

# Introduzione all'Evolutionismo

A cura di Andrea Savorelli



# Prima di cominciare...

## Cos'è un'ipotesi?

Un'idea o un'affermazione che richiede di essere verificata da osservazioni o esperimenti che possono confermare o smentire l'affermazione.

## Che cos'è una teoria scientifica?

È una spiegazione coerente di un gran numero di eventi od osservazioni. Una teoria è:

1. coerente e compatibile con le evidenze.
2. sostanziata da prove inconfutabili.
3. verificata in un grande numero di casi.
4. efficace nella risoluzione di problemi.

Nel campo scientifico non si parla di teoria finché l'affermazione non sia stata confermata da svariati esperimenti indipendenti. Le teorie sono più sicure delle ipotesi, ma meno delle leggi.

## Che cos'è una legge scientifica?

È una descrizione di un fenomeno o di un principio che si dimostra sempre valida in condizioni e circostanze specifiche.



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

MUSEO DI  
STORIA  
NATURALE

# Un po' di contesto...

Alla fine del Settecento, sempre più “**naturalisti**” cominciavano a mettere in dubbio la veridicità della **Creazione** e l’affermazione della Chiesa secondo cui nulla sulla Terra fosse mai cambiato.

Osservando la natura, essi si accorgevano di come paesaggi e ambienti **cambiassero** nel corso del tempo. Ne erano prove, ad esempio, i terremoti, eventi che modificano fortemente l’ambiente, o i **fossili**, resti di di creature che non esistevano più.





UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

MUSEO DI  
STORIA  
NATURALE

# Un po' di contesto...

Le idee sulla **trasmutazione** degli organismi viventi, insomma, stavano cominciando a circolare e a prendere forma...

Lo stesso **Erasmus Darwin**, nonno di Charles Darwin, anticipò una teoria dell'evoluzione sostenendo che piante e animali cambiano e si trasformano nel tempo.



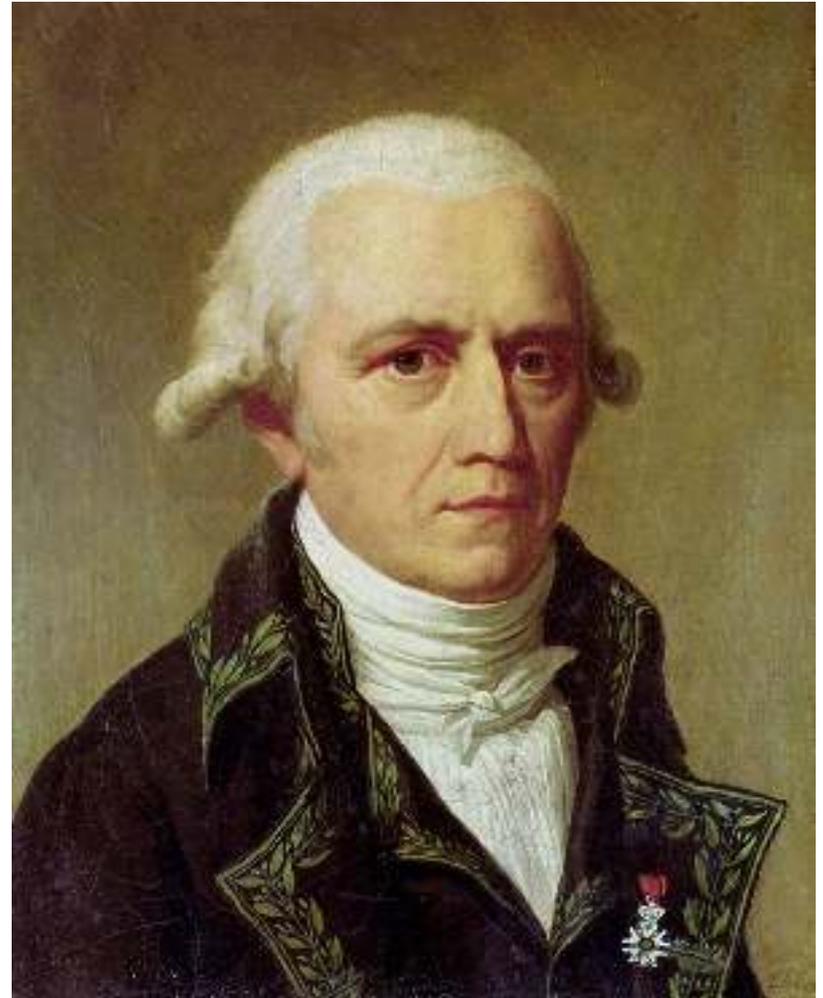


UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

MUSEO DI  
STORIA  
NATURALE

Jean-Baptiste Pierre Antoine de Monet, Chevalier de **Lamarck** (1744-1829) fu l'autore della prima **teoria coerente e completa** dell'evoluzione.

**“...la natura, mentre dà vita con l'aiuto del tempo tanto al regno animale che a quello vegetale, ha realmente formato in ognuno di questi regni una vera scala, in connessione con la crescita di complessità di organizzazione di questi esseri viventi...”**



