



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Μεταπτυχιακή Ειδίκευση Καθηγητών Φυσικών Επιστημών
(ΚΦΕ)

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Εισαγωγή στην Εξέλιξη των Ειδών - Ιστορική αναδρομή, Βασικές
έννοιες και Κοινωνικές προεκτάσεις**

ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΓΚΙΤΕΡΣΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ
ΜΑΡΘΑ ΓΕΩΡΓΙΟΥ

ΠΑΤΡΑ
ΙΟΥΝΙΟΣ, 2022

© Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, 2022

Η παρούσα Εργασία καθώς και τα αποτελέσματα αυτής, αποτελούν συνιδιοκτησία του ΕΑΠ και του φοιτητή, ο καθένας από τους οποίους έχει το δικαίωμα ανεξάρτητης χρήσης, αναπαραγωγής και αναδιανομής τους (στο σύνολο ή τμηματικά) για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, σε κάθε περίπτωση αναφέροντας τον τίτλο και το συγγραφέα της Εργασίας καθώς και το όνομα του ΕΑΠ όπου εκπονήθηκε.



Εισαγωγή στην Εξέλιξη των Ειδών - Ιστορική αναδρομή,
Βασικές έννοιες και Κοινωνικές προεκτάσεις

Βασίλειος Γκιτέρσος

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

Μάρθα Γεωργίου

Ε.ΔΙ.Π. Βιολογίας – Διδακτικής των

Βιοεπιστημών

Τμήμα Βιολογίας ΕΚΠΑ

Συν-Επιβλέπων Καθηγητής:

Κωνσταντίνος Σκορδούλης

Καθηγητής Επιστημολογίας και
Διδακτικής της Μεθοδολογίας της
Φυσικής

Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής
Εκπαίδευσης ΕΚΠΑ

Πάτρα, Ιούνιος, 2022

*Στους γονείς μου, που με στήριξαν πολύ έως τώρα και συνεχίζουν να με στηρίζουν σε ό,τι
κάνω ... Σας είμαι ευγνώμων!*

*Ευχαριστώ πολύ επίσης την κ. Γεωργίου Μάρθα, επιβλέπουσα καθηγήτρια της εργασίας
μου, για την άψογη συνεργασία και την καθοδήγηση της, χάρις τα οποία έγινε εφικτή η
ολοκλήρωση της εργασίας, καθώς και τον κ. Σκορδούλη Κων/νο, συν-επιβλέπων καθηγητή
της εργασίας και διάδοκων της άκρας ενδιαφέρουσας ενότητας ΚΦΕ 60 του προγράμματος
σπουδών ΚΦΕ του ΕΑΠ, για τις πολύτιμες γνώσεις που μας μετέδωσε στην ενότητα αυτή.*

*Με εκτίμηση,
Γκιτέρσος Βασίλης*

Περίληψη

Η ιδέα της εξέλιξης των ειδών μπορεί ήδη να βρεθεί από την αρχαιότητα στα κείμενα των αρχαίων Ελλήνων φιλοσόφων όπως τον Αναξίμανδρο και τον Εμπεδοκλή. Παρόλα αυτά, για ένα μεγάλο μέρος της ανθρώπινης ιστορίας, οι οργανισμοί (καθώς και γενικότερα ο κόσμος γύρω μας) θεωρούνταν αμετάβλητα στο χρόνο, αντίληψη που έχει τις ρίζες της στη φιλοσοφία του Πλάτωνα και του Αριστοτέλη, η επιρροή των οποίων υπήρξε πολύ μεγάλη. Η κοσμοθεωρία αυτή άρχισε να ανατρέπεται κατά το 18^ο αιώνα (και στις αρχές του 19^{ου} αιώνα) στη Γαλλία από τον Georges-Louis Leclerc de Buffon και τον Jean-Baptiste Lamarck και στην Αγγλία από τον Erasmus Darwin, παππού του Κάρολου Δαρβίνου (Charles Darwin). Στα μέσα του 19^{ου} αιώνα ο Charles Darwin, έχοντας συλλέξει πλήθος δεδομένων από το ερευνητικό ταξίδι του με το πλοίο HMS Beagle σε διάφορα μέρη του κόσμου και έχοντας επηρεαστεί από το έργο σημαντικών ερευνητών όπως τον οικονομολόγο Thomas Malthus, το γεωλόγο Charles Lyell και το συγκριτικό ανατόμο Georges Cuvier, υποστήριξε με επιτυχία την εξέλιξη των ειδών προτείνοντας έναν πολύ ικανοποιητικό μηχανισμό που εξηγούσε τη διαδικασία αυτή, τη θεωρία της φυσικής επιλογής. Σταδιακά, η εξέλιξη των ειδών άρχισε να κερδίζει έδαφος έναντι των θεωριών που υποστήριζαν την αμεταβλητότητα του κόσμου φτάνοντας να θεωρείται αδιαμφισβήτητη από τους επιστήμονες. Δεν ίσχυε όμως το ίδιο και για τη θεωρία της φυσικής επιλογής η οποία συνάντησε αρκετές δυσκολίες. Και αυτό γιατί μέχρι τα μέσα του 20^{ου} αιώνα είχαν αναπτυχθεί πολλές εναλλακτικές θεωρίες που επιχειρούσαν να εξηγήσουν την εξέλιξη με αποτέλεσμα να υπήρχε σύγχυση για το ποια από αυτές είναι η σωστότερη. Η οριστική επιβεβαίωση της θεωρίας της φυσικής επιλογής έγινε το 1950 και ήταν αποτέλεσμα συλλογικής προσπάθειας διαφόρων επιστημόνων με πρωτοπόρο το γενετιστή Theodosius Dobzhansky. Τότε προστέθηκαν στη θεωρία της φυσικής επιλογής και στοιχεία γενετικής και οι υποστηρικτές της νέας αυτής αντίληψης ονομάστηκαν νέο-δαρβινιστές (κατ' αναλογία με τους υποστηρικτές της θεωρίας της φυσικής επιλογής του Δαρβίνου που λεγόταν δαρβινιστές).

Η επιρροή τόσο του δαρβινισμού όσο και αργότερα του νέο-δαρβινισμού στην κοινωνία ήταν μεγάλη. Αρχικά κατάφεραν να εξηγήσουν πολλά δεδομένα σε διάφορους κλάδους της Βιολογίας οδηγώντας και στην ανάπτυξη νέων κλάδων. Επίσης εισχώρησαν σε πολλούς τομείς πέραν της Βιολογίας ενώ χρησιμοποιήθηκαν ακόμα και ως πολιτικά

εργαλεία. Τέλος, δεν βρήκαν αποδοχή από όλους και έτσι απέκτησαν και πολλούς εχθρούς με κύριους ανταγωνιστές τους τους υποστηρικτές φονταμενταλιστικών θεωριών που θεώρησαν πως ο δαρβινισμός (και γενικότερα η ιδέα της εξέλιξης των ειδών) αποτελεί μια κατά μέτωπο επίθεση στη θρησκεία και το λόγο του Θεού. Έτσι, ήδη από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα αναπτύχθηκε στις Η.Π.Α. ένα αντι-εξελικτικό κίνημα που στόχευε στην «προστασία των νέων από επικίνδυνες απόψεις όπως η εξέλιξη». Το κίνημα αυτό κορυφώθηκε με τη δίκη του νεαρού δασκάλου επιστημών John Scopes ο οποίος κατηγορήθηκε πως αποπειράθηκε να διδάξει την εξέλιξη σε σχολείο του Tennessee. Μετά τη δίκη αυτή ακολούθησε μια περίοδος όπου η εξέλιξη δεν διδασκόταν καθόλου στα σχολεία. Το ζήτημα περί διδασκαλίας ή όχι της εξέλιξης στα σχολεία απασχολούσε μονίμως τις Η.Π.Α. για όλο τον 20^ο αιώνα και κάθε φορά που η διδασκαλία της εξέλιξης φαινόταν να κερδίζει έδαφος οι αντίπαλοι της έβρισκαν τρόπους να την εμποδίζουν. Οι αντιεξελικτικές απόψεις διαδόθηκαν εν τέλει και εκτός Η.Π.Α. με αποτέλεσμα η διδασκαλία της εξέλιξης στα σχολεία να εμφανίζει αρκετά προβλήματα σε διάφορες χώρες.

Σήμερα το ζήτημα της διδασκαλίας ή όχι της εξέλιξης στα σχολεία συνεχίζει να βρίσκεται στο προσκήνιο και πολλοί άνθρωποι απορρίπτουν την εξέλιξη ή (ακόμα και αν τη δέχονται) εμφανίζουν σημαντικά προβλήματα στην κατανόηση της. Εμπόδια στην κατανόηση της εξέλιξης αποτελούν τόσο ο τρόπος με τον οποίο οι άνθρωποι διαισθητικά αντιλαμβάνονται τον κόσμο όσο και άλλοι παράγοντες όπως ο βαθμός θρησκευτικής πίστης (θρησκευτικότητα) του κάθε ανθρώπου, η επιστημονική κατάρτιση των εκπαιδευτικών και ο τρόπος διδασκαλίας της. Ωστόσο αποτελεί δεδομένο πως η εξέλιξη των ειδών συνιστά μια πολύ σημαντική και καλά τεκμηριωμένη επιστημονική θεωρία, απαραίτητη προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος του επιστημονικού γραμματισμού για τους μαθητές. Για αυτό και σε όλο τον κόσμο, και ειδικά στην Ελλάδα, η διδασκαλία της εξέλιξης στα σχολεία θα πρέπει να αναβαθμιστεί και να γίνει αποτελεσματικότερη. Αλλαγές που θα μπορούσαν να συνεισφέρουν σε αυτό είναι α) η εισαγωγή του μαθήματος της εξέλιξης στην εκπαίδευση όσο πιο νωρίς γίνεται, β) η αναδιάρθρωση της σχολικής ύλης ώστε να δίνεται περισσότερος χώρος στην εξέλιξη στα σχολικά βιβλία και περισσότερος χρόνος στους εκπαιδευτικούς για να μιλήσουν για αυτή, γ) καλύτερη κατάρτιση των εκπαιδευτικών στο κομμάτι της διδασκαλίας της εξέλιξης και δ) σεβασμός στα θρησκευτικά πιστεύω του κάθε μαθητή.

Λέξεις – Κλειδιά

εξέλιξη, Δαρβίνος, φυσική επιλογή, μεταλλάξεις, κληρονομικότητα, είδος, οργανισμός, δαρβινισμός, νέο-δαρβινισμός, εξελικτική σύνθεση, θρησκεία, δημιουργισμός, διαμάχη, ευφυής σχεδιασμός, εκπαίδευση, διδασκαλία της εξέλιξης.

Abstract

The idea of the evolution of species can already be found from antiquity in the texts of ancient Greek philosophers such as Anaximander and Empedocles. Nevertheless, for a large part of human history, organisms (as well as the world around us) were considered unchanged over time, a concept that has its roots in the philosophy of Plato and Aristotle, whose influence was huge. This worldview began to be overturned in the 18th century (and early 19th century) in France by Georges-Louis Leclerc de Buffon and Jean-Baptiste Lamarck and in England by Erasmus Darwin, grandfather of Charles Darwin. In the mid-19th century Charles Darwin, having collected plenty of data from his research voyage on the HMS Beagle around the world and also having been influenced by the work of important researchers such as the economist Thomas Malthus, the geologist Charles Lyell and the comparative anatomist Georges Cuvier, successfully supported the evolution of species by proposing a convincing mechanism that explained this process, the theory of natural selection. From then on, evolution began to gain popularity against theories that supported a static cosmos and eventually became well accepted by scientists. But the same can't be said for the theory of natural selection, which encountered many difficulties. This was because by the mid-20th century many alternative theories had been proposed to explain evolution and there was confusion as to which of them was the most accurate. The confirmation of the theory of natural selection took place in 1950 and was the result of a collective effort of various scientists led by the geneticist Theodosius Dobzhansky. Meanwhile, data from Genetics were added to the theory of natural selection, and the proponents of this new concept were called neo-Darwinists (similar to the proponents of Darwin's theory of natural selection called Darwinists).

The influence of both Darwinism and neo-Darwinism on society was great. Initially they managed to explain a lot of data in various branches of Biology leading to the development of new branches. They also penetrated into many fields beyond Biology and were even used as political tools. Finally, they were not accepted by all and thus made many enemies with their main rivals being the proponents of fundamentalist theories who considered Darwinism (and the idea of the evolution of species in general) to be a direct attack on religion and the word of God. Thus, as early as the beginning of the 20th century, it was developed in the USA an anti-evolutionary movement aimed at "protecting young people from dangerous theories such as evolution". The movement culminated in

the trial of young science teacher John Scopes, who was accused of trying to teach evolution at a Tennessee school. This trial was followed by a period when evolution was not taught at all in schools. The question of whether or not to teach evolution in schools has been a constant issue in the USA for the whole of the 20th century and each time the teaching of evolution seemed to purvey its opponents found ways to hinder it. Anti-evolutionary views eventually spread outside the USA and as a result the teaching of evolution in schools pose several problems in a lot of countries.

Today the question of teaching evolution in schools or not continues to be at the forefront and many people reject evolution or (even if they accept it) show significant problems in understanding it. The obstacles to understanding evolution are many such as the way people intuitively perceive the world, the degree of religious faith (religiosity) of each person, the scientific training of teachers and the way it is taught. However, it is certain that the evolution of species is a very important and well-documented scientific theory, necessary in order to achieve scientific literacy for students. That is why all over the world, and especially in Greece, the teaching of evolution in schools should be upgraded and made much more effective. Changes that could contribute to this are a) introducing evolutionary courses in education as early as possible, b) restructuring the curriculum to give more space to evolution in textbooks and more time to teachers to talk about it, c) better training of teachers in the part of teaching evolution and d) respect for the religious beliefs of each student.

Keywords

Evolution, Charles Darwin, natural selection, mutation, heredity, species, organism, Darwinism, neo-darwinism, evolutionary synthesis, religion, creationism, controversy, intelligent design, education, teaching of evolution.

Περιεχόμενα

Περίληψη	vi
Abstract.....	ix
Περιεχόμενα	xi
Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων.....	xiii
Κατάλογος Πινάκων	xiv
Συντομογραφίες & Ακρωνύμια.....	xv
1. Ιστορικό πλαίσιο – Σχετικά με τη μεταβολή των ειδών και η θεωρία της εξέλιξης	1
1.1 Αρχαιότητα.....	1
1.1.1 Η πρόιμη Ιωνική σκέψη	2
1.1.2 Η φιλοσοφική σκέψη στη Μεγάλη Ελλάδα (Magna Graecia)	3
1.1.3 Τα ύστερα υλιστικά συστήματα	5
1.1.4 Η φυσική φιλοσοφία στα χρόνια της Αθηναϊκής Πολιτείας.....	6
1.1.5 Η φυσική φιλοσοφία στους ελληνιστικούς, ρωμαϊκούς και χριστιανικούς χρόνους	9
1.2 Μεσαίωνας	11
1.2.1 Ισλάμ.....	12
1.2.2 Βυζάντιο.....	12
1.2.3 Δυτική Ευρώπη	13
1.3 Αναγέννηση.....	14
1.3.1 Ανατομία, Εμβρυολογία και Συστηματική.....	15
1.3.2 Οι θεωρίες του προσχηματισμού και της επιγένεσης.....	17
1.3.3 Η απόρριψη των μηχανιστικών θεωριών του René Descartes.....	18
1.3.4 Η θεωρία της αβιογένεσης	19
1.4 18 ^{ος} αιώνας – Η Συστηματική του Λινναίου και η αυθεντία του Buffon	21
1.4.1 Carl Linnaeus.....	21
1.4.2 George-Louis Leclerc, Comte de Buffon	23
1.4.3 Άλλοι σημαντικοί ερευνητές του 18 ^{ου} αιώνα	26
1.5 19 ^{ος} αιώνας – Ο αιώνας του Δαρβίνου και του Mendel	28
1.5.1 Η Γαλλική Σχολή – Lamarck, Geoffroy & Cuvier	28
1.5.2 Η Αγγλική Σχολή.....	31
1.5.3 Ο Δαρβίνος, ο Wallace και η θεωρία της φυσικής επιλογής	33
1.5.4 Η μελέτη της κληρονομικότητας.....	38
1.5.5 Βιομετριστές και Μενδελικοί.....	41
1.6 20 ^{ος} αιώνας – Η εξελικτική σύνθεση	44
1.6.1 Ο θάλαμος των μυγών	45
1.6.2 Τυπολογική και Πληθυσμιακή σκέψη και η ανάπτυξη της Πληθυσμιακής Γενετικής	48
1.6.3 Η ανάπτυξη της συνθετικής θεωρίας (νέο-δαρβινισμός).....	52
1.6.4 Αντιδράσεις στον νέο-δαρβινισμό	55
2. Η επίδραση της Εξέλιξης σε διάφορες πτυχές της Κοινωνίας.....	57
2.1 Εξέλιξη και Επιστήμη.....	57
2.1.1 Συστηματική Βιολογία	57
2.1.2 Οικολογία	58

2.1.3	Ηθολογία και Ψυχολογία	59
2.1.4	Ανθρωπολογία	61
2.1.5	Κοινωνιολογία	62
2.1.6	Φυσική	65
2.1.7	Φιλοσοφία	65
2.2	Η Εξέλιξη ως εργαλείο της πολιτικής	66
2.2.1	Η περίπτωση της ευγονικής	67
2.2.2	Λυσενκοϊσμός	70
2.3	Εξέλιξη και Θρησκεία.....	71
2.3.1	Η φύση της θρησκείας και η φύση της επιστήμης.....	71
2.3.2	Τι είναι ο δημιουργισμός και ποια τα είδη του	73
2.3.3	Η ιστορία της διαμάχης μεταξύ εξέλιξης και δημιουργισμού	76
2.3.4	Η διαμάχη στις μέρες μας.....	82
2.3.5	Μπορεί να υπάρξει συμφιλίωση;.....	93
3.	Η θέση της Εξέλιξης στην εκπαίδευση	95
3.1	Η κατάσταση της διδασκαλίας της Εξέλιξης στον κόσμο	95
3.1.1	Η τρέχουσα κατάσταση στις Η.Π.Α.	95
3.1.2	Η κατάσταση στην Ευρώπη και στις χώρες του Ισλαμικού κόσμου	97
3.1.3	Η κατάσταση στον υπόλοιπο κόσμο.....	101
3.1.4	Η κατάσταση στην Ελλάδα.....	102
3.2	Εμπόδια στη διδασκαλία της Εξέλιξης	105
3.2.1	Οι διαισθητικές αντιλήψεις των μαθητών (και των εκπαιδευτικών)	105
3.2.2	Η χρήση της γλώσσας	107
3.2.3	Η επιστημονική κατάρτιση των εκπαιδευτικών.....	109
3.2.4	Η θρησκευτικότητα	111
3.2.5	Προβλήματα στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση.....	111
3.3	Προτάσεις για το μέλλον	112
3.3.1	Γιατί πρέπει να διδάσκεται η Εξέλιξη στα σχολεία;	113
3.3.2	Αποκρούοντας τις διαισθητικές αντιλήψεις	115
3.3.3	Σε ποια ηλικία πρέπει να αρχίσει η διδασκαλία της Εξέλιξης;.....	117
3.3.4	Σεβασμός στη θρησκευτικότητα	118
3.3.5	Αποτελεσματικότερη διδασκαλία - Παραδείγματα από την «πραγματική ζωή» και ο ρόλος των επιστημόνων.....	119
3.3.6	Βελτίωση της σχολικής διδακτικής ύλης	122
3.3.7	Εξέλιξη και η φύση της επιστήμης.....	123
4.	Τελικά Συμπεράσματα.....	126
	Βιβλιογραφία.....	129
	Ξενόγλωσση	129
	Πηγές στα Ελληνικά.....	134
	Βιβλιογραφία Εικόνων	136
	Παράρτημα Α: Εργαλεία εκτίμησης της αποδοχής της εξέλιξης.....	139

Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων

Εικόνα 1: Η περιοχή της Ιωνίας στην Αρχαία Ελλάδα.....	3
Εικόνα 2: Η περιοχή και οι πόλεις της Magna Graecia.....	4
Εικόνα 3: Η Αθηναϊκή Σχολή, Τοιχογραφία του Raphael (1509)	9
Εικόνα 4: Μερικά από τα πιο κοινά ζώα τοποθετημένα στη <i>scala naturae</i>	14
Εικόνα 5: Απεικόνιση ενός «θεάτρου ανατομίας»	16
Εικόνα 6: Το εξώφυλλο της 10 ^{ης} έκδοσης του <i>Systema Naturae</i> (1758).....	22
Εικόνα 7: Το εξώφυλλο του 1 ^{ου} Τόμου του <i>Histoire Naturelle</i> (1749).....	24
Εικόνα 8: Οι εκπρόσωποι της Γαλλικής Σχολής. Από αριστερά προς τα δεξιά: Lamarck, Geoffroy και Cuvier	30
Εικόνα 9: Οι κύριοι εκπρόσωποι της Αγγλικής Σχολής, ο Lyell (αριστερά) και ο Owen (δεξιά).....	33
Εικόνα 10: Ο Darwin (αριστερά) και ο Wallace (δεξιά).....	36
Εικόνα 11: Ο Mendel (αριστερά) και μερικά από τα χαρακτηριστικά των μπιζελιών με τα οποία πειραματίστηκε (δεξιά)	39
Εικόνα 12: Η διάσχιση του γονιδίου <i>white</i> (W, w) που ευθύνεται για το χρώμα των ματιών (W για κόκκινο, w για λευκό).....	46
Εικόνα 13: Οι δουλειά των Wright (αριστερά), Fisher (κέντρο) και Haldane (δεξιά) οδήγησε στη δημιουργία του κλάδου της Πληθυσμιακής Γενετικής	51
Εικόνα 14: Τα δύο βιβλία ου Wilson που ξεσήκωσαν αντιδράσεις	64
Εικόνα 15: Η περίπτωση της Ada Juke στον Αμερικάνικο τύπο	68
Εικόνα 16: Ο 1 ^{ος} γεωλογικός χάρτης της Αγγλίας από τον William Smith (1815).....	77
Εικόνα 17: Η αφίσα της ταινίας <i>Inherit the Wind</i> του 1960	79
Εικόνα 18: Η πενταμερής ποντικοπαγίδα του Behe	85
Εικόνα 19: Ένας δακτύλιος μανιταριών κοντά στο Queensland της Αυστραλίας.	88
Εικόνα 20: Η δήλωση αποποίησης ευθυνών από ένα σχολικό εγχειρίδιο σε σχολείο της Alabama το 1995	92
Εικόνα 21: Η είδηση για το μπουϊκοτάζ στο μάθημα εξέλιξης του Jones όπως εμφανίστηκε στην εφημερίδα <i>Daily Mail</i>	99
Σχήμα 1.1: Απεικόνιση των κύριων χαρακτηριστικών της συνθετικής θεωρίας και πως αυτά επηρεάζουν τη γενεϊκή ποικιμορφία.....	54
Σχήμα 2.1: Το συνεχές των ειδών δημιουργισμού των 3 μεγάλων δυτικών θρησκειών. ...	74

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1.1: Τα σημαντικότερα γεγονότα στον κλάδο της Μοριακής Βιολογίας. 55

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

π.Χ.	προ Χριστού
et al.	et alia (και άλλοι)
κ.ο.κ.	και ούτω καθεξής
κλπ.	και τα λοιπά
π.χ.	παραδείγματος χάριν
περ.	περίπου
in situ	επί τόπου
HMS	Her Majesty's Ship
κ.α.	και άλλοι/-ες/-α
Η.Π.Α.	Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής
YEC	Young Earth Creationism
NGSS	Next Generation Science Standards
NSES	National Science Education Standards
ΟΕΔΒ	Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων
ΕΚΠΑ	Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
ΑΠΣ	Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών
MATE	Measure of Acceptance of the Theory of Evolution
I-SEA	Inventory of Students' Acceptance of Evolution
GAENE	Generalized Acceptance of Evolution Evaluation
CINS	Conceptual Inventory of Natural Selection
MUM	Measure of Understanding of Macroevolution
DNA	Deoxyribonucleic Acid (δεοξυριβονουκλεϊκό οξύ)
TEtHE	Teaching Evolution through Human Examples
FACE	Framework to Assess the Coverage of biological Evolution

1. Ιστορικό πλαίσιο – Σχετικά με τη μεταβολή των ειδών και η θεωρία της εξέλιξης

Οι βιολόγοι σήμερα απαντούν πολλές ερωτήσεις χρησιμοποιώντας τη θεωρία της φυσικής επιλογής. Πώς εμφανίζονται νέα είδη; Γιατί όλα τα πτηνά έχουν 2 πόδια και 2 φτερά; Πώς προχώρησε η ζωή από τους πρώτους οργανισμούς που εμφανίστηκαν πριν δισεκατομμύρια χρόνια; Η μελέτη της εξέλιξης των ειδών μέσω της θεωρίας της φυσικής επιλογής απαντά σε όλα αυτά τα ερωτήματα και σήμερα συνιστά έναν ξεχωριστό κλάδο της Βιολογίας, την Εξελικτική Βιολογία. Η ιστορία του κλάδου αυτού έχει από μόνη της μοναδικό ενδιαφέρον. Ένας πρόσφατος εξελικτικός βιολόγος, όπως ο **John Maynard Smith** (1920-2004), επηρεάστηκε από άλλους στο πρόσφατο παρελθόν, όπως τον **J.B.S. Haldane** (1892-1964) τη δεκαετία του 1920' και τον **August Weismann** (1834-1914) τη δεκαετία του 1880'. Αυτοί με τη σειρά τους επηρεάστηκαν από πιο παλιούς, όπως φυσικά τον **Charles Darwin** (1809-1882), ο οποίος διάβασε αντίστοιχα τα έργα των **Charles Lyell** (1797-1875), **Thomas R. Malthus** (1766-1834) και **Erasmus Darwin** (1731-1802). Αυτοί οι τελευταίοι όμως από πού επηρεάστηκαν; Ποιών τα βήματα θέλησαν να ακολουθήσουν και ποιών να αποφύγουν; (Bowler & Pickstone, 2009) Τα επόμενα κεφάλαια λοιπόν είναι αφιερωμένα στην ιστορία της Θεωρίας της Εξέλιξης και πώς αυτή διαμορφώθηκε από την αρχαιότητα μέχρι και το 19^ο αιώνα.

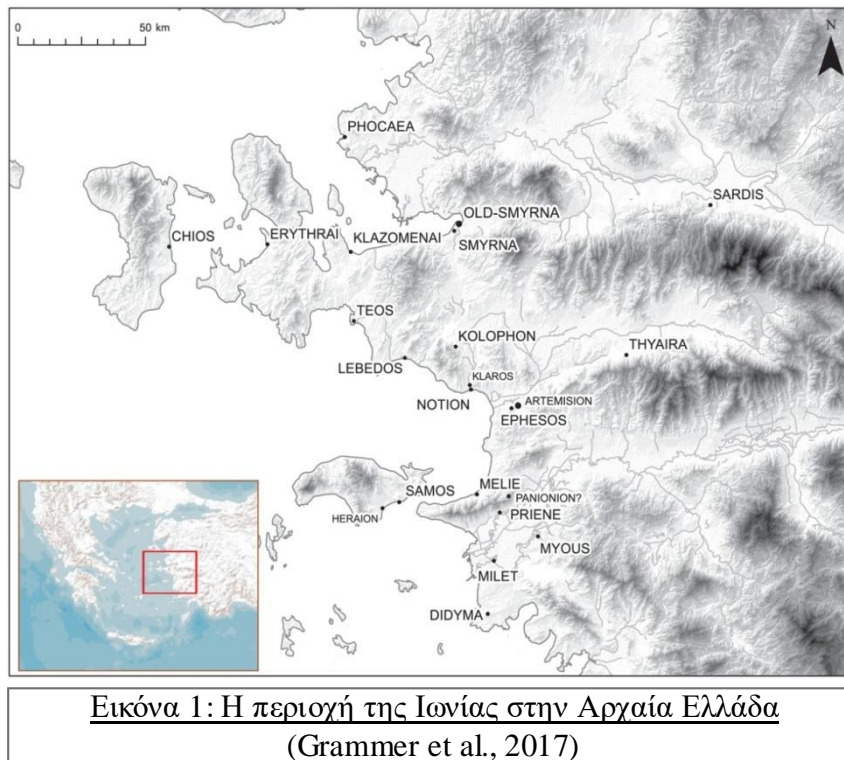
1.1 Αρχαιότητα

Οι πρώτες αναφορές περί αλλαγής ή μη των ειδών στη διάρκεια του χρόνου έρχονται από πολύ παλιά από θεωρίες κοσμογονίας και κοσμολογίας, των κλάδων δηλαδή που ασχολούνται με την προέλευση και τη χρονολογία του σύμπαντος. Ήδη από τον 8^ο αιώνα π.Χ. υπάρχουν μυθικές αναφορές περί κοσμογονίας στα έπη του **Ομήρου** και του **Ησίοδου** (Jones & Taub, 2018). Ο τελευταίος στο έργο του *Θεογονία* αναφέρει πως πριν από τη δημιουργία της Γης και του Ουρανού έγινε η δημιουργία του Χάους (Βέικος, 1995). Επίσης, μαθαίνουμε από τον Αριστοτέλη πως και ο **Θαλής** (περ.624/623–548/545 π.Χ.) είχε διατυπώσει μια θεωρία κοσμογονίας θεωρώντας πως η αρχή όλων των πραγμάτων είναι το νερό (Κορδάτος, 1972). Πριν αρχίσουμε τη μελέτη μας θα πρέπει να σημειωθεί πως όσον αφορά τους Προσωκρατικούς φιλοσόφους που θα εξετάσουμε, δεν μπορούμε να είμαστε απόλυτα σίγουροι για τις θεωρίες που διατύπωσαν αφού κανένα από τα κείμενα τους δεν έχει διασωθεί σε πρωτότυπη μορφή και μαθαίνουμε για αυτούς μόνο

αποσπασματικά από μεταγενέστερους συγγραφείς (ακόμα και οι χρονολογίες που έζησαν είναι ενδεικτικές σε κάποιες περιπτώσεις). Για τους υπόλοιπους φιλοσόφους έχουμε περισσότερα στοιχεία (Βέικος, 1995).

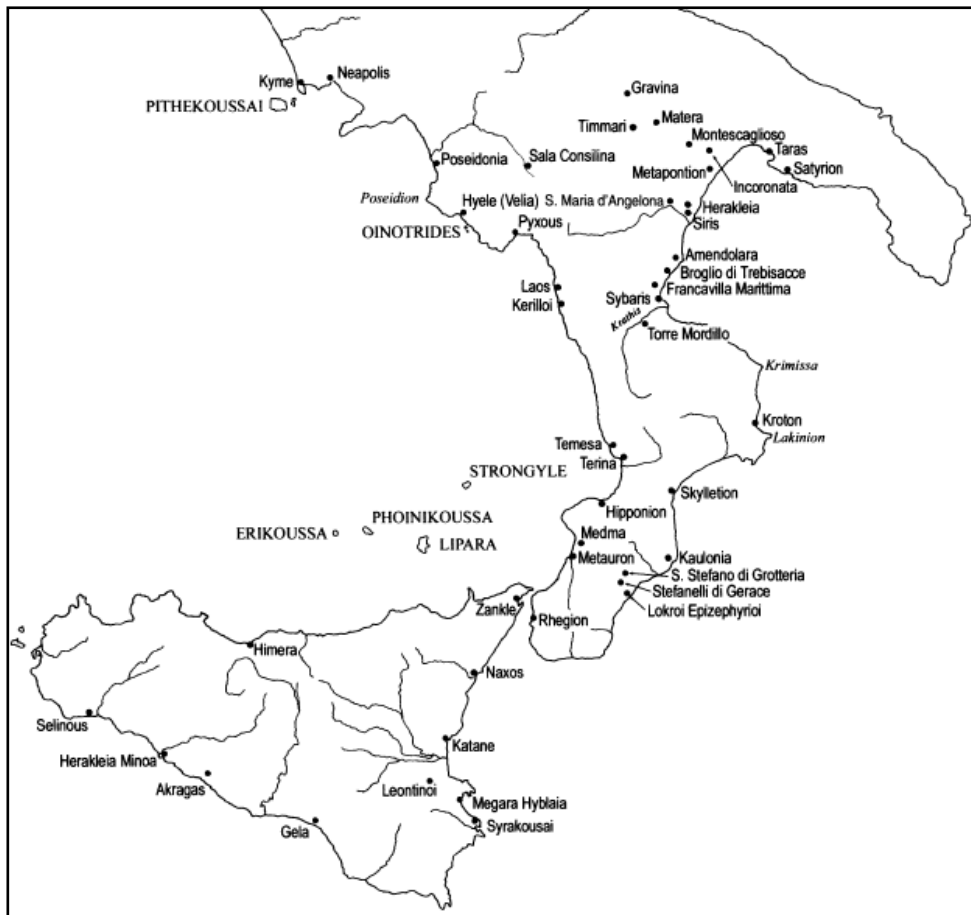
1.1.1 Η πρόιμη Ιωνική σκέψη

Η περιοχή της Ιωνίας υπήρξε σημαντικό φιλοσοφικό κέντρο για τον ελληνισμό αναδεικνύοντας σπουδαίους φιλοσόφους. Ο **Αναξίμανδρος** (περ.610–546 π.Χ.) από τη Μιλήτο προσπάθησε να δώσει μια εικόνα της φυσικής πορείας των πραγμάτων έως την παρούσα φάση τους. Σύμφωνα με αυτόν, στον κόσμο υπάρχουν συνεχείς κύκλοι γένεσης και φθοράς (Βέικος, 1995). Από το άπειρο (που δεν ξέρουμε ακριβώς τι σήμαινε για τον Αναξίμανδρο, αλλά πιθανότατα συμβολίζει την ύλη την οποία θεωρεί άφθαρτη και ατελείωτη) σχηματίζονται δυνάμεις όπως το θερμό, το ψυχρό, το ξηρό και το υγρό (Κορδάτος, 1972). Αυτές βρέθηκαν σε πόλεμο μεταξύ τους και από εκεί προέκυψε ο ήλιος, η σελήνη, τα αστέρια και η γη που αρχικά καλύπτονταν από το υγρό στοιχείο. Στη συνέχεια έχουμε τη *γένεση των ζωντανών οργανισμών αυτόματα* στη θάλασσα, με την επίδραση του ήλιου στο υγρό στοιχείο (Gouyon et al., 2002), ορισμένοι από τους οποίους σταδιακά βρέθηκαν στην ξηρά και *απέβαλλαν τα ιχθυόμορφα χαρακτηριστικά τους* (Βέικος, 1995). Παρόμοιες απόψεις με τον Αναξίμανδρο ακολουθεί και ο **Αναξίμένης** (περ.586–526 π.Χ.), επίσης από τη Μιλήτο, με τη διαφορά πως θεωρεί ότι ο αέρας είναι αυτός που περιέχει τα πάντα στον οποίο μάλιστα αποδίδει και καθοδηγητικό ρόλο στις διεργασίες που γίνονται στον κόσμο, έναν κόσμο που, όπως και ο αέρας, βρίσκεται πάντα σε δυναμική κατάσταση, συνεχώς αλλάζει, αραιώνει και συμπυκνώνεται, χωρίς να σταματά να κινείται. *Ο άνθρωπος θεωρείται ως μέρος ενός ευρύτερου κοσμικού συνόλου χωρίς να καταλαμβάνει κάποια περίοπτη θέση* (η άποψη αυτή υπάρχει γενικά στην προσοφιστική σκέψη). Ο **Ξενοφάνης** (περ.570–478 π.Χ.) από την Κολοφώνια παρατήρησε και διατύπωσε τον κύκλο του νερού, δηλαδή την εξάτμιση του αρχικά, τη συμπύκνωση του σε σύννεφα στη συνέχεια και τέλος την επιστροφή του στη γη μέσω των βροχών και επεκτείνοντας τη σκέψη αυτή θεώρησε πως στη γη εναλλάσσονται περίοδοι έντονων βροχών και πλημυρών και περίοδοι ξηρασίας ερμηνεύοντας έτσι την *εμφάνιση των απολιθωμάτων σε ηπειρωτικές περιοχές* (Jones & Taub, 2018).



1.1.2 Η φιλοσοφική σκέψη στη Μεγάλη Ελλάδα (Magna Graecia)

Μετά το 494 π.Χ. που καταστράφηκε η Μίλητος η φιλοσοφική σκηνή μεταφέρθηκε από τα ανατολικά στα δυτικά του ελληνισμού και στις ακμάζουσες αποικίες της Σικελίας και της κάτω Ιταλίας, οι οποίες ονομάστηκαν Μεγάλη Ελλάδα. Σημαντικοί φιλόσοφοι εκεί υπήρξαν ο **Παρμενίδης** (περ.515–470 π.Χ.) από την Ελέα, σύμφωνα με τον οποίο ο κόσμος και τα στοιχεία του βρίσκονται σε μια ισορροπία (δυναμική και στατική αντίστοιχα) την οποία διατηρεί μια δύναμη (την ονομάζει Δίκη, Ανάγκη ή Μοίρα) και φυσικά ο **Πυθαγόρας** (περ.570–495 π.Χ.) από τη Σάμο που ίδρυσε στον Κρότωνα της Magna Graecia την περίφημη σχολή του. Στην πρώτη γενιά μαθητών του Πυθαγόρα βλέπουμε μια **πρώιμη βιολογική θεώρηση του κόσμου**, όπου αυτός παρουσιάζεται σαν οργανισμός που ζει και αναπνέει έχοντας αναπτυχθεί από έναν πρωταρχικό σπόρο. Η γονιμοποίηση και η ανάπτυξη του σπόρου γίνεται με τη βοήθεια τόσο του άπειρου (η θηλυκή αρχή) όσο και του πέρατος (η αρσενική αρχή), όταν το τελευταίο εμφανίζεται στο πρώτο, ενώ ο σπόρος μεγαλώνοντας δίνει σταδιακά όλο το ορατό σύμπαν. Στην ουσία η πρώτη γενιά των Πυθαγόριων παραλληλίζει διάφορα στάδια κοσμογονίας με αυτά της ανάπτυξης ενός εμβρύου (Βέικος, 1995).



Εικόνα 2: Η περιοχή και οι πόλεις της Magna Graecia
(Papadopoulos, 2001)

Συνεχιστής της φιλοσοφικής σκέψης της Σικελίας ήταν ο **Εμπεδοκλής** (περ.494–434 π.Χ.) από τον Ακράγαντα του οποίου οι κοσμογονικές και κοσμολογικές θεωρίες είναι ιδιαίτερα πολύπλοκες. Εν ολίγοις στις θεωρίες αυτές προτείνεται πως ο κόσμος στη βάση του αποτελείται από 4 στοιχεία (ριζώματα), τη γη, τη φωτιά, τον αέρα και το νερό, ενώ οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των στοιχείων αυτών διέπονται από δύο δυνάμεις, τη Φιλότητα, που έχει ενοποιητικό χαρακτήρα και συνενώνει τα τέσσερα στοιχεία, και το Νείκος, που είναι το αντίθετο της Φιλότητας και διαχωρίζει τα στοιχεία. Τα στάδια στα οποία βρίσκεται ο κόσμος καθορίζονται από το ποια από τις δύο αυτές αντίθετες δυνάμεις κυριαρχεί εκείνη τη στιγμή, ενώ η κυριαρχία των δυνάμεων εναλλάσσεται περιοδικά σε έναν αέναο κύκλο (π.χ. πρώτα κυριαρχεί εξ ολοκλήρου το Νείκος, στη συνέχεια σταδιακά κερδίζει έδαφος η Φιλότητα μέχρις ότου κυριαρχήσει αυτή πλήρως ενώ μετά αρχίζει να κερδίζει έδαφος το Νείκος μέχρις ότου αυτό επανακυριαρχήσει κ.ο.κ.) (Βέικος, 1995). Στην κοσμογονία του ο Εμπεδοκλής προσπαθεί να εξηγήσει και την **προέλευση των έμβιων όντων** διατυπώνοντας μάλιστα για 1^η φορά και μια θεωρία που μοιάζει (αν και

πολύ αμυδρά) με τη θεωρία της φυσικής επιλογής του Δαρβίνου (Sloan, 2019). Συγκεκριμένα θεωρεί πως όταν αρχίζει να κερδίζει έδαφος η δύναμη της Φιλότητας, τα 4 στοιχεία του κόσμου αρχίζουν να ενώνονται σε διαφορετικές αναλογίες σχηματίζοντας τα μέλη των ζωντανών οργανισμών (χέρια μάτια, λαιμός, κλπ.) τα οποία αρχικά βρίσκονται αποχωρισμένα το ένα από το άλλο. Όσο μειώνεται η κυριαρχία του Νείκουσ και αυξάνεται η επιρροή της Φιλότητας τα μεμονωμένα αυτά μέλη αρχίζουν να ενώνονται τυχαία σε πιο ολοκληρωμένες μορφές (π.χ. πλάσματα με αναρίθμητα χέρια, διπλά κεφάλια ή με κεφάλι βοδιού και σώμα ανθρώπου). Από αυτό το τυχαίο μίγμα πλασμάτων, **αυτά που συνταιριάστηκαν πιο «κατάλληλα» μεταξύ τους είναι αυτά που θα επιβιώσουν** ενώ τα υπόλοιπα που αποτελούν δείγματα ατυχών συνδυασμών και θα εξαφανιστούν, ενώ όλη αυτή η διαδικασία θα γίνει σε βάθος πολλών αιώνων, προσφέροντας έτσι μια πολύ πρώιμη σκέψη περί σταδιακής επιβίωσης του καταλληλότερου (Κορδάτος, 1972).

