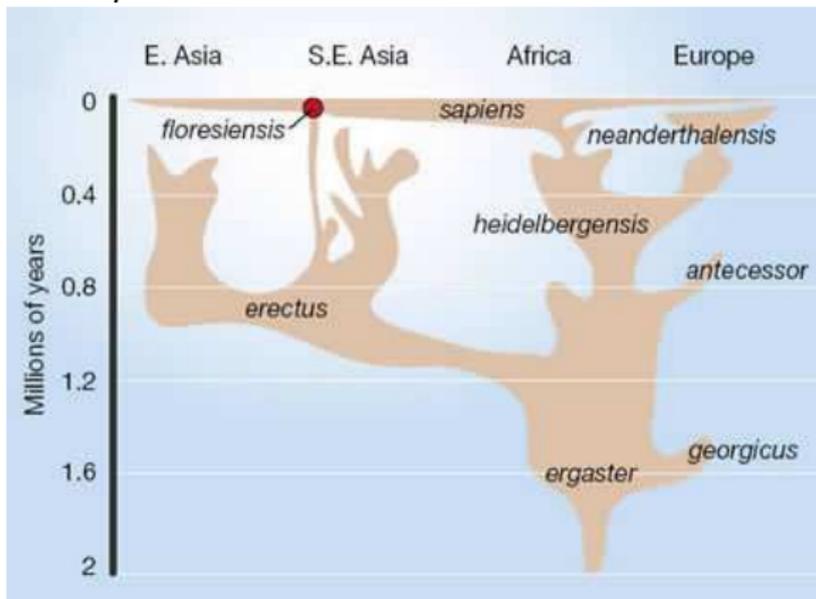


# La distanza in biologia

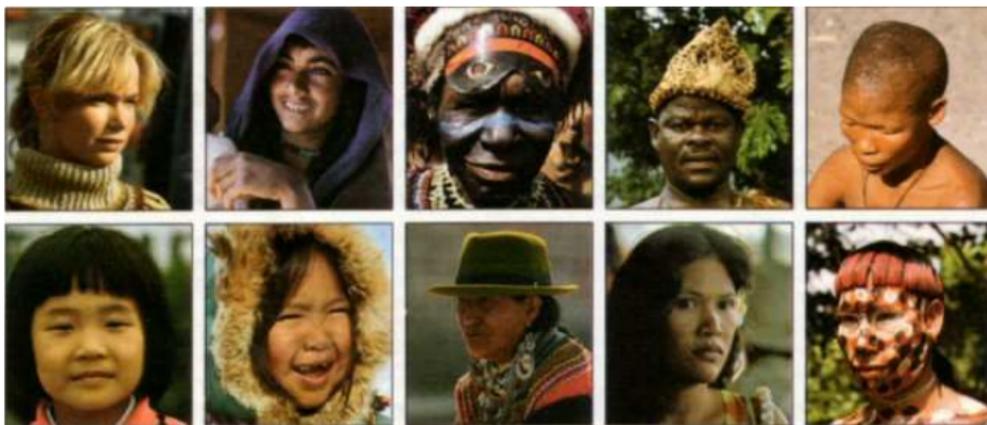
ovvero

## come scoprire cose interessanti usando la matematica elementare

Per circa un milione e mezzo di anni sulla terra hanno convissuto più specie del genere *Homo* ma, da circa 40 000, anni l'unica specie sopravvissuta è quella dell'*Homo Sapiens*.

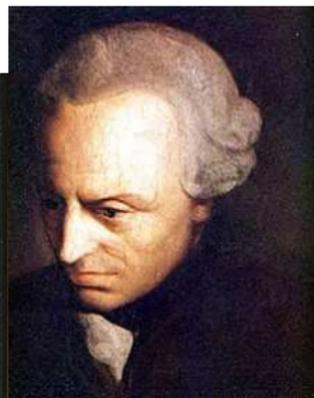
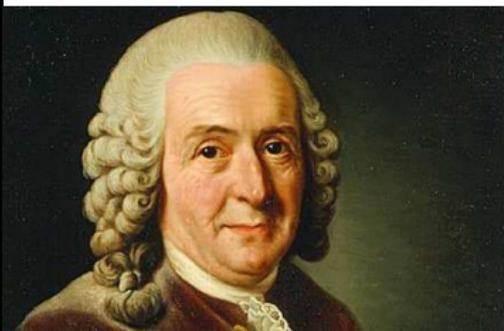
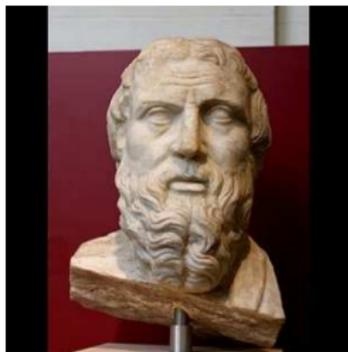


