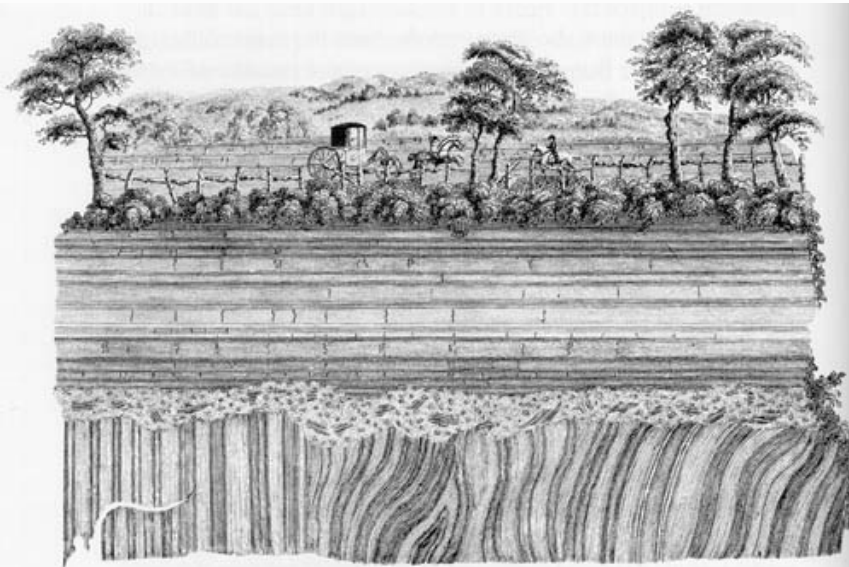
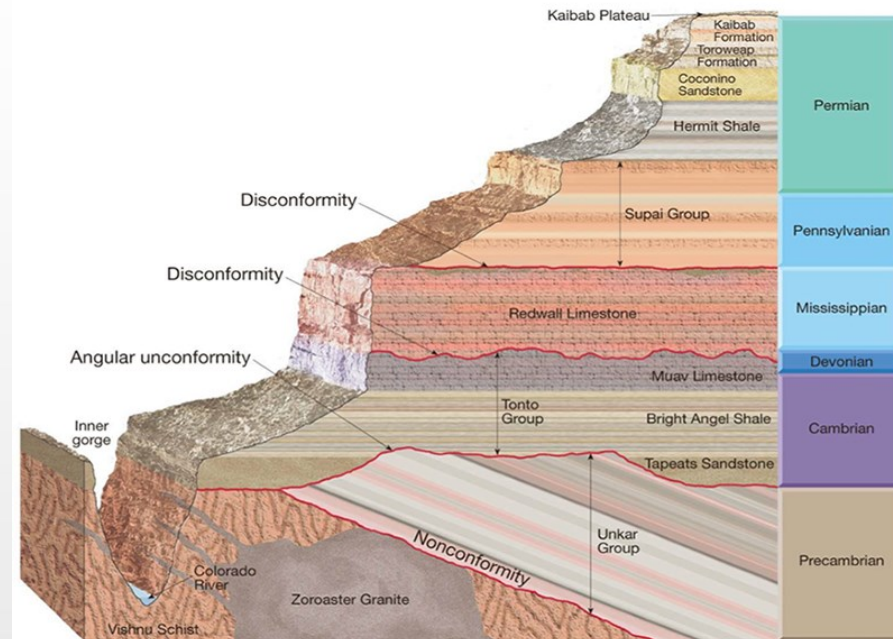


Figure 3.1

John Clerk of Eldin's celebrated engraving of Hutton's unconformity at Jedburgh, Scotland.



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

Figure 1. Generalized stratigraphic column for the Grand Canyon showing major rock units and unconformities.

Alcune regole....: attualismo...



2017, Iran centrale (oggi....)



270 milioni di anni fa, Rifugio Calvi (Permiano)

... o no?

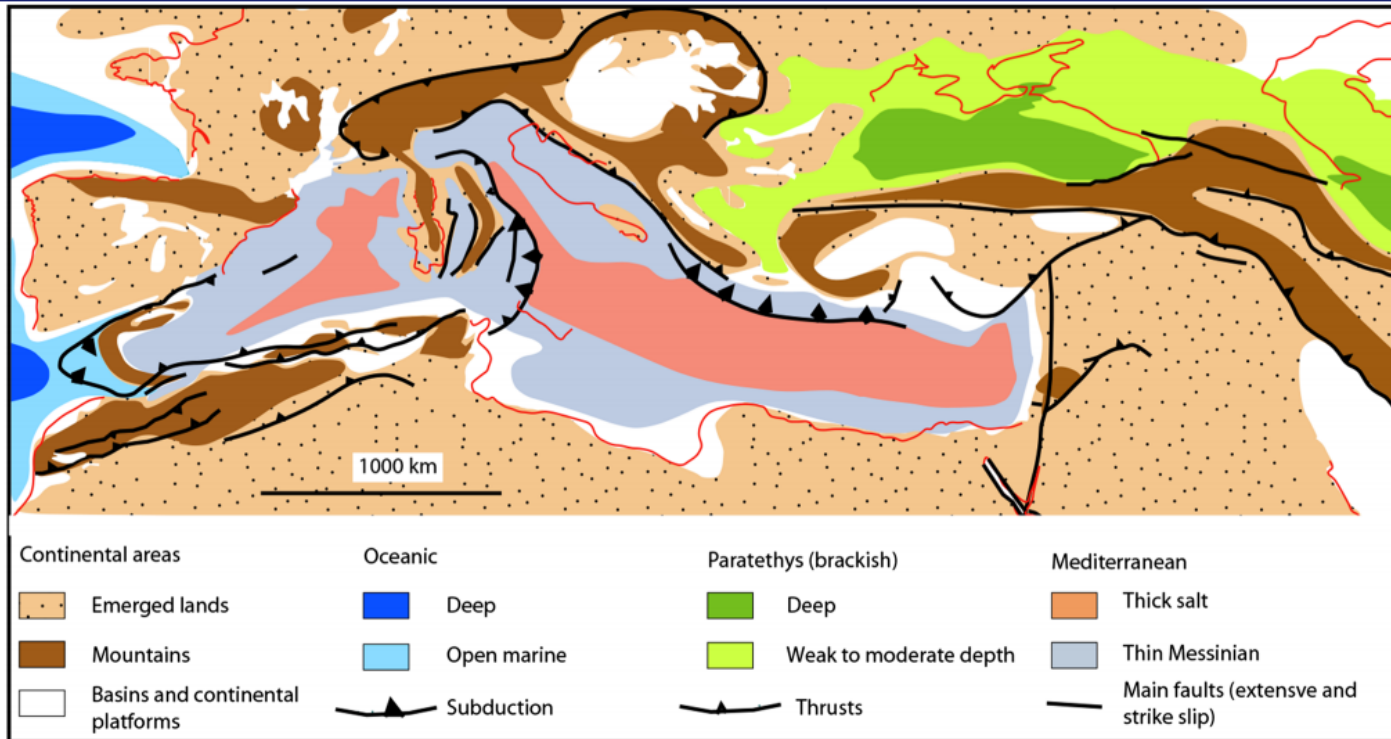


Fig. 10 Mediterranean Sea during Messinian time (modified after Mascle 2008)