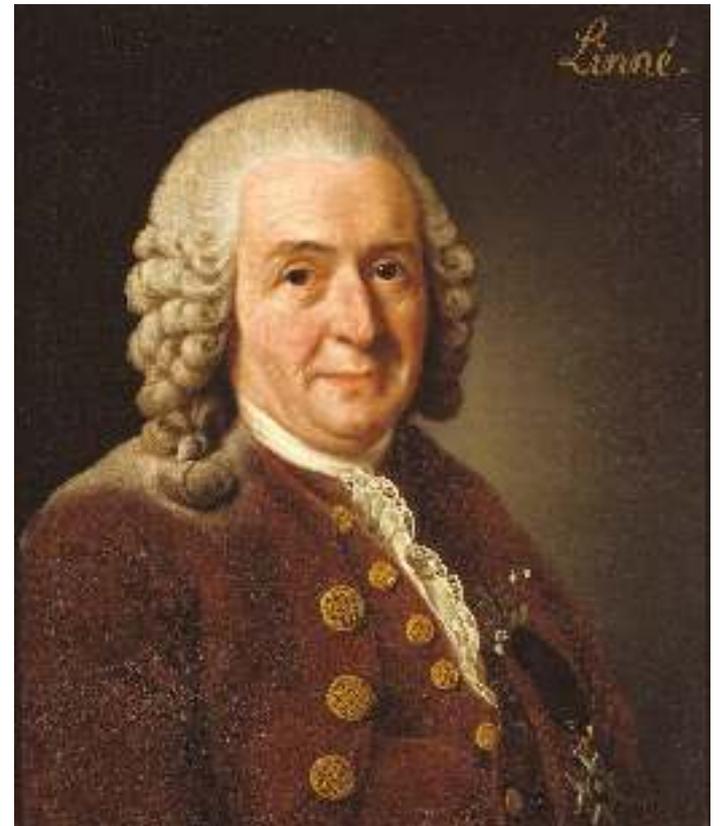




UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

MUSEO DI  
STORIA  
NATURALE

Lamarck trovò opposizione in Georges L. Chretien **Cuvier**, probabilmente lo scienziato più importante del suo tempo e padre dell'**Anatomia Comparata**. Cuvier credeva, infatti, nella **fissità** delle specie e aveva elaborato la "teoria delle **catastrofi naturali**" secondo la quale la maggior parte degli organismi viventi nel passato sarebbe stata spazzata via da numerosi cataclismi e il mondo sarebbe stato **ripopolato** dalle specie sopravvissute.

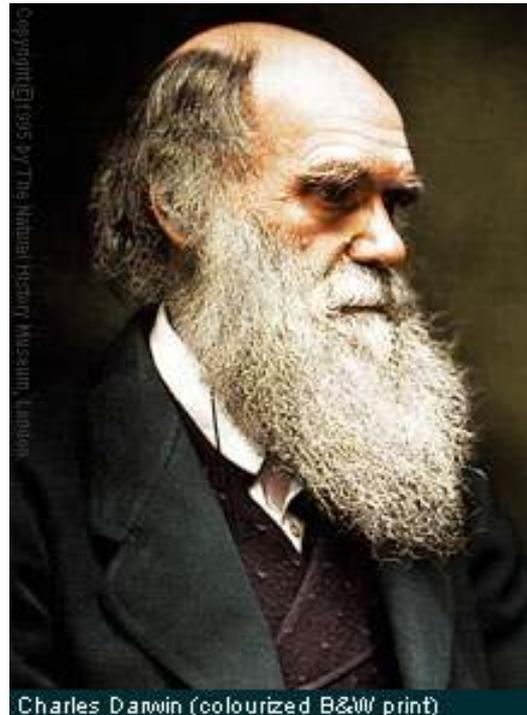




UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

MUSEO DI  
STORIA  
NATURALE

# La rivoluzione darwiniana



Charles Darwin



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

MUSEO DI  
STORIA  
NATURALE

La teoria darwiniana è un **pilastro** della scienza moderna, al pari della relatività, o della meccanica quantistica. Come Copernico aveva tolto la Terra dal centro dell'Universo così Darwin ha **tolto** l'uomo dal **centro** del mondo naturale.

Il biologo evolutivo F. J. Ayala ha definito l'evoluzione come un “*design without a designer*” che si realizza da sé: “Darwin ha completato la rivoluzione copernicana, definendo dal punto di vista biologico la natura come un sistema di materia in movimento guidato da precise leggi, che può essere spiegato con il ragionamento, senza ricorrere ad entità sovranaturali”

*“L'uomo porta ancora impresso nella sua struttura fisica il marchio indelebile della sua umile origine”*

Darwin – L'origine dell'uomo





UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

MUSEO DI  
STORIA  
NATURALE

Da **giovane** Darwin non mostrò mai grande predisposizione allo studio e, pur benestante, fu studente mediocre (come Einstein!).



Seguendo i voleri del padre si iscrisse a medicina, ma abbandonò ben presto. Il padre, Robert Darwin, allora gli ordinò di iscriversi all'Università di Cambridge per intraprendere la carriera ecclesiastica. Si laureò quindi (col minimo dei voti) in teologia...

Nonostante i tentativi di dissuasione del padre, il 27 dicembre 1831 il giovane Darwin, all'età di 23 anni, s'imbarcò sul **brigantino Beagle** e circumnavigò il globo in un viaggio durato 5 anni...



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

MUSEO DI  
STORIA  
NATURALE



Più tardi avrebbe definito quell'esperienza come "il primo vero periodo di addestramento e formazione per la mia mente"