1.1.3 Τα ύστερα υλιστικά συστήματα

Ο **Αναξαγόρας** (περ.500–428 π.Χ.) από τις Κλαζομενές ήταν Ένας φιλόσοφος που δίδαξε στην Αθήνα για 30 χρόνια ενώ είχε επηρεαστεί και από τους φιλοσόφους της Magna Graecia. Στην κοσμογονία του πρότεινε μεταξύ άλλων **τη δημιουργία των έμβιων όντων μέσω σπερμάτων** από μια προκοσμική συμπαγή και απροσδιόριστη μάζα στην οποία περιέχονταν τόσο τα ίδια τα σπέρματα όσο και τα δομικά συστατικά της ύλης. Επίσης πίστευε πως η ζωή ξεκινά στο υγρό στοιχείο και πως μέσω του φαινομένου της εξάτμισης τα σπέρματα που περιέχονται στο νερό ανεβαίνουν στην ατμόσφαιρα και στη συνέχεια πέφτουν στην επιφάνεια της γης μέσω της βροχής και σε κατάλληλες συνθήκες υγρασίας αναπτύσσονται. Ακόμη προτείνει μια **κλίμακα των ζωντανών οργανισμών** στην οποία τα έμβια όντα ταξινομούνται με βάση την παρουσία του νου μέσα τους, με τα φυτά να βρίσκονται στη βάση και τον άνθρωπο στην κορυφή. Στην ίδια φιλοσοφική γραμμή κινήθηκε και ο **Αρχέλαος ο Αθηναίος** (περ.490–420 π.Χ.) που δέχθηκε πολλά στοιχεία της φιλοσοφίας του Αναξαγόρα και πρότεινε πως **οι ζωντανοί οργανισμοί δημιουργήθηκαν στη λάσπη** η οποία αποτέλεσε και την αρχική τροφή όλων. **Ακολούθησε η γέννηση κάθε ζώου από ένα άλλο και τέλος ο διαχωρισμός του ανθρώπου από τα ζώα** προς μια πορεία ανάπτυξης και τη δημιουργία του πολιτισμού. Επίσης προτείνει πως ο νους είναι ομοιόμορφα κατανεμημένος σε όλα τα ζώα όμως κάθε ζώο χρησιμοποιεί το νου σε διαφορετική ένταση (Βέικος, 1995).

Οι ατομικοί φιλόσοφοι **Λεύκιππος** (έζησε τον 5^ο αιώνα π.Χ. και άκμασε μάλλον το 435-430 π.Χ.) και **Δημόκριτος** (περ.460–370 π.Χ.) από τα Άβδηρα προτείνουν ένα σχεδόν απόλυτα μηχανιστικό μοντέλο λειτουργίας του κόσμου που έμελε να ασκήσει σημαντική επιρροή αρκετά αργότερα, στην περίοδο της Αναγέννησης (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003). Αυτοί πιστεύουν πως τα δομικά υλικά του κόσμου είναι τα άτομα δηλαδή αδιαίρετα, απειροελάχιστα, συμπαγή και ομογενή σωματίδια που διαφέρουν μεταξύ τους στις επιμέρους ιδιότητες όπως το σχήμα, το μέγεθος και το βάρος. Τα άτομα πραγματοποιούν μηχανικές κινήσεις προσκρούοντας το ένα στο άλλο και έλκοντας τα όμοια τους δημιουργώντας σταδιακά μεγάλα υλικά σύνολα. Μέσω των συγκρούσεων αυτών σχηματίστηκε αρχικά η γη και στη συνέχεια με τη σειρά το νερό, ο αέρας και τέλος η φωτιά (Βέικος, 1995). Οι κινήσεις των ατόμων παίζουν μεγάλο ρόλο και στο σχηματισμό των έμβιων όντων αλλά και στον καθορισμό των ιδιοτήτων τους ακόμα και των ψυχικών λειτουργιών (καθώς η ψυχή θεωρείται επίσης υλική, αποτελούμενη και αυτή από άτομα) (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003). Οι ατομικοί πίστευαν επίσης πως *οι σύγχρονοι οργανισμοί είναι προϊόντα αλλαγών που συνέβησαν σε προγενέστερους οργανισμούς* (Sloan, 2019). Ο Δημόκριτος πίστευε και αυτός όπως ο Αρχέλαος πως τα έμβια όντα γεννήθηκαν στη λάσπη και με το πέρασμα του χρόνου τελειοποιήθηκαν και πέρασαν στη στεριά. Διατυπώνει επίσης την πολύ προχωρημένη σκέψη για την εποχή του, πως *η ευφυΐα του ανθρώπου και η χρήση εργαλείων* δεν εμφυσήθηκαν στον άνθρωπο από κάπου αλλού, αλλά *προέκυψαν από ανάγκη λόγω συναγωνισμού με τα υπόλοιπα ζώα* (π.χ. θεωρεί πως η γλώσσα προέκυψε από την ανάγκη επικοινωνίας των ανθρώπων μεταξύ τους η οποία με τη σειρά της προέκυψε από το γεγονός πως ο άνθρωπος είναι κοινωνικός). Σταδιακά, με την κατασκευή εργαλείων και τη χρήση της φωτιάς ο άνθρωπος κέρδισε σημαντικό πλεονέκτημα στο ζωικό βασίλειο και ακολούθησε διαφορετική πορεία από τα ζώα, δημιουργώντας τον πολιτισμό (Κορδάτος, 1972).

1.1.4 Η φυσική φιλοσοφία στα χρόνια της Αθηναϊκής Πολιτείας

Μετά και το θάνατο του Δημόκριτου κλείνει η 1^η περίοδος της ελληνικής φιλοσοφίας αφού ο ελληνικός κόσμος γυρίζει σελίδα και μαζί του και οι φιλόσοφοι που δεν ασχολούνται πλέον τόσο πολύ με ζητήματα κοσμογονίας και κοσμολογίας αλλά με ζητήματα ηθικής και κοινωνιολογίας. Και αυτό γιατί ο 5^{ος} αιώνας π.Χ. υπήρξε για τον ελληνικό κόσμο ιδιαίτερα πολυτάραχος λόγω της συνεχούς απειλής των Περσών αλλά και του πολύχρονου Πελοποννησιακού πολέμου. Στη νέα αυτή περίοδο, η Αθήνα αποτελεί το

κυρίως φιλοσοφικό κέντρο ενώ η φιλοσοφία επικεντρώνεται στην έρευνα της πνευματικότητας του ανθρώπου και της κοινωνικής και πολιτικής ηθικής παραμερίζοντας τις φυσικές επιστήμες καθώς υπήρχε η αντίληψη πως αυτές δεν ωφελούν άμεσα την κοινωνία. Και ενώ υπήρχαν μεν θεωρίες που ασχολούνταν εν μέρει με την κοσμολογία, λίγοι ασχολήθηκαν με την προέλευση ή/και τη μελέτη των έμβιων όντων γενικότερα (ή αν ασχολήθηκαν δεν έχουν διασωθεί τα γραπτά τους). Μια τέτοια περίπτωση αποτελεί ο **Πρωταγόρας** (περ.490–420 π.Χ.) από τα Άβδηρα που θεωρεί πως **η φύση προικίζει όλα τα έμβιοχα όντα με προστατευτικά όργανα προκειμένου να τα βοηθήσει στον αγώνα τους για τη ζωή** και τη συντήρηση του είδους τους (Κορδάτος, 1972).

Αναφορές όμως όσον αφορά τα έμβια όντα μπορούν να βρεθούν και στο έργο του **Πλάτωνα** (περ.427-327 π.Χ.). Συγκεκριμένα, στο έργο του *Τιμαίος* προτείνει ότι **όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί είναι προϊόντα σχεδιασμού ενός ευφυούς Δημιουργού** (Sloan, 2019). Αυτός έπλασε το σύμπαν χρησιμοποιώντας έμπνευση από τον κόσμο των ιδεών, επομένως ο κόσμος που ζούμε είναι το ατελές αντίγραφο του κόσμου που υπάρχει στον κόσμο των ιδεών. Στο έργο επίσης αναφέρεται πως ο άνθρωπος είναι το πιο επιτυχημένο ων στον κόσμο ενώ όλα τα υπόλοιπα (συμπεριλαμβανομένης και της γυναίκας) είναι κατώτερα (Gouyon et al., 2002). Το έργο αυτό, όντας το μοναδικό έργο του Πλάτωνα του οποίου οι λατινικές μεταφράσεις ήταν συνεχώς διαθέσιμες σε όλο το Δυτικό κόσμο, υπήρξε εξαιρετικά δημοφιλές ενισχύοντας μετέπειτα σε μεγάλο βαθμό την άποψη ότι η ύπαρξη των έμβιων όντων, λόγω της μεγάλης πολυπλοκότητας τους, δεν μπορεί να είναι αποτέλεσμα τυχαίων διαδικασιών αλλά δημιούργημα ενός ευφυούς σχεδιαστή (Sloan, 2019).

Η πραγματικά μεγάλη πρόοδος όμως όσον αφορά τη μελέτη των έμβιων όντων έρχεται από τον **Αριστοτέλη** (384-322 π.Χ.). Ξέρουμε πως ο Αριστοτέλης γνώριζε τις απόψεις κάποιων Προσωκρατικών φιλοσόφων όσον αφορά τα έμβια όντα, τις οποίες συζητά και στα γραπτά του, καθώς και διάφορες ανατομικές περιγραφές οργανισμών στα ιατρικά κείμενα της Ιπποκρατικής Συλλογής. Όλη αυτή η γνώση επεκτείνεται σημαντικά στα, σχετιζόμενα με τη Ζωολογία, έργα του Αριστοτέλη, τα οποία αποτελούν περίπου το ¼ ολόκληρης της σωζόμενης Αριστοτελικής Συλλογής και είναι εξαιρετικής σημασίας. Για παράδειγμα στο *Περί τα ζώα ιστορία* ο Αριστοτέλης επιχειρεί για 1^η φορά να αποκαλύψει τη **χρησιμότητα ορισμένων ανατομικών χαρακτηριστικών και συμπεριφορών των ζώων**, το *Περί ζώων γενέσεως* αποτελεί το 1^ο έργο συγκριτικής αναπτυξιακής βιολογίας στην ιστορία (Jones & Taub, 2018). Επίσης, στα έργα αυτά

έχουμε μια 1^η προσπάθεια *ταξινόμησης των ζωντανών οργανισμών* (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003), περιγράφοντας ορισμένα «μέγιστα γένη» τα οποία περιέχουν ζώα αρκετά όμοια μεταξύ τους (π.χ. πτηνά, ψάρια, έντομα) (Jones & Taub, 2018).

Εδώ θα κάνουμε μια παύση για να παρατηρήσουμε κάτι σημαντικό. Ο Αριστοτέλης, ασκώντας σφοδρή κριτική στην ιδεοκρατία του Πλάτωνα (του οποίου υπήρξε αρχικά μαθητής), θέλησε να δώσει μια πιο ρεαλιστική και πρακτική βάση στη φιλοσοφία του. Δεν μπορεί όμως να απαλλαχθεί τελείως από αυτή και να ακολουθήσει τον καθαρό υλισμό του Δημόκριτου, αν και κάνει μεγάλα βήματα προς αυτόν (Κορδάτος, 1972). Για παράδειγμα πίστευε, όπως και ο Πλάτωνας, στην *σταθερότητα των οργανισμών και την ιεραρχία τους σε μια σκάλα που ξεκινάει από τους πιο απλούς οργανισμούς και καταλήγει στον άνθρωπο* (Gouyon et al., 2002). Επίσης, στο έργο του *Περί Ψυχής* πρότεινε ότι η ψυχή των οργανισμών είναι η κινητήρια δύναμη της ύπαρξής τους και ότι αποτελεί τον αρχικό, τελικό αλλά και επαρκή σκοπό της ζωής. Κοινό σημείο του Πλάτωνα και του Αριστοτέλη λοιπόν είναι η **τελεολογία**, με τη διαφορά ότι στον Πλάτωνα επιβάλλεται ένας λόγος ύπαρξης των οργανισμών εξωτερικά (από έναν ευφυή σχεδιαστή) ενώ στον Αριστοτέλη ο λόγος ύπαρξης πηγάζει από το εσωτερικό των οργανισμών και την ψυχή τους που είναι αιώνια και περνάει από τη μία γενιά στην επόμενη μέσω του αρσενικού γονέα. Αυτή η ιδέα της *«κληρονομικότητας της ψυχής»* αποτέλεσε και τον πρώτο ορισμό του *«είδους»*, σύμφωνα με τον οποίο, τα άτομα που ανήκουν στην ίδια γενεαλογική σειρά και στα οποία ενσαρκώνεται η ψυχή περνώντας από τον ένα απόγονο στον άλλον ανήκουν στο ίδιο είδος. Οι τελεολογικές αντιλήψεις του Πλάτωνα και του Αριστοτέλη υπήρξαν αρκετά καθοριστικές για το μέλλον της ανθρωπότητας αφού επηρέασαν πολύ τη σκέψη των φυσικών φιλοσόφων τους επόμενους αιώνες (Sloan, 2019).

Λίγο μετά τον Αριστοτέλη έζησε και ένας άλλος μεγάλος αρχαίος έλληνας φιλόσοφος, ο **Επίκουρος** (341-270 π.Χ.), που αποτέλεσε το φορέα του νέου υλισμού, υποστηρίζοντας την ιδέα ότι ο κόσμος αποτελείται από άτομα όπως οι υλιστές ατομικοί φιλόσοφοι πριν από αυτόν. Μάλιστα ο Επίκουρος παρουσιάζεται πιο συνεπής υλιστής ακόμα και από το Δημόκριτο ο οποίος φαίνεται να δέχεται μια τελεολογία σε κάποιες απόψεις του, έστω και σε πολύ μικρό βαθμό. Για τον Επίκουρο λοιπόν δεν υπάρχει καμία τελεολογία, ενώ η φιλοσοφία θα πρέπει να στραφεί στη μελέτη των φυσικών φαινομένων και των νόμων που τα διέπουν αφού μόνο έτσι θα μπορέσει ο άνθρωπος να φροντίσει σωστά τις βιοτικές του ανάγκες αποκτώντας ψυχική γαλήνη. Δυστυχώς δεν έχουν

διασωθεί πολλά γραπτά του Επίκουρου, όμως για καλή μας τύχη έχει διασωθεί ολόκληρο το διδακτικό ποίημα *De rerum natura* του μεταγενέστερου ποιητή Λουκρήτιου (**Titus Lucretius Carus** –περ.99-50 π.Χ-) το οποίο βασίστηκε πάνω στη φιλοσοφία του Επίκουρου και σε πολλά σημεία ακολουθεί πλήρως τη διδασκαλία του (Κορδάτος, 1972). Στο έργο αυτό περιγράφεται **η σταδιακή προέλευση των σύγχρονων οργανισμών από ένα αρχικό ατομικό χάος μέσω μη κατευθυνόμενων διαδικασιών οι οποίες ξεχώριζαν τους καλύτερα προσαρμοσμένους οργανισμούς και εξάλειφαν τους λιγότερο προσαρμοσμένους** (Sloan, 2019). Στον Επίκουρο λοιπόν βρίσκουμε για 1^η φορά την έννοια του «αγώνα για επιβίωση» μεταξύ των έμβιων όντων (Gouyon et al., 2002).



Εικόνα 3: Η Αθηναϊκή Σχολή, Τοιχογραφία του [Raphael](#) (1509)

Σήμερα κοσμεί μία εκ των αιθουσών των Μουσείων του Βατικανού στη Ρώμη. Σε αυτήν απεικονίζεται ένα πλήθος Αρχαίων Ελλήνων (κυρίως) φιλοσόφων, άλλων σημαντικών προσώπων της ιστορίας και θεών με τον Πλάτωνα και τον Αριστοτέλη να είναι οι 2 φιγούρες στο κέντρο της τοιχογραφίας (αριστερά και δεξιά αντίστοιχα), ενδεικτικό της επιρροής που είχαν οι 2 φιλόσοφοι στο Δυτικό κόσμο και όχι μόνο. ([Wikipedia](#))

1.1.5 Η φυσική φιλοσοφία στους ελληνιστικούς, ρωμαϊκούς και χριστιανικούς χρόνους

Δυο γεγονότα μαρκάρουν την έναρξη της ελληνιστικής περιόδου, ο θάνατος του Αριστοτέλη το 322 π.Χ. και ο θάνατος του Μέγα Αλέξανδρου το 323 π.Χ. Μέχρι τότε οι

κύριες φιλοσοφικές σχολές που είχαν δημιουργηθεί συνιστούσαν την Ακαδημία του Πλάτωνα και την Περιπατητική Σχολή του Αριστοτέλη και μαζί με δύο ακόμα που ιδρύθηκαν λίγο αργότερα, τη Σχολή του Επίκουρου και τη Στωική Σχολή του **Ζήνων του Κιτιεύς** (περ.334-262 π.Χ.), οι 4 αυτές σχολές έμελε να γίνουν οι κύριες σχολές που επηρέασαν τη φιλοσοφική σκέψη τους επόμενους αιώνες. Οι μεταγενέστεροι φιλόσοφοι λοιπόν δανειζόντουσαν τα κύρια στοιχεία της φιλοσοφίας τους από αυτές τις 4 σχολές, συχνά προσπαθώντας να τις επεκτείνουν ή να τις διορθώσουν σε ορισμένα σημεία (Jones & Taub, 2018). Για παράδειγμα ο **Διογένης ο Οινουανδεύς** (έζησε το 2^ο αιώνα μ.Χ.), μεγάλος οπαδός του Επίκουρου, δίδασκε ότι όλα *τα έμψυχα όντα γεννήθηκαν από τη γη και ότι η ανάγκη* (και όχι οι θεοί) *ήταν αυτή που οδήγησε τον άνθρωπο να φτιάξει εργαλεία, ρούχα, κλπ.* Επίσης, ο Στωικός φιλόσοφος **Παναίτιος ο Ρόδιος** (άκμασε γύρω στα 180-110 π.Χ.) θεωρούσε πως *το φυσικό και γεωγραφικό περιβάλλον ασκεί επιρροή στην ανθρώπινη πνευματικότητα* συμπεραίνοντας πως οι περιοχές με εύκρατα κλίματα ευνοούν την ανάπτυξη μεγάλων στοχαστών. Διατύπωσε μάλιστα πως οι πνευματικές ιδέες κληρονομούνται από γενιά σε γενιά (Κορδάτος, 1972).