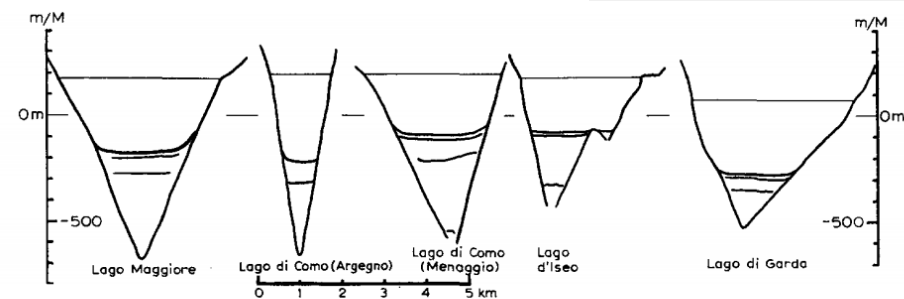
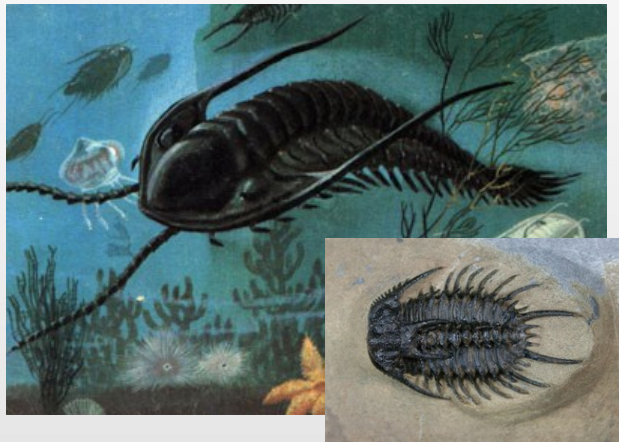
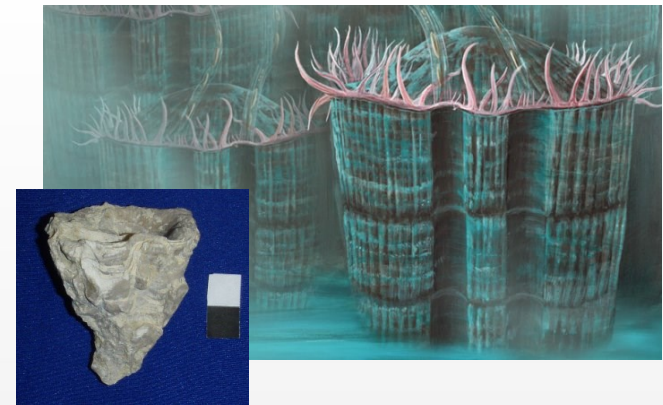
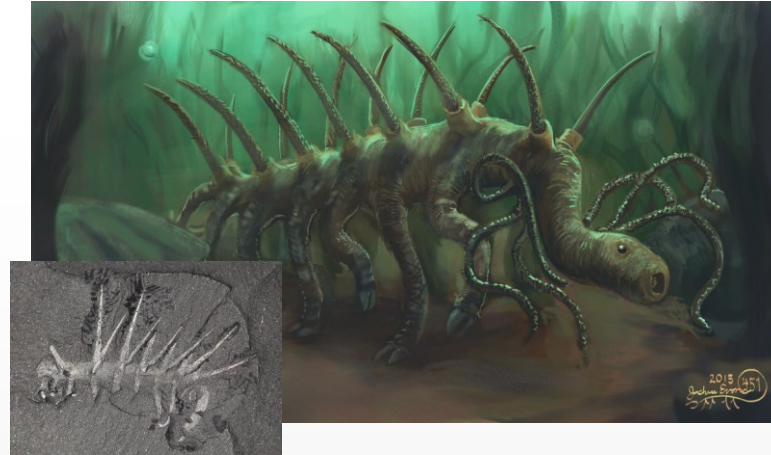
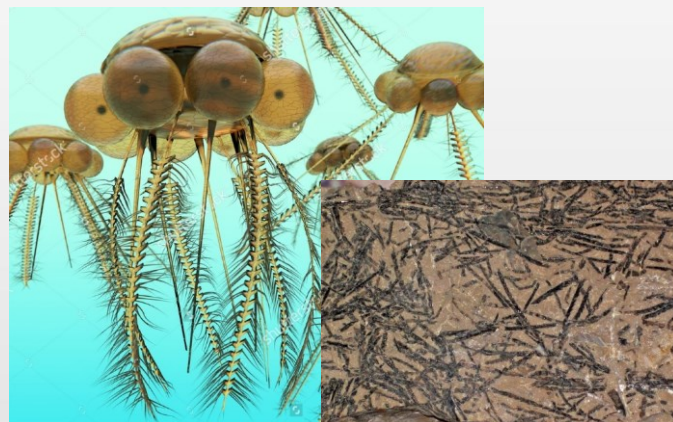
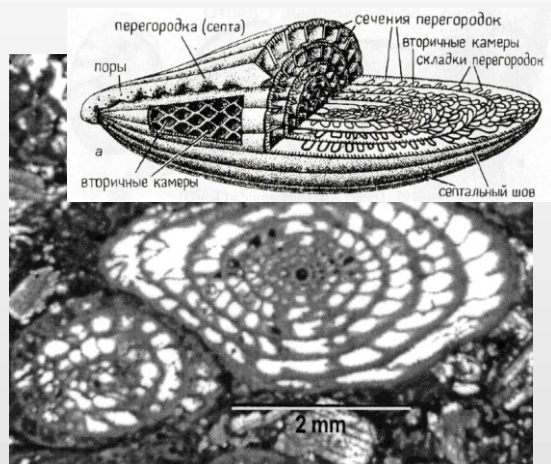
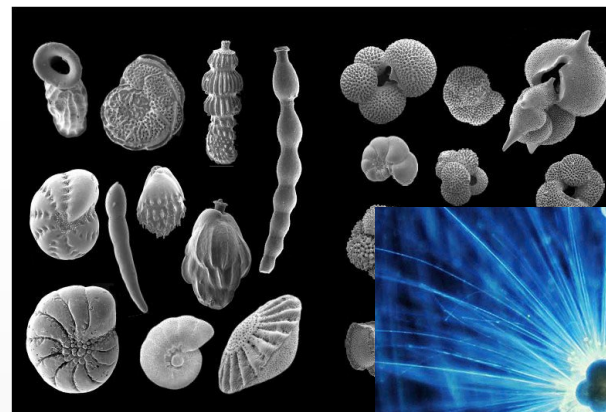


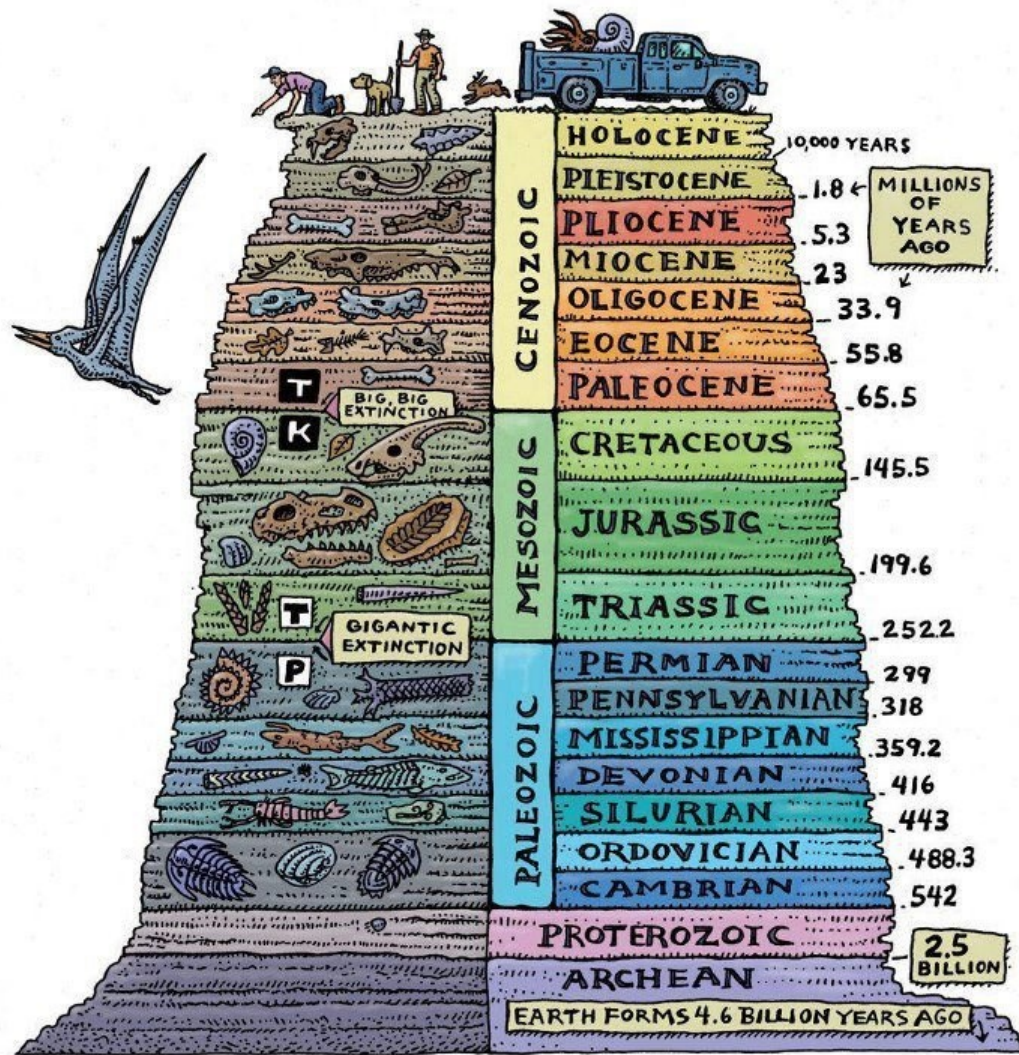
Fig.1. Sections of some southern Alpine lakes across their deepest basins as reconstructed from seismic reflection and refraction profiles. Vertical axis is elevation above sea level, the horizontal axis distance in km. Vertical exaggeration is 5 times. (After Finckh, 1976.)