Beagle

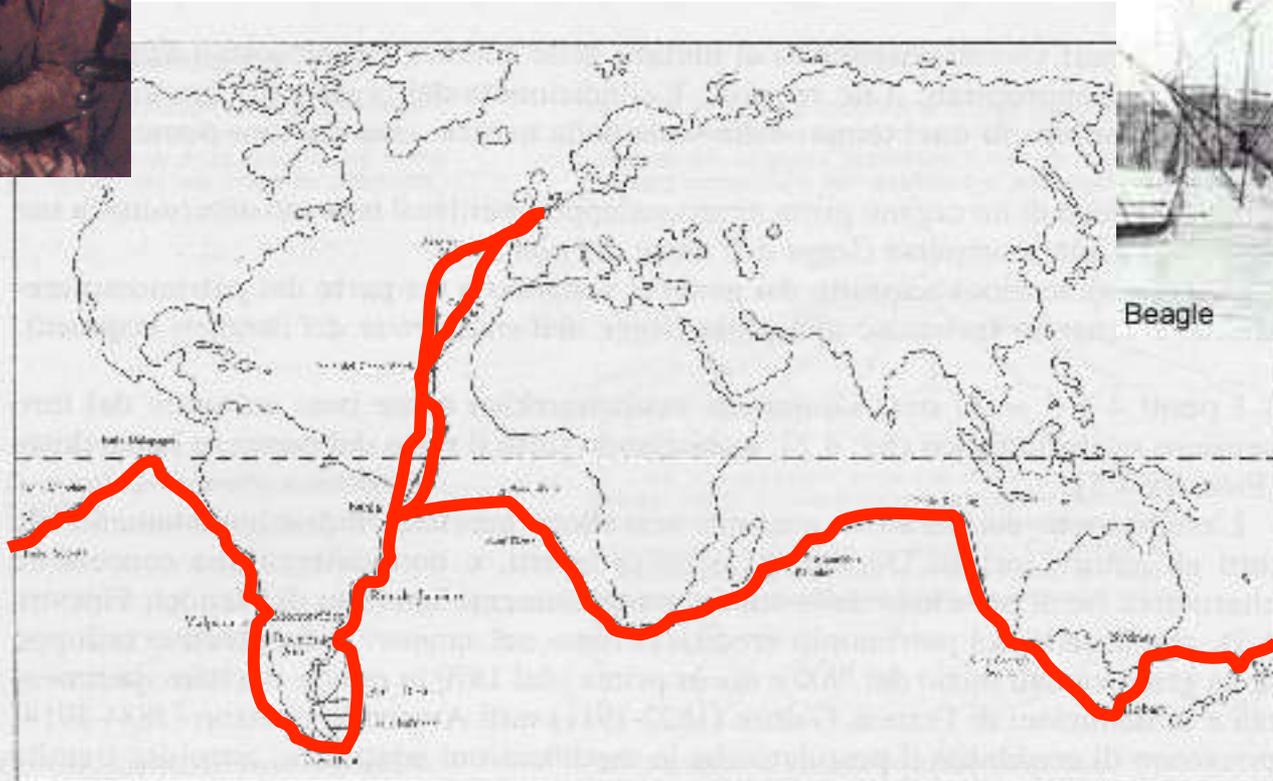
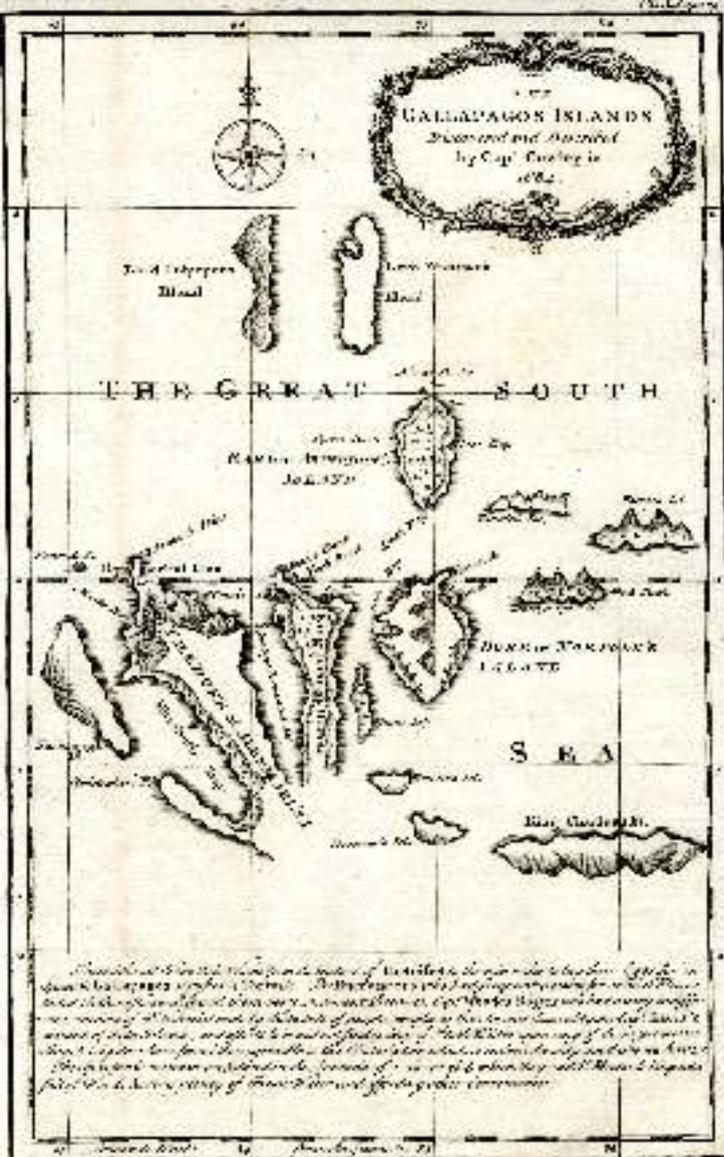


Fig. 4.3 – La rotta del brigantino «Beagle» intorno al globo. Il viaggio iniziò il 27 dicembre 1831 e si prolungò sino al 2 ottobre 1836.

Darwin, durante il viaggio sul Beagle, ebbe modo di constatare l'enorme **varietà** e **variabilità** del mondo naturale.



Egli realizzò che le grandi differenze faunistiche tra i continenti non erano giustificabili con le diverse condizioni ambientali, ma con l'**isolamento** conseguente alla erezione di **barriere geografiche** insormontabili, quali oceani o catene montuose.



Darwin osservò che le faune di uno stesso continente o di uno stesso mare, viventi o fossili che siano, mostrano evidenti **affinità**. Da ciò dedusse che solo l'ereditarietà può produrre organismi simili nello spazio e nel tempo.

Le faune insulari, e delle **Galàpagos** in particolare, erano l'evidente risultato di una discendenza con modificazione.

Le faune delle Galàpagos avevano notevoli affinità con forme del Sud America, ma nel contempo ne erano nettamente **differenziate**. Questo era dunque l'evidente risultato dell'isolamento geografico e dell'adattamento a habitat diversi da quelli originari.

