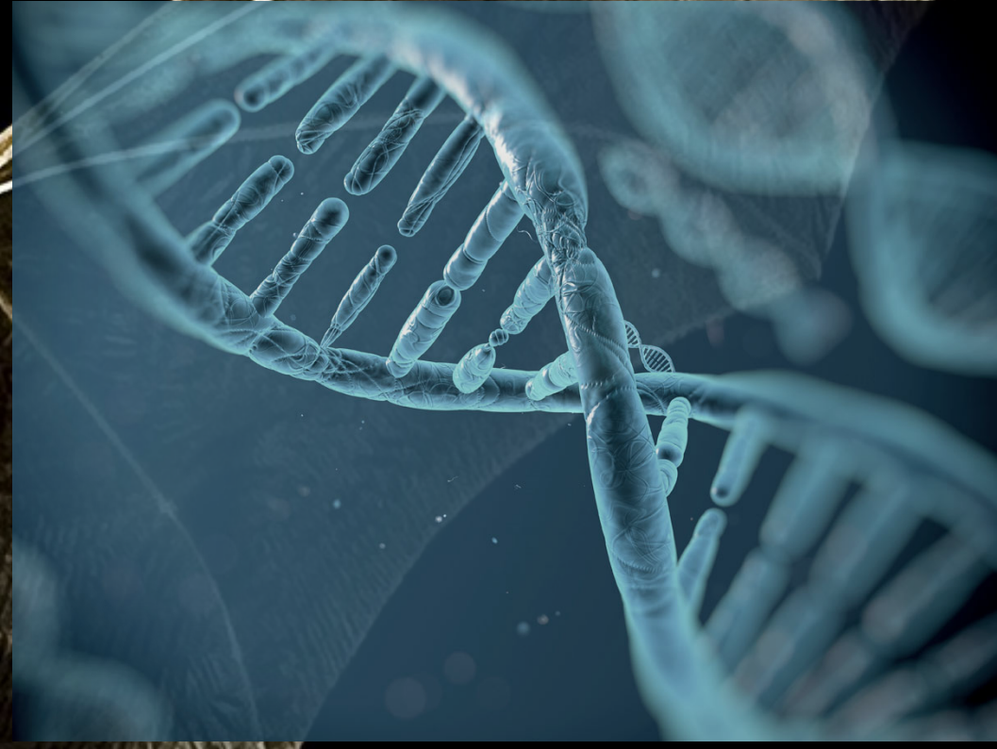






Φιλοσοφία της Βιολογίας

Σταύρος Ιωαννίδης / ΠΜΣ ΙΦΕΤ

Γενικές πληροφορίες

Μάθημα: Δευτέρα 15.30 - 18.00, αίθουσα ΝΚ1

Ώρες γραφείου: μετά από συνεννόηση

(Νέο κτήριο, 1ος όροφος, γραφείο 16)

Email: stavros.ioannidis.phil@gmail.com

Βασική Βιβλιογραφία

- **Godfrey-Smith** (2016) *Φιλοσοφία της βιολογίας*, ΠΕΚ.
- **Rosenberg & McShea** (2008) Philosophy of Biology: a contemporary introduction
- **Sterelny & Griffiths** (1999), *Sex and Death: An Introduction to the Philosophy of Biology*, Chicago: University of Chicago Press. **[SaD]**

- **Hull & Ruse** (2017) *Εγχειρίδιο του Cambridge για τη φιλοσοφία της βιολογίας*, Αφοι Κυριακίδη Εκδόσεις Α.Ε.
- **Sober** (ed.) (2006) *Conceptual issues in evolutionary biology*, Cambridge, Massachusetts: MIT Press. **[CIEB]**

- **Sterelny** (2014) *Dawkins κατά Gould: η επιβίωση του προσαρμοστικότερου*, Αλεξάνδρεια.

Άλλες σημαντικές πηγές

Griffiths, P.E. & K. Stotz (2013) *Genetics and Philosophy: an introduction*, New York: Cambridge University Press.

Κριμπάς (2007) Κοινωνιοβιολογία, Κάτοπτρο.

Stanford Encyclopedia of Philosophy **[SEP]**
http://plato.stanford.edu

Darwin (1859) *On the Origin of Species* (first edition).
http://darwin-online.org.uk/content/frameset?itemID=F373&viewtype=text&pageseq=1
(εισαγωγή, κεφ. 1-4, 6, 14)

Μέθοδοι αξιολόγησης

Για την επιτυχή παρακολούθηση του μαθήματος απαιτούνται:

- **Κριτική παρουσίαση άρθρου**

- **Τελικό φιλοσοφικό δοκίμιο** (τουλάχιστον 4,500 λέξεων χωρίς βιβλιογραφία)

Ανάδυση της φιλοσοφίας της βιολογίας τη δεκαετία του 1970

<u>3 βασικοί λόγοι</u>:

- **φυσικοκεντρισμός** παραδοσιακής φιλοσοφίας επιστήμης

- κεντρική θέση βιολογίας στον 20ό αιώνα
  -> **εννοιολογικά** προβλήματα εντός βιολογίας

- '**φυσιοκρατική** στροφή' στη φιλοσοφία

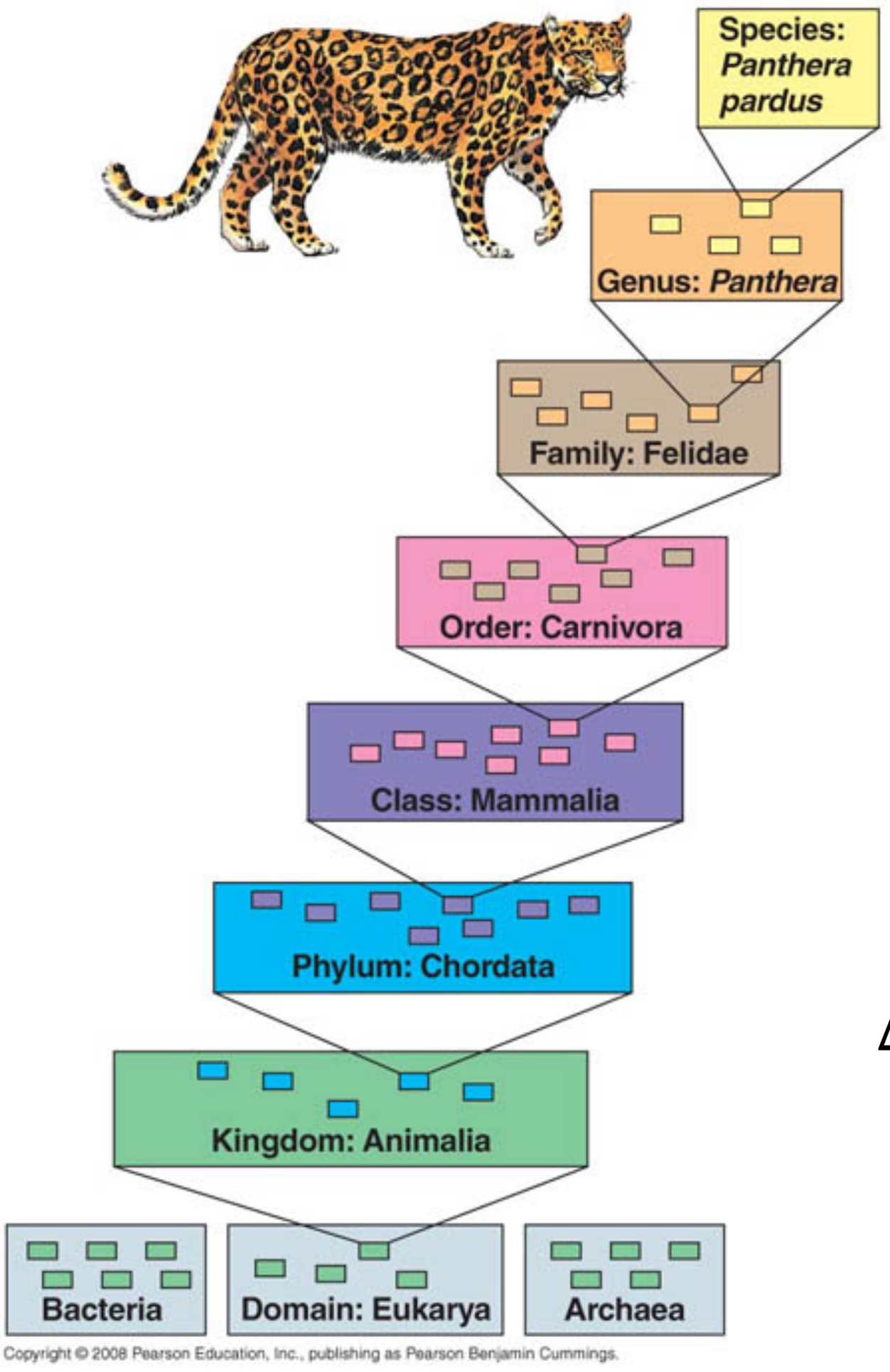
100

ETT HUNDRA KRONOR

SVERIGES RIKSBANK

6420210532

100



Διωνυμική ονοματολογία

Binomial nomenclature

CAROLI LINNÆI

EQUITIS DE STELLA POLARI,

ARCHIATRI REGII, MED. & BOTAN. PROFESS. UPSAL.;
ACAD. UPSAL. HOLMENS. PETROPOL. BEROL. IMPER.
LOND. MONSPEL. TOLOS. FLORENT. SOC.

SYSTEMA NATURÆ

PER

REGNA TRIA NATURÆ,

SECUNDUM

CLASSES, ORDINES,
GENERA, SPECIES,

CUM

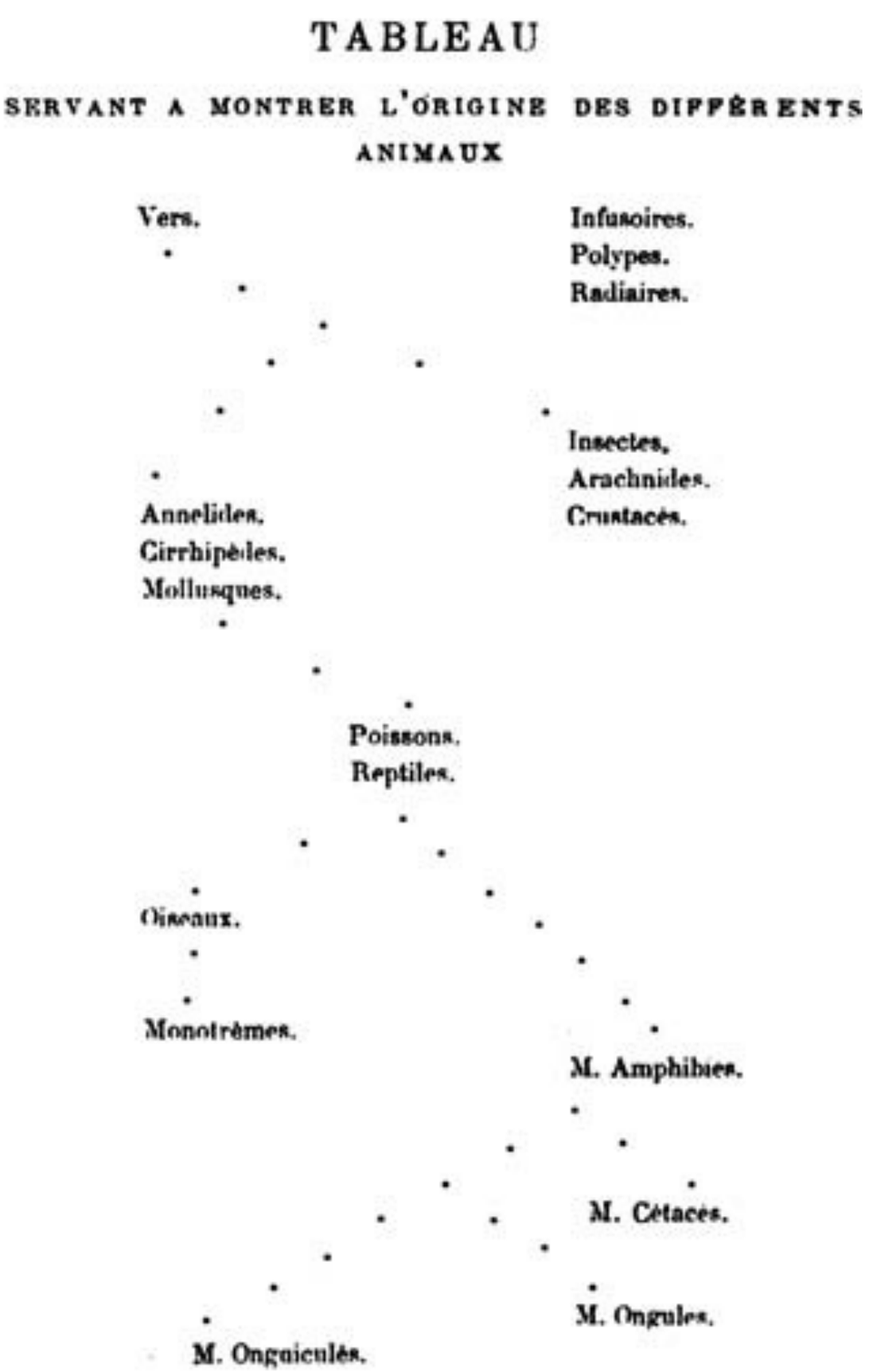
CHARACTERIBUS, DIFFERENTIIS,
SYNONYMIS, LOCIS.

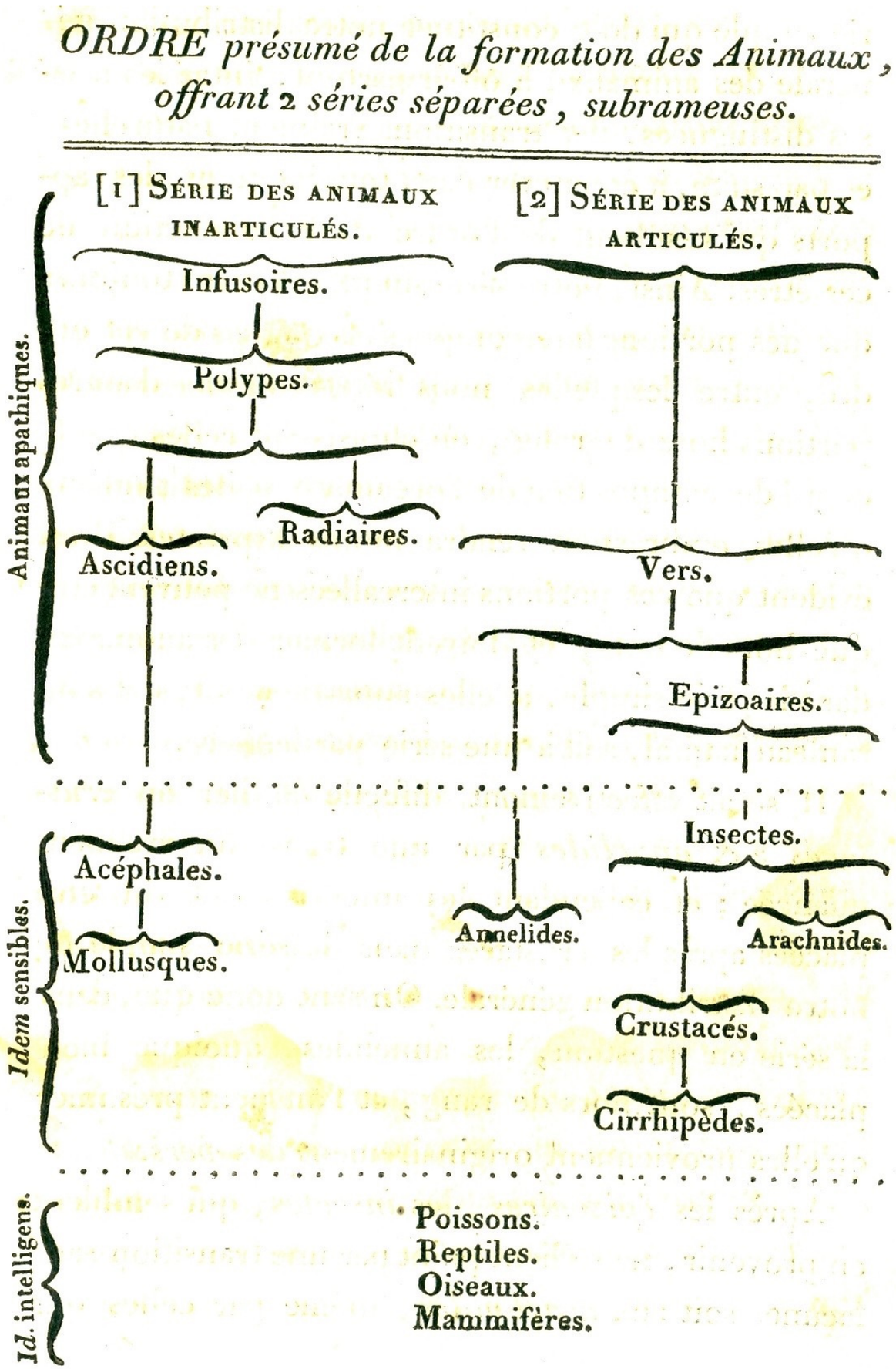
TOMUS I.