Αν όμως κάποια από τις 4 κύριες σχολές άσκησε μεγαλύτερη επιρροή από τις υπόλοιπες, αυτή θεωρείται πως ήταν η Πλατωνική αντίληψη για τον κόσμο η οποία ανανεώθηκε και πήρε τη μορφή του Νεοπλατωνισμού (Jones & Taub, 2018). Παρόμοιες απόψεις με τον Πλάτωνα είχε εκφράσει ο νεοπλατωνικός φιλόσοφος **Πλωτίνος** (204-270) (Κορδάτος, 1972) αλλά και ένας από τους σημαντικότερους ιατρούς στην ιστορία, ο **Γαληνός** (129-200), οι απόψεις του οποίου ήταν μη αμφισβητήσιμες για αρκετούς αιώνες μέχρι και περίπου το 16^ο αιώνα (Sloan, 2019). Στο έργο του *De Usu Partium Corporis Humani* μιλάει επανειλημμένα για την αρμονία και την ομορφιά που υπάρχει στα διάφορα μέρη του ανθρώπινου σώματος παρουσιάζοντας το γεγονός αυτό ως απόδειξη για την *ύπαρξη ενός ευφυούς Δημιουργού* που σκόπιμα έχει επιμεληθεί την κατασκευή του ανθρώπου, ευθυγραμμίζοντας έτσι τη σκέψη του με την άποψη του ευφυούς σχεδιασμού του Πλάτωνα (Lindberg & Shank, 2013). Παράλληλα η άποψη του ευφυούς σχεδιασμού επηρέασε με διάφορους τρόπους και τις 3 μεγάλες θρησκείες του Δυτικού κόσμου, τον Χριστιανισμό, τον Ιουδαϊσμό και το Ισλάμ, που όλες απέδιδαν τη δημιουργία του κόσμου από το τίποτα (*ex nihilo*) και όλων των έμβιων όντων σε αυτόν σε έναν Θεό (Sloan, 2019). Παρόλο που μια τέτοια σκέψη παραπέμπει στην ταυτόχρονη (ή σχεδόν ταυτόχρονη) δημιουργία όλων των έμβιων όντων στην τελική τους μορφή, κάτι τέτοιο δεν είναι απαραίτητο (Gouyon et al., 2002). Ο χριστιανός θεολόγος **Άγιος Αυγουστίνος** (Augustine

of Hippo) (354-430), επηρεασμένος από τους στωικούς, στο έργο του *De Genesi ad litteram* προτείνει ότι **η δημιουργία του κάθε είδους έγινε από το Θεό ταυτόχρονα αλλά κάθε είδος πήρε την τελική του μορφή σταδιακά σε βάθος χρόνου**. Ο ίδιος επίσης δέχεται και την **αυτόματη γένεση** (Young, 1988). Ο Άγιος Αυγουστίνος είχε μεγάλη επιρροή και αργότερα, κατά ο μεσαίωνα, επηρεάζοντας σημαντικά τη σκέψη των φιλοσόφων εκείνης της εποχής (Lindberg & Shank, 2013).

Επίσης, σε όλη αυτή την περίοδο, μέχρι και πριν το μεσαίωνα, βλέπουμε μια ανάπτυξη του κλάδου της Βοτανικής, παρόλο που ο κλάδος αυτός συνεχίζει να παραμένει στην αφάνεια για τους στοχαστές εκείνης τα εποχής, ενώ η γνώση για τα φυτά προέρχεται από ανθρώπους όλων των κοινωνικών τάξεων (ο Θεόφραστος και ο Διοσκουρίδης που θα δούμε στη συνέχεια αναφέρουν συχνά αγράμματους τεχνίτες στις πηγές τους). Όλα τα έργα περί Βοτανικής του αρχαίου κόσμου εστιάζουν στις χρηστικές ιδιότητες των φυτών όσον αφορά τον άνθρωπο και αυτό αποτελεί και το κύριο (αλλά όχι το μόνο) κριτήριο ταξινόμησης τους (Jones & Taub, 2018). Μια 1^η προσπάθεια **ταξινόμησης των φυτών** γίνεται από τον **Θεόφραστο** (περ.371-287 π.Χ.), μαθητή αρχικά του Πλάτωνα και στη συνέχεια του Αριστοτέλη, στο έργο του *Περί φυτών ιστορία* στο οποίο, ακολουθώντας την ταξινόμηση του Αριστοτέλη για τα ζώα που βασίζεται στα μορφολογικά κυρίως χαρακτηριστικά, ταξινομεί πάνω από 500 είδη φυτών σε 3 γενικές κατηγορίες (δέντρα, θάμνους, φρύγανα) (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003). Ο **Διοσκουρίδης** (περ.40-90) αργότερα γράφει το μνημειώδες έργο του *Περί ύλης ιατρικής* που αποτέλεσε τη βάση για την ανάπτυξη όλων των υπόλοιπων συγγραμμάτων φαρμακοποιίας και στο οποίο ταξινομεί τα φυτά διαφορετικά από το Θεόφραστο, με βάση την επίδραση τους στον ανθρώπινο οργανισμό.

1.2 Μεσαίονας

Γενικά κατά το Μεσαίωνα κυριαρχεί η πεποίθηση ότι ο Θεός έχει δημιουργήσει τα πάντα ενώ ο άνθρωπος έχει πρωταγωνιστικό ρόλο στον κόσμο του Θεού σε αντίθεση με τα υπόλοιπα πλάσματα που έρχονται σε 2^η μοίρα. Σε ένα τέτοιο πλαίσιο οι τελεολογικές αντιλήψεις του Πλάτωνα και του Αριστοτέλη βρήκαν το κατάλληλο έδαφος να καρποφορήσουν (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003).

Πιο συγκεκριμένα, στον πρώιμο Μεσαίωνα (περίπου από το 500 έως το 1150) σε γενικές γραμμές, και όσον αφορά τη φυσική φιλοσοφία, βλέπουμε να επαναλαμβάνονται οι απόψεις των στοχαστών της αρχαιότητας ενώ η μελέτη του κόσμου γίνονταν στα

πλαίσια της κατανόησης του Θεού και των σκοπών Του. Οι φιλόσοφοι χρησιμοποιούσαν ως κύρια πηγή κοσμολογικής γνώσης τον *Τιμαίο* του Πλάτωνα (που όπως είπαμε ήταν ευρέως διαθέσιμο στα λατινικά) και τα γραπτά του Αυγουστίνου σε συνδυασμό με το γεωκεντρικό σύστημα του **Κλαύδιου Πτολεμαίου** (100-170) όπως αυτό περιγράφεται στα γραπτά του *Μαθηματική Σύνταξις και Υποθέσεις των πλανωμένων* (Lindberg & Shank, 2013).

1.2.1 Ισλάμ

Οι φιλόσοφοι στο Ισλάμ, σε αντίθεση με τη μεγάλη πρόοδο που κατάφεραν στα Μαθηματικά, δεν ασχολήθηκαν πολύ με την προέλευση και την αλλαγή των ειδών. Σε γενικές γραμμές υπήρχαν 2 κύριες προσεγγίσεις όσον αφορά τη μελέτη του φυσικού κόσμου στο Ισλάμ, η μία στηριζόταν στην ερμηνεία του Κορανίου ενώ η άλλη βασίστηκε στα γραπτά των Αρχαίων Ελλήνων που μεταφράστηκαν συστηματικά στα Αραβικά (και κυρίως του Αριστοτέλη του οποίου σχεδόν ολόκληρη η Συλλογή ήταν γνωστή στους Μουσουλμάνους φιλόσοφους, αλλά και του Πλάτωνα). Στα Αραβικά υπάρχει η λέξη “*falsafa*” ή αλλιώς “*ikma*” που σημαίνει «σοφία» και περιγράφει τη φιλοσοφικό ρεύμα στο οποίο οι ιδέες του Πλάτωνα και του Αριστοτέλη συντήκονται (Νεοπλατωνικός Αριστοτελισμός). Στο πλαίσιο αυτό βρίσκουμε κάποιες αναφορές στον έμβιο κόσμο στο έργο *Kitāb al-Shifā* του φιλόσοφου **Ibn Sina** (980-1037) (ευρύτερα γνωστός ως **Avicenna**). Σε αυτό αναφέρει πως **τα έμβια όντα έχουν ψυχές που τους προσδίδουν διαφορετικές ιδιότητες**: τα φυτά έχουν τη «*φυτική ψυχή*» που είναι υπεύθυνη για τη διατροφή, την ανάπτυξη και την αναπαραγωγή ενώ τα ζώα εκτός από τη φυτική έχουν και τη «*ζωική ψυχή*» που τους επιτρέπει επιπλέον να κινούνται και να αισθάνονται. Οι άνθρωποι έχουν και μια τρίτη, τη «*λογική ψυχή*» που ευθύνεται για την ικανότητα του ανθρώπου να εφαρμόζει τη λογική (Lindberg & Shank, 2013).

1.2.2 Βυζάντιο

Οι φιλόσοφοι του Βυζαντίου καταπιάστηκαν σε μεγάλο βαθμό με τη συντήρηση των έργων των Αρχαίων Ελλήνων, τα οποία μελετούσαν συστηματικά κάνοντας σημαντικές προόδους στην Αστρονομία και τη Μουσική. Αυτοί οι δύο κλάδοι, μαζί με την Αριθμητική και τη Γεωμετρία ήταν οι 4 κύριοι κλάδοι που απασχολούσαν τους Βυζαντινούς φιλοσόφους ενώ μέσα σε αυτούς δεν περιλαμβάνονται κλάδοι όπως η Βοτανική και η Ζωολογία που παρουσίαζαν ενδιαφέρον μόνο για πρακτικούς λόγους και

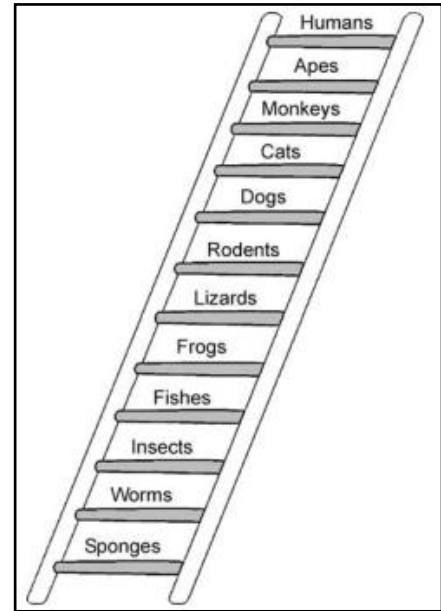
τη θεραπεία ασθενειών. Κύρια πηγή καθ' όλη τη διάρκεια του Βυζαντίου όσον αφορά τη Βοτανική υπήρξε το *Περί ύλης ιατρικής* του Διοσκουρίδη ενώ περισσότερα από τα μισά βοτανικά κείμενα που διαθέτουμε από την εποχή του Βυζαντίου συνιστούν λίστες με υλικά διάφορων ιατρικών συνταγών που χρησιμοποιούνταν στα Βυζαντινά νοσοκομεία. Όσον αφορά τη Ζωολογία, τα Βυζαντινά κείμενα έχουν μικρή επιστημονική αξία και περιορίζονται κυρίως στην περιγραφή των χαρακτηριστικών διαφόρων ζώων. Τα κύρια βιβλία που διασώζονται μέχρι σήμερα είναι το βιβλίο ΙΧ της *Χριστιανικής Τοπογραφίας* του **Κοσμά του Ινδικοπλεύστη** (6ος αιώνας), τα *Γεωπονικά* του **Κων/νου Πορφυρογέννητου** (905-959), ο *Φυσιολόγος* (αγνώστου συγγραφέα), κάποια μεμονωμένα ποιήματα και κάποιες ανώνυμες συλλογές που περιγράφουν πτηνά (Lindberg & Shank, 2013).

1.2.3 Δυτική Ευρώπη

Αρχικά στη Δυτική Ευρώπη, όπως στο Ισλάμ και στο Βυζάντιο, η μελέτη των έμβιων όντων δεν ήταν τόσο συστηματική. Η όποια γνώση Βοτανικής και Ζωολογίας προερχόταν και εδώ από διάφορα μεμονωμένα ποιήματα αλλά και από κάποια μυστικιστικά κείμενα όπως τα *Liber de simplicis medicinae* και *Causae et curae* της **Hildegard von Bingen** (1098-1179). Μια εξαίρεση αποτελεί ο **Albertus Magnus** (περ.1200-1280) ο οποίος μελέτησε το φυσικό κόσμο αγνοώντας εντελώς την οποιαδήποτε θεολογική προσέγγιση και διατύπωσε ερωτήματα όπως «γιατί κάποια είδη γεννούν πολλά αυγά και άλλα λίγα» και «σε ποια είδη χωρίζεται το γένος των φυτών και γιατί» (Lindberg & Shank, 2013).

Όμως, από το 12^ο αιώνα και μετά τα γραπτά και άλλων Αρχαίων Ελλήνων, και κυρίως του Αριστοτέλη, επανέρχονται στο προσκήνιο στο Δυτικό κόσμο με λατινικές μεταφράσεις από τα Αραβικά ή απευθείας από τα Ελληνικά (Sloan, 2019). Έτσι τα σχετικά με την κοσμολογία έργα του Αριστοτέλη (κυρίως το *Περί Ουρανού*, τα *Φυσικά*, τα *Μεταφυσικά* και τα *Μετεωρολογικά*) αρχίζουν να διδάσκονται στα Μεσαιωνικά πανεπιστήμια της Δυτικής Ευρώπης που δειλά δειλά έκαναν την εμφάνιση τους γύρω στο 1200 (Lindberg & Shank, 2013).

Ο Χριστιανός θεολόγος **Thomas Aquinas** (1225-1274) έπαιξε σημαντικό ρόλο στην ανάμιξη των Αριστοτελικών έργων με το Χριστιανισμό και έθεσε νέα σημαντικά ερωτήματα στη φυσική φιλοσοφία. Όσον αφορά την αλλαγή των ειδών στη διάρκεια του χρόνου θεωρεί πως «**τα νέα είδη, αν εμφανιστούν, προ-υπάρχουν σε συγκεκριμένες ενεργές μορφές**» όπως γράφει στο πιο διαδεδομένο έργο του *Summa Theologiae*. Στην άποψη αυτή βλέπουμε στην πράξη να παντρεύονται η θεωρία του Αυγουστίνου περί αλλαγής των ειδών σε βάθος χρόνου με τη θεωρία του Αριστοτέλη περί αιωνιότητας των ειδών μέσω της κληρονομικότητας της ψυχής (Sloan, 2019). Παράλληλα εκείνη την εποχή υπήρχε και το ερώτημα αν ο κόσμος είναι αιώνιος (η άποψη του Αριστοτέλη) ή έχει μια χρονική αρχή (η άποψη των οπαδών του Χριστιανισμού). Ο Aquinas θεώρησε πως δεν υπάρχουν λογικά επιχειρήματα για καμία από τις 2 μεριές διατυπώνοντας πως ο κόσμος μπορεί να είναι και αιώνιος και όχι αφού ο Θεός θα μπορούσε να τον δημιουργήσει χωρίς αναγκαστικά να τοποθετήσει τη δημιουργία του σε κάποια χρονική αρχή, καταφεύγοντας έτσι σε μια ακόμα συμφιλίωση των απόψεων του Αριστοτέλη και του Χριστιανισμού (Lindberg & Shank, 2013). Ο ίδιος επίσης **τοποθέτησε τους ζωντανούς οργανισμούς σε μια σκάλα (*scala naturae*) από τους πιο απλούς στους πιο σύνθετους οργανισμούς** (Εικόνα 4) (Gouyon et al., 2002).



Εικόνα 4: Μερικά από τα πιο κοινά ζώα τοποθετημένα στη *scala naturae*.
(Hodos, 2009)

Αργότερα, κατά το 15^ο αιώνα, έρχεται και η πρώτη μετάφραση των σχετικών με τη ζωολογία έργων του Αριστοτέλη σε μια ταραχώδη περίοδο για τον κλάδο της Ανατομίας, όπου οι θεωρίες του Γαληνού τίθονταν υπό αμφισβήτηση. Έτσι σταδιακά η Ζωολογία άρχισε να θεωρείται κλάδος της Φυσικής Φιλοσοφίας και να μελετάται εντονότερα (Jones & Taub, 2018).

1.3 Αναγέννηση

Στην περίοδο της Αναγέννησης η φυσική φιλοσοφία υπέστη δραστικές αλλαγές, όπως άλλωστε και παρά πολλοί άλλοι τομείς της ανθρωπότητας εκείνη την περίοδο, με αποτέλεσμα έως και το τέλος του 17^{ου} αιώνα η Δυτική Ευρώπη να είναι τελείως

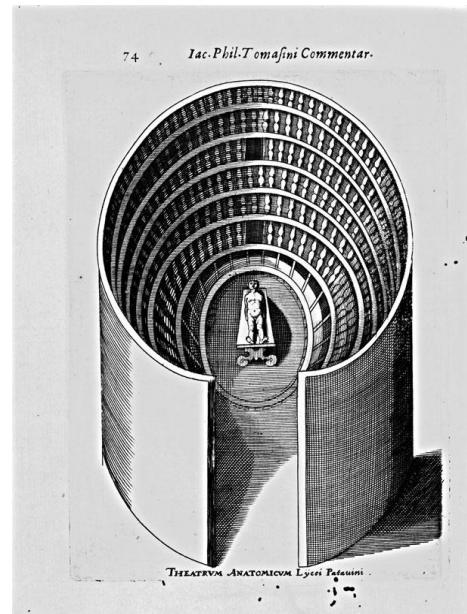
διαφορετική από ότι ήταν στο τέλος του Μεσαίωνα. Σε αυτό συνέβαλαν φυσικά πολλές τεχνολογικές και πολιτισμικές αλλαγές όπως η εμφάνιση της γραφομηχανής το 1450 και το ταξίδι του Χριστόφορου Κολόμβου στην Αμερική το 1492 καθώς και η ανακάλυψη του μικροσκοπίου και του τηλεσκοπίου αργότερα (Grant, 2007). Έτσι, τομείς όπως η Ανατομία και η Βοτανική έγιναν βασικότεροι στην προσπάθεια κατανόησης της φύσης (Park & Daston, 2008).

1.3.1 Ανατομία, Εμβρυολογία και Συστηματική

Ένας τομέας που γνώρισε άνθιση μετά το Μεσαίωνα είναι η ταξινόμηση των ζωντανών οργανισμών. Στο γεγονός αυτό συνέβαλε πολύ η εποχή των μεγάλων ανακαλύψεων και η εξερεύνηση μέχρι πρότινος άγνωστων χωρών από Ευρωπαίους εξερευνητές που, γυρίζοντας στην Ευρώπη, έφεραν μαζί τους εντελώς νέα δείγματα φυτών και ζώων (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003). Γρήγορα οι πρώτοι βοτανικοί κήποι άρχισαν να κάνουν την εμφάνιση τους συγκεντρώνοντας σε ένα μέρος μεγάλη βοτανολογική ποικιλότητα από διάφορα μέρη του κόσμου και μαζί τους πρόεκυψε επίσης και η ανάγκη εκπαιδευτικών ταξιδιών πεδίου στα οποία φοιτητές και καθηγητές μπορούσαν να παρατηρήσουν τη φύση *in situ* και όχι να στηρίζονται αποκλειστικά στα βιβλία όπως γίνονταν μέχρι τότε. Με τη δειγματοληψία και την αποξήρανση των φυτών από τα εκπαιδευτικά ταξίδια δημιουργήθηκαν και εξαπλώθηκαν και τα πρώτα ερμπαρία. Το αντίστοιχο των ερμπαρίων των φυτών ήταν για τα ζώα τα μουσεία φυσικής ιστορίας τα οποία δημιουργήθηκαν με σκοπό να προωθήσουν την γνώση χρησιμοποιώντας μια πιο εμπειρική προσέγγιση αντί όπως είπαμε της αποκλειστικής χρήσης των βιβλίων (Park & Daston, 2008). Όλη αυτή η έκρηξη βοτανολογικής και ζωολογικής ποικιλότητας οδήγησε στην ανάγκη καταγραφής, περιγραφής και ταξινόμησης όλων των οργανισμών χωρίς να δίνεται πλέον έμφαση στις χρηστικές ιδιότητες τους όπως γινόταν μέχρι το Μεσαίωνα. Πρωτοπόροι σε αυτόν τον τομέα υπήρξαν ο ιατρός **Edward Wotton** (1492-1555), που στο έργο του *De differentiis animalium* το 1552 εστιάζει στις διαφορές των ζώων αφήνοντας έξω οποιαδήποτε μυθική και φανταστική πληροφορία που είχε προστεθεί τους προηγούμενους αιώνες (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003), ο ιατρός **Conrad Gessner** (1516-1565) του οποίου το έργο *Historia animalium* αποτέλεσε το εκτενέστερο έργο Ζωολογίας από την εποχή του Αριστοτέλη (Park & Daston, 2008), ο ιατρός **Andrea Cesalpino** (1519-1603), που στο έργο του *De plantis* το 1583 ταξινομεί τα φυτά με βάση τη μορφολογία τους αγνοώντας τελείως τις πρακτικές τους χρήσεις (κάτι που αργότερα

έκανε τον Κάρολο Λινναίο να τον θεωρήσει ως τον 1^ο πραγματικό συστηματικό (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003), ο βοτανικός **Gaspard Bauhin** (1560-1624), που προσπάθησε να συγκεντρώσει όλα όσα ήταν γνωστά εκείνη την εποχή για τον τομέα της Βοτανικής και στο έργο του *Pinax theatri botanici* το 1623 ταξινομεί γύρω στα 6000 είδη φυτών (το έργο του αποτέλεσε μεγάλη βοήθεια και για τον Λινναίο), ο φυσιοδίφης **John Ray** (1627-1705) που δημοσίευσε ένα πολύ σημαντικό έργο στην ταξινόμηση των φυτών, το *Historia Plantarum* (Park & Daston, 2008) και ο βοτανικός **Joseph Pitton de Tournefort** (1656-1708), που ήταν ο 1^{ος} που εισήγαγε στην ταξινόμηση τάξη ανώτερα από τα γένη, τις κλάσεις (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003).