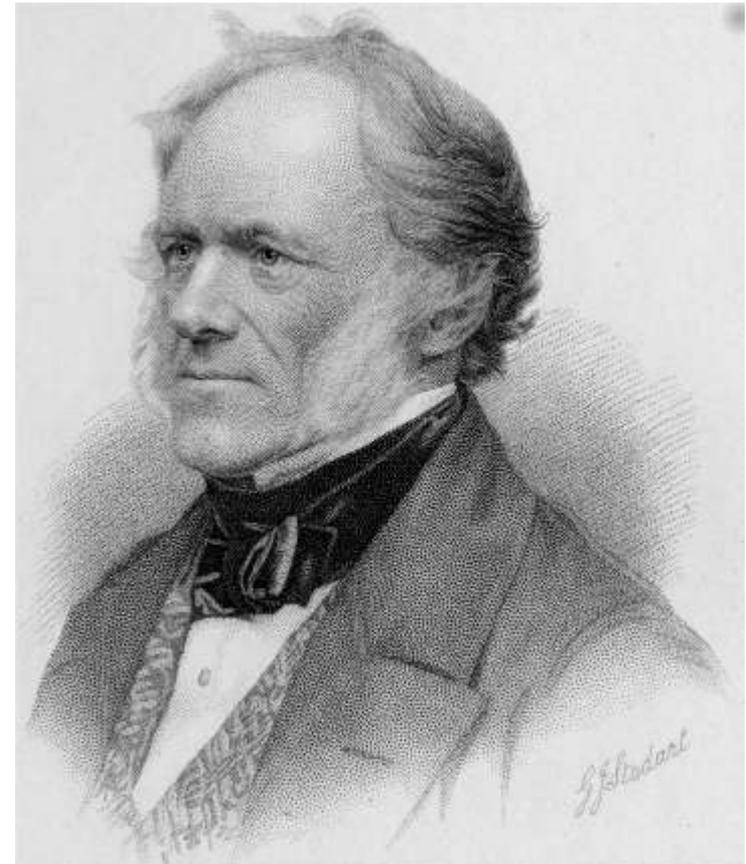


UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

MUSEO DI  
STORIA  
NATURALE

Durante il viaggio Darwin lesse avidamente i due volumi dei *Principles of Geology* di **Charles Lyell**, in cui si sosteneva l'uniformitarismo, ossia il principio secondo cui i processi di erosione, sedimentazione e vulcanismo sono avvenuti in **passato** con la **stessa** frequenza e con le **stesse** caratteristiche con cui avvengono **oggi**.

Lyell **respingeva** la teoria del **catastrofismo** dominante all'epoca, secondo la quale la Terra veniva modellata da eventi improvvisi e violenti dovuti a forze sovranaturali.





UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

MUSEO DI  
STORIA  
NATURALE

Quei 57 mesi intorno al mondo non produssero nell'immediato alcuna rivelazione. Il tesoro riportato da Darwin consisteva in una raccolta di 363 pagine di appunti di zoologia, 1383 pagine di appunti di geologia, un diario di 770 pagine, 1529 specie conservate in alcool e 3907 campioni essiccati, oltre ad una **tartaruga viva** dalle Galápagos.



Pochi anni dopo il suo ritorno Darwin sposò la sua cugina **Anna Wedgwood** e si trasferì in campagna, vivendo in agiatezza e dedicandosi alla ricerca.

Darwin trascorse il resto della vita a studiare la selezione naturale nelle orchidee e in altre piante della sua proprietà di Downe, 25 km a sud-est di Londra. Morì nel 1882.



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

MUSEO DI  
STORIA  
NATURALE

Darwin iniziò a formulare le sue teorie alla fine degli anni trenta, ma **attese 20 anni** per pubblicarle, quando **Alfred Russel Wallace** giunse alle sue stesse conclusioni.

Da Leyll derivò l'opinione che gli organismi fossero soggetti a cambiamenti graduali come avviene per la conformazione geologica (paradossalmente Leyll credeva che gli organismi fossero di origine divina e immutabili!).

Darwin rifiutò l'idea di una progressione **lineare** degli organismi nel tempo (come ipotizzava Lamarck) in favore di una **evoluzione ramificata** da un antenato comune.

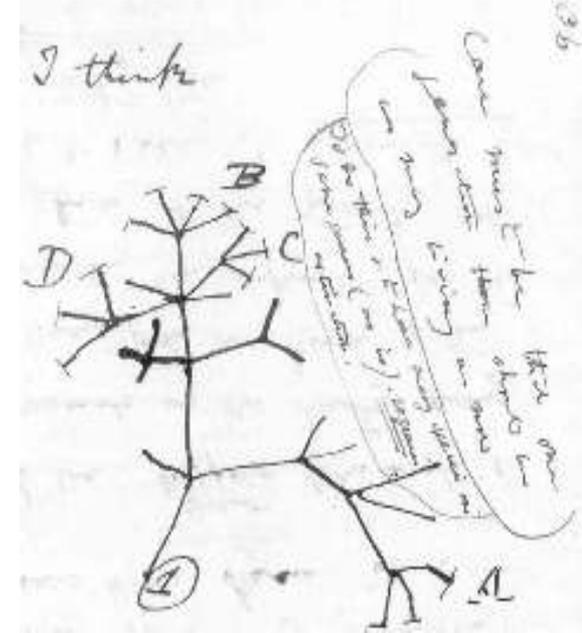
La teoria di un albero della vita **non spiegava il meccanismo** di funzionamento dell'evoluzione.

E fu qui che entrò in gioco l'idea più rivoluzionaria di Darwin:

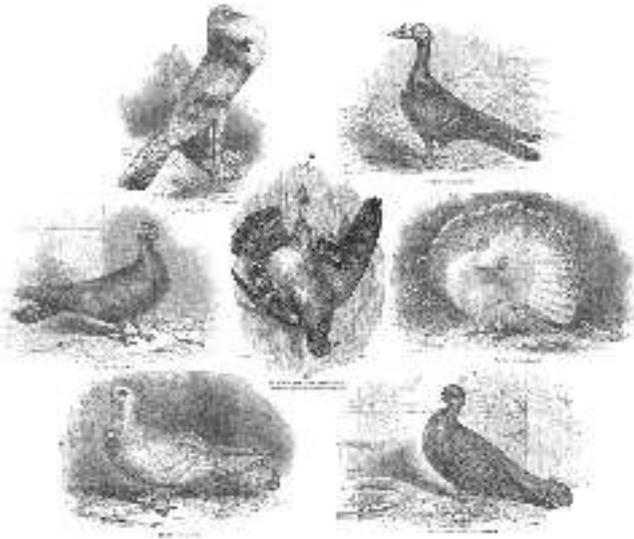
## ***La selezione naturale***



*Alfred Russel Wallace*



Dopo aver letto le opere di **Thomas Malthus**, Darwin comprese che le popolazioni si espandono rapidamente superando i limiti di disponibilità delle risorse