10
EDITIO DECIMA, REFORMATA.

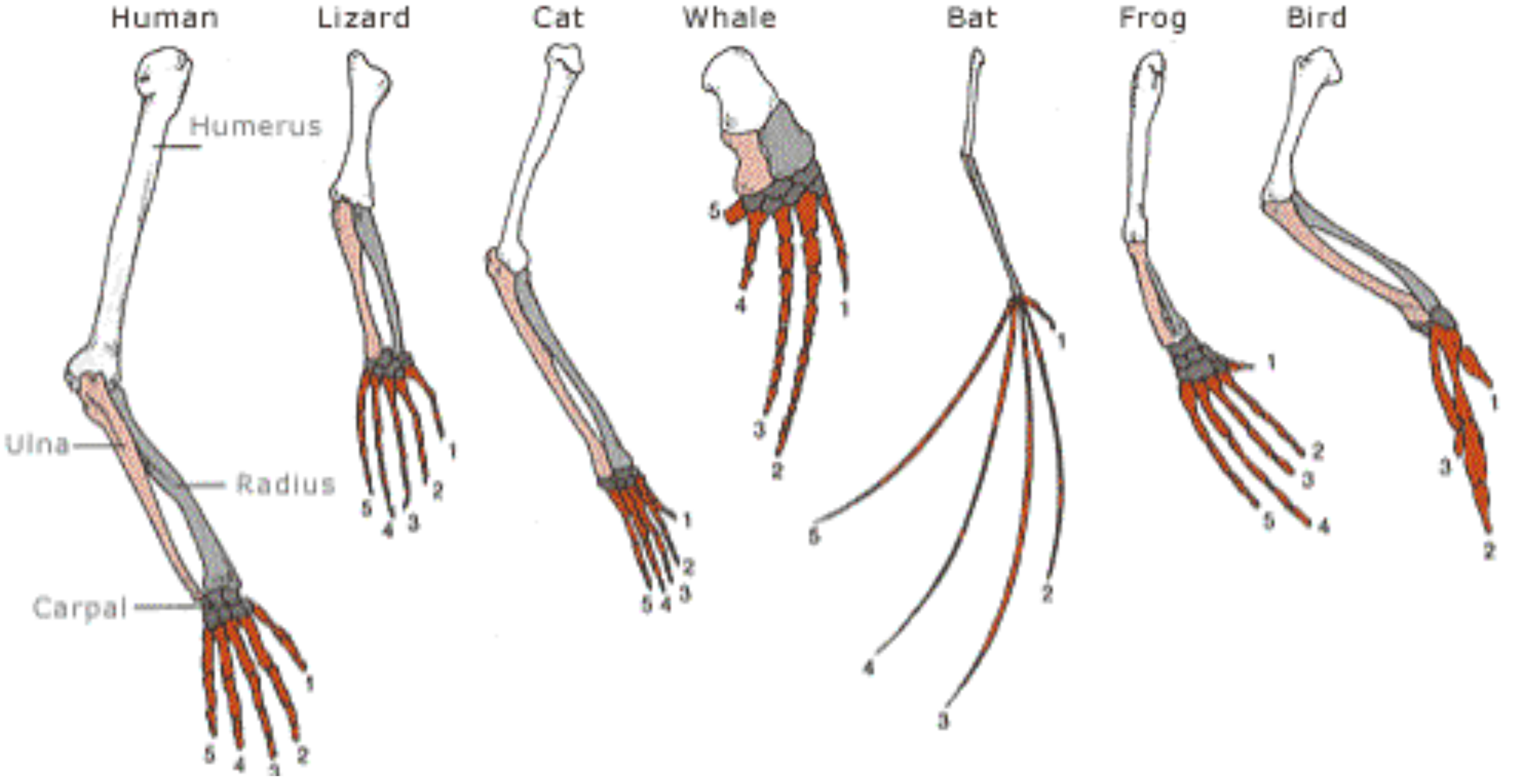
Cum Privilegio S:æ R:æ M:tis Sveciæ.

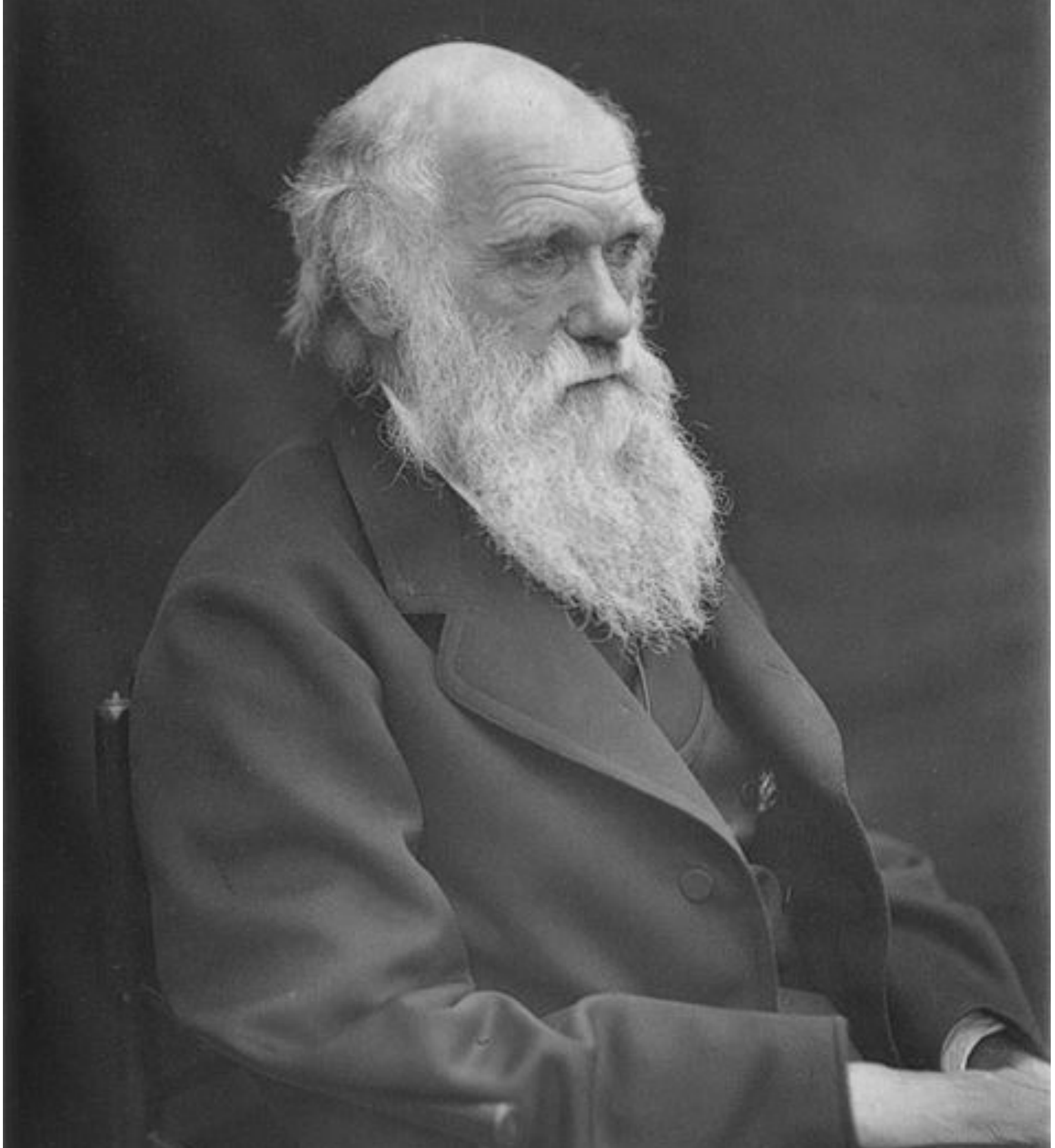
HOLMIÆ,
IMPENSIS DIRECT. LAURENTII SALVII,
1758.





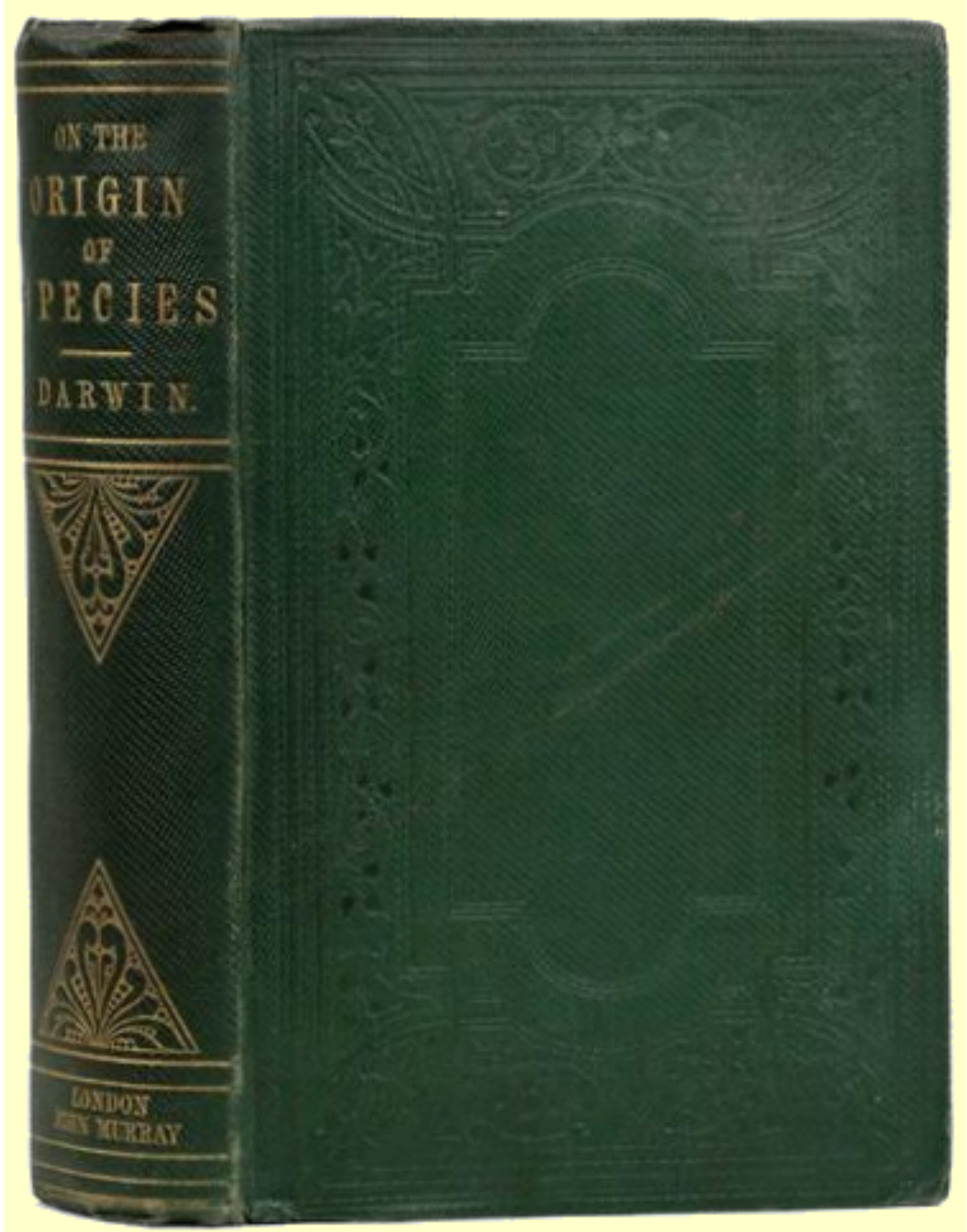
Η εξέλιξη των ζώων κατά τον Lamarck, όπως απεικονίζεται στην *Ζωολογική Φιλοσοφία* (1809, αριστερά), και στην *Φυσική Ιστορία των Ασπόνδυλων Ζώων* (1815, δεξιά).


Human
Lizard
Cat
Whale
Bat
Frog
Bird
Humerus
Ulna
Radius
Carpal



1809 – 1882

1859
Η Καταγωγή των Ειδών



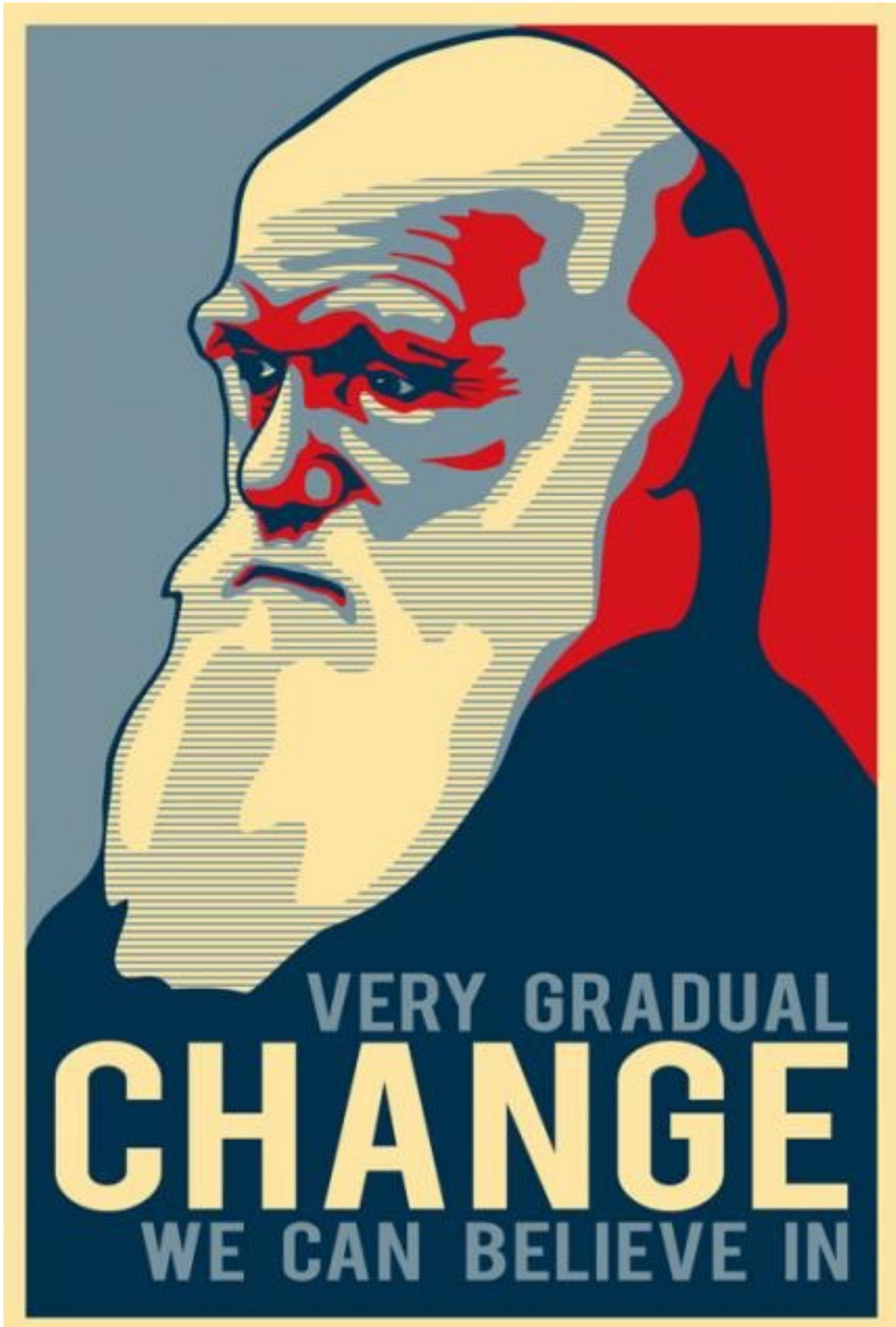


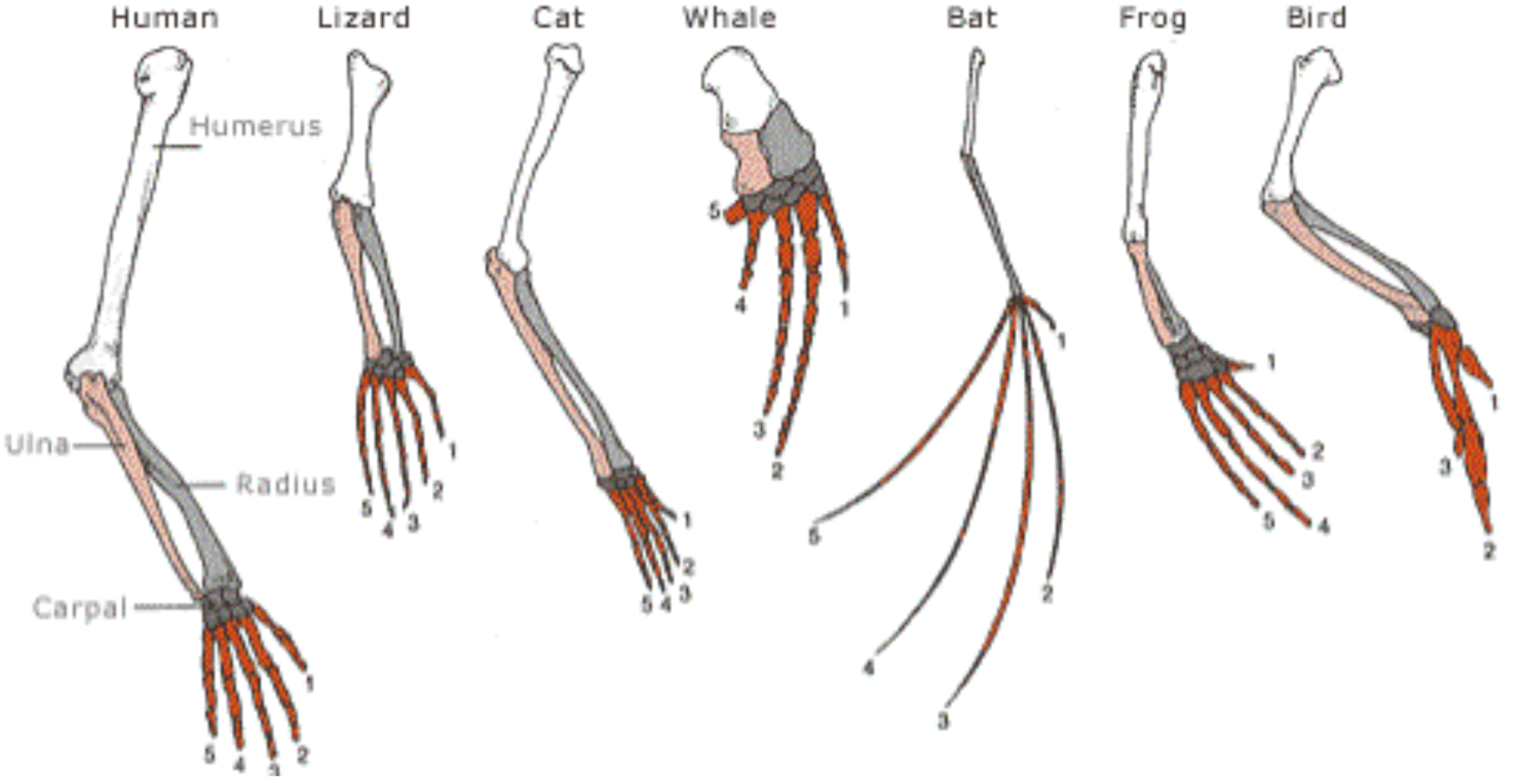
© Wiley Ink, inc./Distributed by Universal Uclick via Cartoonstock