Μεγάλη άνθιση μετά το Μεσαίωνα γνώρισε επίσης και ο κλάδος της Ανατομίας. Το ενδιαφέρον του κόσμου εκείνης της εποχής για την Ανατομία ήταν τόσο μεγάλο που σε όλη την Ευρώπη άρχισαν να στήνονται «θέατρα ανατομίας» (Εικόνα 5) στα όποια πλήθος κόσμου μπορούσε να παρατηρήσει από κοντά επιδείξεις ανατομίας πάνω σε ανθρώπους ή ζώα (Park & Daston, 2008). Μέχρι και το Μεσαίωνα οι καθηγητές ιατρικής δίδασκαν ανατομία από τα βιβλία του Γαληνού ο οποίος, όπως αναφέραμε ήδη, είχε αρχίσει να αμφισβητείται και ανατράπηκε πλήρως από τον ιατρό **Andreas Vesalius** (1514-1564). Στο έργο του *De humani corporis fabrica libri septem* το 1543 ο Vesalius κάνει μια προσπάθεια να περιγράψει με κάθε λεπτομέρεια όλα τα μέρη και όλα τα όργανα του ανθρώπινου σώματος όντας ο 1^{ος} που ξεκινά την περιγραφή από τα οστά και προς τα έξω και όχι από το δέρμα και προς τα μέσα όπως γινόταν μέχρι τότε. Άλλος σπουδαίος ανατόμος της εποχής ήταν ο **Hieronymus Fabricius** (1537-1619), που ήταν ο 1^{ος} που ασχολήθηκε σε μεγάλη έκταση με τη συγκριτική ανατομία πραγματοποιώντας συγκρίσεις ανάμεσα σε αντίστοιχα μέρη και όργανα ζώων με άλλα ζώα ακόμα και **συγκρίσεις μεταξύ οργάνων ζώων και ανθρώπου**. Ο ίδιος ασχολήθηκε και με την Εμβρυολογία περιγράφοντας και συγκρίνοντας πολλά έμβρυα σπονδυλωτών. Μαθητής του Fabricius ήταν ο ιατρός **William Harvey** (1578-1657) που πραγματοποίησε λεπτομερείς παρατηρήσεις στα



Εικόνα 5: Απεικόνιση ενός «θεάτρου ανατομίας» (Park & Daston, 2008)

έμβρυα διαφόρων ζώων. Ο Harvey είναι ο 1^{ος} που διατύπωσε τη θεωρία πως *όλα τα έμβρυα των ζώων προέρχονται από ωα*, δηλαδή ότι ακόμη και στα ζωοτόκα ζώα το ωο βρίσκεται στο σώμα της μητέρας για αυτό και δεν το βλέπουμε. Ο Harvey βέβαια δεν είχε στη διάθεση του μικροσκόπιο για να παρατηρήσει τα ωα των θηλαστικών. Αργότερα, η ανακάλυψη και την εξάπλωση του μικροσκοπίου επέτρεψε ακόμα πιο λεπτομερείς παρατηρήσεις. Ο **Antonie van Leeuwenhoek** (1632-1723) περιέγραψε πρώτος τα σπερματοζωάρια διάφορων ζώων ενώ μπόρεσε ακόμη και να παρατηρήσει την ένωση σπερματοζωαρίου και ωαρίου στους βάτραχους ενώ ο ιατρός **Reinier de Graaf** (1638-1673) διατύπωσε πως οι ωοθήκες των θηλαστικών (και του ανθρώπου) αντιστοιχούν στα όργανα των πτηνών που παράγουν τα ωα –η ονομασία ωοθήκη (*ovarium*) είναι δική του-. Όλα αυτά τα ευρήματα όμως γέννησαν ένα βασικό ερώτημα. *Πως είναι δυνατόν να προκύπτει το πολύπλοκο έμβρυο και το νεογνό από τα ωα και τα σπερματικά υγρά που φαινομενικά είναι άμορφα και ομοιογενή;* Για την απάντηση αυτού του ερωτήματος αναπτυχθήκαν 2 θεωρίες (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003).

1.3.2 Οι θεωρίες του προσχηματισμού και της επιγένεσης

Η πρώτη θεωρία, η **θεωρία του προσχηματισμού** που ξεκίνησε από τον βιολόγο **Jan Swammerdam** (1637-1680), ο οποίος ασχολήθηκε εκτεταμένα με τα μελέτη των εντόμων, υποστήριξε ότι *μέσα στα άμορφα και ομοιογενή υγρά υπήρχε ήδη προσχηματισμένο το έμβρυο* (σε μορφή μινιατούρας) το οποίο είναι πολύ μικρό και μη διακριτό (Gouyon et al., 2002). Έτσι, με την ανάπτυξη του εμβρύου, όλα τα μικροσκοπικά του μέρη αρχίζουν να μεγαλώνουν μέχρις ότου να μπορούμε να τα διακρίνουμε. Υποστηρικτές αυτής της θεωρίας ήταν ο van Leeuwenhoek και ο θεολόγος **Nicolas Malebranche** (1638-1715) που διατύπωσε πως *όλοι οι άνθρωποι που υπήρξαν ποτέ ήταν προσχηματισμένοι στο σώμα της Εύας* (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003) ενώ επεκτείνοντας τη σκέψη αυτή και συνδυάζοντας τη με τα χριστιανικά πιστεύω διατύπωσε πως η δημιουργία όλων των οργανισμών τοποθετείται στην αρχή της δημιουργίας του κόσμου από τον Θεό. Μια παρόμοια θεωρία διατύπωσε και ο ανατόμος **Claude Perrault** (1613-1688) που υποστήριξε πως *όλοι οι οργανισμοί σχηματιστήκαν στην αρχή του κόσμου και με τη μορφή σπόρων διασκορπίστηκαν στο χώμα*. Από εκεί προσλαμβάνονται με την τροφή και κάτω από κατάλληλες συνθήκες εμφυτεύονται στα ωάρια των ζώων και, με έναυσμα τη γονιμοποίηση, αναπτύσσονται (Sloan, 2019).

Μια παρατήρηση που φάνηκε να ενισχύει τη θεωρία του προσχηματισμού είναι η σχέση που έχουν τα διαφορά τμήματα του οργανισμού μεταξύ τους. Η καρδιά δεν μπορεί να λειτουργήσει χωρίς τα νεύρα που συνδέονται σε αυτή ενώ αυτά δεν μπορούν να υπάρξουν χωρίς την καρδιά. Επομένως, ολόκληρος ο οργανισμός θα έπρεπε να προϋπάρχει (Sloan, 2019). Επίσης, ένα πλεονέκτημα της θεωρίας αυτής ήταν ότι μπορούσε εύκολα να εναρμονιστεί με διάφορες θειστικές αντιλήψεις ενώ ένα ακόμα ήταν ότι εξηγούσε επαρκώς την εμφάνιση των απολιθωμάτων. Από την άλλη, η θεωρία αυτή αδυνατούσε να εξηγήσει πολλά εμπειρικά φαινόμενα όπως η τερατογένεση, η αναγέννηση χαμένων άκρων, η ομοιότητα των απογόνων και στους 2 γονείς, η ύπαρξη υβριδίων μεταξύ 2 ειδών (π.χ. το μουλάρι) και άλλα. Τέλος, η θεωρία του προσχηματισμού δεν ενσωμάτωνε καμία σκέψη περί αλλαγής των οργανισμών στη διάρκεια του χρόνου και για το λόγο αυτό σχεδόν κανένας φιλόσοφος δεν διατύπωσε κάποια τέτοια σχετική θεωρία την εποχή που κυριαρχούσε η θεωρία του προσχηματισμού (Millstein, 2021). Μια ενδιαφέρουσα εξαίρεση σε αυτό είναι ο φιλόσοφος **Benôit de Maillet** (1656-1738) που υποστήριξε πως **τα χερσαία ζώα θα μπορούσαν να έχουν προσέλθει από θα θάλασσα με μεταμόρφωση** καθώς κατά τη γνώμη του η Γη παλιότερα καλυπτόταν όλη με νερό και στη συνέχεια η στάθμη του νερού υποχώρησε φανερώνοντας τη στεριά (Gouyon et al., 2002).

Η δεύτερη θεωρία, η **θεωρία της επιγένεσης**, υποστήριζε ότι δεν υπήρχε τίποτα προσχηματισμένο μέσα στα άμορφα υγρά και ότι η πολυπλοκότητα του εμβρύου και του νεογνού οφείλονται στις διαμορφωτικές δυνάμεις της φύσης (Gouyon et al., 2002). Υποστηρικτής αυτής της θεωρίας ήταν ο Harvey και ο **René Descartes** (1596-1650) που θεώρησε ότι στο ωάριο και το σπερματοζώαριο υπάρχουν στοιχειώδη κομμάτια που με την ανάμιξη τους και την επίδραση της θερμοκρασίας συνενώνονται αυτόματα σε ολοένα μεγαλύτερα και πολυπλοκότερα σύνολα. Η γενικότερη σκέψη του Descartes είχε μεγάλη επιρροή στην περίοδο της Αναγέννησης (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003).

1.3.3 Η απόρριψη των μηχανιστικών θεωριών του René Descartes

Το 1644 ο Descartes δημοσιεύει το *Principia philosophiae* στο οποίο επιχειρεί να διατυπώσει τις αρχές της φυσικής φιλοσοφίας προτείνοντας μια μηχανιστική αντίληψη για τον κόσμο. Σε αυτό ο Descartes αναφέρει ότι η Γη κάποτε ήταν σαν τον Ήλιο αλλά σταδιακά ψυχράνθηκε και στερεοποιήθηκε ενώ στη συνέχεια αποξηράνθηκε και γέμισε ρωγμές οδηγώντας στο σχηματισμό των οροσειρών και των ωκαιάνιων λεκανών

(Millstein, 2021). Ωστόσο διατύπωσε πως η θεωρία του αυτή έχει σκοπό να εξηγήσει την ιστορία της φύσης με τρόπο που το ανθρώπινο μυαλό μπορεί να κατανοήσει και επομένως είναι περισσότερο φανταστική παρά πραγματική (Sloan, 2019).

Πατώντας πάνω σε αυτή τη θεωρία, ο ανατόμος **Nicolas Steno** (1638-1686) διατύπωσε το 1669 στο έργο του *De solido intra solidum naturaliter contento dissertationis prodromus* πως **τα απολιθώματα θα μπορούσαν να είναι τα απομεινάρια οργανισμών που έζησαν στο παρελθόν** (Park & Daston, 2008). Αργότερα, το 1681 στο έργο του *Telluris theoria sacra (Sacred History of the Earth)*, ο θεολόγος **Thomas Burnet** (1635-1715) επιχείρησε να συνδυάσει τη θεωρία του Descartes με τις Χριστιανικές θεωρίες διατυπώνοντας πως ο σχηματισμός της Γης έγινε από ένα αρχικό κοσμικό χάος με την καθοδήγηση του Θεού και με σταδιακές διαδικασίες που περιλάμβαναν γεγονότα όπως ο διαχωρισμός των ηπείρων και η αντιστροφή των πόλων (Porter, 2003). Έτσι ο Burnet έγινε ο 1^{ος} που έδωσε πραγματική υπόσταση στη φανταστική θεωρία του Descartes. Όσον αφορά την προέλευση των ειδών, ο Burnet την απέδωσε στην «**αυθόρμητη καρποφορία του εδάφους**» και όχι στην απευθείας δημιουργία από το Θεό (Sloan, 2019).

Ωστόσο, σημαντικός επικριτής του Descartes ήταν ο **Isaac Newton** (1643-1727) που θεώρησε πως η ιδέα ότι ο κόσμος θα μπορούσε να σχηματιστεί από το χάος απλά και μόνο μηχανιστικά με τους νόμους της φύσης ήταν «μη φιλοσοφική». Επίσης, το μνημειώδες σύγγραμμα του *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* που δημοσιεύθηκε το 1687 σύστησε στους επιστήμονες/φιλόσοφους την ιδέα των δυνάμεων από απόσταση (βαρύτητα) και άνοιξε νέες συζητήσεις όσον αφορά την κατάσταση της ύλης, δηλαδή αν αυτή είναι δυναμική και κατά πόσο (Millstein, 2021). Έτσι πολλοί (Γάλλοι κυρίως) ιατροί τάχθηκαν υπέρ βιταλιστικών θεωριών και κατά των μηχανιστικών αντιλήψεων του Descartes. Ως αποτέλεσμα οι απόψεις του Descartes και η θεωρία της επιγένεσης άρχισαν να χάνουν έδαφος ενώ η θεωρία του προσχηματισμού γίνονταν όλο και περισσότερο αποδεκτή και έγινε η κυρίαρχη θεωρία για περίπου έναν αιώνα (Sloan, 2019).

1.3.4 Η θεωρία της αβιογένεσης

Στο σημείο αυτό θα κάνουμε ακόμα μια παύση για να μιλήσουμε για τη θεωρία της αβιογένεσης. Είπαμε πριν πως ο Thomas Burnet πίστευε πως τα είδη δημιουργούνται αυθόρμητα από το έδαφος. Αυτή η αντίληψη δεν ήταν κάτι νέο, αλλά υποστηρίχτηκε κατά

καιρούς από διάφορους φιλοσόφους. Στο Μεσαίωνα πολλοί πίστευαν στην αβιογένεση και ένα επιχείρημα για να στηρίξουν την άποψη αυτή ήταν η ξαφνική εμφάνιση της θαλασσιάς χήνας (*Branta leucopsis*) στις ακτές της Δυτικής Ευρώπης. Βέβαια το είδος αυτό είναι αποδημητικό και ταξιδεύει κατά τη διάρκεια της νύχτας, αλλά η ξαφνική εμφάνιση του στις ακτές προβλημάτισε τους ανθρώπους του Μεσαίωνα. Με τον καιρό η ιδέα ότι τα ανώτερα σπονδυλωτά μπορεί να δημιουργηθούν αυθόρμητα εξασθένησε όμως δεν συνέβη το ίδιο για τα υπόλοιπα ζώα (Gouyon et al., 2002). Στην περίοδο της Αναγέννησης υπήρχε η πεποίθηση πως ορισμένα κατώτερα ζώα γεννιούνται αυτόματα από κάποιο άψυχο υλικό κάτω από κατάλληλες συνθήκες. Ανάμεσα σε αυτούς που την αποδέχονταν ήταν ο Descartes ενώ σε αυτούς που την απέρριπταν ήταν ο van Leeuwenhoek που είχε παρατηρήσει πως μέχρι και τα πολύ μικρά έντομα αναπαράγονται όπως τα υπόλοιπα ζώα (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003). Η θεωρία αυτή λοιπόν συνυπήρχε με τις θεωρίες του προσχηματισμού και της επιγένεσης περισσότερο για να τις **πλαισιώσει** και όχι για να τις ανταγωνιστεί. Όμως, το 1668 ο ιατρός **Francesco Redi** (1626-1697) πραγματοποίησε ένα πείραμα που αμφισβήτησε τη θεωρία της αβιογένεσης (Sloan, 2019). Άφησε διάφορα δείγματα κρέατος σε ανοιχτά και κλειστά βάζα και παρατήρησε πως μόνο στα ανοιχτά, και όχι στα κλειστά, το κρέας γέμιζε με σκουλήκια. Ο Redi συμπέρανε πως **«η σάρκα νεκρών ζώων δεν μπορεί να δημιουργήσει σκουλήκια εκτός αν τοποθετηθούν μέσα της τα αυγά των ζωντανών»**. Χρειάστηκαν όμως δυο ακόμα αιώνες για να απορριφθεί τελείως η θεωρία της αβιογένεσης (Gouyon et al., 2002).

Το 1748 ο φυσικός φιλόσοφος **John Needham** (1713-1781) επανέλαβε το πείραμα του Redi με μεγαλύτερη προσοχή. Αφού προετοίμασε ζωμό κρέατος, τον εξέτασε στο μικροσκόπιο για τυχόν μικροοργανισμούς και αφού δεν βρήκε κανέναν τον έκλεισε σε ένα βάζο. Μετά από μερικές μέρες άνοιξε το βάζο και αφού είδε ότι ο ζωμός ήταν γεμάτος μικροοργανισμούς τάχθηκε υπέρ της αβιογένεσης. Λίγο αργότερα ο ιταλός ηγούμενος **Lazaro Spallanzani** (1729-1799) επανέλαβε για ακόμη μια φορά το πείραμα αφού διαφώνουσε με τον Needham θεωρώντας ότι τα αυγά των μικροοργανισμών υπήρχαν ήδη στο ζωμό αλλά ήταν πολύ μικρά για να παρατηρηθούν στο μικροσκόπιο. Ο Spallanzani γέμιζε βάζα με διάφορα περιεχόμενα και τα σφράγιζε κάτω από φλόγιστρο ενώ στη συνέχεια τα βούτηξε σε νερό που έβραζε πριν τα αφήσει για μερικές μέρες. Κανένας μικροοργανισμός δεν εμφανίστηκε αλλά οι οπαδοί της αβιογένεσης υποστήριξαν πως ο αέρας όταν θερμανθεί καθίσταται ακατάλληλο υπόστρωμα για τη διαδικασία της αβιογένεσης. Η διαμάχη για το αν ισχύει ή όχι η θεωρία της αβιογένεσης συνεχίστηκε

καθ' όλη τη διάρκεια του 18^{ου} αιώνα και μέχρι τα μέσα του 19^{ου} αιώνα όταν και η Ακαδημία των Επιστημών του Παρισιού πρόσφερε βραβείο για όποιον καταφέρει να δώσει οριστική απάντηση στο ερώτημα (Gouyon et al., 2002). Η απάντηση δόθηκε το 1862 από τον χημικό **Louis Pasteur** (1822-1895) που με τα περίφημα πειράματά του που περιλάμβαναν δοχεία με καμπυλοειδής λαιμούς παρείχε αδιάσειστες αποδείξεις κατά της θεωρίας της αβιογένεσης. Έτσι όλοι οι μικροοργανισμοί που εμφανίζονταν στα προηγούμενα πειράματα θεωρήθηκαν ότι ήταν προϊόν επιμόλυνσης (από τον αέρα, τα χέρια ή τον εξοπλισμό) (Bowler & Pickstone, 2009). Η παραμονή της θεωρίας της αβιογένεσης για τόσο καιρό στο παρασκήνιο της φιλοσοφικής σκέψης (από το Μεσαίωνα μέχρι και τα μέσα του 19^{ου} αιώνα) αποτέλεσε ένα εμπόδιο για την αποδοχή οποιασδήποτε θεωρίας περί αλλαγής των ειδών στη διάρκεια του χρόνου και για αυτό η οριστική απόρριψη της θεωρίας αυτής ήταν πολύ σημαντική (Gouyon et al., 2002).