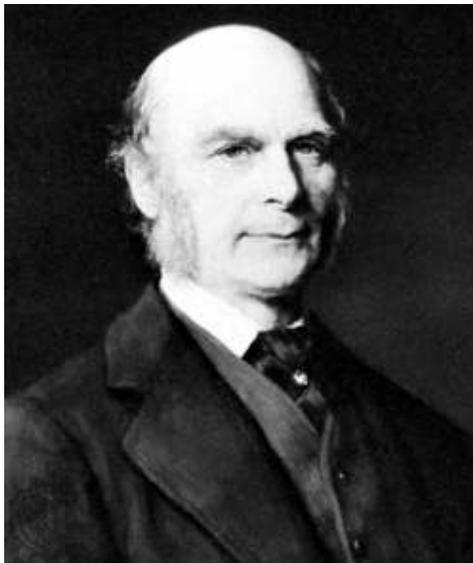
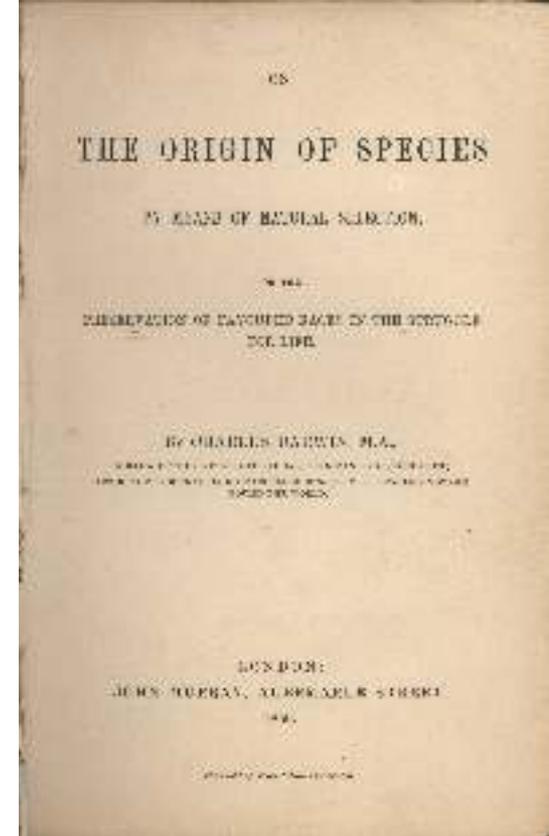
Una delle sue ossessioni era tuttavia **l'incrocio** selettivo di varietà animali e vegetali

Nel 1837 comprese che la natura non sceglie deliberatamente i tratti più vantaggiosi, come fanno gli allevatori, ma **elimina** alla cieca tutti gli individui con tratti **meno** vantaggiosi

Inoltre, se due popolazioni della stessa specie rimangono isolate possono, a lungo termine, diventare **due specie diverse**

**“*On the origin of species by means of natural selection*”** fu pubblicato nel **1859**

Ne *L'origine delle specie* Darwin non affrontò la questione dell'evoluzione **umana**, ma nel successivo *L'origine dell'uomo* identificò come **antenati** dell'uomo le scimmie africane



Già negli anni 60 dello stesso secolo diversi pensatori, tra cui anche il cugino di Darwin, **Francis Galton**, iniziarono a lamentarsi di come la società moderna **proteggesse** dalla selezione naturale gli **individui meno adatti** alla sopravvivenza

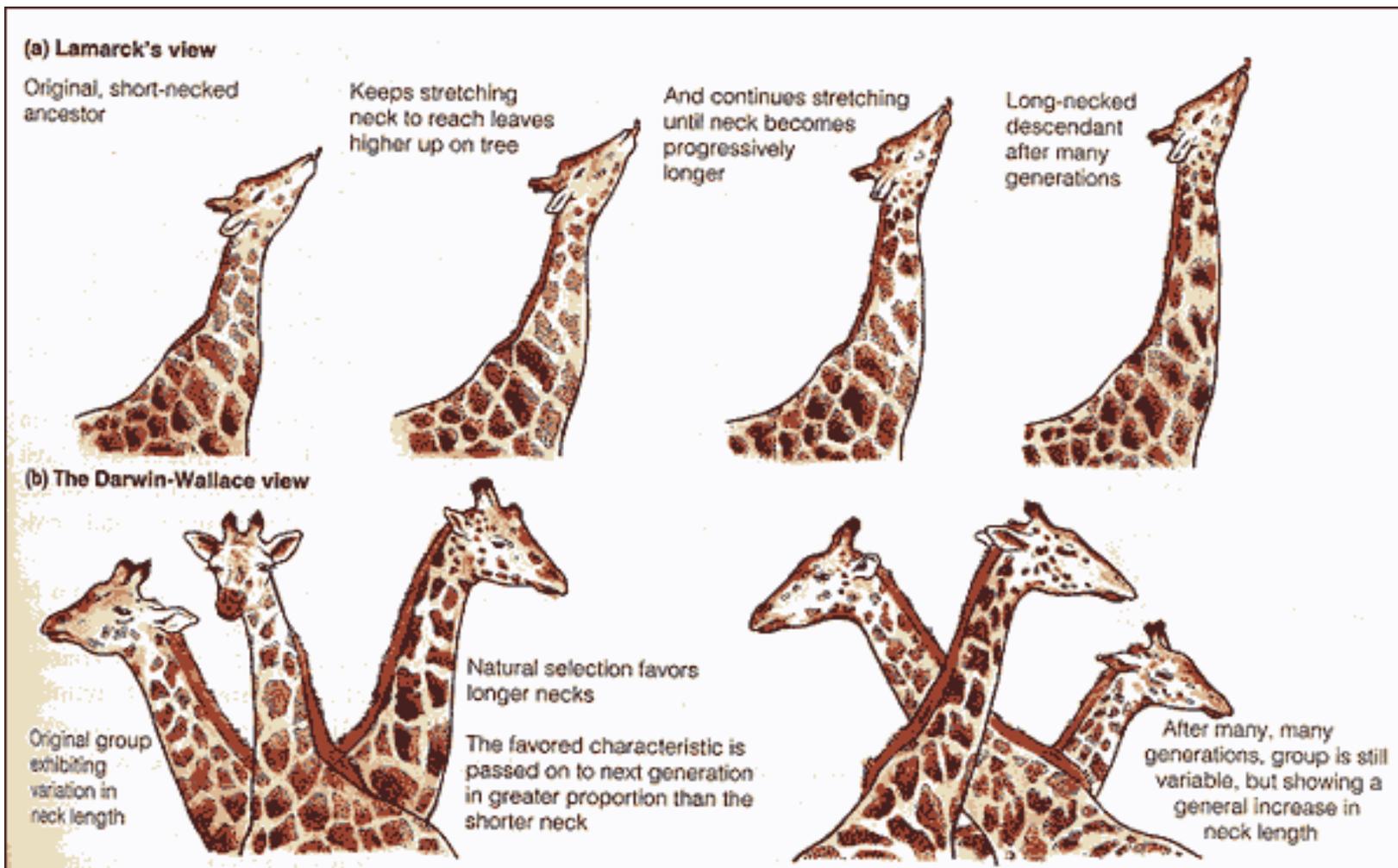
Questo portò, in epoche successive, a distorsioni del darwinismo, dagli ideologi **nazisti** agli economisti **neoliberisti**.