Tra gli individui di questa unica specie si osservano differenze **fenotipiche** (colore della pelle, forma degli occhi e della bocca) molto marcate. Queste differenze hanno indotto a suddividere gli umani in “razze”.



**MA CHE COSA È UNA RAZZA?**

I primi tentativi di rispondere a questa domanda risalgono a **Erodoto** (V sec. a.C.). Più recentemente (metà del Settecento) il naturalista **Linneo** e il filosofo **E. Kant** hanno elencato molte “varietà” di umani, tentando di comprendere le origini delle differenze osservate



Nel 1775 il naturalista tedesco J.F. Blumenbach afferma che la specie umana è una sola suddivisa in 5 tipi diversi (per provenienza geografica):

- **caucasico** (Europa)
- **etiope** (Africa)
- **mongolo** (Asia)
- **americano** (Americhe)
- **malese** (Sudest asiatico e Oceania)

L'antropologo Stanley M. Garn (1961) divide gli umani in 9 razze

- Africana
- Amerindia
- Asiatica
- Australian race
- Europea
- Indiana
- Melanesiana-Papua
- Micronesiana
- Polinesiana

L'antropologo americano Carleton S. Coon (1965) invece definisce 20 razze divise in 5 gruppi

australoidi	caucasoidi	capoidi	cangoidi	mongoloidi
aborigeni	europei	africani	neri africani	est asiatici
melanesiani	ainu	ottentotti	pigmei	indonesiani
papuani	mediorientali			polinesiani
indiani tribali	nordafricani			micronesiani
negritos	indiani			amerindi
				eschimesi

Usando caratteristiche fisiologiche, come colore della pelle, altezza, misura del cranio, proporzioni tra gli arti, gli studiosi hanno classificato gli umani in

**un numero di razze variabile da 2 a 63!**

Evidentemente in queste definizioni c'è qualche problema!

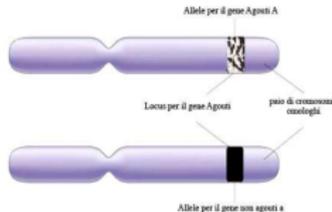
C. Darwin (1809-1882), riteneva molto difficile identificare caratteri distintivi chiari e importanti tra le “razze” ...*poiché esse confluiscono gradualmente l'una nell'altra.*

La conclusione che oggi possiamo trarre è che distinguere le razze secondo caratteristiche fisiologiche qualitative o quantitative

**non produce un risultato scientificamente significativo!**

Forse la **genetica** può dare una mano, infatti i caratteri fenotipici sono conseguenza di quello che è scritto nei **geni**, e i geni si presentano in differenti varianti, dette **alleli**.

Si potrebbe allora provare a distinguere le razze a seconda degli alleli presenti nel loro patrimonio genetico delle diverse popolazioni.



Anche questa strada non porta da nessuna parte:

tutti gli alleli sono presenti in quasi tutte le popolazioni umane, perciò la presenza o meno di un singolo allele non è sufficiente per classificare le popolazioni umane in categorie sistematiche.

E anche usare molti alleli non serve. Come ha mostrato l'evoluzionista R. Lewontin nel 1972:

**la variabilità genetica dentro una popolazione è mediamente maggiore della variabilità genetica tra popolazioni!**

Però dentro la genetica è scritta anche la storia evolutiva e migratoria della specie umana, che può essere ricostruita a partire dalle **frequenze geniche** (le percentuali delle forme alleliche di un gene) che misuriamo oggi.