1.4 18^{ος} αιώνας – Η Συστηματική του Λινναίου και η αυθεντία του Buffon

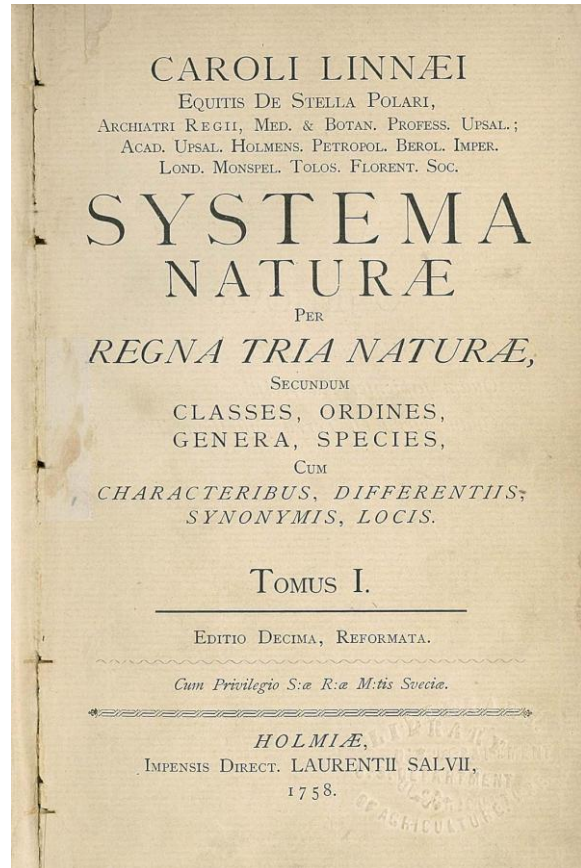
Όλη αυτή η προσπάθεια περιγραφής των οργανισμών που άρχισε μετά το Μεσαίωνα και συνεχίστηκε κατά τη διάρκεια της Αναγέννησης έφτασε στο απόγειο της το 18^ο αιώνα. Κεντρικό ρόλο σε αυτό έπαιξαν 2, πολύ επιφανείς επιστήμονες της εποχής και πολύ σημαντικοί για την ιστορία της Βιολογίας, ο **Carl Linnaeus** (1707–1778) και ο **George-Louis Leclerc, Comte de Buffon** (1707-1788) (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003).

1.4.1 Carl Linnaeus

Μέχρι και το τέλος του 16^{ου} αιώνα κάθε μεγάλο πανεπιστήμιο στην Ευρώπη είχε βοτανικό κήπο. Ένα τέτοιο πανεπιστήμιο ήταν το Πανεπιστήμιο της Uppsala στη Σουηδία και έτσι, όταν ο Λινναίος πήγε να σπουδάσει εκεί ιατρική το 1728 έγινε στην ουσία ο κληρονόμος μιας μακράς περιόδου μελέτης βοτανολογικού υλικού την οποία και εκμεταλλεύτηκε βασίζοντας τη δουλειά του πάνω στους Cesalpino, Bauhin, Ray, και de Tournefort (Park & Daston, 2008). Ο ίδιος ήταν ένας βαθύτατα θρησκευόμενος άνθρωπος που πίστευε πως *η φύση είναι δημιούργημα του Θεού* (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003). Ήταν επίσης *φιξιστής*, δηλαδή πίστευε στη *σταθερότητα των ειδών στη διάρκεια του χρόνου*. Οι ιδέες του μοιάζουν με αυτές του Πλάτωνα αφού θεωρούσε ότι για κάθε είδος υπάρχει ένας ιδανικός μορφολογικός τύπος (σχεδιασμένος από το Θεό) και όλα τα άτομα

ενός είδους είναι απλά ατελείς απομιμήσεις αυτού του ιδανικού τύπου. Μάλιστα, το σύστημα ταξινόμησης που πρότεινε και για το οποίο είναι ευρύτερα γνωστός, είχε σκοπό αρχικά να λειτουργήσει σαν επιχείρημα υπέρ της σταθερότητας των ειδών (Gouyon et al., 2002). Παρ' όλα αυτά πάντως, όντας και εξαιρετικός στην παρατήρηση των φυτών, το σύστημα ταξινόμησης του ήταν πολύ καλό και καινοτόμο ενώ, με την εισαγωγή του διωνυμικού συστήματος ονοματολογίας καθιερώθηκε για 1^η φορά στη μελέτη των ζωντανών οργανισμών ένα **ενιαίο σύστημα ονοματολογίας** που ακολουθήθηκε από όλους τους ερευνητές διευκολύνοντας κατά πολύ το έργο τους (Gribbin, 2009). Ο στόχος του Λινναίου ήταν να ανακαλύψει τις διάφορες σχέσεις που συνδέουν τους οργανισμούς (Bowler & Pickstone, 2009). Το πιο σημαντικό του έργο είναι το *Systema naturae* (Εικόνα 6) που εκδόθηκε 1^η φορά το 1735 ενώ το σύστημα ταξινόμησης του εξακολουθεί σε γενικές γραμμές να ισχύει μέχρι σήμερα (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003).

Το 1742 ένας μαθητής του Λινναίου του έφερε ένα περίεργο φυτό που τον έβαλε σε σκέψεις. Το φυτό αυτό έμοιαζε σε όλα με την κοινή λιναρία (*Linaria vulgaris*) πλην όμως από τα λουλούδια του που είχαν τελείως διαφορετικό σχήμα. Ο Λινναίος θεώρησε πως το φυτό αυτό μπορεί να είναι προϊόν υβριδισμού όμως για να το κάνει αυτό θα έπρεπε να δεχθεί την πιθανότητα ότι τα είδη μπορεί να αλλάζουν στη διάρκεια του χρόνου. Ούτος ή άλλως την εποχή εκείνη ήταν ήδη γνωστό το έργο των εκτροφών και των φυτοκόμων που φαινόταν να μπορούν να παράγουν νέες μορφές οργανισμών με διαφοροποιημένα χαρακτηριστικά από τους προγόνους τους χρησιμοποιώντας την επιλεκτική διασταύρωση. 20 χρόνια πιο μετά, το 1762 ο Λινναίος έλυσε εν μέρει το πρόβλημα αυτό διατυπώνοντας



Εικόνα 6: Το εξώφυλλο της 10^{ης} έκδοσης του *Systema Naturae* (1758) (Encyclopedia Britannica)

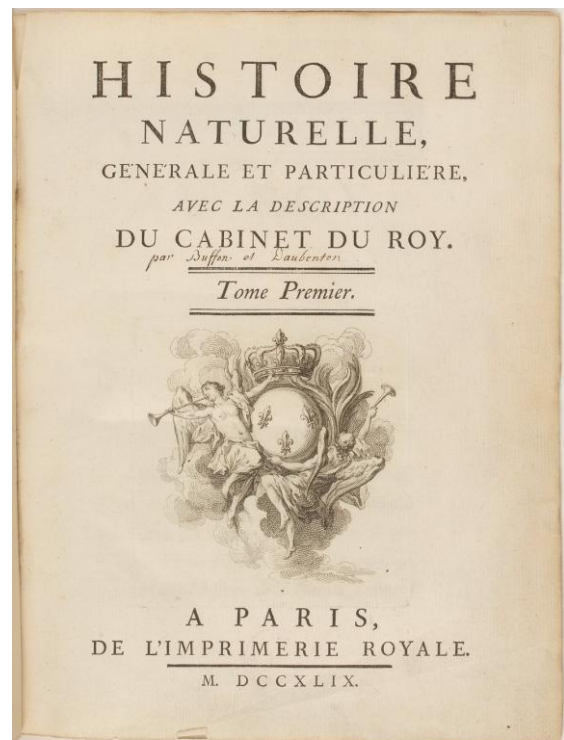
πως ο Θεός δημιούργησε μόνο τα γένη τα οποία μένουν σταθερά ενώ τα είδη εμφανίστηκαν αργότερα και μπορούν να αλλάζουν (Gouyon et al., 2002).

Η περίπτωση αυτού του φυτού δεν ήταν η μοναδική στο 18^ο αιώνα. Το 1715 ο διευθυντής των Βασιλικών κήπων του Παρισιού (*Jardin du Roi*) **Jean Marchant** (1650-1738) όντας σίγουρος πως είχε παρατηρήσει τη σταδιακή δημιουργία ενός νέου είδους στους Βασιλικούς κήπους διατύπωσε την άποψη ότι *η φύση ίσως να μπορεί να παράγει νέα είδη* ενώ το 1766 ο φυτοκόμος **Antoine-Nicolas Duchesne** (1747-1827), αναπαρήγαγε από σπόρο μια φραουλιά με διαφορετικά φύλλα από τη συνηθισμένη παρατηρώντας ότι τα διαφορετικά φύλλα διατηρούνται στις επόμενες γενιές και διατυπώνοντας πως αυτό έρχεται σε αντίθεση με την πεποίθηση ότι τα είδη είναι σταθερά (Gouyon et al., 2002).

1.4.2 **George-Louis Leclerc, Comte de Buffon**

Μέχρι το τέλος του 17^{ου} αιώνα είχαν ανακαλυφθεί και μελετηθεί πολλά απολιθώματα και άρχισε να γίνεται εμφανές ότι πολλά από αυτά δεν αντιστοιχούσαν σε οργανισμούς εν ζωή. Οι μελετητές, προσπαθώντας να κατανοήσουν την ιστορία των οργανισμών αυτών, δυσκολευόντουσαν πάρα πολύ να την ενσωματώσουν στην ιστορία του κόσμου όπως αυτή περιγράφεται στη Βίβλο. Μέχρι τα μέσα του 18^{ου} αιώνα λοιπόν διάφοροι μελετητές άρχισαν να προτείνουν ότι η ιστορία του κόσμου είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από αυτή των 6000 ετών της Βίβλου (Park & Daston, 2008). Ένας από αυτούς υπήρξε και ο Buffon που στο έργο του *Des Époques de la Nature* που εκδόθηκε το 1779 (Sloan, 2019) μελέτησε αρκετά τη γεωλογική ιστορία της Γης και προτείνει πως αυτή πέρασε από διάφορα στάδια εξέλιξης (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003) αρχίζοντας πριν από περίπου 75.000 χρόνια (τόσα έγραψε στο έργο του αν και ο ίδιος πίστευε ότι η Γη έχει ηλικία πολύ μεγαλύτερη) (Gribbin, 2009). Στο ίδιο έργο αναφέρει για τους ζωντανούς οργανισμούς πως πρώτα εμφανίστηκαν τα φυτά και τα θαλάσσια ζώα ενώ όσον αφορά τους ανθρώπους αναφέρει πως αυτοί εμφανίστηκαν σε πρωτόγονη μορφή κάτω από συνεχείς περιβαλλοντικές απειλές και έπρεπε να συνεργαστούν για να επιβιώσουν (οι λεπτομέρειες βέβαια της εμφάνισης του ανθρώπου παραμένουν αδιευκρίνιστες) (Gouyon et al., 2002). Παρόλα αυτά, το συγκεκριμένου έργο δεν έπαιξε σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση της φιλοσοφικής σκέψης στην Αγγλία αφού δεν μεταφράστηκε ποτέ στα αγγλικά (η 1^η μετάφραση έγινε μόλις το 2018) όμως το ίδιο δεν ισχύει για Γαλλία και Γερμανία όπου το έργο αυτό κυκλοφορούσε ευρέως (Sloan, 2019).

Γενικότερα ο Buffon ήταν αρχικά μαθηματικός που άλλαξε καριέρα όταν έγινε διευθυντής των Βασιλικών κήπων του Παρισιού το 1739. Το κύρος του Buffon ήταν απaráμιλλο στον τομέα της φυσικής ιστορίας εκείνη την εποχή (μόνο ο Λινναίος είχε παρόμοια θέση αλλά και αυτός είχε λιγότερους πόρους από τον Buffon) και για αυτό άσκησε μεγάλη επιρροή στη σκέψη του 18^{ου} αιώνα (Sloan, 2019). Πριν αποκτήσει αυτή τη θέση ήταν ήδη γνώριμος με τις αντίπαλες θεωρίες της επιγένεσης και του προσχηματισμού από τον φίλο του **Pierre Louis Maupertuis** (1698-1759) ο οποίος άσκησε μεγάλη κριτική στη θεωρία του προσχηματισμού και υποστήριξε τη θεωρία της επιγένεσης πιστεύοντας πως μια δυναμική φύση θα μπορούσε να συνδυάσει μικρότερα κομμάτια (που προέρχονται και από τους 2 γονείς) σε μεγαλύτερα σύμπλοκα οδηγώντας τελικά στο σχηματισμό του εμβρύου. Ο Maupertuis, όχι μόνο πίστευε ότι τα είδη αλλάζουν σε βάθος χρόνου, αλλά προσπάθησε και να διατυπώσει μια θεωρία για το πώς συμβαίνει αυτό στο έργο του *Venus Physique* το οποίο εκδόθηκε το 1754. Παρατήρησε ότι οι απόγονοι μοιράζονται τα χαρακτηριστικά των 2 γονέων και θεώρησε ότι κάποιες φορές η διαδικασία αυτή αποτυγχάνει παράγοντας έναν απόγονο με τελείως διαφορετικά χαρακτηριστικά ο οποίος αποτελεί την αρχή ενός νέου είδους (Gouyon et al., 2002).



Εικόνα 7: Το εξώφυλλο του 1^{ου} Τόμου του *Histoire Naturelle* (1749) (Bibliothèque Nationale de France)

Ο Maupertuis επηρέασε πολύ τον Buffon ο οποίος επιχείρησε να επεκτείνει τη σκέψη του εισάγοντας την έννοια του «εσωτερικού καλουπιού» (*internal mold*) που παρουσιάζεται στο έργο του *Histoire Naturelle* (44 τόμοι που εκδόθηκαν από το 1749 έως το 1767) (Εικόνα 7). Ως εσωτερικό καλούπι ο Buffon θεωρεί ένα πεδίο δυνάμεων που κατευθύνει μηχανικά το σχηματισμό του εμβρύου από την αρσενική και τη θηλυκή πρώτη ύλη (στη σύλληψη της έννοιας αυτής επηρεάστηκε από τον Newton και τον Αριστοτέλη). Στον 4^ο τόμο του *Histoire Naturelle* που αφιερώνεται στα μεγάλα εξημερωμένα τετράποδα ο Buffon αγγίζει το θέμα της αλλαγής των ειδών στη διάρκεια του χρόνου και,

τονίζοντας τις πολλές ανατομικές ομοιότητες μεταξύ του αλόγου και του γαιδάρου αλλά και γενικά όλων των τετράποδων, θεωρεί ότι υπάρχει περίπτωση όλα τα τετράποδα να αναπτύχθηκαν σταδιακά από έναν κοινό πρόγονο μέσα από μια διαδικασία διαφοροποίησης στη διάρκεια του χρόνου. Όμως, σε μια κίνηση που έχει μπερδέψει τους ιστορικούς μέχρι σήμερα, ο Buffon απορρίπτει τη θεωρία που ο ίδιος πρότεινε και με επιχείρημα τη στείριότητα των υβριδίων (π.χ. μουλάρι) θεωρεί πως τα είδη θα πρέπει να ήταν διαφοροποιημένα από την αρχή (Sloan, 2019).

Βλέποντας τη μεγάλη ζωολογική ποικιλία που έφθανε στο Παρίσι από τα ταξίδια στο Νέο Κόσμο ο Buffon άρχισε να παρατηρεί ότι η μορφολογία ορισμένων ειδών διέφερε ανάλογα με το περιβάλλον διαβίωσης των ειδών αυτών. Έτσι διατύπωσε την έννοια της φυλής σύμφωνα με την οποία είδη τα οποία έχουν προέλθει από ένα κοινό πρόγονο στη διάρκεια του χρόνου αλλά διαφέρουν από αυτόν θεωρούνται διαφορετικές φυλές του ίδιου είδους. Σύμφωνα με τον Buffon, οι αλλαγές στις φυλές αυτές προήλθαν από τη μετανάστευση του προγονικού είδους σε κάποιο νέο περιβάλλον κάτι που επηρέασε το «εσωτερικό καλούπι» του είδους το οποίο με τη σειρά του μετέβαλε τη δομή των οργανικών μορίων που συνιστούν τους οργανισμούς με αποτέλεσμα να προκληθούν αλλαγές στο προγονικό είδος. Επεκτείνοντας τη σκέψη αυτή διατύπωσε περαιτέρω πως όλοι οι τετράποδοι οργανισμοί είναι φυλές λίγων αρχικών ειδών που ζούσαν αρχικά στη Βόρεια Ευρώπη και κατόπιν μετανάστευσαν σε όλα τα μέρη του κόσμου ενώ στην όλη διαδικασία συμπεριλαμβάνει και τον άνθρωπο προτείνοντας πως οι πρώτοι άνθρωποι εμφανίστηκαν στην περιοχή του Καυκάσου και από εκεί μετανάστευσαν στα υπόλοιπα μέρη του κόσμου όπου το διαφορετικό περιβάλλον οδήγησε στη δημιουργία διαφορετικών φυλών (Sloan, 2019). Η έννοια της φυλής σε συνδυαζόταν εύκολα με την πεποίθηση των ανθρώπων του 18^{ου} αιώνα ότι υπάρχει ένα υπέρτατο μορφολογικό πλάνο που έχει οριστεί από το Θεό και όλα τα ζώα ταξινομούνται σε μια σκάλα ανάλογα με το πόσο κοντά έχουν φτάσει σε αυτό (Gouyon et al., 2002). Ο φιλόσοφος **Johann Gottfried Herder** (1744-1803) διατύπωσε πως υπάρχει μια θεϊκή δύναμη που ωθεί τους οργανισμούς να βελτιωθούν για να φτάσουν στο υπέρτατο αυτό πλάνο με τον άνθρωπο φυσικά στην κορυφή (Sloan, 2019). Η σκέψη αυτή δεν περιορίστηκε μόνο στο ζωικό βασίλειο αλλά επεκτάθηκε και στην ανθρώπινη κοινωνία και η έννοια της φυλής του Buffon ήταν καθοριστική σε αυτό διαχωρίζοντας τις διάφορες φυλές ανθρώπων και τοποθετώντας τους σε μια ιεραρχία ανάλογα με το «βαθμό της εξέλιξης τους» (Gouyon et al., 2002).

Ο Buffon πέθανε το 1788 και ένα χρόνο αργότερα θα ξεκινούσε η Γαλλική επανάσταση η οποία έμελε να διαρκέσει 10 χρόνια αναδιοργανώνοντας εντελώς τη Γαλλική κοινωνία. Όμως, το πολύ καλά δομημένο επιστημονικό καθεστώς του Buffon στους Βασιλικούς κήπους ήταν η μόνη μεγάλη επιστημονική δομή που επέζησε μετά τη Γαλλική επανάσταση αποκτώντας πλέον νέο όνομα, *Εθνικό Μουσείο Φυσικής Ιστορίας (Muséum National d'Histoire Naturelle)* (Sloan, 2019).

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί πως μεταξύ Buffon και Λινναίου υπήρχε αντιπαλότητα. Ο Buffon απέρριψε το σύστημα ταξινόμησης του Λινναίου θεωρώντας πως κατατέμνει αυθαίρετα τη φύση την οποία ο ίδιος θεωρεί ενιαία. Κατά τον Buffon στη φύση υπάρχουν μόνο άτομα και όλες οι υπόλοιπες βαθμίδες ταξινόμησης (ειδή, γένη, κλπ.) δεν είναι τίποτα άλλο παρά ανθρώπινα κατασκευάσματα (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003). Επίσης θεωρεί πως το είδος δεν συνίσταται απλά από άτομα με παρόμοια χαρακτηριστικά (όπως θεωρούσε ο Λινναίος και οι περισσότεροι φιλόσοφοι εκείνης της εποχής) αλλά αποτελεί μια έννοια με ιστορική υπόσταση συνδέοντας προγόνους με απογόνους με τη μετάβαση ύλης από τους πρώτους στους τελευταίους (Porter, 2003). Παρά τις διαφορές τους και οι 2 θεώρησαν τον άνθρωπο ως μέρος του ζωικού βασιλείου και όχι ως κάτι τελείως ξεχωριστό όπως θεωρούσε η Εκκλησία. Ο Λινναίος κατηγοριοποίησε τον άνθρωπο μαζί με τα πρωτεύοντα δίνοντας του και το όνομα που έχει σήμερα, *Homo sapiens*, ενώ ο Buffon φρόντιζε πάντα να τον συμπεριλάβει στις θεωρίες του περί ζωντανών οργανισμών (Gribbin, 2009).