I fondamenti della teoria darwiniana sono:

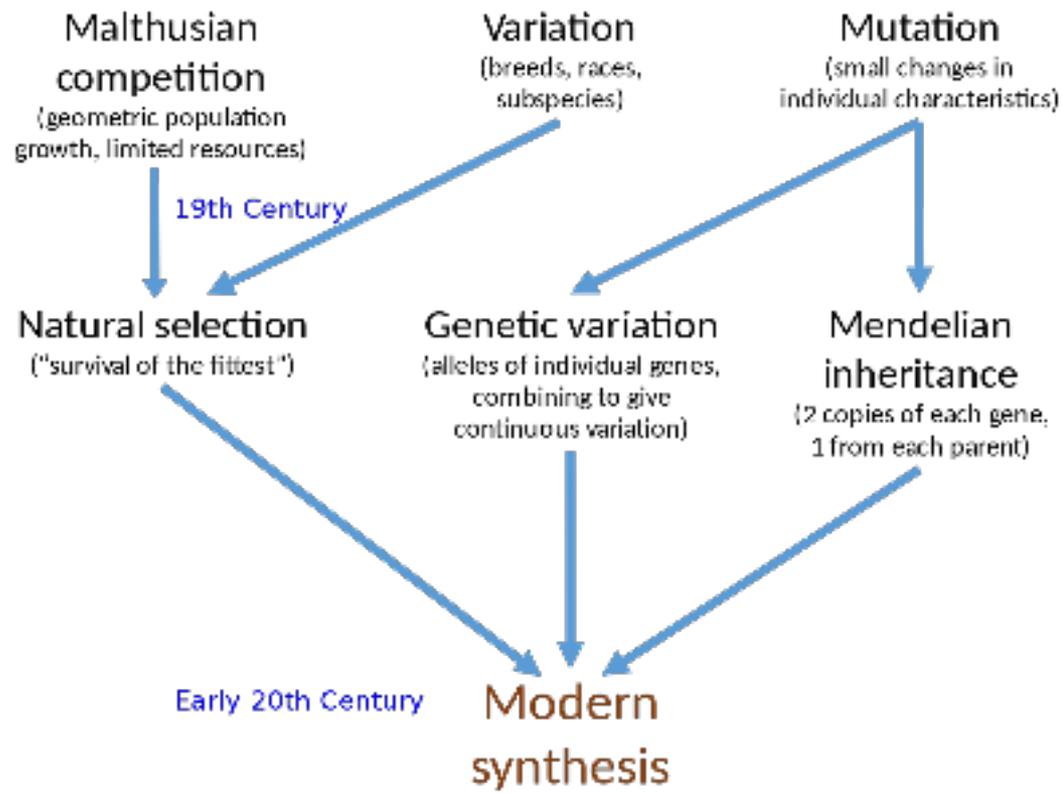
- 1) Esiste una grande variabilità individuale;**
- 2) Le variazioni individuali si mantengono nella prole;**
- 3) La prole è più numerosa di quella che giunge all'età riproduttiva;**
- 4) Sopravvivono più facilmente gli individui della prole che hanno ereditato i caratteri più vantaggiosi per la sopravvivenza, quindi solo i meglio adattati sopravvivono più a lungo;**
- 5) Gli individui meglio adattati hanno maggiore probabilità di raggiungere la maturità sessuale e possono trasmettere i loro caratteri adattativi ai loro discendenti che, nel tempo, diverranno sempre più numerosi nella popolazione.**



## Le differenze con la teoria lamarckiana



L'idea della selezione naturale fu fortemente **osteggiata**, anche perché Darwin non aveva fornito **spiegazione** per l'ereditarietà, attribuendola a minuscole **gemmule** emesse dai tessuti che viaggiavano verso gli organi sessuali per essere trasmesse alle generazioni successive.