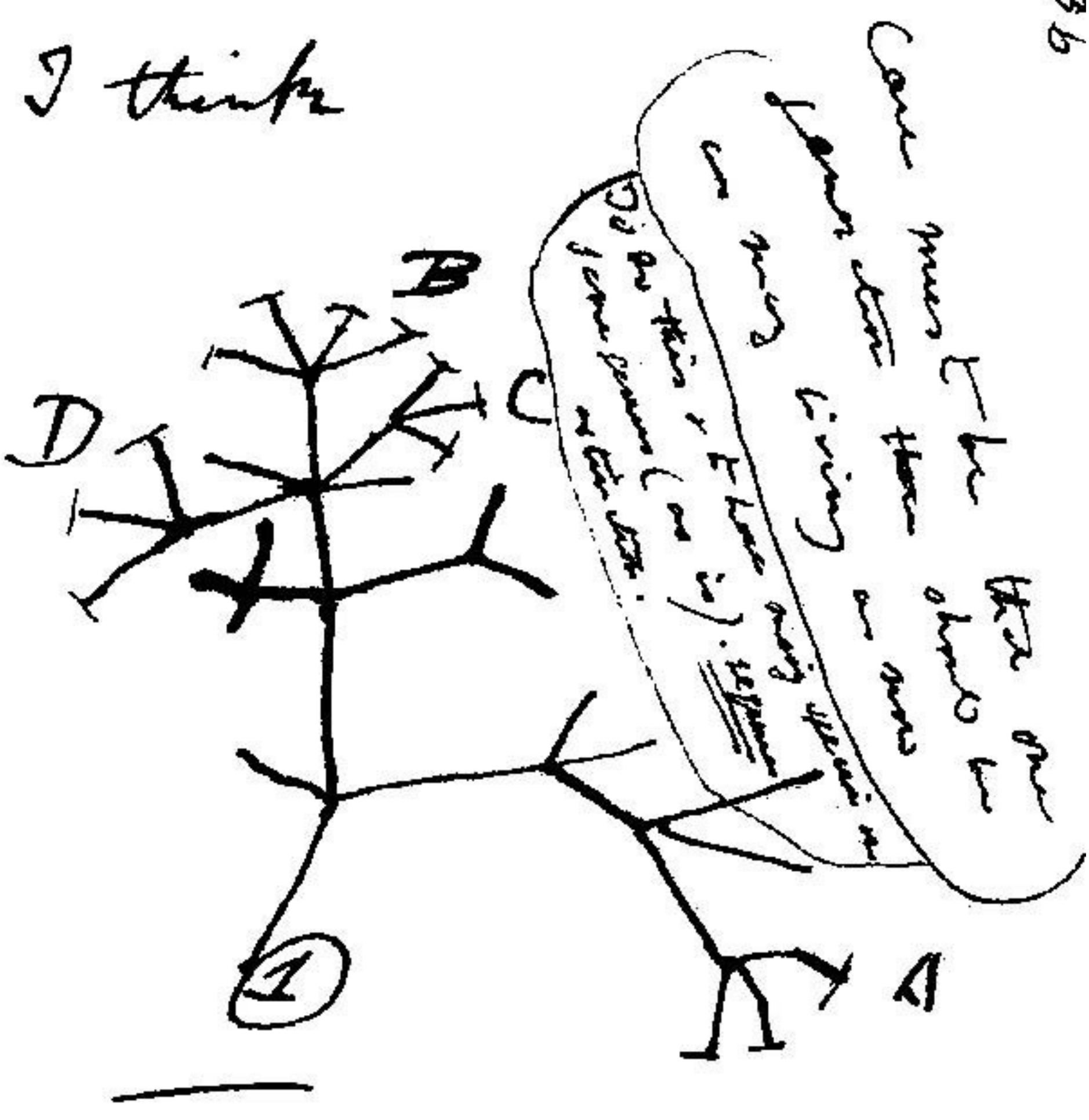
Τι είναι η θεωρία της εξέλιξης;

1. Η ζωή **εξελίσσεται**: οι πληθυσμοί **αλλάζουν** με την πάροδο του χρόνου

2. Η αλλαγή αυτή συμβαίνει **σταδιακά** (με την πάροδο εκατοντάδων, ή και εκατομμυρίων χρόνων)




Human
Lizard
Cat
Whale
Bat
Frog
Bird
Humerus
Ulna
Radius
Carpal



organised beings represent a tree. Irregularly branched some branches far more branched. - Hence Genera. - «as many terminal buds dying, as new ones generated»
(1837, Notebook B)

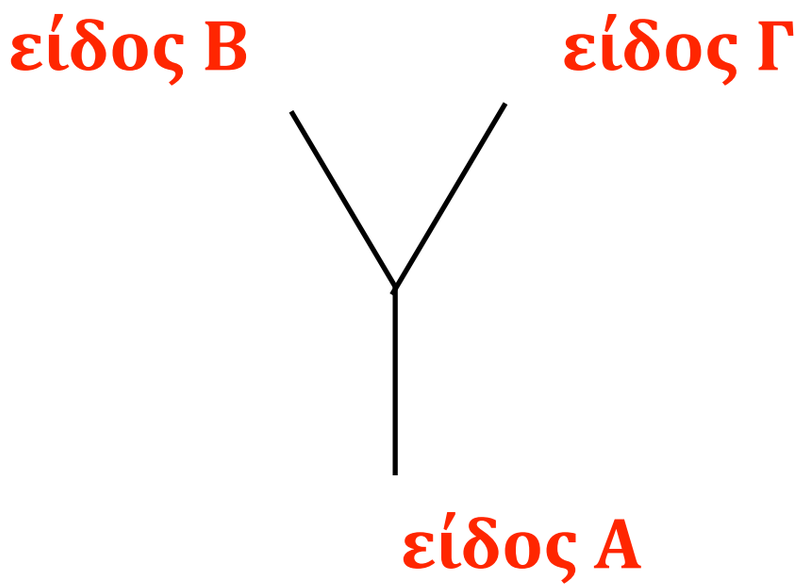
Τι είναι η θεωρία της εξέλιξης;

1. Η ζωή **εξελίσσεται**: οι πληθυσμοί **αλλάζουν** με την πάροδο του χρόνου

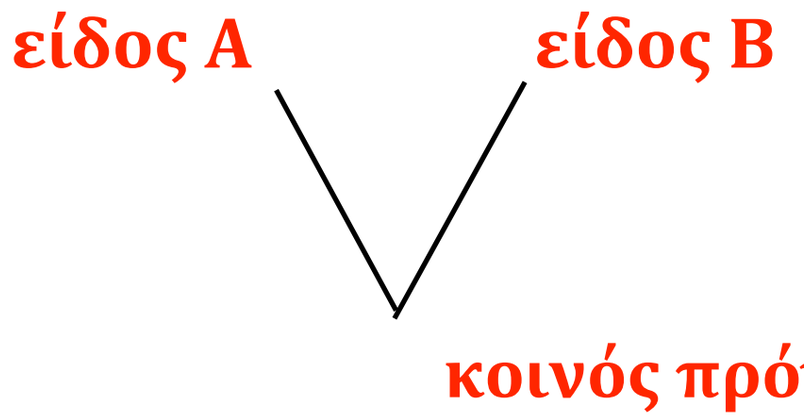
2. Η αλλαγή αυτή συμβαίνει **σταδιακά** (με την πάροδο εκατοντάδων, ή και εκατομμυρίων χρόνων)

Τι είναι η θεωρία της εξέλιξης;

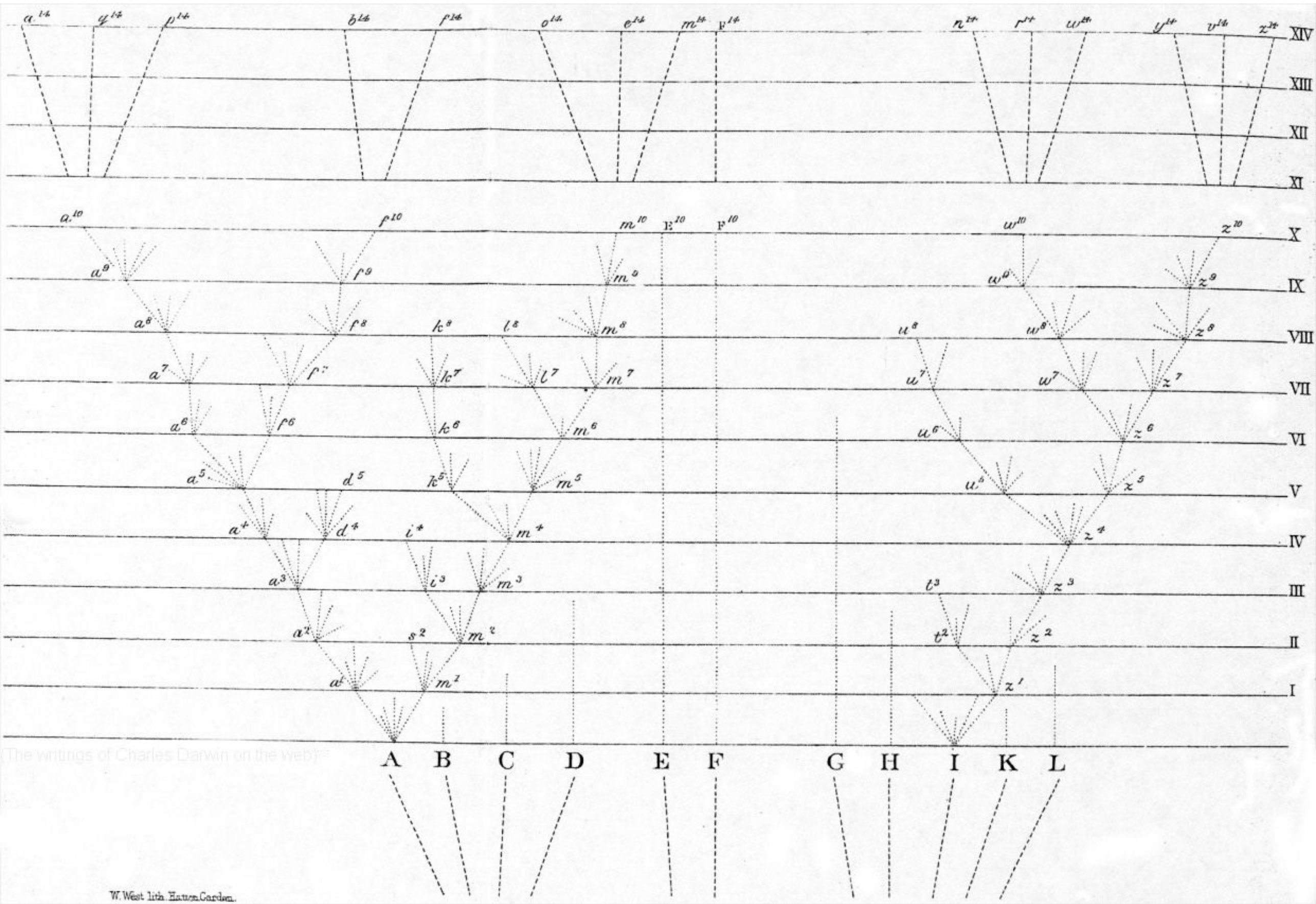
3. Συμβαίνει **ειδογένεση** (speciation - species) (ένα είδος οργανισμών **διασπάται** σε δύο ή περισσότερα)



Τι είναι η θεωρία της εξέλιξης;



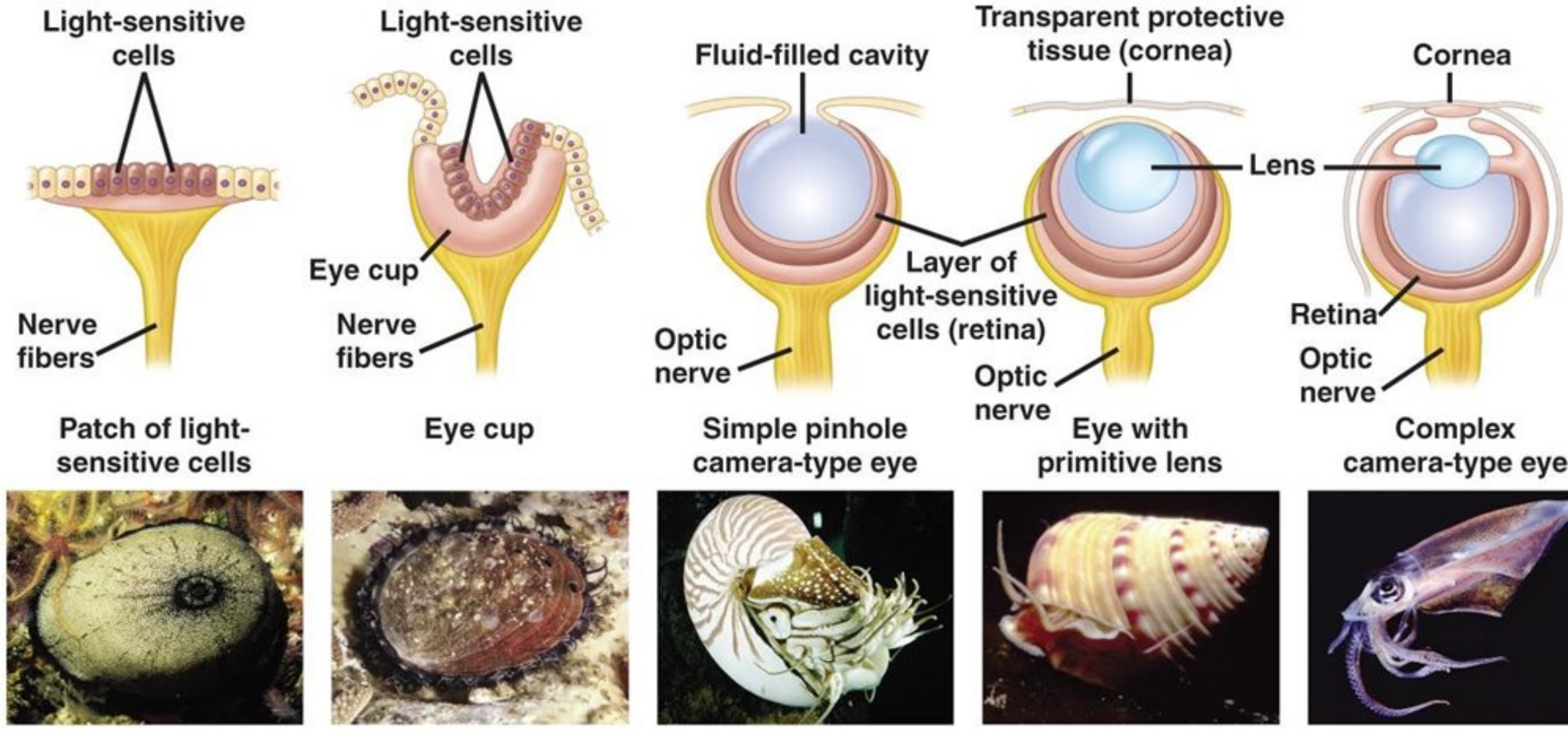
4. Όλα τα είδη μοιράζονται έναν κοινό πρόγονο!