Per capire come si possa ricostruire la storia degli esseri umani, usiamo come esempio l'appartenenza ai gruppi sanguigni *AB0*.

La classificazione dei gruppi sanguigni nel "sistema **AB0**" (0=zero) è dovuta alla presenza/assenza di specifiche **proteine** (dette **A** e **B**) sulla superficie dei globuli rossi.

La presenza o assenza di queste proteine è ereditaria (determinata geneticamente), quindi si mantiene per tutta la vita.

Se sulla superficie dei globuli rossi è presente la proteina  $A$ , il gruppo sanguigno è  $A$ , se è presente  $B$  è  $B$ , se sono presenti tutte e due le proteine o nessuna il gruppo è, rispettivamente,  $AB$  oppure  $0$ .

Se vengono introdotti globuli rossi con la proteina  $A$  in un individuo che non ha  $A$ , il suo sistema immunitario produce **anticorpi** che uccidono le cellule con  $A$ , in quanto estranee e potenzialmente dannose. Lo stesso accade per i globuli rossi con  $B$  in individui senza  $B$ .

Sintetizzando:

una persona del gruppo  $A$  ha anticorpi “anti  $B$ ”;

una persona del gruppo  $B$ , ha anticorpi “anti  $A$ ”;

una persona del gruppo  $O$ , ha anticorpi “anti  $A$ ” e anticorpi “anti  $B$ ”;

una persona del gruppo  $AB$  (che ha entrambe le proteine sulla superficie dei suoi globuli rossi) non produce anticorpi contro queste proteine (altrimenti, distruggerebbe i propri globuli rossi).

Come conseguenza...

**Donatore** di gruppo      può **donare** a un soggetto con gruppo

---

<i>A</i>	<i>A, AB</i>
<i>B</i>	<i>B, AB</i>
<i>AB</i>	<i>AB</i>
<i>0</i>	<i>A, B, AB, 0</i>

---



---

**Paziente** di gruppo      può **ricevere** da un soggetto con gruppo

---

<i>A</i>	<i>A, 0</i>
<i>B</i>	<i>B, 0</i>
<i>AB</i>	<i>A, B, AB, 0</i>
<i>0</i>	<i>0</i>

---



---

Si può stimare il numero di individui di una popolazione che ha un dato gruppo sanguigno. Per esempio tra i circa 10 000 000 di **Ungheresi**, si ha la seguente distribuzione:

	A	B	0	AB
<b>frequenza assoluta</b>	440 000	160 000	320 000	80 000
<b>frequenza relativa</b>	44%	16%	32%	8%

mentre per i circa 300 000 **Islandesi** le frequenze relative sono

	A	B	0	AB
<b>frequenza relativa</b>	31%	11%	56%	2%

**Perché le frequenze sono differenti?**

Le frequenze di caratteristiche genetiche in una popolazione cambiano nel tempo per

- la **selezione naturale**, che sfavorisce certe varianti che hanno influenza sul successo riproduttivo
- la **deriva genetica**, che è un puro effetto del caso, e influenza tutti i geni neutri per la selezione (come per esempio sembrano essere quelli del gruppo sanguigno)
- le **migrazioni** che mescolano popolazione con differenti frequenze

Quando due popolazioni si separano, inizialmente le frequenze sono le stesse, ma al crescere del tempo di separazione, a causa della deriva genetica, la diversità aumenta sempre più.

**Misurare la differenza tra le frequenze  
dà indicazioni su quanto tempo è passato  
dalla separazione delle popolazioni**

Consideriamo ad esempio le frequenze relative dei gruppi sanguigni nelle popolazioni

	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>O</i>	<i>AB</i>
<b>FRANCESI</b>	44%	10%	42%	4%
<b>INGLESI</b>	42%	10%	44%	4%
<b>AMERICANI</b>	40%	11%	45%	4%
<b>ITALIANI</b>	42%	9%	47%	2%