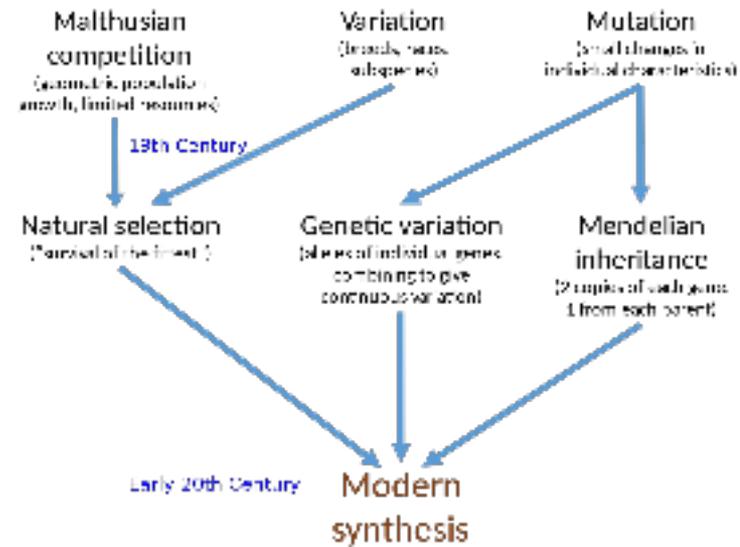


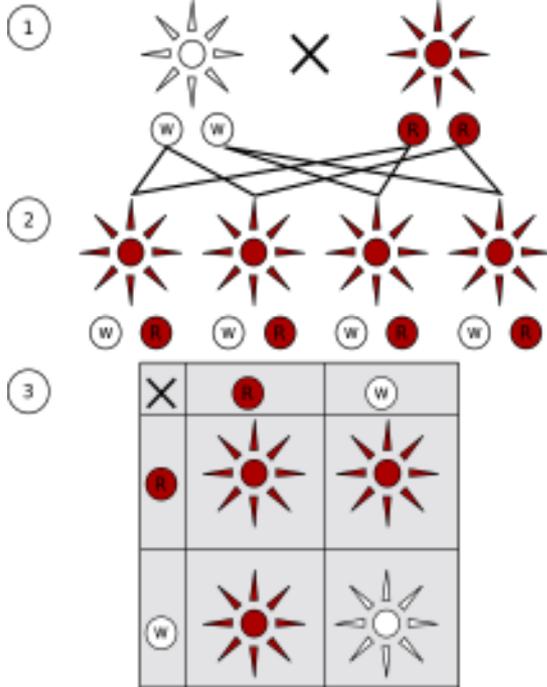
In seguito, negli anni 30 e 40 del '900, con le scoperte della genetica e della genomica nascerà il **neodarwinismo**....

Darwin non era solo **incapace** di spiegare da dove venissero le variazioni, ma neanche di chiarire come facessero i nuovi caratteri a diffondersi nelle generazioni successive.

Credeva nell'ereditarietà a **mescolamento**, cioè che i discendenti avessero caratteristiche intermedie tra quelle dei genitori, ma se i caratteri erano veramente mescolati qualsiasi rara e nuova variante si sarebbe **diluita** nel corso delle generazioni a causa dell'incrocio con la gran massa di individui che non condividevano il carattere.

La confusione sull'ereditarietà mescolata fu spazzata via nel 1900 con la riscoperta degli studi sui piselli...



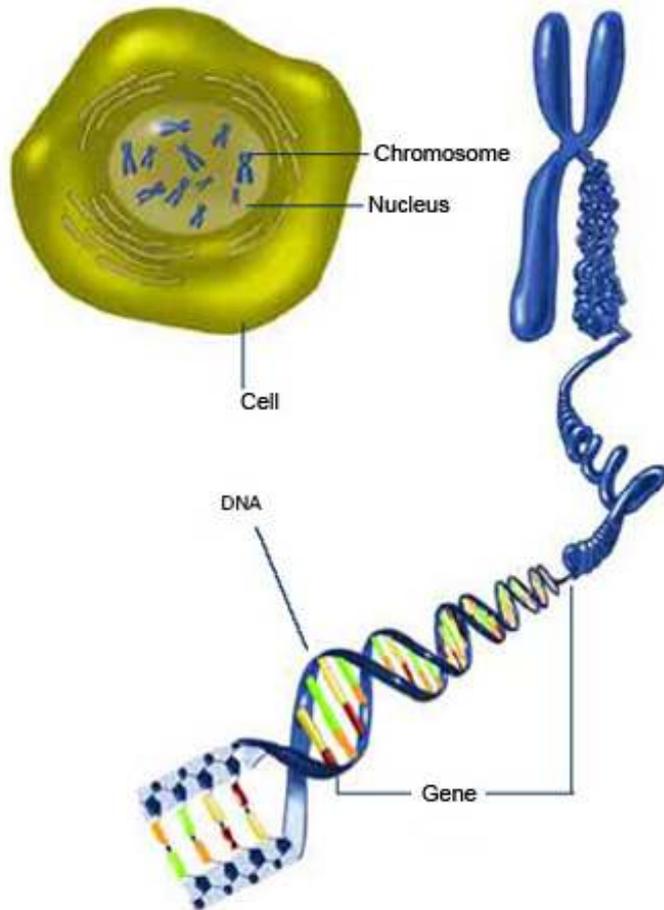


Negli anni in cui Darwin elaborava la sua teoria, il monaco boemo **Gregor Johan Mendel** effettuava una serie di incroci di varie piante, soprattutto di piselli, nel giardino del suo convento

Mendel dedusse che ogni carattere è controllato da un fattore ereditario di cui sono presenti nella pianta **due copie**, derivanti rispettivamente da ciascuno dei due **genitori**



Le conclusioni di Mendel rimasero completamente **ignorate** fino al 1900 quando furono riscoperte e **confermate** da vari studiosi.



Oggi sappiamo che il programma ereditario è codificato nei **geni** che sono piccoli segmenti del **DNA**.