Το δέντρο της ζωής, η μοναδική εικόνα της *Καταγωγής*

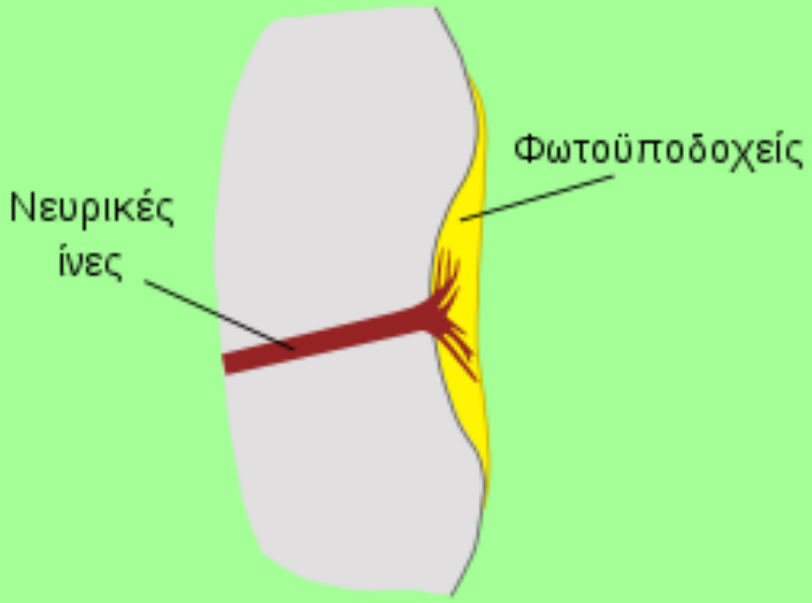
Τι είναι η θεωρία της εξέλιξης;

5. Η εξέλιξη συμβαίνει μέσω **φυσικής επιλογής**, η οποία προκαλεί την εμφάνιση **προσαρμογών** στους οργανισμούς (οι οργανισμοί φαίνονται σαν να έχουν **σχεδιαστεί**)

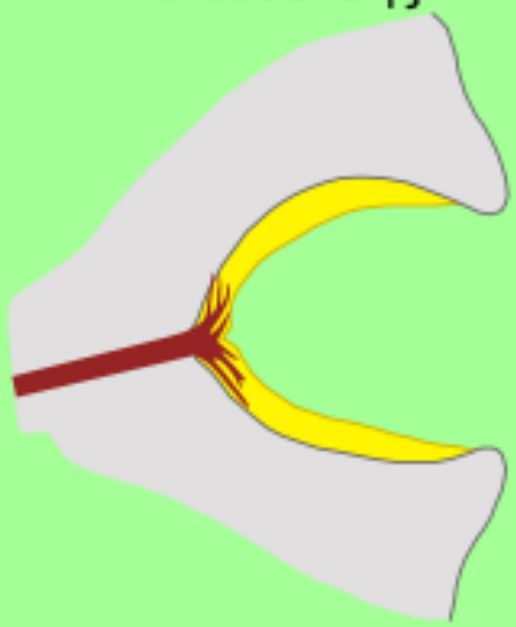


Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

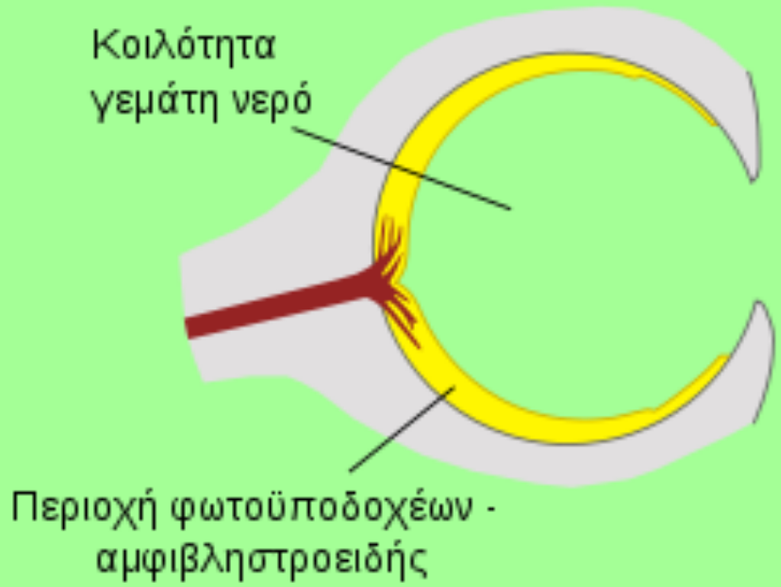
α) Περιοχή
με φωτοευαίσθητα κύτταρα



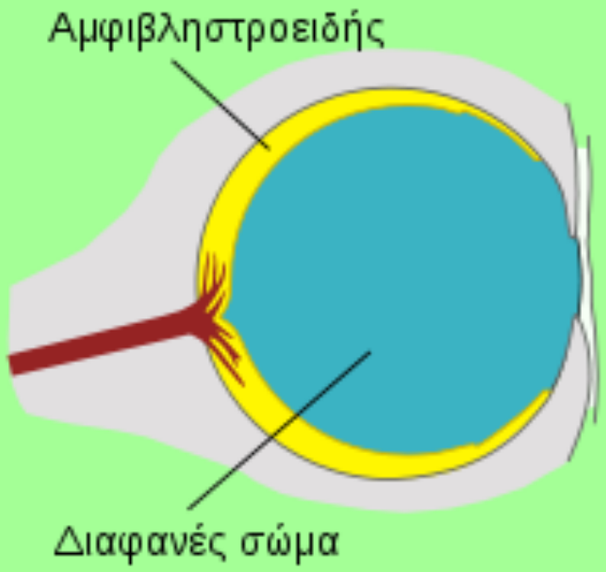
β) Πτυχωμένη κοιλότητα -
περιορισμένη αίσθηση
κατεύθυνσης



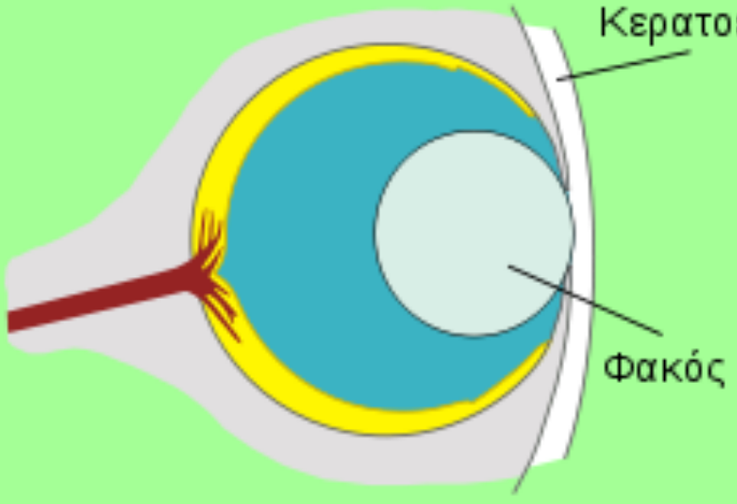
γ) Μάτι με οπή -
καλύτερη κατευθυντικότητα,
σχηματισμός ειδώλου



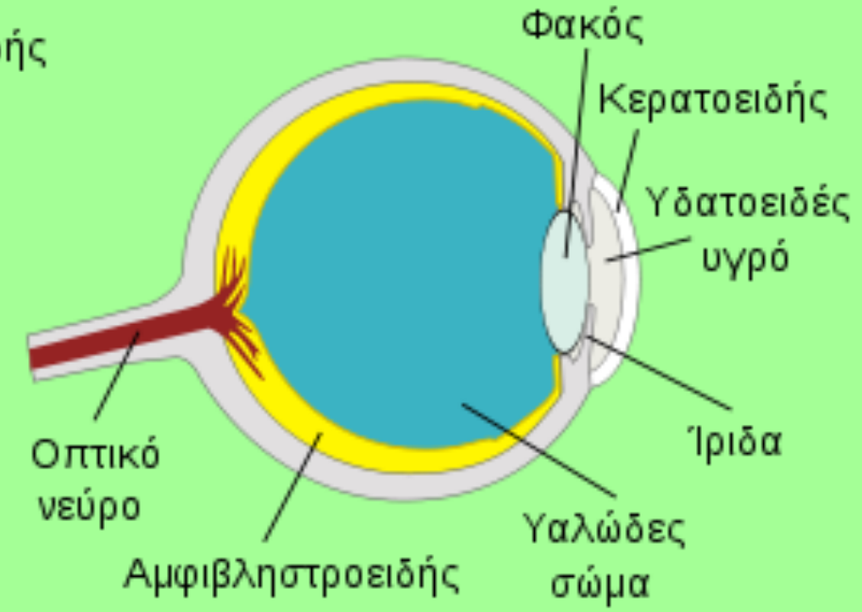
δ) Στον περίκλειστο θάλαμο
αναπτύσσεται διαφανές σώμα

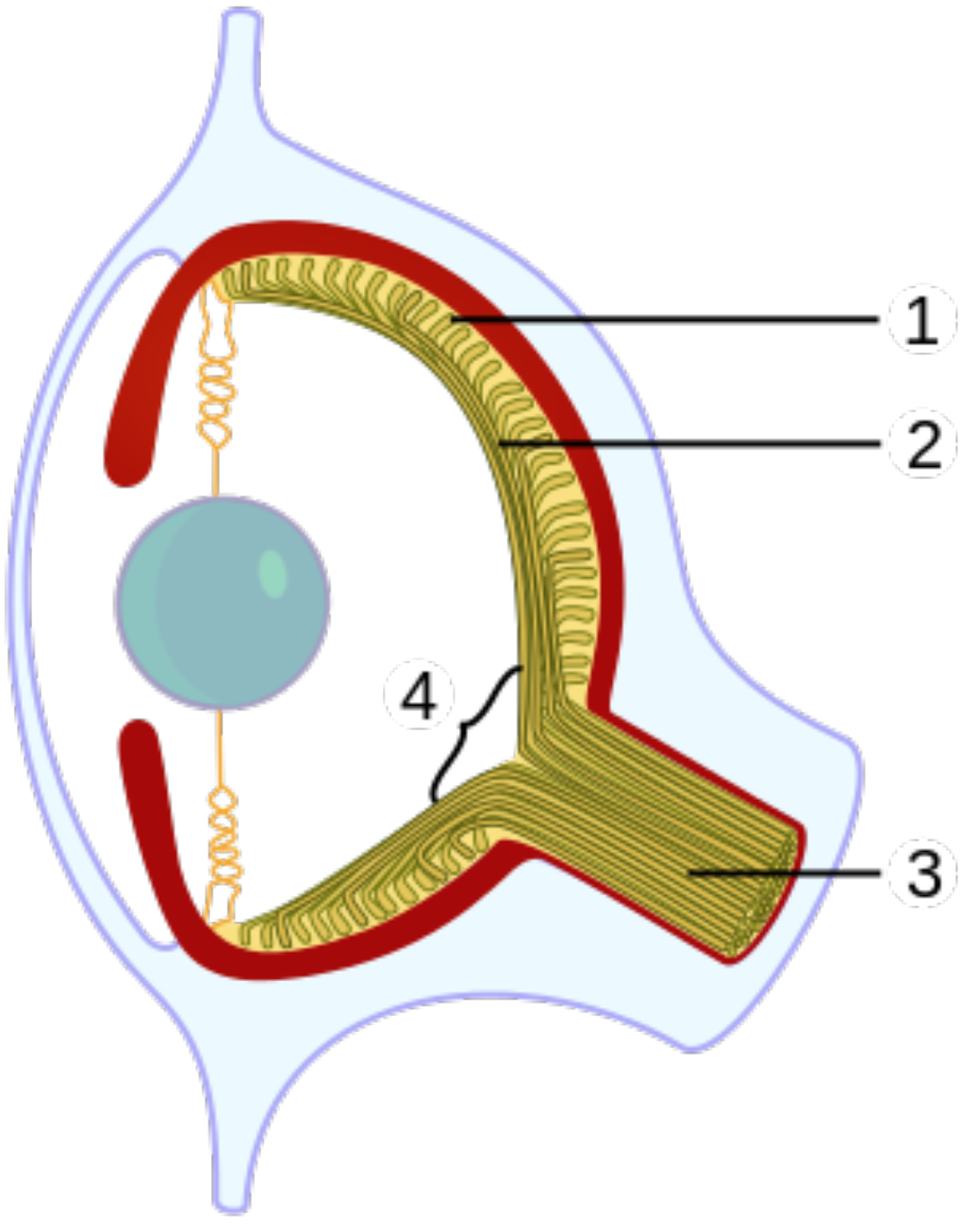


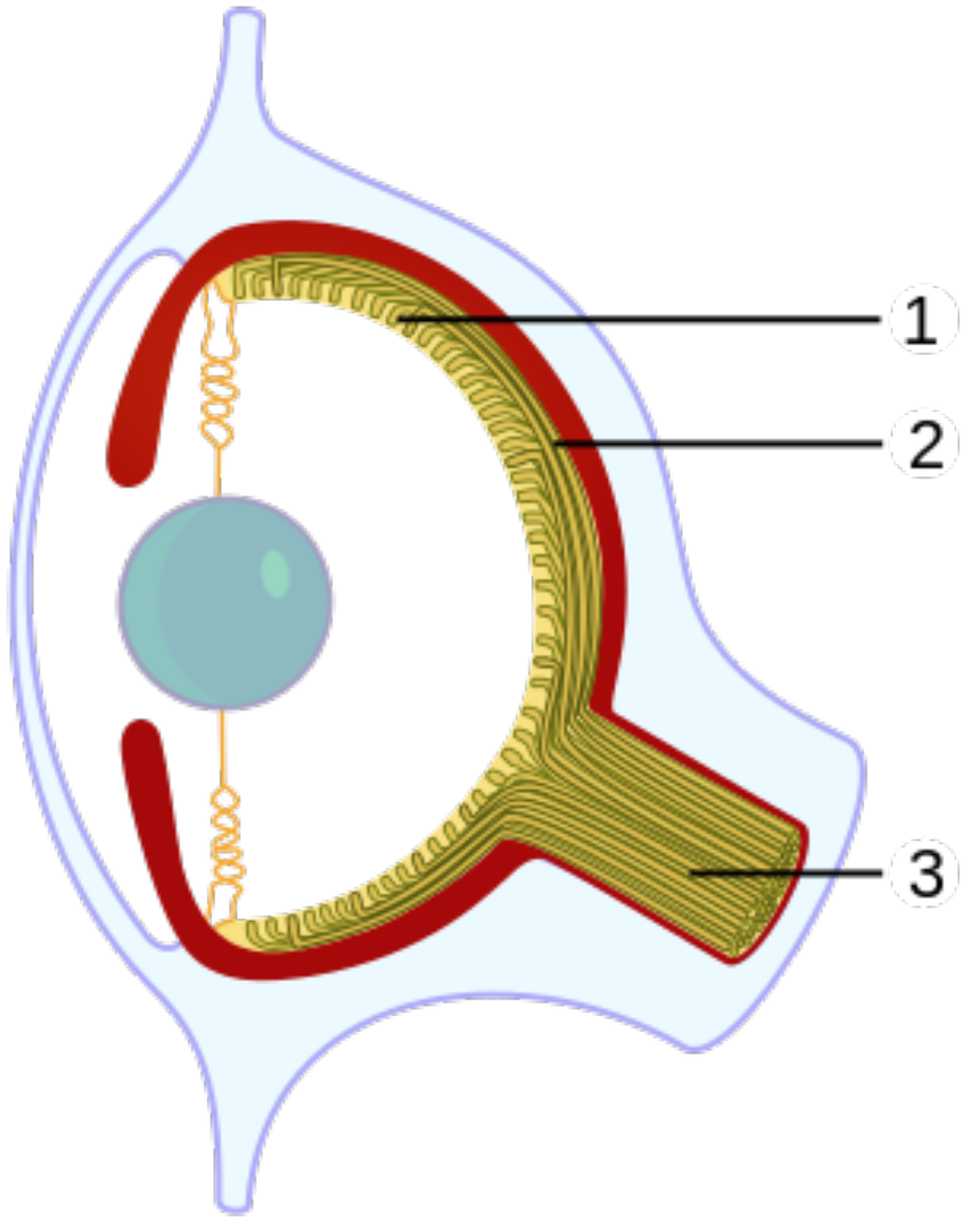
ε) Αναπτύσσεται
διάκριτος φακός



στ) Αναπτύσσεται ίριδα,
διαχωρίζεται ο κερατοειδής




1
2
4
3


1
2
3

Τι είναι η θεωρία της εξέλιξης;

1. Η ζωή **εξελίσσεται**
2. Η εξέλιξη συμβαίνει **σταδιακά**
3. Συμβαίνει **ειδογένεση**
4. Όλα τα είδη μοιράζονται έναν **κοινό πρόγονο**
5. Η εξέλιξη συμβαίνει μέσω **φυσικής επιλογής**