E la vita, la vita...







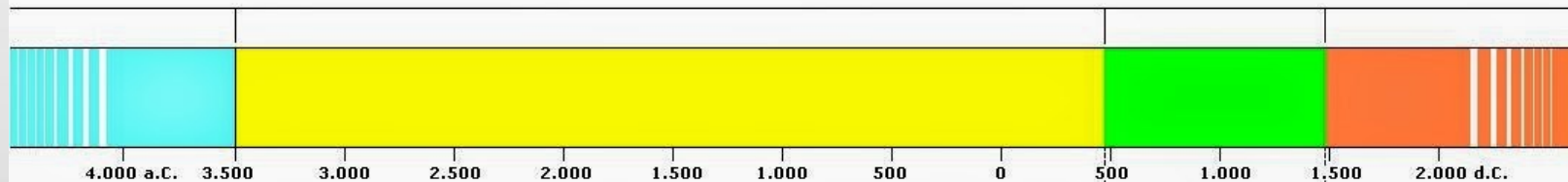


PREISTORIA

ETÀ ANTICA

MEDIOEVO

ETÀ MODERNA



476

1,492



Parco geologico per il limite Paleozoico- Mesozoico (Meishan, Cina)





INTERNATIONAL STRATIGRAPHIC CHART

International Commission on Stratigraphy



eonothem Eon	erathem Era	system Period	series Epoch	stage Age	Age Ma	GSSP
Phanerozoic	Cenozoic	Neogene	Holocene		0.0115	
			Pleistocene	Upper	0.126	
				Middle	0.781	
				Lower	1.806	
		Pliocene	Gelasian		2.588	
			Placenzian		3.600	
			Zanclean		5.332	
		Miocene	Messinian		7.246	
			Tortonian		11.608	
			Serravallian		13.65	
			Langhian		15.97	
			Burdigalian		20.43	
			Aquitanian		23.03	
	Paleogene	Oligocene	Chattian		28.4 ± 0.1	
			Rupelian		33.9 ± 0.1	
			Priabonian		37.2 ± 0.1	
		Eocene	Bartonian		40.4 ± 0.2	
			Lutetian		48.6 ± 0.2	
			Ypresian		55.8 ± 0.2	
		Paleocene	Thanetian		58.7 ± 0.2	
			Selandian		61.7 ± 0.2	
			Danian		65.5 ± 0.3	
			Maastrichtian		70.6 ± 0.6	
Mesozoic	Cretaceous	Upper	Campanian		83.5 ± 0.7	
			Santonian		85.8 ± 0.7	
			Coniacian		89.3 ± 1.0	
			Turonian		93.5 ± 0.8	
			Cenomanian		99.6 ± 0.9	
		Lower	Albian		112.0 ± 1.0	
			Aptian		125.0 ± 1.0	
			Barremian		130.0 ± 1.5	
			Hauterivian		136.4 ± 2.0	
			Valanginian		140.2 ± 3.0	
			Berriasian		145.5 ± 4.0	

Eonothem Eon	Erathem Era	System Period	Series Epoch		Stage Age	Age Ma	GSSP	
Phanerozoic	Mesozoic	Jurassic	Upper		Tithonian	145.5 ±4.0		
					Kimmeridgian	150.8 ±4.0		
					Oxfordian	155.0 ±4.0		
			Middle		Callovian	161.2 ±4.0		
					Bathonian	164.7 ±4.0		
					Bajocian	167.7 ±3.5		
					Aalenian	171.6 ±3.0		
					Toarcian	175.6 ±2.0		
			Lower		Pliensbachian	183.0 ±1.5		
				Sinemurian	189.6 ±1.5			
				Hettangian	196.5 ±1.0			
	Triassic	Upper		Rhaetian	199.6 ±0.6			
				Norian	203.6 ±1.5			
				Carnian	216.5 ±2.0			
		Middle		Ladinian	228.0 ±2.0			
				Anisian	237.0 ±2.0			
		Lower		Olenekian	245.0 ±1.5			
				Induan	249.7 ±0.7			
			Permian	Lopingian		Changhsingian	251.0 ±0.4	
						Wuchiapingian	253.8 ±0.7	
				Guadalupian		Capitanian	260.4 ±0.7	
	Wordian	265.8 ±0.7						
	Roadian	268.0 ±0.7						
Carboniferous	Mississippian	Upper		Kungurian	270.6 ±0.7			
				Artinskian	275.6 ±0.7			
				Sakmarian	284.4 ±0.7			
				Asselian	294.6 ±0.8			
		Lower		Gzhelian	299.0 ±0.8			
				Kasimovian	303.9 ±0.9			
				Moscovian	306.5 ±1.0			
				Bashkirian	311.7 ±1.1			
Paleozoic	Carboniferous	Mississippian	Upper	Serpukhovian	318.1 ±1.3			
			Middle	Visean	326.4 ±1.6			
			Lower	Tournaisian	345.3 ±2.1			
					359.2 ±2.5			

Eonothem Eon	Erathem Era	System Period	Series Epoch	Stage Age	Age Ma	GSSP
Phanerozoic	Paleozoic	Devonian	Upper	Famennian	359.2 ±2.5	
				Frasnian	374.5 ±2.6	🔪
			Middle	Givetian	385.3 ±2.6	🔪
				Eifelian	391.8 ±2.7	🔪
				Emsian	397.5 ±2.7	🔪
			Lower	Pragian	407.0 ±2.8	🔪
		Lochkovian		411.2 ±2.8	🔪	
		Pridoli		416.0 ±2.8	🔪	
		Silurian	Ludlow	Ludfordian	418.7 ±2.7	🔪
				Gorstian	421.3 ±2.6	🔪
			Wenlock	Homerian	422.9 ±2.5	🔪
				Sheinwoodian	426.2 ±2.4	🔪
			Llandovery	Telychian	428.2 ±2.3	🔪
				Aeronian	436.0 ±1.9	🔪
	Rhuddanian			439.0 ±1.8	🔪	
	Ordovician		Upper	Hirnantian	443.7 ±1.5	
				445.6 ±1.5	🔪	
				455.8 ±1.6		
		Middle	Darriwilian	460.9 ±1.6	🔪	
				468.1 ±1.6		
				471.8 ±1.6		
		Lower		478.6 ±1.7	🔪	
			Tremadocian	478.6 ±1.7	🔪	
		Cambrian	Furongian		488.3 ±1.7	
				Paibian		🔪
	Middle			501.0 ±2.0		
					513.0 ±2.0	
			Lower		513.0 ±2.0	
			542.0 ±1.0	🔪		

eonothem Eon	erathem Era	system Period	Age Ma	GSSP
Precambrian	Proterozoic	Neo-proterozoic	Ediacaran	542
			Cryogenian	~630
			Tonian	850
		Meso-proterozoic	Stenian	1000
			Ectasian	1200
			Calymmian	1400
		Paleo-proterozoic	Statherian	1600
			Orosirian	1800
			Rhyacian	2050
			Siderian	2300
	Archean	Neoproterozoic	2500	
			2800	
		Mesoarchean	3200	
			3600	
		Eoarchean	Lower limit is not defined	

Subdivisions of the global geologic record are formally defined by their lower boundary. Each unit of the Phanerozoic interval (~542 Ma to Present) and the base of the Ediacaran is defined by a Global Standard Section and Point (GSSP) at its base, whereas the Precambrian Interval is formally subdivided by absolute age, Global Standard Stratigraphic Age (GSSA).

This chart gives an overview of the international chronostratigraphic units, their rank, their names and formal status. These units are approved by the International Commission on Stratigraphy (ICS) and ratified by the International Union of Geological Sciences (IUGS).