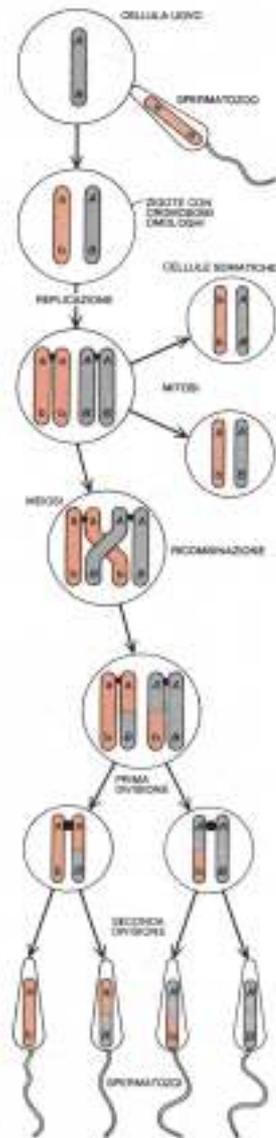
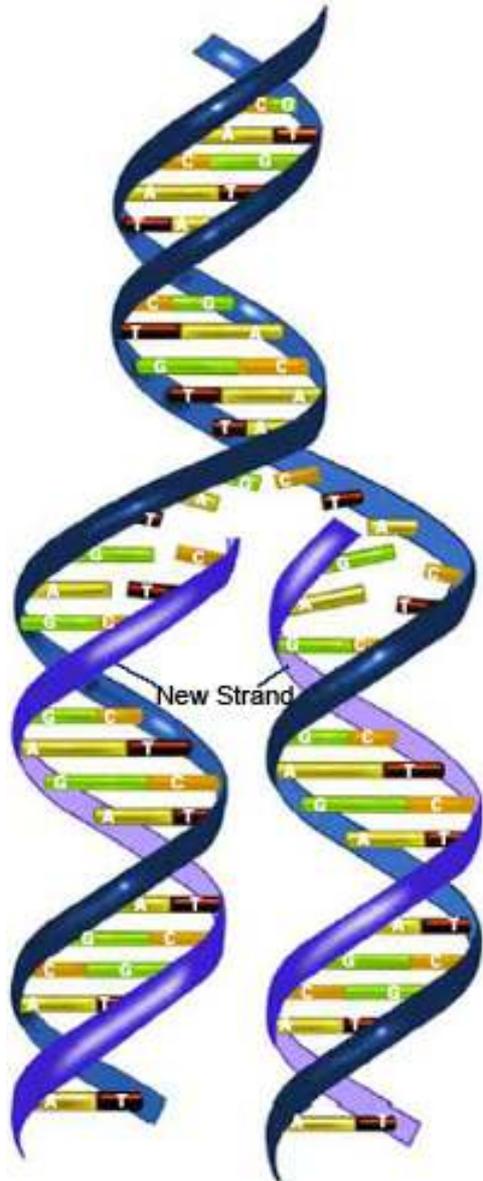
I geni sono organizzati in sequenze, i **cromosomi**, che sono contenuti nel nucleo delle cellule.

Ogni specie ha un numero costante di cromosomi. I cromosomi sono presenti in doppia copia (corredo **diploide**) in tutte le cellule somatiche e in copia singola nei gameti femminili e maschili (corredo **aploide**).

Se le due copie di un gene (in cromosomi omologhi) sono diverse si parla di **alleli**.



# La replicazione del DNA



Durante la **riproduzione sessuale** gli alleli vengono rimescolati. I cromosomi omologhi materni e paterni si affiancano, si replicano e si scambiano segmenti corrispondenti, in un processo detto **ricombinazione**. I cromosomi omologhi sono anche distribuiti a caso nelle cellule germinali, per cui si formano combinazioni soprannumerarie di alleli. A ogni generazione vengono così esposte alla selezione naturale nuove combinazioni di alleli.



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**MUSEO DI  
STORIA  
NATURALE**

Se la prole esprime per tre quarti la variante **dominante** dei caratteri e per un quarto quella **recessiva**, come mai gli alleli e i caratteri dominanti non aumentano nella popolazione fino a far **scompare** quelli recessivi?

Infatti, le percentuali sia dei due alleli sia dei loro genotipi (cioè, degli individui che esibiscono la rispettiva variante del carattere) rimangono **costanti** di generazione in generazione, indipendentemente dai valori di partenza

Niente accade finché gli accoppiamenti sono **equiprobabili e casuali**, la popolazione grande, il sistema stabile e chiuso. **L'evoluzione** avviene quando le cose **cambiano**.

La **selezione naturale** favorisce la **fecondità** o la **sopravvivenza** di alcuni **individui** rispetto ad altri.

(Accoppiamenti non casuali sono invece tipici della selezione artificiale imposta da allevatori o coltivatori e della selezione sessuale praticata da partners selettivi).



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

MUSEO DI  
STORIA  
NATURALE

I geni possono subire modificazioni chimiche dette **mutazioni** che possono determinare la comparsa di **nuovi caratteri** negli organismi e quindi nei loro discendenti.



Le mutazioni possono verificarsi durante una imperfetta fase di replicazione del DNA oppure per azione diretta di un agente esterno, detto mutageno, come raggi X, raggi ultravioletti o anche determinate sostanze chimiche.

In ogni popolazione possono presentarsi mutazioni di tutti i tipi: **favorevoli**, **non favorevoli** o **neutre**. Solo le favorevoli, e talvolta le neutre, hanno un **futuro**



Quello su cui lavora la selezione naturale è un **individuo** nel suo **complesso**, non un suo carattere specifico. Un individuo può essere selezionato positivamente in un certo ambiente anche se un suo carattere non è ideale per quell'ambiente. Gli altri caratteri compensano la relativa inadeguatezza di quello.

Ciò che è in gioco non è la sopravvivenza, quanto la capacità **riproduttiva**.

Dovremmo quindi dire: “**La selezione naturale offre ai diversi individui di una data popolazione una diversa opportunità di lasciare una prole numerosa**”. Qualcuno lascia più prole e si afferma, mentre altri divengono rari e scompaiono.

In genere una nuova mutazione produce effetti negativi e chi la porta è **scartato** dalla selezione. La selezione ha quindi un'azione **normalizzatrice**.

Ogni tanto, però, succede qualcosa di diverso. Non solo qualche mutazione si **mantiene**, ma può diffondersi nella popolazione fino a diventare **maggioritaria**. Questo è quanto accade a molte mutazioni neutre.

**Modificazioni ambientali** possono trasformare le mutazioni neutre in **vantaggiose**.



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**MUSEO DI  
STORIA  
NATURALE**

# Ci vediamo in Museo!



## Ringraziamenti

Si ringrazia il Professor Paul Mazza dell'Università di Firenze