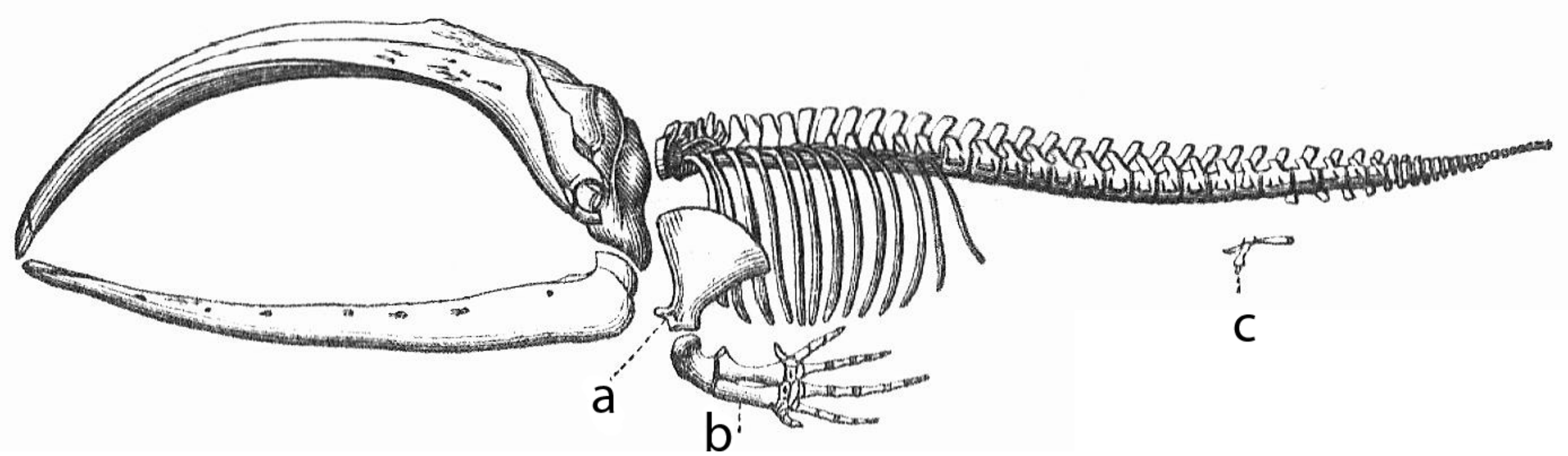
I

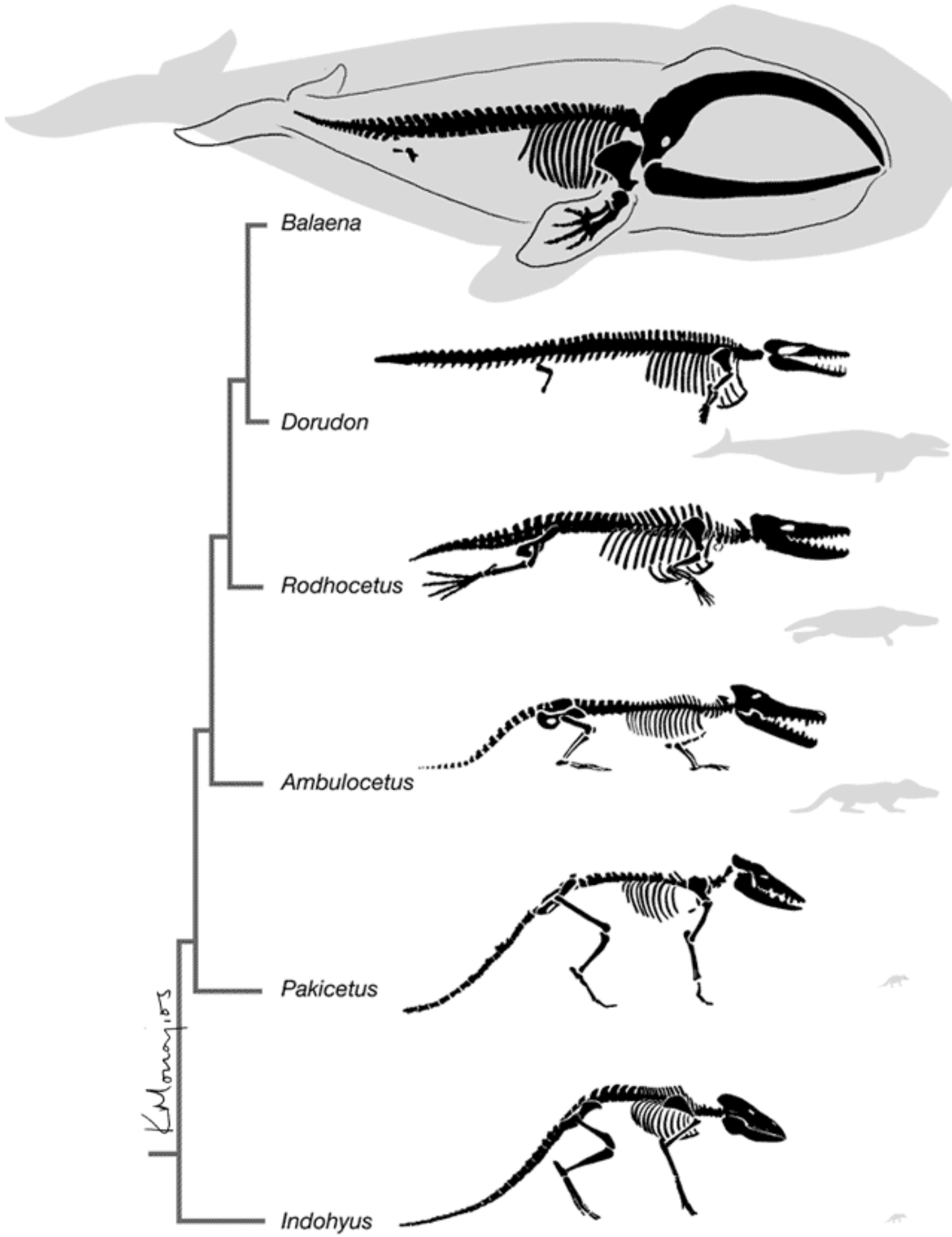
II

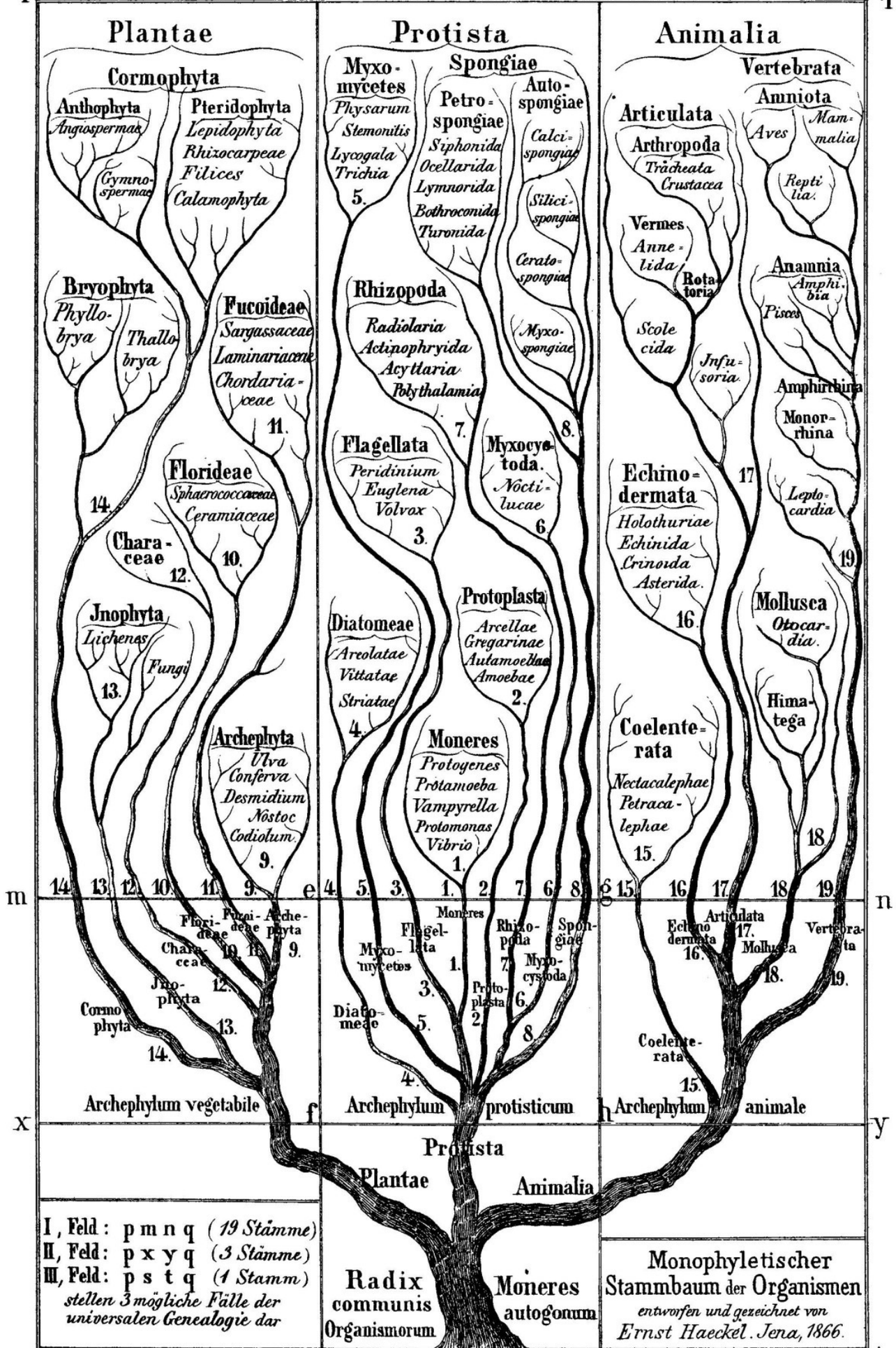
III



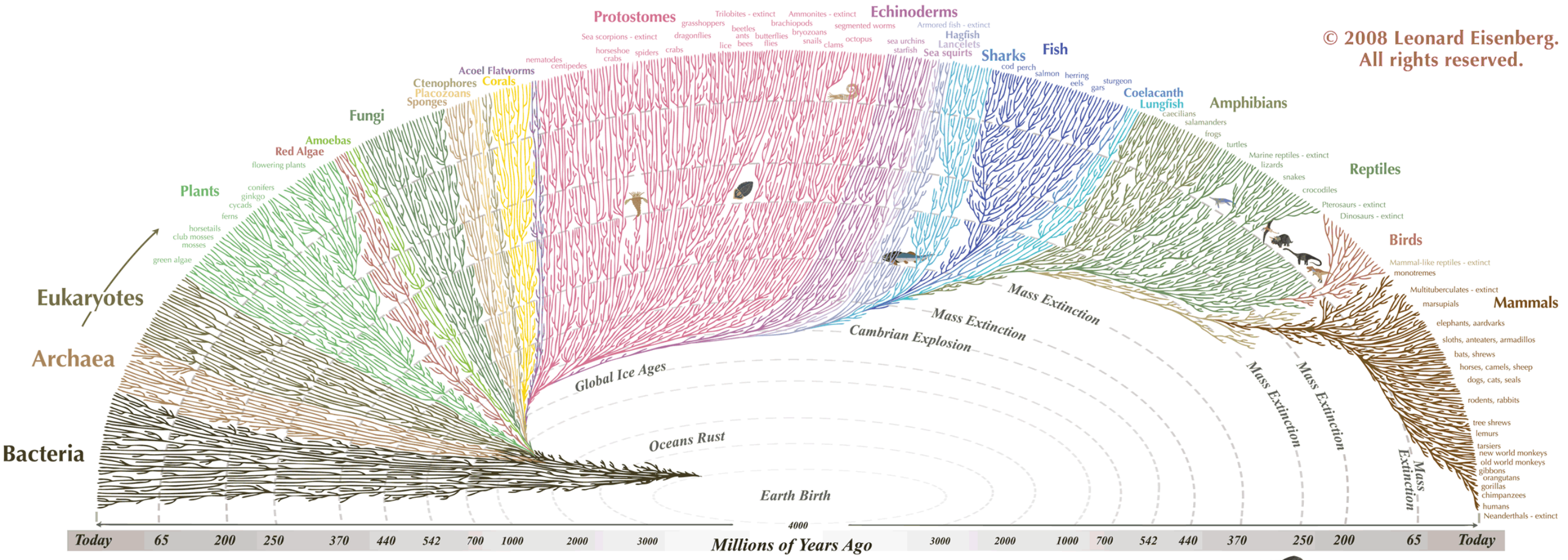
Fish Salamander Tortoise Chick Hog Calf Rabbit Human


a
b
c


Balaena
Dorudon
Rodhocetus
Ambulocetus
Pakicetus
Indohyus


Plantae
Protista
Animalia
Cormophyta
Anthophyta
Angiospermae
Gymnospermae
Pteridophyta
Lepidophyta
Rhizocarpeae
Filices
Calamophyta
Bryophyta
Phyllobrya
Thallobrya
Fucoideae
Sargassaceae
Laminariaceae
Chordariaceae
11.
Florideae
Sphaerococcaceae
Ceramiaceae
10.
14.
Characeae
12.
Jnophyta
Lichenes
Fungi
13.
Archephyta
Ulva
Conferva
Desmidium
Nostoc
Codiolum
9.
Myxomycetes
Physarum
Stemonitis
Lycogala
Trichia
5.
Spongiae
Petrospongiae
Siphonida
Ocellarida
Lymnorida
Bothroconida
Turonida
Autospongiae
Calcispongiae
Silicispongiae
Ceratospongiae
Myxospongiae
Rhizopoda
Radiolaria
Actipophryida
Acyttaria
Polythalamia
7.
8.
Flagellata
Peridinium
Euglena
Volvox
3.
Myxocystoda.
Noctilucae
6.
Protoplasta
Arcellae
Gregarinae
Autamoebae
Amoebae
2.
Diatomeae
Areolatae
Vittatae
Striatae
4.
Moneres
Protogenes
Protamoeba
Vampyrella
Protomonas
Vibrio
1.
Vertebrata
Amniota
Aves
Mammalia
Reptilia.
Anamnia
Amphibia.
Pisces
Articulata
Arthropoda
Tracheata
Crustacea
Vermes
Annelida
Rotatoria
Scolecida
Infusoria.
Amphirhina
Monorrhina
Leptocardia
19
Echinodermata
Holothuriae
Echinida
Crinoida
Asterida.
16.
17
Mollusca
Otocardia.
Himatega
18.
Coelenterata
Nectacalephae
Petracalephae
15.
m
n
e
f
g
h
x
y
14 13 12 10 11 9 4 5 3 1 2 7 6 8 15 16 17 18 19
Archephylum vegetabile
Archephylum protisticum
Archephylum animale
Protista
Plantae
Animalia
I, Feld: p m n q (19 Stämme)
II, Feld: p x y q (3 Stämme)
III, Feld: p s t q (1 Stamm)
stellen 3 mögliche Fälle der universalen Genealogie dar
Radix communis Organismorum
Moneres autogonum
Monophyletischer Stammbaum der Organismen
entworfen und gezeichnet von
Ernst Haeckel. Jena, 1866.

© 2008 Leonard Eisenberg.
All rights reserved.



All the major and many of the minor living branches of life are shown on this diagram, but only a few of those that have gone extinct are shown. Example: Dinosaurs - extinct



© 2008 Leonard Eisenberg. All rights reserved.
evogeneao.com

Marine reptiles - extinct
lizards
snakes
crocodiles
Pterosaurs - extinct
Dinosaurs - extinct

Reptiles

Birds

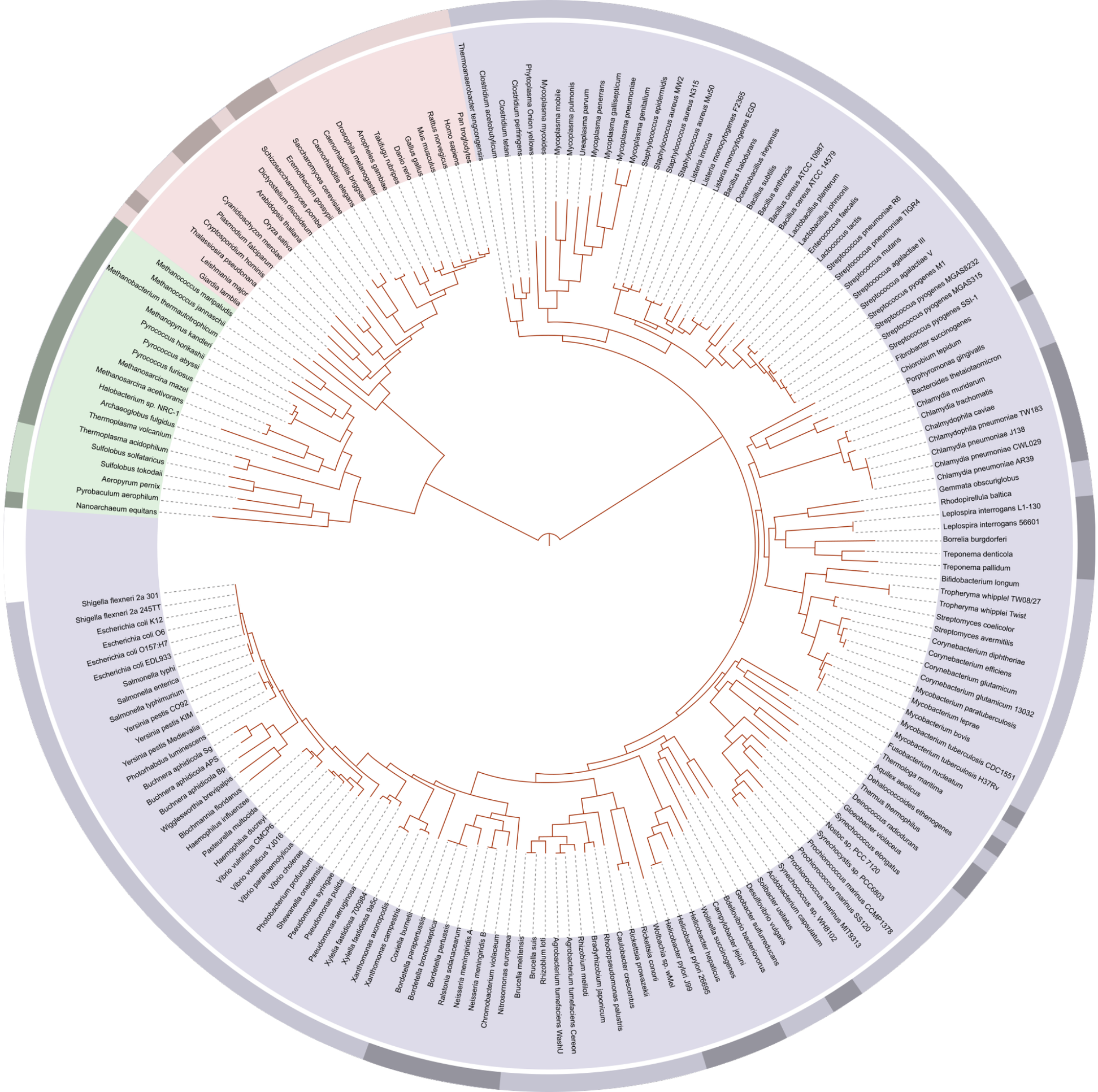
Mammal-like reptiles - extinct
monotremes
Multituberculates - extinct
marsupials