The Guidelines of the ICS (Renne et al., 1996, Episodes, 19: 77-81) regulate the selection and

definition of the international units of geologic time. Many GSSP's actually have a 'golden' spike () and Stage and/or System name plaque mounted at the boundary level in the boundary stratotype section, whereas a GSSA is an abstract age without reference to a specific level in a rock section on Earth. Updated descriptions of each GSSP and GSSA are posted on the ICS website (www.stratigraphy.org).

Some stages within the Ordovician and Cambrian will be formally named upon international agreement on their GSSP limits. Most intra-stage boundaries (e.g., Middle and Upper Aptian) are not formally defined. Numerical ages of the unit boundaries in the Phanerozoic are subject to revision. Colors are according to the Commission for the Geological Map of the World (www.cgmw.org). The listed numerical ages are from 'A Geologic Time Scale 2004', by F.M. Gradstein, J.G. Ogg, A.G. Smith, et al. (2004; Cambridge University Press).

This chart was drafted and printed with funding generously provided for the GTS Project 2004 by ExxonMobil, Statoil Norway, ChevronTexaco and BP. The chart was produced by Gabi Ogg.

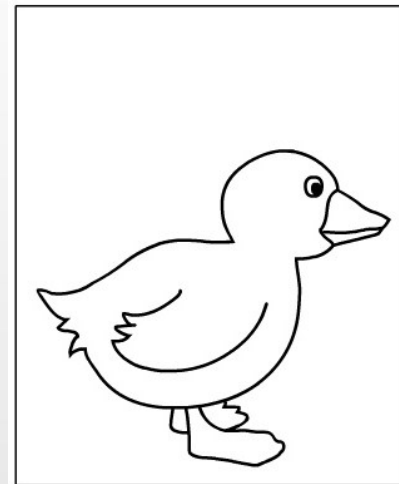
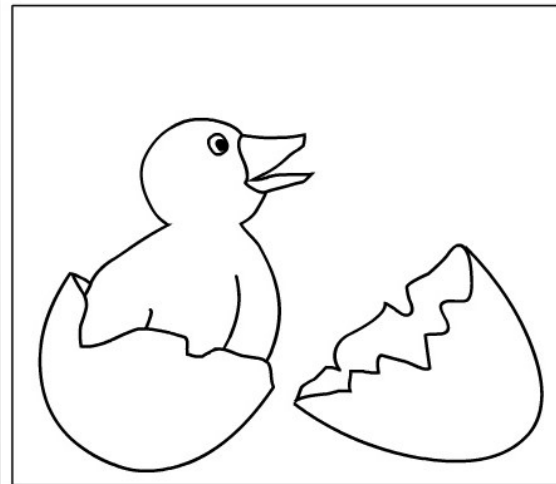
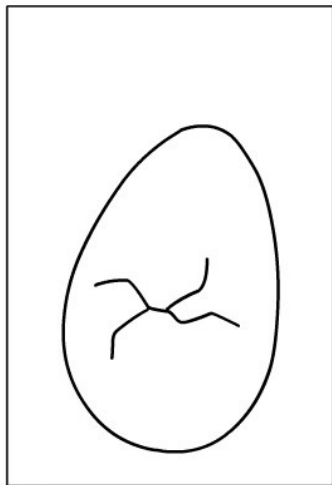
Copyright © 2004 International Commission on Stratigraphy

This chart is copyright protected; no reproduction of any parts may take place without written permission by the International Commission on Stratigraphy

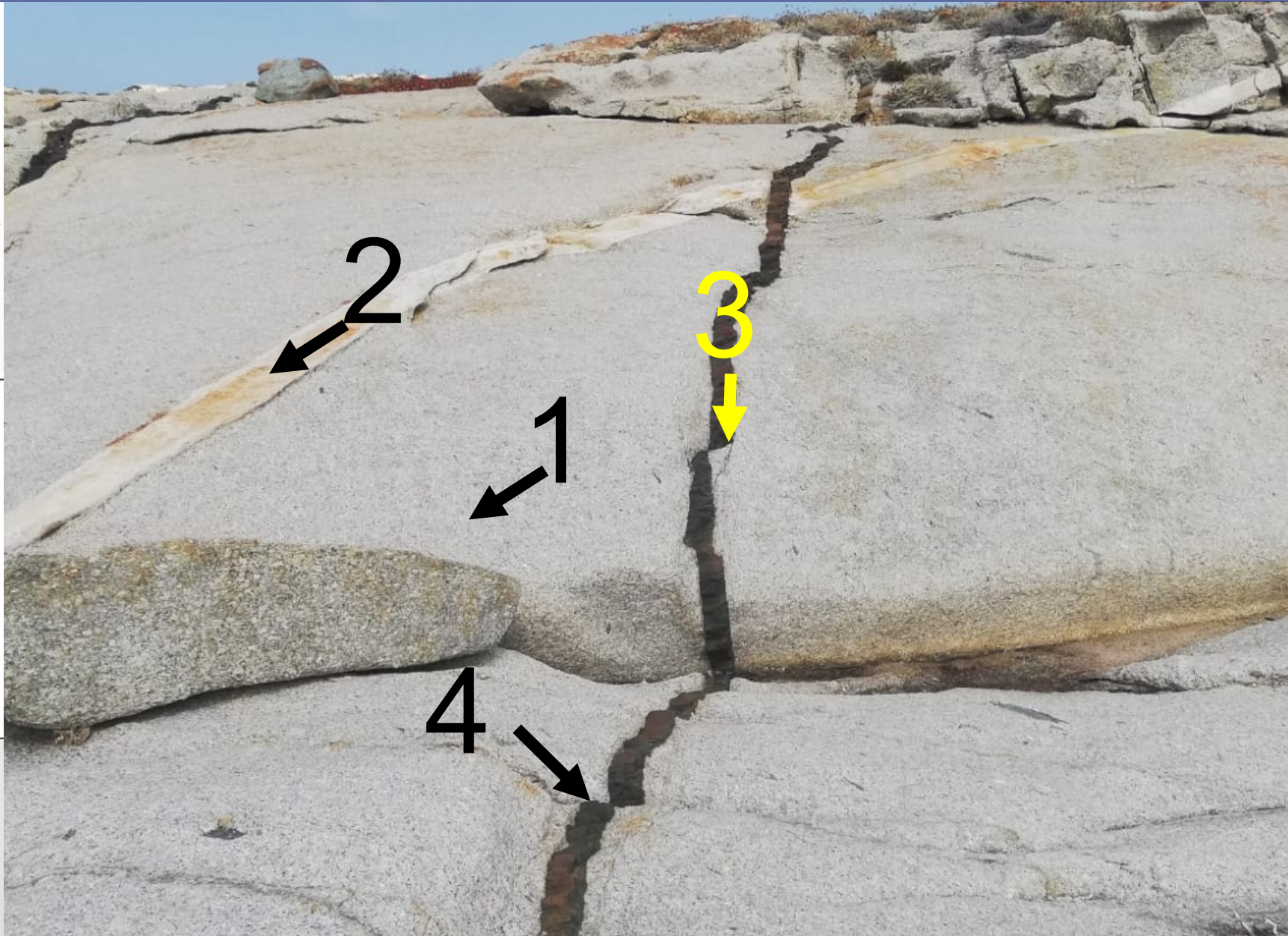


Scala relativa

- C'è un modo di sapere se qualcosa è successo prima di qualcos'altro?



Scala relativa





OK, ci siamo sulla successione di eventi.... Ma quanto tempo è passato?

- James Hutton (1785) sulla base di osservazioni: c'è voluto un tempo indefinito per aver prodotto la Terra come la vediamo; un tempo equivalente è stato impiegato per la costruzione di quella prima Terra dalla quale i materiali del presente derivano
- Il «tempo» che Hutton aveva «scoperto» era fondamentale per la teoria di Darwin, che aveva compreso come 6000 anni non sarebbero stati assolutamente sufficienti per consentire alle specie di evolversi!