1.4.3 Άλλοι σημαντικοί ερευνητές του 18^{ου} αιώνα

Ο φυσιοδίφης **Charles Bonnet** (1720-1793) μεταξύ άλλων ανακάλυψε ότι κάτω από ορισμένες συνθήκες κάποια έντομα μπορούν να προβούν σε παρθενογένεση (Ghiselin, 2009). Διατύπωσε και αυτός μια θεωρία εξέλιξης η οποία και θεώρησε πως είναι προϊόν του Θεού με σκοπό τη βελτίωση του κόσμου. Είπε χαρακτηριστικά ότι αν βλέπαμε π.χ. ένα άλογο όταν είχε πρωτοεμφανιστεί δεν θα μπορούσαμε να το αναγνωρίσουμε και ότι τα σπέρματα των ζωντανών οργανισμών γεννούν ελαφρώς διαφορετικά άτομα όποτε σε βάθος χρόνου το τελικό είδος διαφέρει σημαντικά από τους πρόγονους του. Έφτασε μάλιστα στο σημείο να υποστηρίξει ότι η διαδικασία αυτή γίνεται και σε άλλα ουράνια σώματα, όχι μόνο στη Γη, και ότι σε μερικά από αυτά η εξέλιξη έχει προχωρήσει αρκετά ώστε οι πέτρες έχουν οργανική δομή, τα φυτά μπορούν να

αισθανθούν και τα ζώα να μιλήσουν ενώ οι άνθρωποι είναι άγγελοι (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003).

Την ίδια περίοδο στην Αγγλία ο **Erasmus Darwin** (1731-1802), παππούς του Charles Darwin, στο έργο του *Zoonomia, or the Laws of Organic Life* (2 τόμοι που εκδόθηκαν το 1794 και το 1796) προτείνει μια θεωρία αλλαγής των ειδών στη διάρκεια του χρόνου επιχειρηματολογώντας υπέρ μιας δυναμικής οργανικής ύλης και απορρίπτοντας την άποψη ότι ο Θεός δημιούργησε τα έμβια όντα (Gouyon et al., 2002). Ο Darwin παραθέτει παραδείγματα αλλαγών σε ζώα και φυτά που έχουν προκληθεί από ανθρώπινη παρέμβαση (π.χ. επιλεκτική διασταύρωση αλόγων για παραγωγή γρηγορότερων αλόγων κούρσας) αλλά και άλλες διαφορές ανάμεσα σε παρόμοια είδη που αποτελούν προσαρμογές στο περιβάλλον που ζουν (π.χ. τα διάφορα ράμφη των πουλιών διαφέρουν ανάλογα με τη διατροφή τους). Με βάση αυτά τα παραδείγματα πρότεινε πως αυτές οι διαφορές ίσως να μπορούν να συσσωρευτούν στη διάρκεια του χρόνου δημιουργώντας νέα είδη από προγενέστερα ενώ διατυπώνει ακόμα πως ίσως όλοι οι οργανισμοί στη Γη (συμπεριλαμβανομένου του ανθρώπου) έχουν κοινή καταγωγή (Gribbin, 2009). Οι απόψεις του σε κάποια σημεία ήταν κοντά με αυτές του Lamarck που θα δούμε στη συνέχεια (π.χ. διατυπώνει κάτι που μοιάζει με την κληρονόμηση των επίκτητων χαρακτηριστικών) και αναπτύχθηκαν ανεξάρτητα από αυτόν (Ghiselin, 2009). Η επιστημονική κοινότητα της Αγγλίας απέρριψε τις απόψεις του αφού τις θεωρούσε σχεδόν αθεϊστικές (Gribbin, 2009).

Ο δημογράφος **Thomas Robert Malthus** (1766-1834) μελέτησε τον τρόπο που αυξάνεται ο ανθρώπινος πληθυσμός σε σχέση την παραγωγή τροφής και επηρέασε πολύ τον Δαρβίνο στη διατύπωση της θεωρίας της επιβίωσης του δυνατότερου/καταλληλότερου (*survival of the fittest*) (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003). Ο Malthus πίστευε πως ο Θεός έχει πλάσει ένα μηχανικό σύμπαν που υπακούει σε φυσικούς νόμους και ότι τέτοιοι νόμοι υπάρχουν και στην ανθρώπινη κοινωνία (Mayhew, 2015). Το κυριότερο έργο του είναι το *An Essay on the Principle of Population* που εκδόθηκε το 1798 και στο οποίο αναφέρει πως σε ιδανικές συνθήκες, (δηλαδή αφθονία φαγητού) η αύξηση του ανθρώπινου πληθυσμού είναι ανεξέλεγκτη ακολουθώντας εκθετική πρόοδο όμως αυτό έρχεται σε αντίθεση με την παραγωγή τροφής η οποία, στην καλύτερη, ακολουθεί αριθμητική πρόοδο (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003). Η κατάσταση αυτή δημιουργεί ανταγωνισμό μεταξύ των ανθρώπων για το διαμοιρασμό της τροφής σε μια «μάχη για επιβίωση». Ο Malthus υποστήριξε μάλιστα ότι κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και στα φυτά και τα ζώα όπου

η διαθεσιμότητα των πόρων αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για τον αριθμό των ατόμων που μπορεί να υπάρξει σε ένα περιβάλλον (Mayhew, 2015).

1.5 19^{ος} αιώνας – Ο αιώνας του Λαρβίνου και του Mendel

Στο νέο Εθνικό Μουσείο Φυσικής Ιστορίας της Γαλλίας, ο τομέας που προηγουμένως ήταν γνωστός ως φυσική φιλοσοφία και ήδη είχε διαχωριστεί σε επί μέρους κλάδους (π.χ. Βοτανική, Ανατομία, κλπ), διαχωρίζεται πλέον περαιτέρω σε 12 ξεχωριστούς κλάδους και σε κάθε έναν από αυτούς τοποθετείται ένας επικεφαλής (Sloan, 2019). Από αυτούς ξεχωρίζουν 3 πολύ σπουδαίοι ερευνητές, ο **Étienne Geoffroy de Saint-Hilaire** (1772–1844) και ο **Georges Cuvier** (1769-1832) τοποθετούνται επικεφαλείς στους κλάδους της «Ζωολογίας» και της «Συγκριτικής Ανατομίας» αντίστοιχα, ενώ ο **Jean-Baptiste Lamarck** (1744–1829) αναλαμβάνει τον κλάδο των «Ασπόνδυλων» που κανένας δεν ήθελε (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003). Και ήταν από αυτή τη θέση που ο Lamarck ανέπτυξε τη θεωρία του περί αλλαγής των ειδών που έγινε γνωστή ως «τρανσφορμισμός» (*transformisme*) (Sloan, 2019).

1.5.1 Η Γαλλική Σχολή – Lamarck, Geoffroy & Cuvier

Ο Lamarck δούλευε για χρόνια ως βοτανικός στους Βασιλικούς κήπους δημοσιεύοντας το 1778 το έργο *Flore française* όπου περιέγραψε τη χλωρίδα της Γαλλίας ταξινομώντας τα φυτά από τα πιο σύνθετα έως τα πιο απλά (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003). Το ίδιο κριτήριο ταξινόμησης εφάρμοσε αργότερα και στο Μουσείο αναδιοργανώνοντας εκ νέου τις συλλογές των ασπόνδυλων και αποκτώντας πολύτιμη εμπειρική γνώση πάνω στις διαφορές των ζώων αυτών, κάτι που αποτέλεσε τη βάση για την ανάπτυξη της θεωρίας του (Gribbin, 2009). Αρχικά θεώρησε το σύστημα ταξινόμησης του ως απλά ένα εργαλείο που βοηθάει στην κατηγοριοποίηση των οργανισμών χωρίς να έχει αντίκρισμα στη φύση. Διατύπωσε δηλαδή πως η «φυσική πορεία» των οργανισμών είναι η αντίστροφη, ξεκινώντας από τα πιο απλά όντα από τα οποία σε βάθος χρόνου προέκυψαν τα πιο σύνθετα σε μια αυστηρή σειρά διαδοχής το ένα από το άλλο (Gouyon et al., 2002). Σταδιακά ενσωμάτωσε και άλλα στοιχεία στη θεωρία του η οποία διατυπώθηκε στην πλήρη μορφή της το 1809 στο έργο του *Philosophie Zoologique* (Sloan, 2019). Σε αυτή υποστηρίζει πως η ζωή προέκυψε μέσω της αβιογένεσης με τους πρώτους οργανισμούς που εμφανίστηκαν να είναι τα Πρώτιστα και όλους τους υπόλοιπους να προκύπτουν σταδιακά από αυτά με αποκορύφωμα τα θηλαστικά που είναι

τα πιο πολύπλοκα (Bowler & Pickstone, 2009). Οι ανάγκες των οργανισμών σε συνδυασμό με μια δυναμική ύλη είναι σύμφωνα με τον Lamarck οι κινητήριες δυνάμεις πίσω από τις αλλαγές που υφίστανται τα είδη καθώς γίνονται πιο πολύπλοκα (σε γενικές γραμμές οι απόψεις του Lamarck μπορεί να θεωρηθούν και βιταλιστικές) (Sloan, 2019). Το πιο γνωστό κομμάτι της θεωρίας του όμως είναι η **κληρονομία των επίκτητων χαρακτηριστικών μέσω της χρήσης/αχρησίας διαφόρων οργάνων που αποτελεί προσαρμογή των οργανισμών στις συνθήκες του περιβάλλοντος** (π.χ. η καμηλοπάρδαλη έχει ψηλό λαιμό γιατί οι πρόγονοι της τεντώνονταν για να φτάσουν τα ψηλά κλαδιά των δέντρων για να τραφούν ενώ τα φίδια έχασαν τα πόδια τους επειδή είχαν την τάση να σέρνονται στο έδαφος και δεν τα χρησιμοποιούσαν) (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003). Ο Lamarck θέλει με αυτόν τον τρόπο να απομακρυνθεί όσο γίνεται από τη θεωρία του ευφυούς σχεδιασμού υποστηρίζοντας μεν ότι ο Θεός δημιούργησε τον κόσμο αλλά όχι τους ίδιους τους οργανισμούς οι οποίοι προκύπτουν ο ένας από τον άλλο μέσω συνεχών διαδικασιών μετατροπής. Στην κληρονομία των επίκτητων χαρακτηριστικών αποδίδει και την καταγωγή του ανθρώπου από τα πρωτεύοντα πηγαίνοντας ένα βήμα παραπάνω από τον Λιναίο ο οποίος είχε απλά συμπεριλάβει το ανθρώπινο είδος στην ταξινόμηση του (Gribbin, 2009). Ωστόσο, ήταν πολύ προσεκτικός στη διατύπωση του εν λόγω επιχειρήματος καθώς ήξερε ότι θα ξεσηκώσει αντιδράσεις (Gouyon et al., 2002).

Συνεχιστής των τρανσφορμιστικών θεωριών του Lamarck ήταν ο Étienne Geoffroy de Saint-Hilaire ο οποίος ασχολήθηκε πολύ με τη Συγκριτική Ανατομία παρόλο που δεν ήταν αυτός ο κλάδος στον οποίο ήταν επικεφαλής. Ο Geoffroy επιχειρήσει να εξηγήσει τις ομοιότητες που παρατηρούνται μεταξύ των ανατομικών χαρακτηριστικών των ειδών (Sloan, 2019). Μελετώντας λοιπόν διάφορα σπονδυλωτά, ασπόνδυλα αλλά και απολιθώματα και εστιάζοντας στον κλάδο της Εμβρυολογίας και στην ομοιότητα των εμβρύων πολλών οργανισμών διατύπωσε πως υπάρχει ένα κύριο ανατομικό πρότυπο για όλους τους οργανισμούς γεγονός που τον οδήγησε στην αποδοχή και τη στήριξη των θεωριών του Lamarck (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003). Κάτι τέτοιο ερχόταν σε πλήρη αντίθεση με τις απόψεις του Georges Cuvier, τον κάτοχο της έδρας του κλάδου της Συγκριτικής Ανατομίας στο Μουσείο, και πυροδότησε μια έντονη διαμάχη μεταξύ τους (Gouyon et al., 2002). Ο Cuvier, που ήταν φιξιστής και οπαδός της θεωρίας του προσηγματισμού, υποστήριζε ότι δεν υπάρχει ένα κύριο ανατομικό πρότυπο που ακολουθούν όλοι οι οργανισμοί αλλά τέσσερα διακριτά πρότυπα (σπονδυλωτά, μαλάκια,

αρθρωτά και ακτινωτά) (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003). Επίσης διαφωνούσε έντονα με τον τρανσφορμισμό του Lamarck (Bowler & Pickstone, 2009). Σύμφωνα με τον Cuvier τα όργανα ενός οργανισμού είναι αλληλένδετα (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003). Για παράδειγμα ένα σαρκοφάγο ζώο θα πρέπει να έχει κοφτερά δόντια και μυτερά νύχια αλλά επίσης και καλά μάτια, γρήγορα αντανακλαστικά και ένα πεπτικό σύστημα προσαρμοσμένο στην πέψη κρέατος. Όλα αυτά τα χαρακτηριστικά συνιστούν ένα ολοκληρωμένο πακέτο, απαραίτητο για κάθε σαρκοφάγο ζώο (Gouyon et al., 2002). Αν λοιπόν κάποιο όργανο άλλαζε μορφή θα έπρεπε όλα τα υπόλοιπα να αλλάξουν επίσης για να διατηρηθεί η συνοχή του οργανισμού ώστε αυτός να είναι λειτουργικός όμως αυτό σημαίνει ότι όλες οι ενδιάμεσες μορφές του οργανισμού δεν θα είναι λειτουργικές και θα πέθαιναν (Bowler & Pickstone, 2009). Χρησιμοποιώντας την ίδια λογική, ο Cuvier μελέτησε και απολιθώματα και επιχείρησε να ανασχηματίσει τα όργανα που έλειπαν με βάση αυτά που είχε στην κατοχή του, εισάγοντας έτσι μια πολύ σημαντική τακτική για τον κλάδο της Παλαιοντολογίας (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003). Από τη μελέτη αυτή συμπεράνε πως η Γη έχει περάσει μια σειρά από καταστροφές οι οποίες εξαφάνισαν τα είδη που ζούσαν τότε και των οποίων τα απολιθώματα βρίσκουμε σήμερα χωρίς όμως να σημαίνει ότι τα απολιθώματα αυτά είναι πρόγονοι των σημερινών οργανισμών (Bowler & Pickstone, 2009). Για τον Cuvier η ιστορία της Γης είναι μια σειρά «καταστροφών» και «δημιουργιών» που διαδέχονται η μία την άλλη και έτσι εξηγείται το αρχείο των απολιθωμάτων (Gouyon et al., 2002). Το γεγονός ότι ο Cuvier θεωρούταν αυθεντία εκείνη την εποχή στη Συγκριτική Ανατομία οδήγησε την Γαλλική Ακαδημία των Επιστημών (*Académie des Sciences*) στην υιοθέτηση των απόψεων του, ωστόσο οι απόψεις του Geoffroy συνέχισαν να ασκούν μεγάλη επιρροή εντός του Μουσείου αλλά και εκτός Γαλλίας και ιδιαίτερα στην Αγγλία (Bowler & Pickstone, 2009).



Εικόνα 8: Οι εκπρόσωποι της Γαλλικής Σχολής. Από αριστερά προς τα δεξιά: Lamarck, Geoffroy και Cuvier
(Wikipedia), (Wikipedia), (Wikipedia)

1.5.2 Η Αγγλική Σχολή

Όλες αυτές οι Γαλλικές θεωρίες μεταφέρθηκαν στην Αγγλία ξεκινώντας από τις αρχές του 19^{ου} αιώνα και την παύση των Ναπολεόντειων Πολέμων το 1815 όπου επηρέασαν σημαντικά τα σκέψη των Βρετανών ερευνητών (Sloan, 2019). Υποστηρικτής των θεωριών των Lamarck/ Geoffroy υπήρξε ο συγκριτικός ανατόμος **Robert Edmond Grant** (1793-1874), καθηγητής ανατομίας του νεαρού τότε Δαρβίνου στο Πανεπιστήμιο του Εδιμβούργου (Bowler & Pickstone, 2009). Επίσης, το 1844 εμφανίζεται ανώνυμα το έργο *Vestiges of the Natural History of Creation* το οποίο έγινε best seller (μέχρι το τέλος του 19^{ου} αιώνα είχε πουλήσει περισσότερα αντίτυπα από το *Origin of Species* του Δαρβίνου) και εισήγαγε ευρέως το Βρετανικό κοινό στη θεωρία του τρανσφορμισμού. Στο εν λόγω έργο ο τρανσφορμισμός του Lamarck συνδυάζεται με τις παλιότερες απόψεις του Buffon προτείνοντας μια εξελικτική θεωρία σύμφωνα με την οποία η εξέλιξη προχωράει τελεολογικά ξεκινώντας από την απαρχή του κόσμου από ένα κοσμικό χάος και καταλήγοντας στην ανθρωπότητα (Sloan, 2019). Η άποψη απορρίφθηκε ομόφωνα από τη Βρετανική επιστημονική κοινότητα ενώ αργότερα έγινε γνωστό πως το έργο αυτό το είχε γράψει ο γεωλόγος και εκδότης **Robert Chambers** (1802-1871) (Ghiselin, 2009).

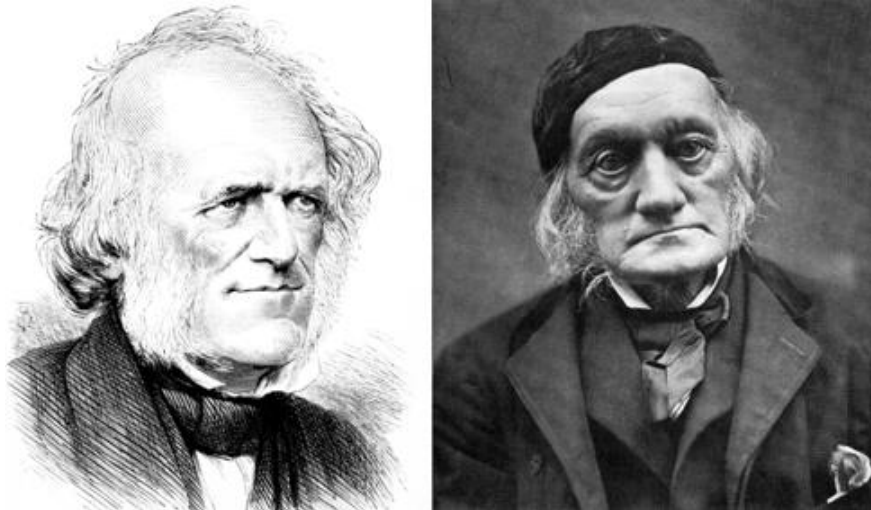
Ο γεωλόγος **Charles Lyell** (1797-1875) ήταν αντίθετος με τη θεωρία του καταστροφισμού του Cuvier και πίστευε ότι οι αλλαγές στη φύση γίνονται βαθμιαία με πολύ αργό ρυθμό και ότι οι δυνάμεις που ευθύνονται για τις αλλαγές αυτές είναι οι ίδιες καθ' όλη τη διάρκεια της Γης (Bowler & Pickstone, 2009). Οι απόψεις του διατυπώθηκαν στο έργο του *Principles of Geology* (3 τόμοι που εκδόθηκαν από το 1830 έως το 1833) στον 2^ο τόμο του οποίου ασχολείται και με την αλλαγή των ειδών στη διάρκεια του χρόνου. Ο Lyell θεώρησε ότι κάθε είδος έχει προκύψει από ένα και μόνο ζευγάρι ατόμων ενώ για να εξηγήσει την εμφάνιση των απολιθωμάτων πρότεινε πως αυτά άνηκαν σε προγενέστερα είδη τα οποία είχαν εξαφανιστεί ως αποτέλεσμα του ανταγωνισμού με άλλα είδη για τους διαθέσιμους πόρους όπως η τροφή. Όμως ο Lyell αρνείται την εξέλιξη καθώς είχε διαβάσει τις απόψεις του Lamarck περί καταγωγής του ανθρώπου από τα πρωτεύοντα, κάτι που δεν ήθελε με τίποτα να δεχθεί (Gribbin, 2009). Το έργο του Lyell επηρέασε αρκετά τους μεταγενέστερους ερευνητές όπως τον Δαρβίνο (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003).