Mammals

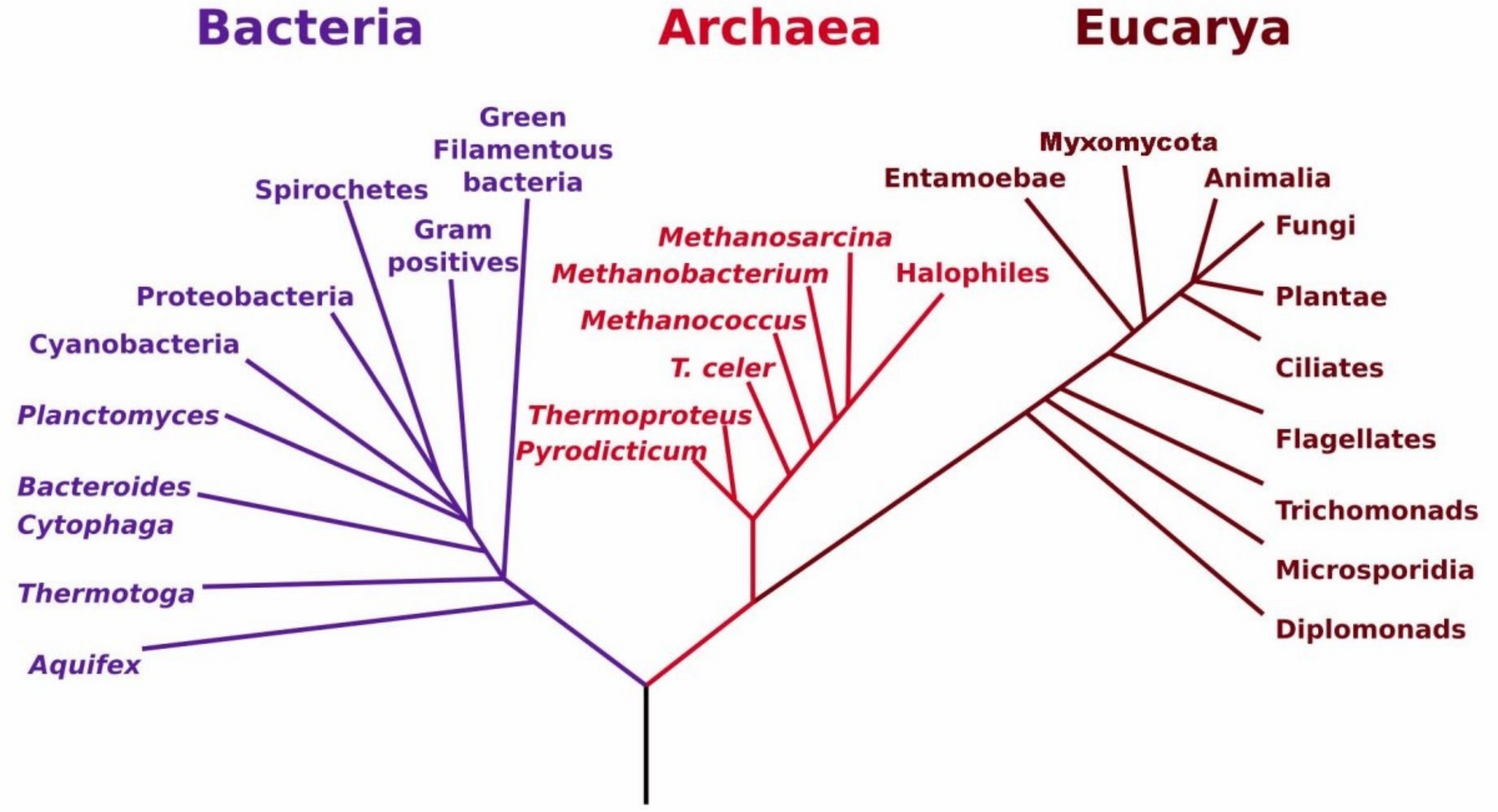
elephants, aardvarks
sloths, anteaters, armadillos
bats, shrews
horses, camels, sheep
dogs, cats, seals
rodents, rabbits
tree shrews
lemurs
tarsiers
new world monkeys
old world monkeys
gibbons
orangutans
gorillas
chimpanzees
humans
Neanderthals - extinct

Extinction
Mass Extinction
Mass Extinction
Mass Extinction
Mass Extinction

1000 *700* *542* *440* *370* *250* *200* *65* *Today*


Thermoanaerobacter tengcongensis
Clostridium acetobutylicum
Clostridium tetani
Clostridium perfringens
Phytoplasma Onion yellows
Mycoplasma mobile
Mycoplasma mycoides
Mycoplasma pulmonis
Ureaplasma parvum
Mycoplasma penetrans
Mycoplasma gallisepticum
Mycoplasma pneumoniae
Mycoplasma genitalium
Staphylococcus epidermidis
Staphylococcus aureus MW2
Staphylococcus aureus N315
Staphylococcus aureus Mu50
Listeria innocua
Listeria monocytogenes F2365
Listeria monocytogenes EGD
Bacillus halodurans
Oceanobacillus iheyensis
Bacillus subtilis
Bacillus anthracis
Bacillus cereus ATCC 10987
Bacillus cereus ATCC 14579
Lactobacillus plantarum
Lactobacillus johnsonii
Enterococcus faecalis
Lactococcus lactis
Streptococcus pneumoniae R6
Streptococcus pneumoniae TIGR4
Streptococcus mutans
Streptococcus agalactiae III
Streptococcus agalactiae V
Streptococcus pyogenes M1
Streptococcus pyogenes MGAS8232
Streptococcus pyogenes MGAS315
Streptococcus pyogenes SSI-1
Fibrobacter succinogenes
Chlorobium tepidum
Porphyromonas gingivalis
Bacteroides thetaiotaomicron
Chlamydia muridarum
Chlamydia trachomatis
Chalmydophila caviae
Chlamydophila pneumoniae TW183
Chlamydia pneumoniae J138
Chlamydia pneumoniae CWL029
Chlamydia pneumoniae AR39
Gemmata obscuriglobus
Rhodopirellula baltica
Leplospira interrogans L1-130
Leplospira interrogans 56601
Borrelia burgdorferi
Treponema denticola
Treponema pallidum
Bifidobacterium longum
Tropheryma whipplei TW08/27
Tropheryma whipplei Twist
Streptomyces coelicolor
Streptomyces avermitilis
Corynebacterium diphtheriae
Corynebacterium efficiens
Corynebacterium glutamicum
Corynebacterium glutamicum 13032
Mycobacterium paratuberculosis
Mycobacterium leprae
Mycobacterium bovis
Mycobacterium tuberculosis CDC1551
Mycobacterium tuberculosis H37Rv
Fusobacterium nucleatum
Thermologa maritima
Aquilex aeolicus
Dehalococcoides ethenogenes
Thermus thermophilus
Deinococcus radiodurans
Gloeobacter violaceus
Synechococcus elongatus
Nostoc sp. PCC 7120
Synechocystis sp. PCC6803
Prochlorococcus marinus CCMP1378
Prochlorococcus marinus MIT9313
Prochlorococcus marinus SS120
Synechococcus sp. WH8102
Acidobacterium capsulatum
Solibacter usitatus
Desulfovibrio vulgaris
Geobacter sulfurreducans
Campylobacter jejuni
Wolinella succinogenes
Helicobacter hepaticus
Helicobacter pylori 26695
Helicobacter pylori J99
Wolbachia sp. wMel
Rickettsia conorii
Rickettsia prowazekii
Caulobacter crescentus
Rhodopseudomonas palustris
Bradyrhizobium japonicum
Rhizobium meliloti
Agrobacterium tumefaciens Cereon
Agrobacterium tumefaciens WashU
Brucella melitensis
Brucella suis
Rhizobium loti
Nitrosomonas europaea
Chromobacterium violaceum
Neisseria meningiridis B
Neisseria meningiridis A
Ralstonia solanacearum
Bordetella pertussis
Bordetella bronchiseptica
Bordetella parapertussis
Coxiella burnetii
Xanthomonas campestris
Xanthomonas axonopodis
Xylella fastidiosa 9a5c
Xylella fastidiosa 700964
Pseudomonas aeruginosa
Pseudomonas putida
Pseudomonas syringae
Shewanella oneidensis
Photobacterium profundum
Vibrio cholerae
Vibrio parahaemolyticus
Vibrio vulnificus YJ016
Vibrio vulnificus CMCP6
Haemophilus ducreyi
Haemophilus multocida
Pasteurella multocida
Haemophilus influenzae
Blochmannia floridanus
Wigglesworthia brevipalpis
Buchnera aphidicola Bp
Buchnera aphidicola APS
Buchnera aphidicola Sg
Photorhabdus luminescens
Yersinia pestis Medievalia
Yersinia pestis KIM
Yersinia pestis CO92
Salmonella typhimurium
Salmonella enterica
Salmonella typhi
Escherichia coli EDL933
Escherichia coli O157:H7
Escherichia coli O6
Escherichia coli K12
Shigella flexneri 2a 245TT
Shigella flexneri 2a 301
Nanoarchaeum equitans
Pyrobaculum aerophilum
Aeropyrum pernix
Sulfolobus tokodaii
Sulfolobus solfataricus
Thermoplasma acidophilum
Thermoplasma volcanium
Archaeoglobus fulgidus
Halobacterium sp. NRC-1
Methanosarcina acetivorans
Methanosarcina mazei
Pyrococcus furiosus
Pyrococcus abyssi
Pyrococcus horikashii
Methanopyrus kandleri
Methanobacterium thermautotrophicum
Methanococcus jannaschii
Methanococcus maripaludis
Giardia lamblia
Leishmania major
Thalassiosira pseudonana
Cryptosporidium hominis
Plasmodium falciparum
Cyanidioschyzon merolae
Oryza sativa
Arabidopsis thaliana
Dictyostelium discoideum
Schizosaccharomyces pombe
Eremothecium gossypii
Saccharomyces cerevisiae
Caenorhabditis elegans
Drosophila melanogaster
Anopheles gambiae
Takifugu rubripes
Danio rerio
Gallus gallus
Mus musculus
Rattus norvegicus
Homo sapiens
Pan troglodytes

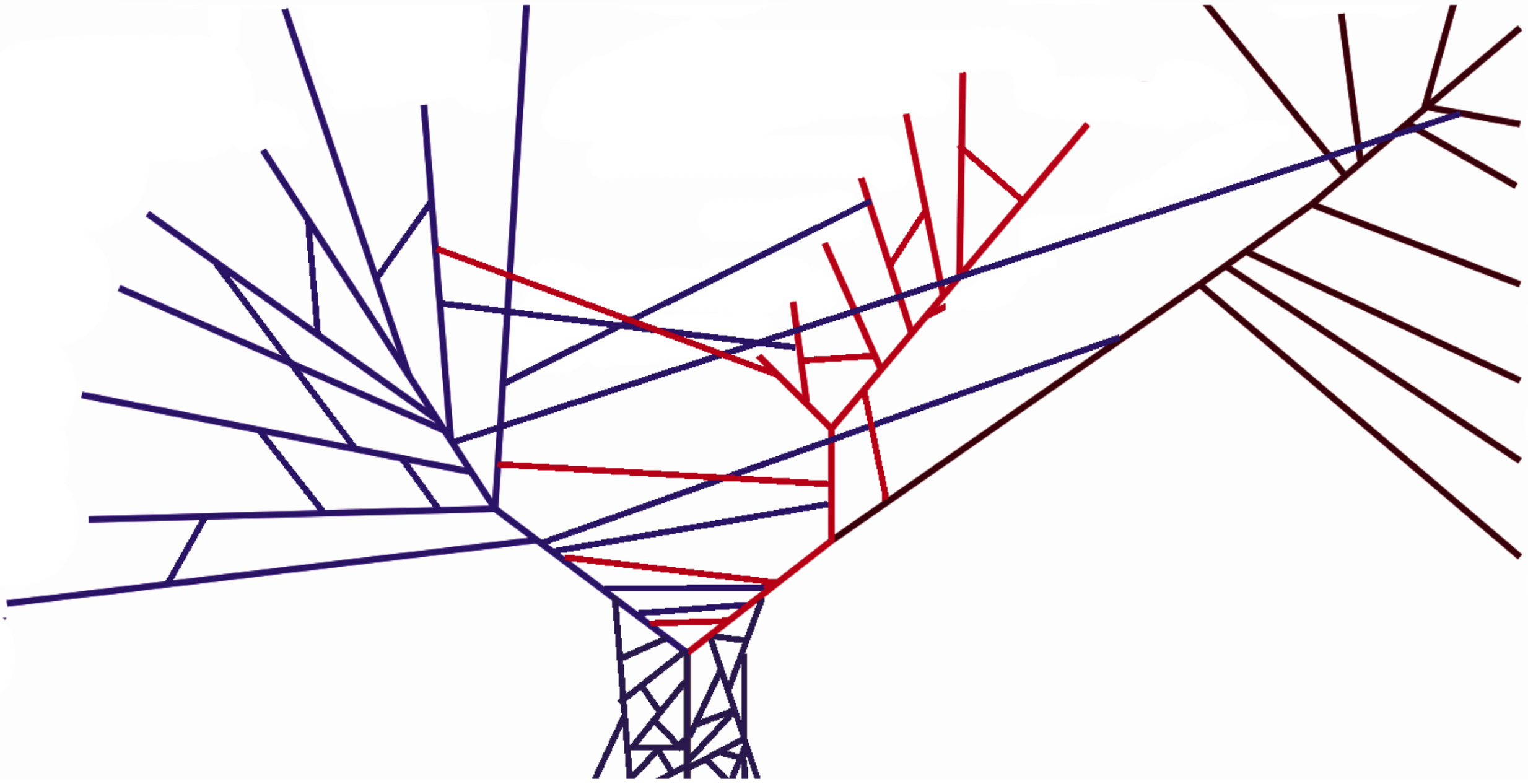
Phylogenetic Tree of Life

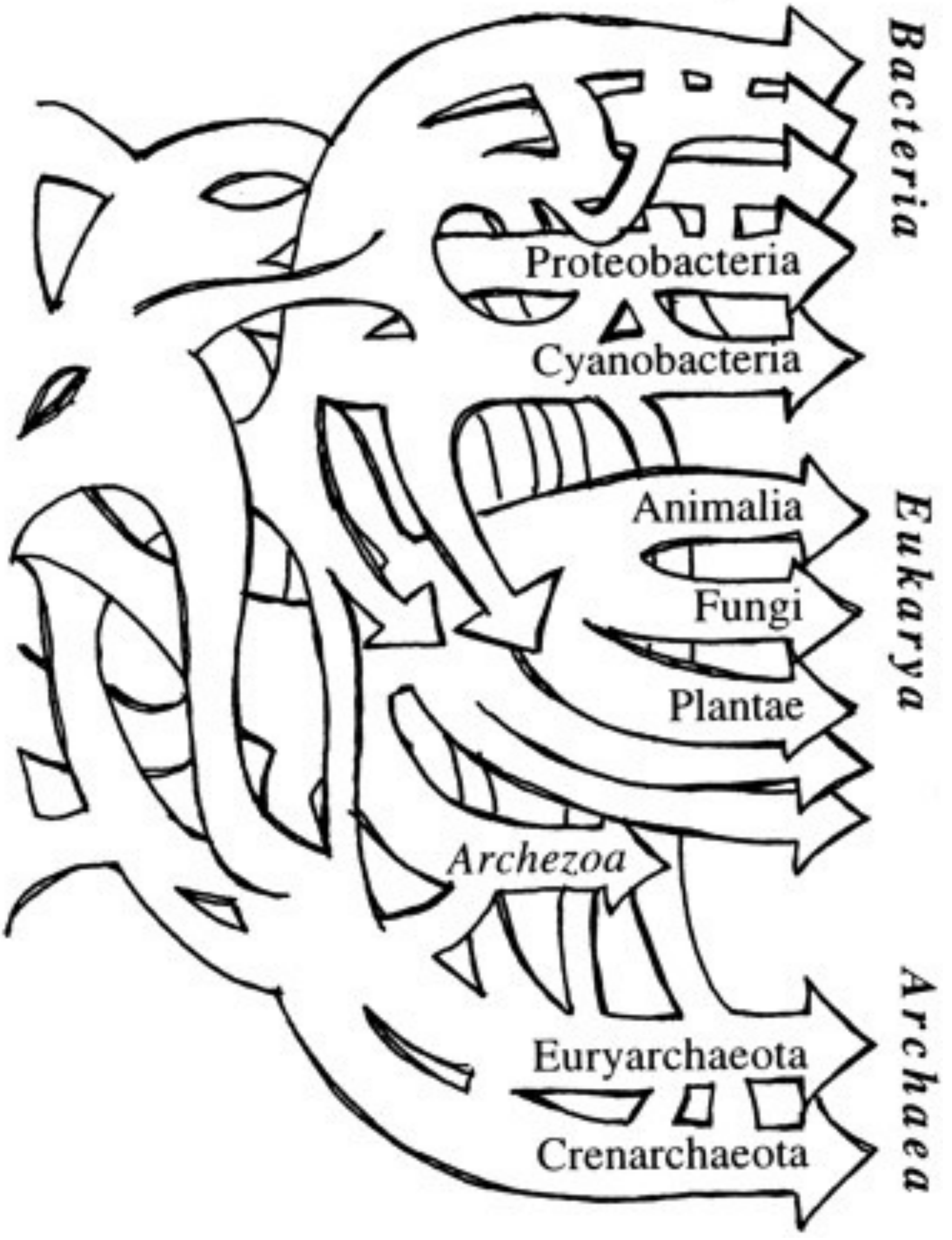


Bacteria

Archaea

Eucarya




Bacteria
Proteobacteria
Cyanobacteria
Eukarya
Animalia
Fungi
Plantae
Archezoa
Archaea
Euryarchaeota
Crenarchaeota

Schem: XI.

Fig: 1.