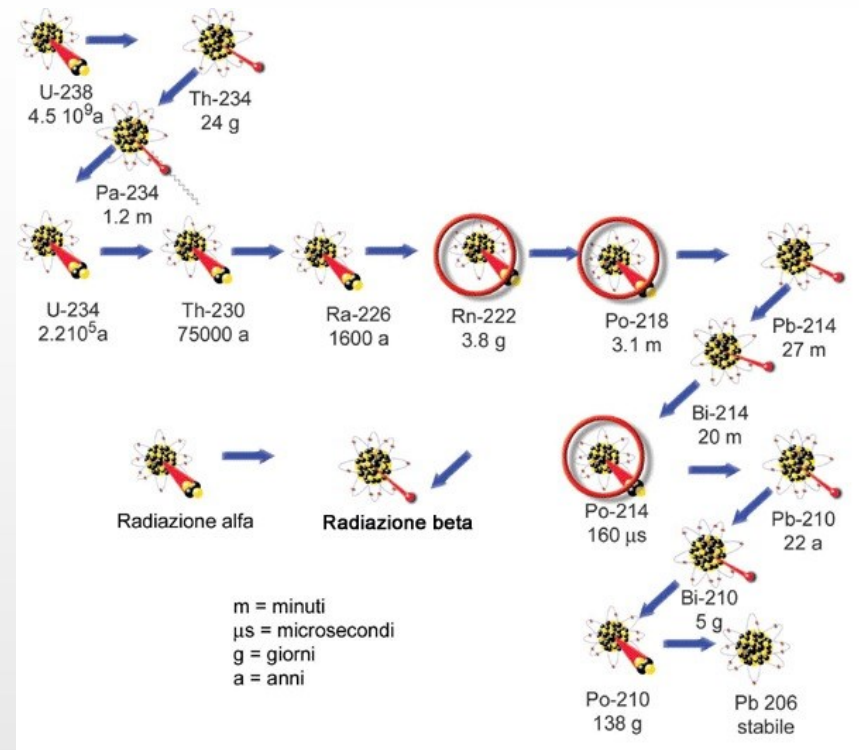


Se 6000 anni sono pochi.... Torniamo all'età della Terra!

- Conte di Buffon (1778): raffreddamento metallo, 75000 anni
- Hermann von Helmholtz (1854): età tra 20 e 40 milioni di anni (basata su stime sul tasso di produzione di energia irradiata dal Sole)
- Lord Kelvin: più di 20 e meno di 40 milioni di anni
- Henry Becquerel (1852-1908): scoperta delle radiazioni naturali
- Ernest Rutherford e Bertram Borden Boltwood (1905), riscontravano che la radioattività fornisce un metodo accurato per misurare l'età delle rocce e dei minerali che le costituiscono e quindi l'età della Terra

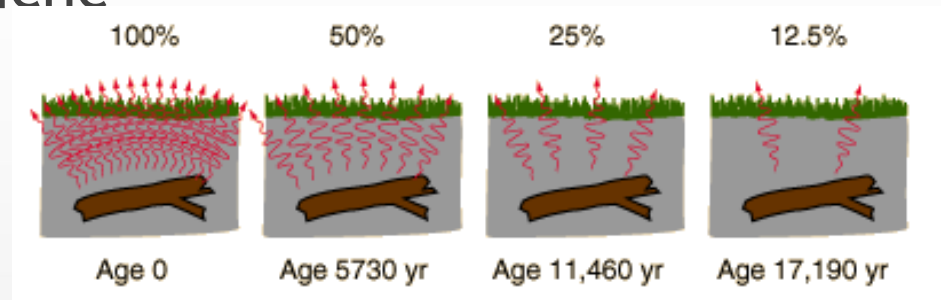
Datazioni radiometriche: da «prima e dopo» a «quando»

- Elementi radioattivi nelle rocce e nei minerali
- Importanza delle rocce di origine magmatica per le datazioni
- Trovare rocce e minerali «giusti»!

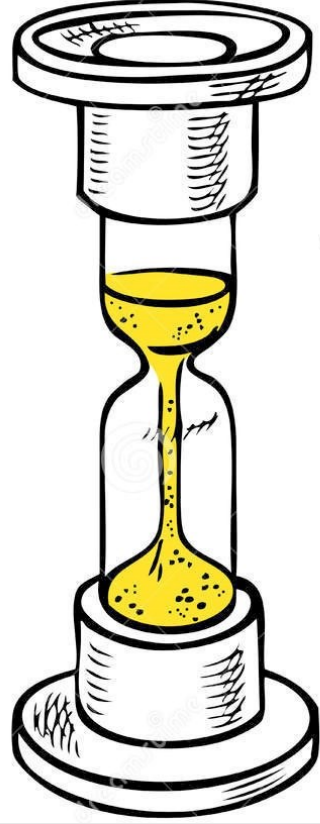


C14, Uranio, Thorio....

- Metodi diversi per scopi diversi!
- C14: per sostanze organiche



- Uranio, potassio, torio, samario etc... Per rocce di origine magmatica



Time goes by...



Time out..

HALF LIFE



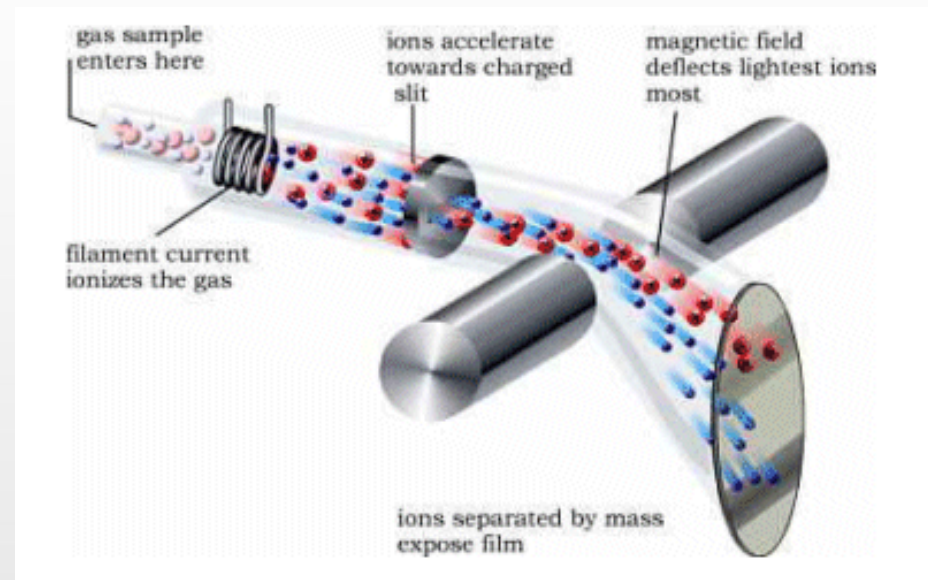
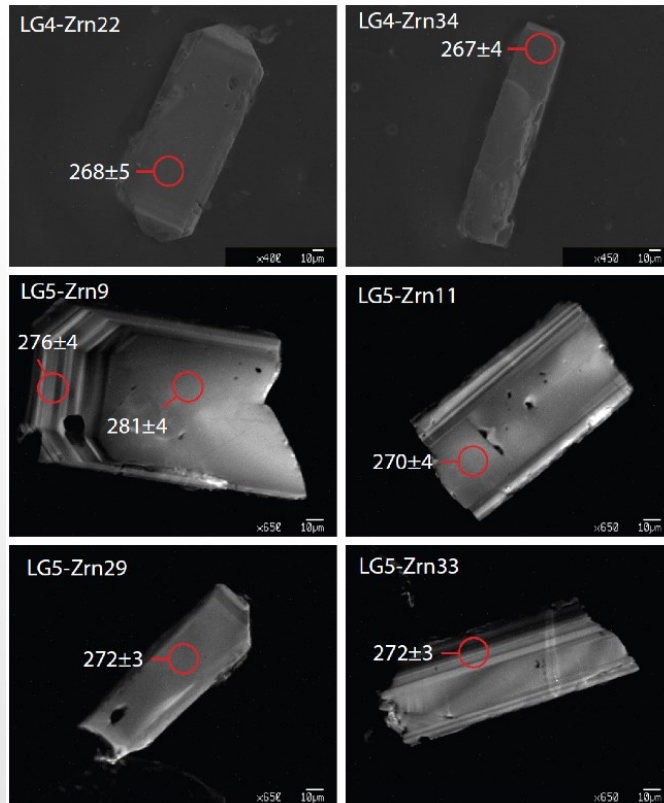
100,000
years