In tutte queste popolazioni la differenza delle frequenze relative è piccola. Calcoliamo, come la usuale distanza tra punti di una retta (il modulo), la distanza tra Francesi e Inglesi e tra inglesi e americani per quel che riguarda il gruppo sanguigno *A*:

$$A_{FRANCESI} - A_{INGLESI} = |0.44 - 0.42| = 0.02$$

$$O_{AMERICANI} - O_{INGLESI} = |0.40 - 0.42| = 0.02$$

**NON VI È NESSUNA DIFFERENZA**

Migliore é certamente la stima della differenza ottenuta su tutte le frequenze con un'estensione del teorema di Pitagora

$$|\text{FRANCESI} - \text{INGLESI}| =$$

$$= \sqrt{(0.44 - 0.42)^2 + (0.10 - 0.10)^2 + (0.42 - 0.44)^2 + (0.04 - 0.04)^2}$$

$$= \sqrt{8 \times 10^{-4}} \approx 0.028$$

$$|\text{AMERICANI} - \text{INGLESI}| =$$

$$= \sqrt{(0.40 - 0.42)^2 + (0.11 - 0.10)^2 + (0.45 - 0.44)^2 + (0.04 - 0.04)^2}$$

$$= \sqrt{6 \times 10^{-4}} \approx 0.024$$

**COME SI INTERPRETA QUESTO RISULTATO?**

Bisogna ricordare che i Britanni e i Galli, antenati degli attuali Inglesi e Francesi, anche se appartenenti popolazioni celtiche, erano già separati nel III secolo a.C., mentre la separazione fra Americani e Inglesi si può datare all'inizio del Seicento (1607).

Questi invece sono i risultati del confronto degli italiani con gli altri popoli:

|FRANCESI - ITALIANI |  $\approx 0.059$

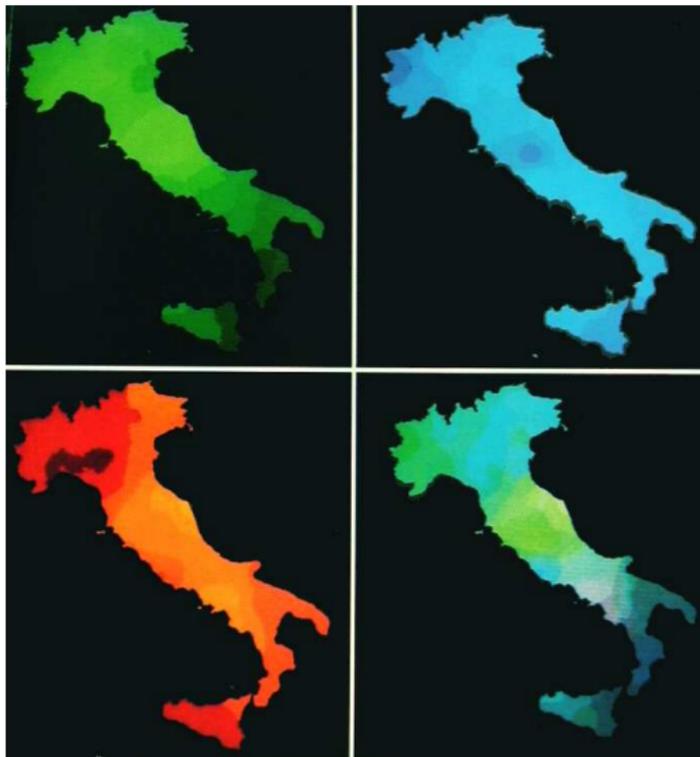
|INGLESI - ITALIANI |  $\approx 0.037$

|AMERICANI - ITALIANI |  $\approx 0.040$

Questo risultato contraddice il buon senso: i francesi sono nostri vicini e gli Stati Uniti sono stati luogo di grande immigrazione italiana, ma il popolo a noi più vicino per queste frequenze è quello inglese!

La storia delle popolazioni umane è estremamente complessa, e noi possiamo misurare solo le frequenze geniche delle popolazioni attuali. Però, usando tecniche matematiche piuttosto sofisticate (“distanze” che tengono in conto delle varianti di molti geni, contemporaneamente) è possibile ricostruire parte degli eventi che si sono succeduti nella storia, per esempio le grandi migrazioni.

# Le migrazioni in Italia attraverso la genetica



antichi greci/etruschi/liguri

Per saperne di più:

L. L. Cavalli-Sforza **Geni, popoli e lingue** 1996 Adelphi