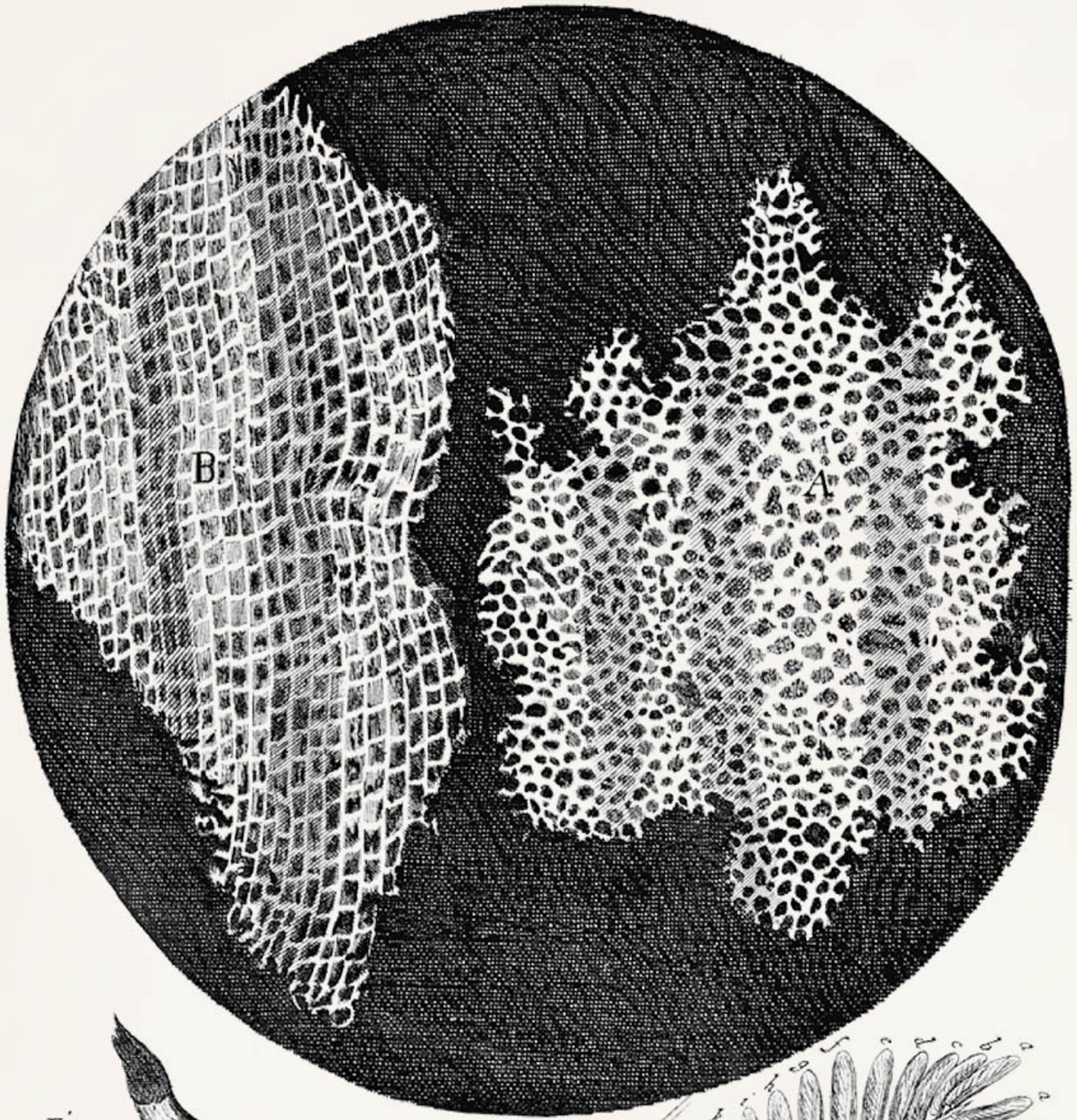
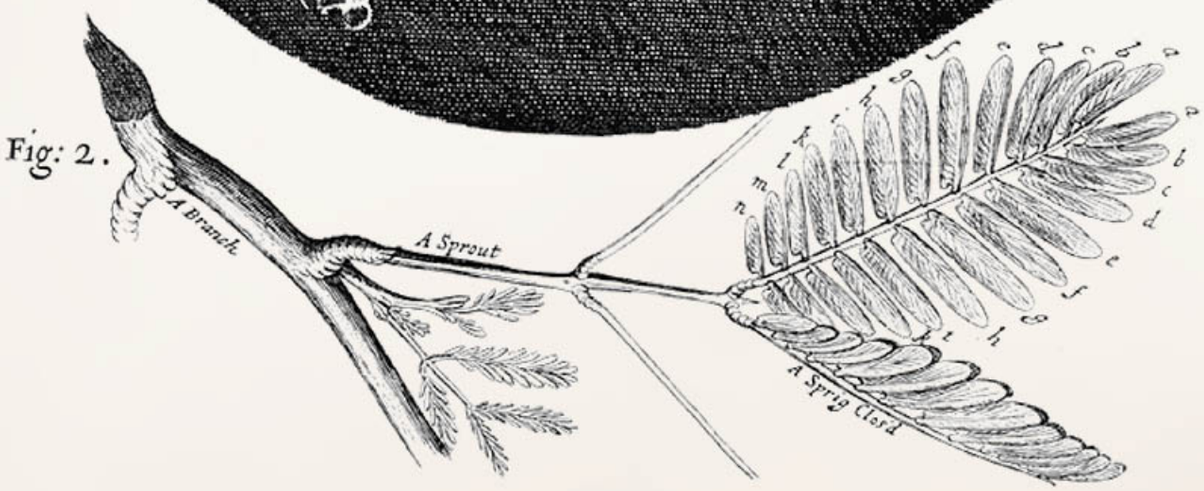


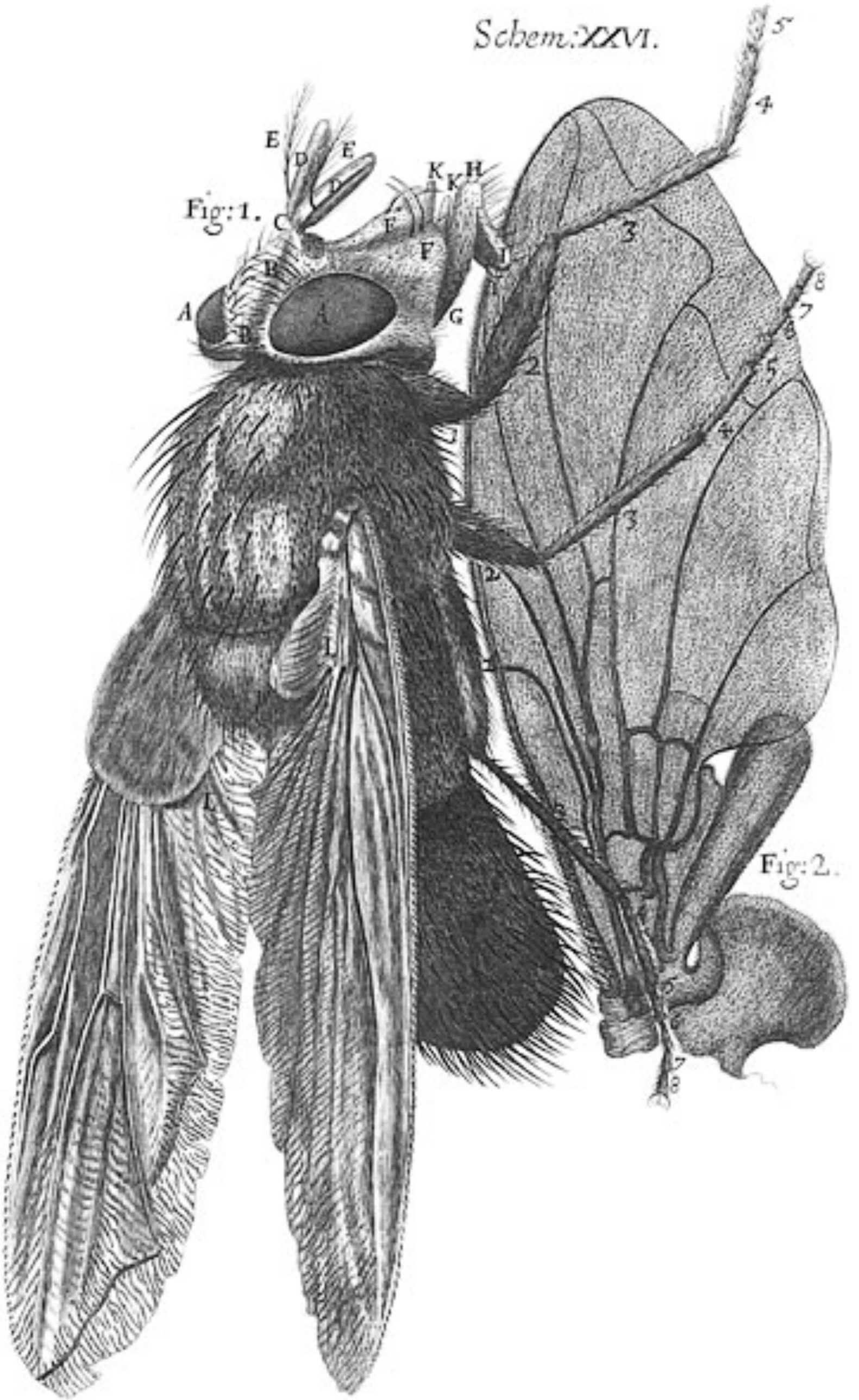
Fig: 2.





Αριστερά: Fig. 1 ‘κύτταρα’ φελλού
Πάνω: Το μικροσκόπιο του Hooke

Schem: XXVI.



Η κυτταρική θεωρία

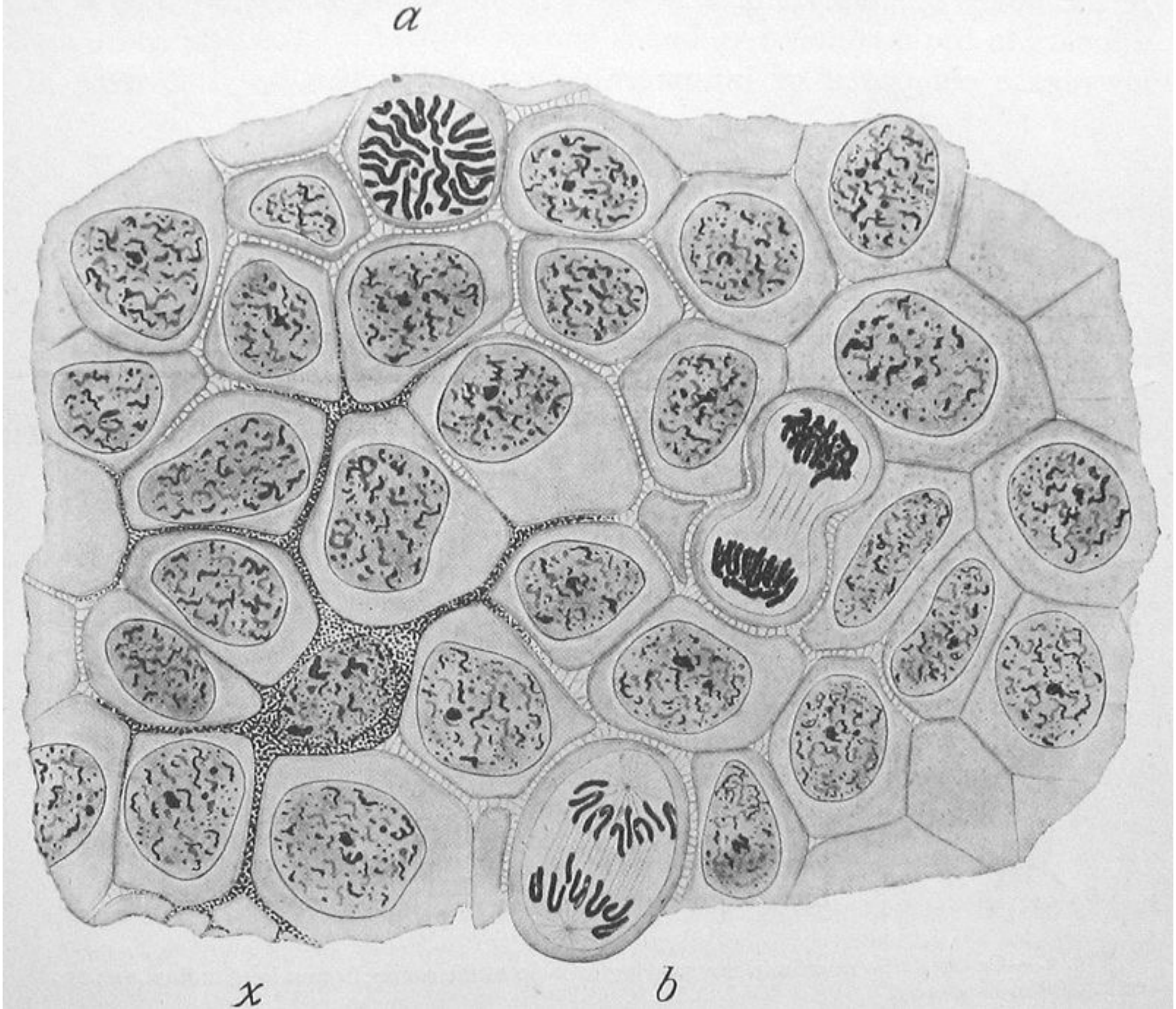
-Για τους βιολόγους του **2ου μισού του 19ου αιώνα**, το κύτταρο αποτέλεσε το **κλειδί** για όλα τα βιολογικά προβλήματα.

-> όλες οι ζωτικές **λειτουργίες** (**μεταβολισμός**, **ανάπτυξη**, **αναπαραγωγή**, **κληρονομικότητα**) μπορούσαν να θεωρηθούν ως **κυτταρικές δραστηριότητες** -ως δραστηριότητες που συμβαίνουν μέσα στα κύτταρα.

Η κυτταρική θεωρία αποτελούνταν από **3 αρχές**:

1. **όλα** τα φυτά και τα ζώα **αποτελούνται από κύτταρα**
2. τα κύτταρα διαθέτουν **όλα τα χαρακτηριστικά της ζωής** (πχ μεταβολισμός, ανάπτυξη, αναπαραγωγή)
3. όλα τα κύτταρα **προκύπτουν με διαίρεση προϋπάρχοντων κυττάρων**

-> το κύτταρο ως η καθολική **δομική** και **λειτουργική** μονάδα


a
x
b



450 POSTE VATICANE

M. CODONI

I.P.Z.S.-ROMA-1984

White-eyed mutant fly



Red-eyed wild-type fly

μη δαρβινικές θεωρίες εξέλιξης

μεντελιανοί vs βιομετριστές

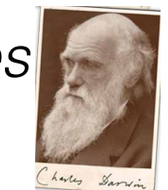
1750 1800 1850 1900 1950

1831-1836
ταξίδι Beagle

~1930-1950
Μοντέρνα Σύνθεση ή νεο-Δαρβινισμός ή συνθετική θεωρία

επανανακάλυψη του Mendel

1866, άρθρο Mendel 

1859, *Origin of Species* 

1809, *Philosophie Zoologique*

Η Μοντέρνα Σύνθεση ή νεο-Δαρβινισμός

-η **εξελικτική σύνθεση** ή **Μοντέρνα Σύνθεση** ή **νεο-Δαρβινισμός** ή **συνθετική θεωρία**

-> σύνθεση **δαρβινισμού** και **μεντελισμού**
-> προσέγγιση **φυσιοδιφών** και **γενετιστών**

-> **κεντρικό συμβάν** στην ιστορία της βιολογίας του **20ού αιώνα**

-η **εξελικτική σύνθεση** έλαβε χώρα κατά τις δεκαετίες του **1930** και **1940**

-για πολλούς βιολόγους συνιστά ακόμα και σήμερα το **θεμελιώδες πλαίσιο στην εξελικτική βιολογία**

-η φράση 'evolutionary synthesis' προέρχεται από το βιβλίο του **Julian Huxley** (1887–1975): ***Evolution: the Modern Synthesis*** **(1942)**

Η Μοντέρνα Σύνθεση ή νεο-Δαρβινισμός

<u>2 βασικές θέσεις:</u>

-> η **εξέλιξη** συμβαίνει μέσω **φυσικής επιλογής** που δρα πάνω στην **ποικιλότητα** που προκύπτει από **μεταλλάξεις** και **ανασυνδυασμό**

-> τα φαινόμενα που παρατηρούν οι **παλαιοντολόγοι**, οι **συστηματικοί**, και οι **βιολόγοι πεδίου** μπορούν να εξηγηθούν με τρόπο **συμβατό** με τους **ήδη γνωστούς γενετικούς μηχανισμούς**

-'**συνένωση**' διαφορετικών ειδικοτήτων (όχι **αντικατάσταση** ενός 'παραδείγματος' με ένα άλλο)

-οι συνθήκες του 2ου παγκόσμιου πολέμου, **ευνοϊκές** για μια τέτοια σύνθεση, καθώς η **έρευνα** στο πεδίο και στα εργαστήρια **παρεμποδίζεται**

Η Μοντέρνα Σύνθεση ή νεο-Δαρβινισμός

-κεντρική θέση της **συνθετικής θεωρίας**:

-> οι φυσικοί πληθυσμοί εμπεριέχουν μια μεγάλη **γονιδιακή δεξαμενή**, και άρα αρκετή **ποικιλότητα** για να δράσει η **φυσική επιλογή**

-> οι καινούριες **μεταλλάξεις** σπανίως αποτελούν την **άμεση** πηγή της **ποικιλότητας** πάνω στην οποία δρα η **φυσική επιλογή**

-> το κύριο μέρος της ποικιλότητας το παρέχει ο **γενετικός ανασυνδυασμός**

-> **δεν υπάρχει σχέση** μεταξύ του ρυθμού μετάλλαξης και της κατεύθυνσης της εξέλιξης

-> η άποψη αυτή διαδόθηκε κατά τη δεκαετία του **1940**

Η Γενετική των Πληθυσμών (population genetics)