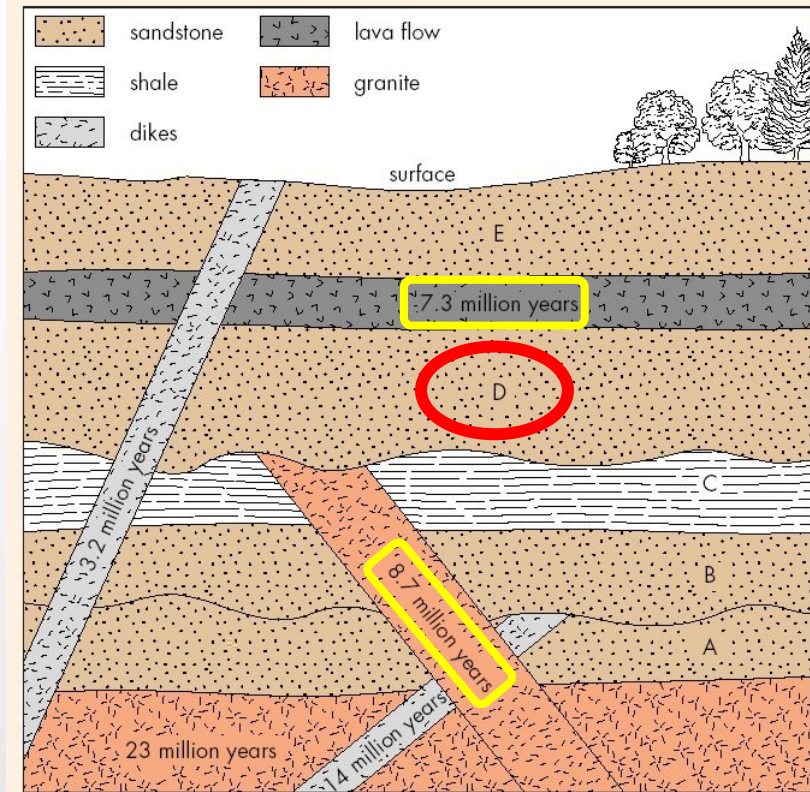
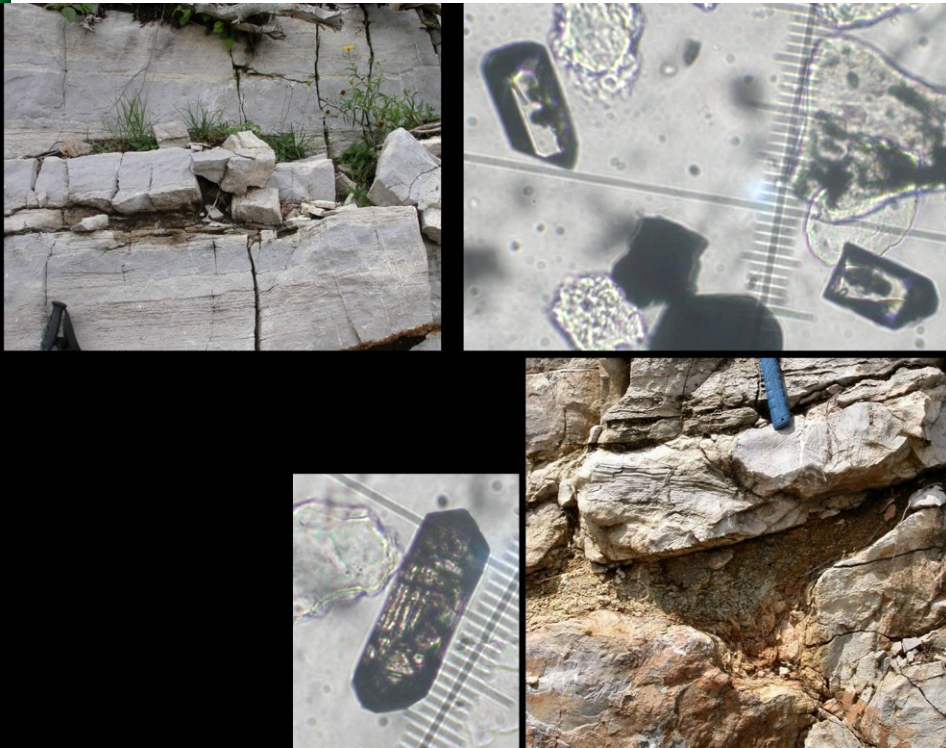


100,000
years



Si, ma che rocce datiamo?





Tanto lavoro di tante persone...

- Grazie a queste tecnologie sappiamo che la Terra ha un'età che è difficile da concepire: oltre 4.500.000.000 anni! In pochi decenni si è passato da 6000 a 4 miliardi e mezzo di anni (fossero Euro, la differenza sarebbe molto chiara...)
- Abbiamo alle nostre spalle un tempo difficile da concepire, se confrontato alla nostra vita (100 anni?), o alla nostra specie: l'*Homo sapiens* comparve «solamente» 200.000 anni fa
- Duecento anni dopo la morte di Hutton, la sua intuizione è stata confermata scientificamente: la nostra deduzione delle osservazioni ci permette capire cose confermabili successivamente



INTERNATIONAL STRATIGRAPHIC CHART

International Commission on Stratigraphy



Phanerozoic							
Eonothem Eon	Era Eratheum	System Period	Series Epoch	Stage Age	Age Ma	GSSP	
	Cenozoic	Neogene	Holocene		0.0115		
			Pleistocene	Upper		0.126	
				Middle		0.781	
				Lower		1.806	🔑
			Pliocene	Gelasian		2.588	
				Piacenzian		3.600	🔑
				Zanclean		5.332	🔑
			Miocene	Messinian		7.246	🔑
				Tortonian		11.608	🔑
				Serravallian		13.65	
		Langhian			15.97		
		Burdigalian			20.43		
		Aquitanian			23.03	🔑	
		Paleogene		Oligocene	Chattian		28.4 ±0.1
			Rupelian			33.9 ±0.1	🔑
			Eocene	Priabonian		37.2 ±0.1	
				Bartonian		40.4 ±0.2	
				Lutetian		48.6 ±0.2	
			Paleocene	Ypresian		55.8 ±0.2	🔑
				Thanetian		58.7 ±0.2	
	Selandian				61.7 ±0.2		
	Danian				65.5 ±0.3	🔑	
	Mesozoic	Cretaceous	Upper	Maestrichtian		70.6 ±0.6	
				Campanian		83.5 ±0.7	
				Santonian		85.8 ±0.7	
				Coniacian		89.3 ±1.0	
				Turonian		93.5 ±0.8	🔑
				Cenomanian		99.6 ±0.9	🔑
			Lower	Albian		112.0 ±1.0	
Aptian					125.0 ±1.0		
Barremian					130.0 ±1.5		
Hauterivian					136.4 ±2.0		

This chart is copyright protected. No reproduction of any parts may take place without written permission by the International Commission on Stratigraphy

Eonothem Eon	Era Eratheum	System Period	Series Epoch	Stage Age	Age Ma	GSSP		
Phanerozoic	Mesozoic	Jurassic	Upper	Tithonian	145.5 ±4.0			
				Kimmeridgian	150.8 ±4.0			
				Oxfordian	155.0 ±4.0			
				Callovian	161.2 ±4.0			
			Middle	Bathonian	164.7 ±4.0			
				Bajocian	167.7 ±3.5			
				Aalenian	171.6 ±3.0			
				Toarcian	175.6 ±2.0			
			Lower	Pliensbachian	183.0 ±1.5			
				Sinemurian	189.6 ±1.5			
		Triassic	Upper	Hettangian	196.5 ±1.0			
				Rhaetian	199.6 ±0.6			
				Norian	203.6 ±1.5			
				Carnian	216.5 ±2.0			
			Middle	Ladinian	228.0 ±2.0			
				Anisian	237.0 ±2.0			
			Lower	Olenekian	245.0 ±1.5			
				Induan	249.7 ±0.7			
			Paleozoic	Permian	Lopingian	Changhsingian	251.0 ±0.4	
						Wuchiapingian	253.8 ±0.7	
Guadalupian	Capitanian	260.4 ±0.7						
	Wordian	265.8 ±0.7						
Cisuralian	Roadian	268.0 ±0.7						
	Kungurian	270.6 ±0.7						
	Artinskian	275.6 ±0.7						
	Sakmarian	284.4 ±0.7						
Carboniferous	Mississippian	Asselien			294.6 ±0.8			
					299.0 ±0.8			
		Gzhelian	303.9 ±0.9					
			Kasimovian	306.5 ±1.0				
		Upper	Moscovian	311.7 ±1.1				
			Bashkirian	318.1 ±1.3				

Eonothem Eon	Era Eratheum	System Period	Series Epoch	Stage Age	Age Ma	GSSP	
Phanerozoic	Paleozoic	Devonian	Upper	Famennian	359.2 ± 2.5		
				Frasnian	374.5 ± 2.6		
			Middle	Givetian	385.3 ± 2.6		
				Eifelian	391.8 ± 2.7		
			Lower	Emsian	397.5 ± 2.7		
				Pragian	407.0 ± 2.8		
				Lochkovian	411.2 ± 2.8		
				Pridoli	416.0 ± 2.8		
			Silurian	Ludlow	Ludfordian	418.7 ± 2.7	
					Gorstian	421.3 ± 2.6	
		Wenlock		Homerian	422.9 ± 2.5		
				Sheinwoodian	426.2 ± 2.4		
		Llandovery		Telychian	428.2 ± 2.3		
				Aeronian	436.0 ± 1.9		
				Rhuddanian	439.0 ± 1.8		
				Himantian	443.7 ± 1.5		
		Upper				445.6 ± 1.5	
						455.8 ± 1.6	
			Middle	Darriwilian	460.9 ± 1.6		
					468.1 ± 1.6		
			Lower		471.8 ± 1.6		
				Tremadocian	478.6 ± 1.7		
		Cambrian	Furongian		488.3 ± 1.7		
				Paibian	501.0 ± 2.0		
Middle				513.0 ± 2.0			
	Lower			542.0 ± 1.0			

definition of the international units of geologic time. Many GSSP's actually have a 'golden' spike () and Stage and/or System name plaque mounted at the boundary level in the boundary stratotype section, whereas a GSSA is an abstract age without reference to a specific level in a rock section on Earth. Updated descriptions of each GSSP and GSSA are posted on the ICS website (www.stratigraphy.org).

Some stages within the Ordovician and Cambrian will be formally named upon international agreement on their GSSP limits. Most intra-stage boundaries (e.g., Middle and Upper Aptian) are not formally defined. Numerical ages of the unit boundaries in the Phanerozoic are subject to revision. Colors are according to the Commission for the Geological Map of the World (www.cgmw.org). The listed numerical ages are from 'A Geologic Time Scale 2004', by F.M. Gradstein, J.G. Ogg, A.G. Smith, et al. (2004; Cambridge University Press).

This chart was drafted and printed with funding generously provided for the GTS Project 2004 by ExxonMobil, Statoil Norway, ChevronTexaco and BP. The chart was produced by Gabi Ogg.

Eonothem Eon	Era Eratheum	System Period	Age Ma	GSSP
Phanerozoic	Proterozoic	Neoproterozoic	Ediacaran	542
			Cryogenian	~530
			Tonian	850
		Mesoproterozoic	Stenian	1000
			Ectasian	1200
			Calymmian	1400
		Paleoproterozoic	Statherian	1600
			Orosirian	1800
			Rhyacian	2050
			Siderian	2300
Phanerozoic	Archean	Neoproterozoic		2500
				2800
		Mesoarchean		3200
				3600
		Paleoarchean		
		Eoarchean		
		Lower limit is not defined		

Subdivisions of the global geologic record are formally defined by their lower boundary. Each unit of the Phanerozoic interval (~542 Ma to Present) and the base of the Ediacaran is defined by a Global Standard Section and Point (GSSP) at its base, whereas the Precambrian interval is formally subdivided by absolute age, Global Standard Stratigraphic Age (GSSA).

This chart gives an overview of the international chronostratigraphic units, their rank, their names and formal status. These units are approved by the International Commission on Stratigraphy (ICS) and ratified by the International Union of Geological Sciences (IUGS).

The Guidelines of the ICS (Renne et al., 1996, Episodes, 19: 77-81) regulate the selection and



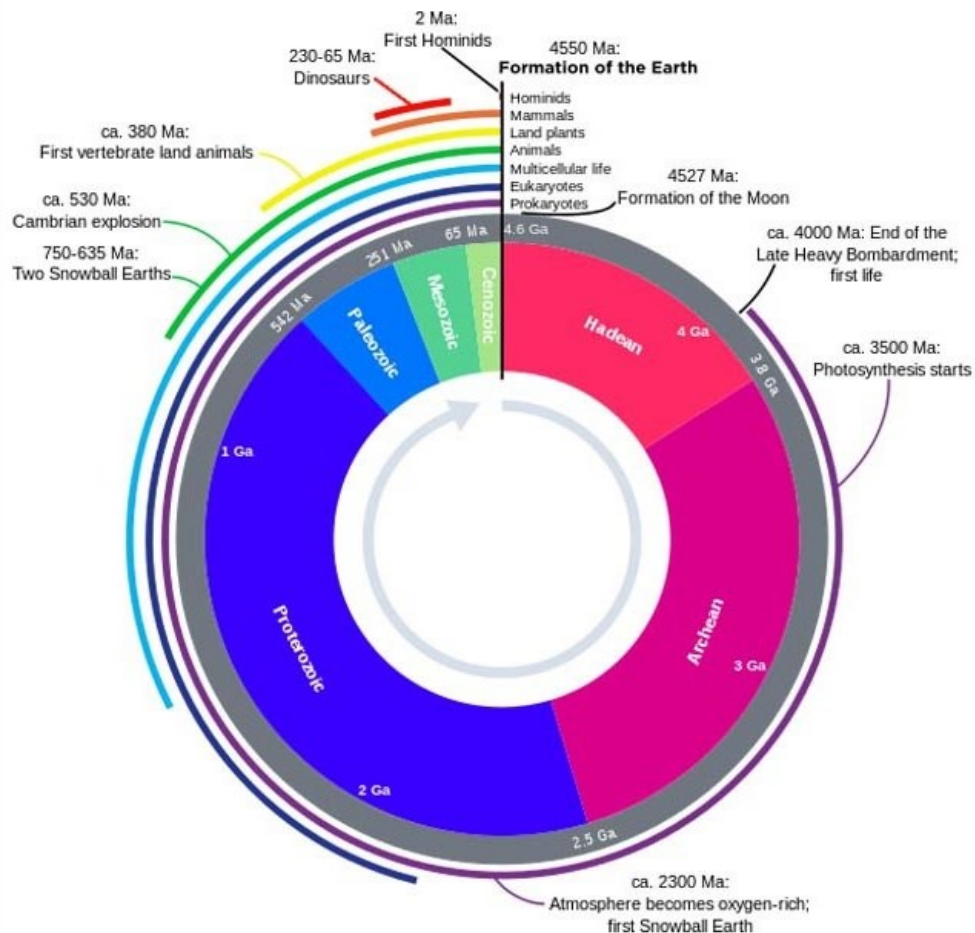


The Geologic Time Spiral—A Path to the Past



U.S. Department of the Interior
U.S. Geological Survey

Spiral designed by Joseph Graham, William Meade, and John Dineen. Spiral presentation by Bob Deane. Printed copies of this and other USGS products are available for sale at \$5.00 each plus Government Publication fee.



Il nostro pianeta è stato molto diverso da quello che noi conosciamo.

900- 600 milioni di anni fa: la Terra è interamente coperta da ghiacci: esistevano solamente organismi unicellulari e poche forme pluricellulari e l'atmosfera era molto diversa da quella attuale.

Circa 550 milioni di anni fa sono comparsi i primi organismi marini con parti dure (gusci) quindi più facilmente fossilizzabili.

450 Milioni di anni fa: i primi vegetali iniziarono sulla terraferma (muschi, poi felci ed equiseti). La fotosintesi arricchisce di ossigeno l'atmosfera

420 milioni di anni fa: i primi pesci

315 Milioni di anni fa: i primi rettili

230 milioni di anni fa: primi dinosauri, poco dopo i primi mammiferi

200 milioni di anni fa: prime piante con fiori

150 milioni di anni fa: antenati degli uccelli (Archeopteryx)

65 milioni di anni fa: l'estinzione dei dinosauri circa (probabilmente per un grosso meteorite) e sviluppo dei mammiferi

La storia più recente (gli ultimi 65 milioni di anni!) ha portato alla comparsa e scomparsa di numerose specie di animali e piante ed alla conformazione attuale del nostro pianeta, con la formazione di catene montuose quali le Alpi e l'Himalaya.

Circa 18.000 anni fa finisce l'ultima era glaciale!

- Seimila anni?
- Centomila anni?
- Un milione di anni?
- Un miliardo di anni?
- Quattro miliardi e mezzo di anni?

Cosa ci cambia saperlo?
Cosa ci spiega?

Cosa ci facciamo con tanto “tempo” a disposizione?