-ανάδυση της **πληθυσμιακής γενετικής** τη δεκαετία του **1920**

-ποσοτικά μοντέλα εξελικτικών διαδικασιών

-γονιδιακές συχνότητες στον πληθυσμό και εξέλιξη **ως αλλαγή στις γονιδιακές συχνότητες**

[ισορροπία Hardy-Weinberg]

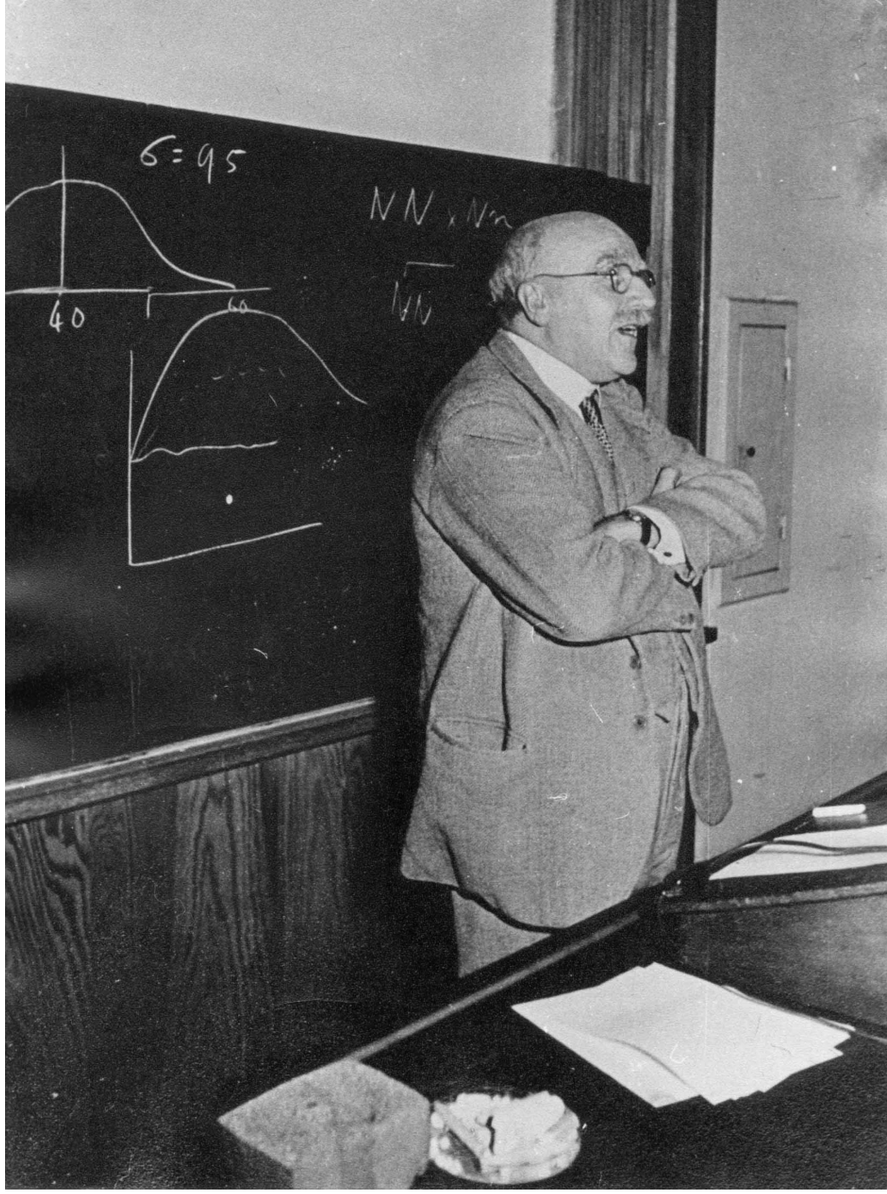
-> η φυσική επιλογή ως δύναμη που **αλλάζει τις γονιδιακές συχνότητες** **-> εξέλιξη -> αλλαγή στις γονιδιακές συχνότητες**

-> R. A. **Fisher** (1890–1962) και J. B. S. **Haldane** (1889–1988) στην Αγγλία

-> Sewall **Wright** (1892–1964) στις ΗΠΑ

-θεμελιωτές της θεωρητικής **πληθυσμιακής γενετικής**

Η Γενετική των Πληθυσμών



Haldane:

-σειρά άρθρων **μεταξύ 1924 και 1931**, στα οποία κατασκευάζει **μοντέλα πληθυσμιακής γενετικής**

-> το **1924** δημοσιεύει ένα κλασικό παράδειγμα εξέλιξης του 20ού αιώνα, την περίπτωση του **<u>peppered moth</u>** (Amphidasys betularia)

-> δείχνει τη **δύναμη** της **φυσικής επιλογής**

[-> συχνότητα της **μελανικής** μορφής **< 1%** το **1848**, μέχρι το **1901 ~ 99%**
-> υπολογίζει ότι η μελανική μορφή θα πρέπει να έχει **50% επιλεκτικό πλεονέκτημα**]

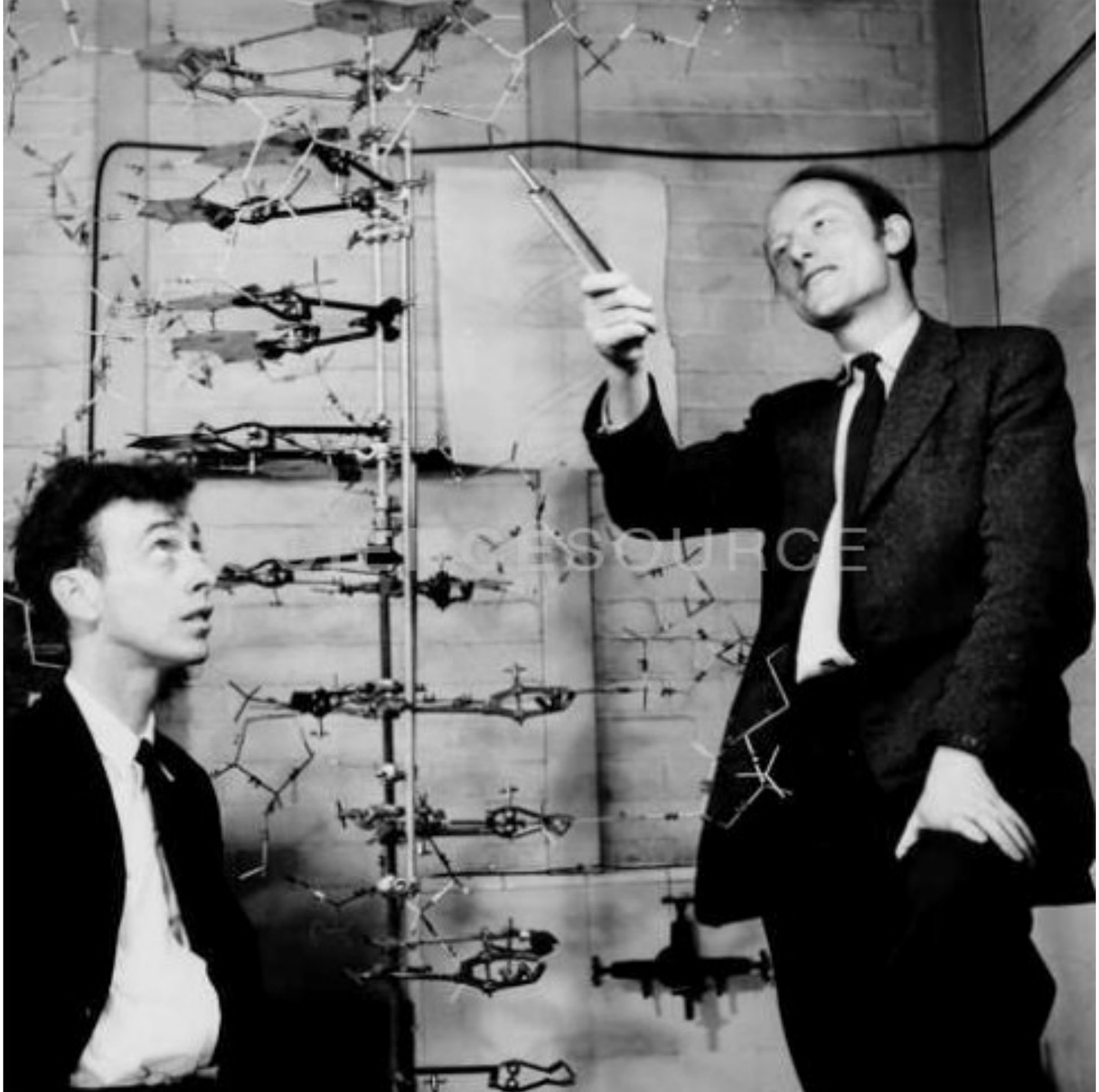
-Κεντρικό συμπέρασμα πληθυσμιακών γενετιστών:

-> **ακόμα και μικρή γενετική διαφορά μπορούσε να διαδοθεί γρήγορα στον πληθυσμό**

-> πολλοί <u>νεο-Λαμαρκιανοί</u> πείθονται (πχ Ernst Mayr, Bernhard Rensch)







equipment, and to Dr. G. E. R. Deacon and the captain and officers of R.R.S. *Discovery II* for their part in making the observations.

[1] Young, F. B., Gerrard, H., and Jevons, W., *Phil. Mag.*, **40**, 149 (1920).
[2] Longuet-Higgins, M. S., *Mon. Not. Roy. Astro. Soc., Geophys. Supp.*, **5**, 285 (1949).
[3] Von Arx, W. S., Woods Hole Papers in Phys. Oceanog. Meteor., **11** (3) (1950).
[4] Ekman, V. W., *Arkiv. Mat. Astron. Fysik.* (Stockholm), **2** (11) (1905).

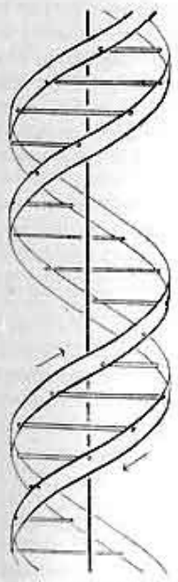
MOLECULAR STRUCTURE OF NUCLEIC ACIDS

A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid

WE wish to suggest a structure for the salt of deoxyribose nucleic acid (D.N.A.). This structure has novel features which are of considerable biological interest.

A structure for nucleic acid has already been proposed by Pauling and Corey[1]. They kindly made their manuscript available to us in advance of publication. Their model consists of three intertwined chains, with the phosphates near the fibre axis, and the bases on the outside. In our opinion, this structure is unsatisfactory for two reasons: (1) We believe that the material which gives the X-ray diagrams is the salt, not the free acid. Without the acidic hydrogen atoms it is not clear what forces would hold the structure together, especially as the negatively charged phosphates near the axis will repel each other. (2) Some of the van der Waals distances appear to be too small.

Another three-chain structure has also been suggested by Fraser (in the press). In his model the phosphates are on the outside and the bases on the inside, linked together by hydrogen bonds. This structure as described is rather ill-defined, and for this reason we shall not comment on it.



This figure is purely diagrammatic. The two ribbons symbolize the two phosphate—sugar chains, and the horizontal rods the pairs of bases holding the chains together. The vertical line marks the fibre axis

We wish to put forward a radically different structure for the salt of deoxyribose nucleic acid. This structure has two helical chains each coiled round the same axis (see diagram). We have made the usual chemical assumptions, namely, that each chain consists of phosphate diester groups joining β-D-deoxyribofuranose residues with 3′,5′ linkages. The two chains (but not their bases) are related by a dyad perpendicular to the fibre axis. Both chains follow right-handed helices, but owing to the dyad the sequences of the atoms in the two chains run in opposite directions. Each chain loosely resembles Furberg's[2] model No. 1; that is, the bases are on the inside of the helix and the phosphates on the outside. The configuration of the sugar and the atoms near it is close to Furberg's 'standard configuration', the sugar being roughly perpendicular to the attached base. There is a residue on each chain every 3·4 A. in the *z*-direction. We have assumed an angle of 36° between adjacent residues in the same chain, so that the structure repeats after 10 residues on each chain, that is, after 34 A. The distance of a phosphorus atom from the fibre axis is 10 A. As the phosphates are on the outside, cations have easy access to them.

The structure is an open one, and its water content is rather high. At lower water contents we would expect the bases to tilt so that the structure could become more compact.

The novel feature of the structure is the manner in which the two chains are held together by the purine and pyrimidine bases. The planes of the bases are perpendicular to the fibre axis. They are joined together in pairs, a single base from one chain being hydrogen-bonded to a single base from the other chain, so that the two lie side by side with identical *z*-co-ordinates. One of the pair must be a purine and the other a pyrimidine for bonding to occur. The hydrogen bonds are made as follows: purine position 1 to pyrimidine position 1; purine position 6 to pyrimidine position 6.

If it is assumed that the bases only occur in the structure in the most plausible tautomeric forms (that is, with the keto rather than the enol configurations) it is found that only specific pairs of bases can bond together. These pairs are: adenine (purine) with thymine (pyrimidine), and guanine (purine) with cytosine (pyrimidine).

In other words, if an adenine forms one member of a pair, on either chain, then on these assumptions the other member must be thymine; similarly for guanine and cytosine. The sequence of bases on a single chain does not appear to be restricted in any way. However, if only specific pairs of bases can be formed, it follows that if the sequence of bases on one chain is given, then the sequence on the other chain is automatically determined.

It has been found experimentally[3,4] that the ratio of the amounts of adenine to thymine, and the ratio of guanine to cytosine, are always very close to unity for deoxyribose nucleic acid.

It is probably impossible to build this structure with a ribose sugar in place of the deoxyribose, as the extra oxygen atom would make too close a van der Waals contact.

The previously published X-ray data[5,6] on deoxyribose nucleic acid are insufficient for a rigorous test of our structure. So far as we can tell, it is roughly compatible with the experimental data, but it must be regarded as unproved until it has been checked against more exact results. Some of these are given in the following communications. We were not aware of the details of the results presented there when we devised our structure, which rests mainly though not entirely on published experimental data and stereochemical arguments.

It has not escaped our notice that the specific pairing we have postulated immediately suggests a possible copying mechanism for the genetic material.

Full details of the structure, including the conditions assumed in building it, together with a set of co-ordinates for the atoms, will be published elsewhere.

We are much indebted to Dr. Jerry Donohue for constant advice and criticism, especially on interatomic distances. We have also been stimulated by a knowledge of the general nature of the unpublished experimental results and ideas of Dr. M. H. F. Wilkins, Dr. R. E. Franklin and their co-workers at

Nobel Prize in Physiology or Medicine (1962) -Crick, Watson & Wilkins

"for their discoveries concerning the **molecular structure of nucleic acids** and its significance for **information transfer in living material**"

Δομή μαθήματος

Το μάθημα αποτελείται από **5 θεματικές ενότητες**:

Ενότητα 1: **<u>Φιλοσοφικά θέματα στην εξελικτική βιολογία</u>**
Μαθήματα 2-5 (εξέλιξη, φυσική επιλογή, προσαρμογή, προσαρμοτισμός, κατασκευή οικοθέσης, τελεολογία, μονάδες επιλογής)

Ενότητα 2: **<u>Η οντολογία της εξέλιξης</u>**
Μαθήματα 6-7 (οργανισμοί, βιολογικά άτομα, βιολογικά είδη, ανώτερα τάξα)

Ενότητα 3: **<u>Φιλοσοφικά θέματα στη γενετική και στη μοριακή βιολογία</u>**
Μαθήματα 8-10 (αναγωγισμός, γονίδιο, γενετική αιτιότητα, γενετική πληροφορία, βιολογική επικοινωνία)

Ενότητα 4: **<u>Η βιολογία ως επιστήμη</u>**
Μάθημα 11 (βιολογικοί νόμοι και μηχανισμοί, πολυπλοκότητα, εξελικτική πρόοδος, ζωή)

Ενότητα 5: **<u>Εξέλιξη και ανθρώπινη φύση</u>**
Μαθήματα 12-13 (κοινωνιοβιολογία, εξελικτική ψυχολογία, πολιτισμική εξέλιξη, ανθρώπινη φύση, εξελικτική ηθική)

	Θέμα	PB	DG
1	Εισαγωγή στη Φιλοσοφία της Βιολογίας	PB κεφ. 1	
2	Η Θεωρία της Εξέλιξης & η Θεωρία της Φυσικής Επιλογής	PB 28-42	
3	Προσαρμογή & Κατασκευή Οικοθέσης	PB 50-59	
4	Τελεολογία στη Βιολογία: Σκοπός & Λειτουργία	PB 59-65	
5	Οι Μονάδες της Επιλογής & η Εξέλιξη από την Άποψη του Γονιδίου	PB 42-49 93-99	DG μέρος 2
6	Οργανισμοί & Βιολογικά Άτομα	PB 66-80	
7	Βιολογικά Είδη & Ανώτερα Τάξα	PB 100-119	
8	Αναγωγισμός στη Βιολογία		
9	Η Εννοια του Γονιδίου στη Βιολογία	PB 81-93	
10	Γενετική Πληροφορία & Βιολογική Επικοινωνία	PB 144-157	
11	Βιολογικοί Νόμοι & Μηχανισμοί, Πολυπλοκότητα, Πρόοδος	PB 11-27	DG μέρος 3
12	Εξελικτικές Εξηγήσεις Κοινωνικής Συμπεριφοράς και Συνεργασίας	PB 120-136	
13	Καθολικός Δαρβινισμός, Εξέλιξη του πολιτισμού & Ανθρώπινη Φύση	PB 45-49 PB 136-143	

- homology Owen
- Haeckel
- Cuvier
- 1844
- 1809
- φυσιοδίφης naturalist
- Jerry Coyne
- Paley