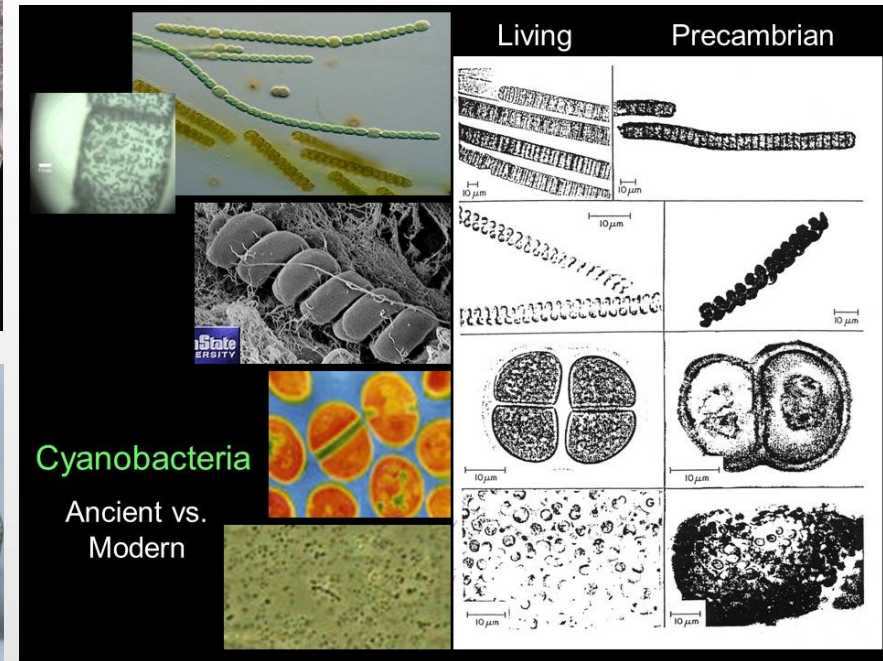
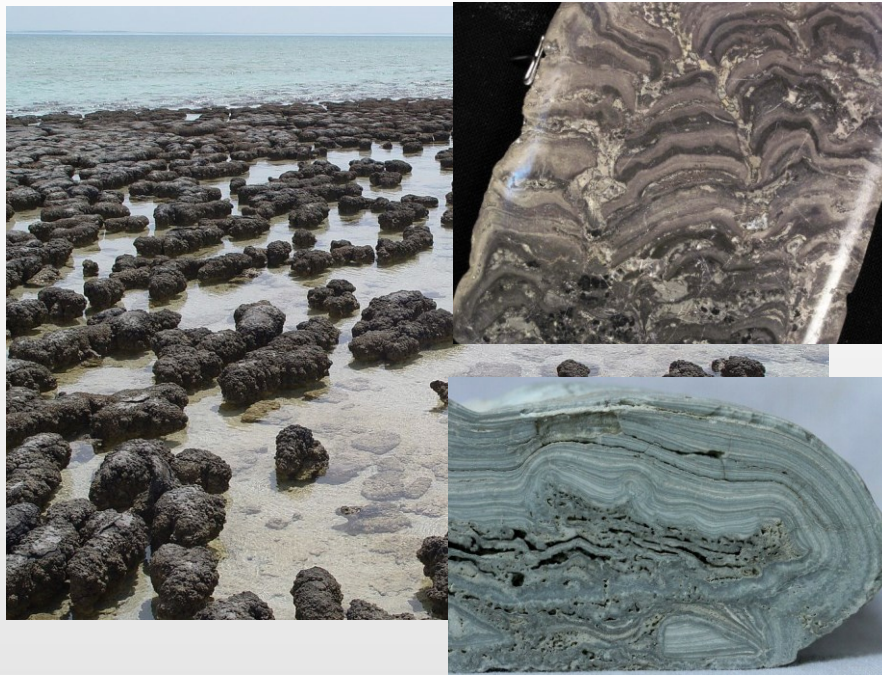
- Un esempio
- Quante probabilità ci sono di lanciare una moneta 10 volte e ottenere sempre testa?
- Risposta: 1 su 1289, quindi molto difficile...
- E quante volte 20 volte testa?
- Addirittura 1 su un 1.048.576!
- Quindi, praticamente impossibile... o no?
- PS: 600 volte più probabile di un 6 al superenalotto...
(1 su 622.614.630)



- Il tempo rende certo l'avvenimento di fatti che paiono impossibili
- Il tempo serve per l'evoluzione (già Darwin se ne era accorto...)
- Le combinazioni di eventi, anche i più improbabili, hanno avuto il “tempo” per realizzarsi, portando la vita sul pianeta fino a dove siamo oggi
- Siamo tutti “figli” dell'improbabile...

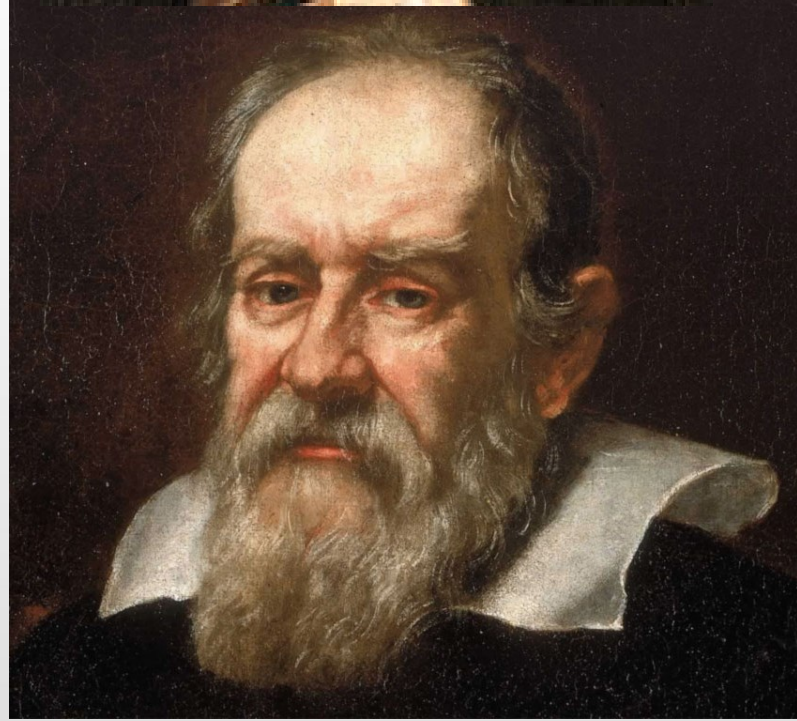
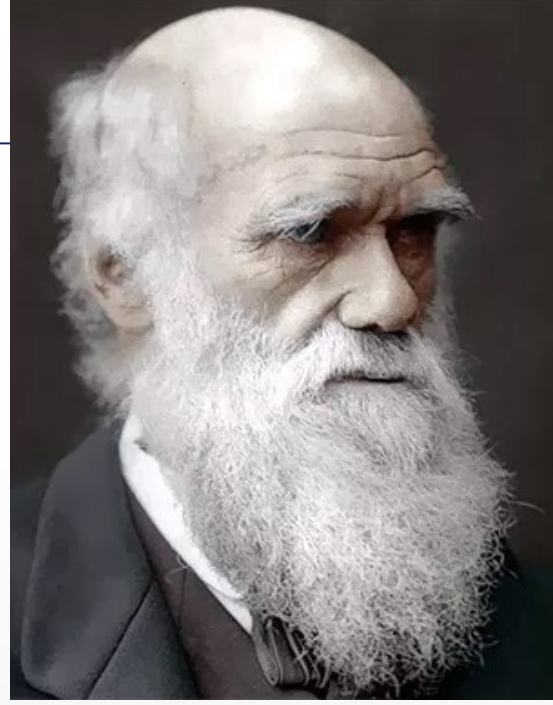
Se la Terra avesse “solo” tre miliardi di anni?

- Saremmo così.....



In conclusione.....

- La geologia si occupa di eventi NATURALI e UNICI per i quali non è possibile un approccio empirico (non si possono ricreare!) ma storico (o così o niente...)
- La geologia richiede una dettagliata descrizione degli eventi naturali con strumenti logici ed analitici, appartenenti a diverse discipline
- La geologia non prevede leggi che sono indipendenti dal tempo (come in fisica, per esempio) ma è una disciplina prettamente storica
- È un errore riconoscere scienze di serie A e di serie B, è importante riconoscere scienze da pseudoscienze
- Qual è la prova che la geologia sia una scienza? È il fatto che funziona...



...e se volete approfondire....