Την ίδια εποχή, ο Βρετανός χειρουργός **Joseph Henry Green** (1791-1863) συνδύασε ορισμένες πτυχές των Γαλλικών θεωριών με τη φυσική φιλοσοφία του

Γερμανού φιλοσόφου **Friedrich von Schelling** (1775-1854) αλλά και τις απόψεις του Ολλανδού ιατρού **Johann F. Blumenbach** (1752-1840) επηρεάζοντας σημαντικά τον μαθητή του, και σπουδαίο συγκριτικό ανατόμο της εποχής, **Richard Owen** (1804-1892) (Sloan, 2019). Ο Owen ανέπτυξε μια θεωρία με βάση την οποία ισχυριζόταν ότι μπορούσε να εξηγήσει τόσο τη μεγάλη εσωτερική ομοιότητα των οργανισμών – βασικό σημείο της θεωρίας του Geoffroy – όσο και την αναλογία που παρατηρείται μεταξύ συγκεκριμένων ανατομικών χαρακτηριστικών σε σχέση με το περιβάλλον διαβίωσης ενός οργανισμού – σημείο που τόνισε αρκετά ο Cuvier– (Bowler & Pickstone, 2009). Με λίγα λόγια ήταν ο 1^{ος} που παρατήρησε τη διαφορά μεταξύ **ομόλογων** και **ανάλογων** ανατομικών χαρακτηριστικών ανάμεσα στους οργανισμούς. Ομόλογα είναι τα ανατομικά χαρακτηριστικά 2 οργανισμών που έχουν κοινή προέλευση (π.χ. τα κόκκαλα στο χέρι του ανθρώπου και στο πτερύγιο μιας φάλαινας) ενώ ανάλογα είναι εκείνα που μοιάζουν πολύ στο σκοπό και στη λειτουργία αλλά έχουν διαφορετική προέλευση και είναι αποτέλεσμα συγκλίνουσας εξέλιξης (π.χ. τα φτερά των εντόμων και των πτηνών). Ο Owen φαντάστηκε ότι υπάρχει ένα ιδεατό ανατομικό πρότυπο (το ονόμασε αρχαίτυπο) που μάλιστα κατευθύνει την αλλαγή των οργανισμών και από το οποίο αυτοί συνεχώς παρεκκλίνουν ανάλογα με τους περιορισμούς που τους επιβάλλει το περιβάλλον τους. Με τον τρόπο αυτό ξέφυγε από τον προοδευτισμό του Lamarck και την εμφάνιση των οργανισμών το ένα μετά το άλλο σε μια χρονική σειρά και εισήγαγε την έννοια της κλαδογένεσης στην εξέλιξη των οργανισμών ενώ οι απόψεις του είχαν διατυπωθεί πλήρως μέχρι το 1849 και το έργο του *On the Nature of Limbs* και τις γνώριζε και ο Δαρβίνος (Sloan, 2019). Παρόλο που και ο Owen δέχεται μια μορφή εξέλιξης, οι τελεολογικές του απόψεις ήταν αυτές που τον έφεραν σε σύγκρουση με την εξελικτική θεωρία του Δαρβίνου (Bowler & Pickstone, 2009). Οι δυο τους, ενώ στην αρχή ήταν φίλοι, μετά τη δημοσίευση της θεωρίας της φυσικής επιλογής από το Δαρβίνο ήρθαν σε αντιπαράθεση, με τον Owen να γίνεται πολέμιος του Δαρβίνου (Ghiselin, 2009).

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί πως οι von Schelling και Blumenbach που επηρέασαν τον Owen –και μαζί με άλλους σημαντικούς ανθρώπους από διάφορους κλάδους όπως οι **Immanuel Kant** (1724-1804), **Lorenz Oken** (1777-1851), **Karl Ernst von Baer** (1792-1876) και **Johannes Müller** (1801-1858)– ήταν εκπρόσωποι του ρεύματος της *Naturphilosophie*, ένα ρεύμα φυσικής φιλοσοφίας που αναπτύχθηκε στη Γερμανία κατά τη διάρκεια του 18^{ου} και του 19^{ου} αιώνα και διέφερε από από τη φυσική φιλοσοφία της Γαλλίας και της Αγγλίας. Οι άνθρωποι αυτοί διατύπωσαν, άλλοτε λιγότερο

και άλλοτε περισσότερο, μεταφυσικές θεωρίες για να εξηγήσουν τα φαινόμενα του φυσικού κόσμου αλλά οι απόψεις τους θεωρούνταν πιο πολύ ιδεαλιστικές και μη εμπειρικές (έως και μυστικιστικές) και ως εκ τούτου όχι και τόσο συμβατές με την προσέγγιση της επιστήμης που ακολουθούσαν οι Γάλλοι και οι Άγγλοι επιστήμονες για αυτό και πολλές φορές αγνοήθηκαν από αυτούς (Bowler & Pickstone, 2009). Παρόλα αυτά, οι σχέσεις μεταξύ των απόψεων των ανθρώπων της Γερμανικής *Naturphilosophie* καθώς και η πιθανή επιρροή της στη Γαλλική και Αγγλική φυσική φιλοσοφία δεν έχουν ερευνηθεί αρκετά και θα μπορούσαν να αποτελούν αντικείμενο μελλοντικής μελέτης (Ghiselin, 2009).



Εικόνα 9: Οι κύριοι εκπρόσωποι της Αγγλικής Σχολής, ο Lyell (αριστερά) και ο Owen (δεξιά)
(Wikipedia) (Wikipedia)

1.5.3 Ο Δαρβίνος, ο Wallace και η θεωρία της φυσικής επιλογής

Ο **Charles Darwin** (1809-1882) μπαρκάρισε με το HMS Beagle σε ένα ταξίδι που έκανε το γύρω της Γης και κράτησε 5 χρόνια, από το 1831 έως το 1836, συλλέγοντας πάρα πολλά δείγματα οργανισμών εν ζωή καθώς και απολιθωμάτων (Ghiselin, 2009). Οι επιστημονικές περιγραφές των συλλογών αυτών ήταν αυτές που τον έκαναν γνωστό και του έδωσαν κύρος στην επιστημονική κοινότητα (Bowler & Pickstone, 2009). Στο ταξίδι αυτό παρατήρησε ότι τα διαφορετικά είδη χελωνών στα νησιά Galápagos ήταν χαρακτηριστικά για κάθε νησί όντας εξοπλισμένα κατάλληλα ώστε να ζούνε ειδικά στο εκάστοτε νησί (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003). Το ίδιο ίσχυε και για τα είδη των σπίνων των νησιών για τα οποία ο Δαρβίνος συμβουλευτήκε τα γνώμη του έμπειρου ορνιθολόγου **John Gould** (1804-1881) (Ghiselin, 2009). Τότε σκέφτηκε πως κάποια

στιγμή στο παρελθόν μικροί πληθυσμοί των ειδών αυτών θα πρέπει να είχαν μεταναστεύσει σε κάθε νησί όταν αυτό ήταν ακατοίκητο και ότι έκτοτε οι πληθυσμοί αυτοί διαφοροποιήθηκαν για να ταιριάζουν στο εκάστοτε περιβάλλον του κάθε νησιού (Gouyon et al., 2002). Επομένως το περιβάλλον των νησιών θα πρέπει να έχει κάποιον κατευθυντήριο ρόλο στη διαφοροποίηση των ειδών και προσπάθησε να βρει τον μηχανισμό που κρύβεται πίσω από αυτή τη διαδικασία. Το χαμένο κομμάτι του πάζλ φαίνεται πως συμπλήρωνε η θεωρία της «μάχης για επιβίωση» του Thomas Malthus (Gribbin, 2009). Όπως αναφέραμε, ο Malthus είχε ήδη προτείνει πως η θεωρία αυτή ισχύει σε όλους τους οργανισμούς και όχι μόνο στον άνθρωπο. Δηλαδή, ο ανταγωνισμός για την τροφή οδηγεί σε θάνατο μερικών ατόμων του πληθυσμού (Mayhew, 2015). Ο Δαρβίνος, πηγαίνοντας ένα βήμα παραπάνω, υπέθεσε ότι οι θάνατοι αυτοί δεν είναι τυχαίοι και ότι τα καλύτερα προσαρμοσμένα άτομα ενός είδους κερδίζουν τον ανταγωνισμό και αναπαράγονται ενώ τα λιγότερο καλά χάνουν και πεθαίνουν πριν αναπαραχθούν (Bowler & Pickstone, 2009). Τη διαδικασία αυτή την ονόμασε **φυσική επιλογή** και θεώρησε πως ήταν υπεύθυνη για την αλλαγή των ειδών στη διάρκεια του χρόνου. Η φυσική επιλογή του Δαρβίνου αποτελούσε μια εξελικτική θεωρία που απέφευγε την οποιαδήποτε εμπλοκή του Θεού ενώ παράλληλα δεχόταν την κληρονομηση των επίκτητων χαρακτηριστικών του Lamarck και την κλαδογένεση του Owen (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003).

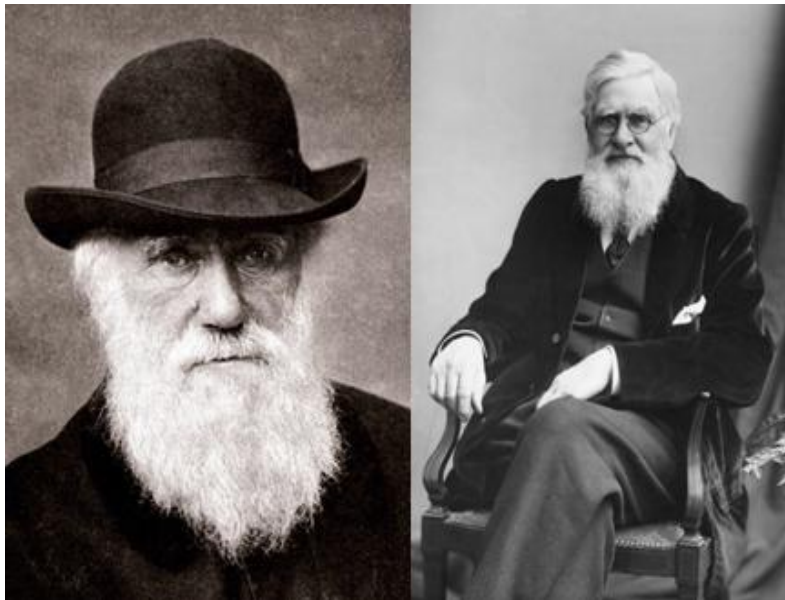
Ο Δαρβίνος καθυστέρησε αρκετά τη δημοσίευση της θεωρίας του καθώς ήθελε να μαζέψει όσες περισσότερες αποδείξεις μπορεί για αυτή. Κάποια στιγμή το 1858, ο φυσιοδίφης **Alfred Russel Wallace** (1823-1913) έστειλε ένα κείμενο στον Δαρβίνο με τίτλο *On the Tendency of Varieties to Depart Indefinitely from the Original Type* γνωστοποιώντας του παρόμοιες απόψεις που ο ίδιος είχε αναπτύξει ανεξάρτητα από αυτόν εργαζόμενος στον Αμαζόνιο και στο Μαλαϊκό αρχιπέλαγος (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003). Ο Wallace, έχοντας διαβάσει και αυτός τους Malthus και Lyell, συνειδητοποίησε, όπως και ο Δαρβίνος, πως ο «αγώνας για επιβίωση» των ειδών σχετίζεται με την κατανομή τους στο χώρο και τη συνολική ισορροπία της φύσης (Gouyon et al., 2002). Αν και η ιστορία της ανεξάρτητης ανακάλυψης της θεωρίας της φυσικής επιλογής από τον Wallace παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον (ο Wallace ήταν φτωχός και έφτασε στη σύλληψη της θεωρίας της φυσικής επιλογής μετά από μια σειρά αναπάντεχων γεγονότων που περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων 3 αλλαγές καριέρας, έναν παραλίγο θάνατο του και ένα ναυάγιο που οδήγησε σε απώλεια πολλών δειγμάτων οργανισμών που είχε συλλέξει σε

εργασίες 2 χρόνων στη Λατινική Αμερική), οι λεπτομέρειες αυτής δεν θα αναλυθούν εδώ αφού τη θεωρία αυτή πρόλαβε να τη διατυπώσει ο Δαρβίνος (Gribbin, 2009). Η μελέτη του Wallace επεκτάθηκε και στους γεωγραφικούς φραγμούς που σχετίζονται με την ειδογένεση εντοπίζοντας το σημείο στο οποίο διαφοροποιούνται η Ασιατική με την Αυστραλιανή πανίδα ορίζοντας το σύνορο μεταξύ τους (το οποίο μέχρι και σήμερα ονομάζεται γραμμή του Wallace). Αργότερα, με το βιβλίο του *The Geographical Distribution of Animals* που εκδόθηκε το 1876 έμελε να θέσει τις βάσεις για τη συστηματική μελέτη των μεταναστεύσεων των πληθυσμών των ειδών από τα αρχικά σημεία προέλευσης τους (Bowler & Pickstone, 2009).

Η δουλειά του Wallace καθώς και το κείμενο που έστειλε αυτός στο Δαρβίνο το 1858 λειτούργησαν ως μορφή πίεσης στον τελευταίο αλλά και επιβεβαίωσης της θεωρίας του και έτσι το επόμενο έτος δημοσίευσε το πασίγνωστο πλέον βιβλίο *On the Origin of Species* που έγινε μεγάλη επιτυχία (Gouyon et al., 2002). Σε αυτό ενσωμάτωσε και το έργο των εκτροφέων και των φυτοκόμων που παρήγαγαν νέες μορφές οργανισμών από προγενέστερους με τη δράση της **τεχνητής επιλογής**, μια διαδικασία ανάλογη της φυσικής επιλογής. Αργότερα το 1871 δημοσίευσε και το *The Descent of Man* στο οποίο υποστήριζε πως το ανθρώπινο είδος μαζί με άλλα πρωτεύοντα είχαν κοινή καταγωγή ξεσηκώνοντας θύελλα αντιδράσεων ενώ παράλληλα πρότεινε και την έννοια μιας τρίτης επιλογής, της **σεξουαλικής** (Ghiselin, 2009). Σύμφωνα με αυτή τα άτομα που επιλέγονται συχνότερα από το αντίθετο φύλλο για αναπαραγωγή αφήνουν περισσότερους απογόνους οι οποίοι και κληρονομούν τα χαρακτηριστικά τους ενώ η διαδικασία αυτή μπορεί ακόμα και να αντιστραφεί στη φυσική επιλογή (π.χ. η τεράστια πολύχρωμη ουρά του αρσενικού παγωνιού μόνο πλεονεκτική δεν είναι για την επιβίωση του, όμως διατηρείται στις επόμενες γενιές καθώς τα αρσενικά αυτά επιλέγονται πιο πολύ από τα θηλυκά παγώνια). Σύμφωνα με το Δαρβίνο οι άνθρωποι χάσανε το εξωτερικό τρίχωμα τους λόγω σεξουαλικής επιλογής (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003). Οι απόψεις του Δαρβίνου ονομάστηκαν συνοπτικά «*δαρβινισμός*» και υπήρξαν για πολλά χρόνια αντικείμενο διαμάχης.

Ένας λόγος για αυτό αποτελεί το γεγονός πως η εξέλιξη έρχεται σε **αντίθεση με την κοινή λογική** αφενός επειδή οι απόγονοι κάθε οργανισμού είναι εννοιολογικά πάντα ίδιοι με τους γονείς τους (π.χ. μια γάτα γεννάει μόνο γάτες, άσχετα αν τα γατάκια της μπορεί να διαφέρουν σε ορισμένους χαρακτήρες από τους γονείς τους όπως το μέγεθος) και αφετέρου επειδή η εξέλιξη συμβαίνει σε χρονική κλίμακα που μας είναι αδιανόητο να

την αντιληφθούμε (π.χ. αρκετά εκατομμύρια χρόνια). Αυτά ενισχύουν την έννοια της σταθερότητας των ειδών και δεν είναι τυχαίο που η έννοια αυτή επικράτησε για πολλούς αιώνες από την αρχαιότητα μέχρι και το 19^ο αιώνα. Με άλλα λόγια θα μπορούσαμε να πούμε πως, πριν το Δαρβίνο, προκειμένου να συλλάβει κάποιος την έννοια της εξέλιξης θα έπρεπε να πραγματοποιήσει ένα μεγάλο εννοιολογικό άλμα και να δεχθεί ιδέες που φαινομενικά δεν ταίριαζαν με την εμπειρία του. Το ίδιο πρόβλημα συναντάται συνεχώς στην επιστήμη αλλά το πλεονέκτημα πολλών φυσικών και χημικών φαινομένων έναντι του φαινομένου της εξέλιξης των ειδών είναι πως συμβαίνουν άμεσα (π.χ. η ελεύθερη πτώση ενός αντικειμένου ή η εξάτμιση του νερού στους 100 °C) και άρα επιτρέπουν την άμεση παρατήρηση τους από εμάς καθώς και τον πειραματισμό μαζί τους και για αυτό το πρόβλημα αυτό δεν ήταν τόσο μεγάλο όσον για τη φυσική και τη χημεία. Αντίθετα την εξέλιξη δεν μπορούμε να την παρατηρήσουμε άμεσα και έτσι πρέπει αναγκαστικά να τη **συναγάγουμε** ενώ τα αποδεικτικά στοιχεία που έχουμε πλέον στα χέρια μας και στηρίζουν την εξέλιξη των ειδών (π.χ. απολιθώματα ή ανατομικά, μοριακά, εμβρυολογικά και βιογεωγραφικά δεδομένα) χρησιμεύουν ως τέτοια μόνο αφού κάποιος **έχει ήδη υποθέσει** ότι υπάρχει η εξέλιξη (Mayr, 2008).



Εικόνα 10: Ο Darwin (αριστερά) και ο Wallace (δεξιά)
([Wikipedia](#)), ([Wikipedia](#))

Πολλοί επιστήμονες λοιπόν τάχθηκαν κατά του Δαρβινισμού. Ένας από αυτούς ήταν ο μαθηματικός **William Thomson** (1824-1907), ένας από τους πιο δημοφιλείς και σεβαστούς επιστήμονες της εποχής του. Ο Thomson επιτέθηκε στην άποψη του Δαρβίνου ότι η ηλικία κάποιων γεωλογικών ιζημάτων ήταν περίπου 300.000.000 έτη

υποστηρίζοντας ότι ηλικία του ίδιου του ήλιου είναι μικρότερη από αυτή και άρα ότι η υπόθεση του Δαρβίνου είναι αδύνατη (Gouyon et al., 2002). Με βάση αυτά που ήταν γνωστά εκείνη την εποχή στον τομέα της Φυσικής οι υπολογισμοί του Thomson ήταν σωστοί και οι αντιρρήσεις του επέμειναν για όλο το υπόλοιπο του 19^{ου} αιώνα και κάμφθηκαν μόνο στον 20^ο αιώνα όπου κατανοήθηκε καλύτερα η ραδιενέργεια. Όμως, μακράν το μεγαλύτερο εμπόδιο για να γίνει αποδεκτή η θεωρία της φυσικής επιλογής ήταν η κατανόηση του μηχανισμού της κληρονομικότητας, δηλαδή ο ακριβής τρόπος με τον οποίο τα χαρακτηριστικά της μιας γενιάς μεταβιβάζονται στην επόμενη (Gribbin, 2009). Ο σπουδαίος μηχανικός **Fleeming Jenkin** (1833-1885) σε άρθρο του στο περιοδικό *The North British Review* το 1867 άσκησε δριμύτατη κριτική στη θεωρία της φυσικής επιλογής κάνοντας 2 πολύ καλές παρατηρήσεις πάνω στην κληρονομικότητα. Ο Δαρβίνος απέτυχε να απαντήσει σε αυτές παραδεχόμενος το κενό που υπήρχε στον τρόπο κληρονομής των ευνοϊκών χαρακτηριστικών από γενιά σε γενιά. Τα ερωτήματα του Jenkin απαντήθηκαν μόνο μετά την ανάπτυξη της Γενετικής στις αρχές του 20^{ου} αιώνα (Gouyon et al., 2002).

Στον αντίποδα πολλοί επιστήμονες τάχθηκαν υπέρ του Δαρβινισμού. Πολύ ένθερμος υποστηρικτής του Δαρβίνου υπήρξε ο ζωολόγος **Ernst Haeckel** (1834-1919) ο οποίος πρότεινε επίσης πως η ανάπτυξη του εμβρύου ενός οργανισμού συνοψίζει την εξελικτική του πορεία (φυλογένεση) καθώς επίσης και ο συγκριτικός ανατόμος **Thomas Henry Huxley** (1825-1895) (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003). Ο Huxley άργησε να δεχθεί τις εξελικτικές απόψεις του Δαρβίνου ωστόσο τον υπερασπίστηκε υπερβολικά, μένοντας στην ιστορία ως «το *bulldog* του Δαρβίνου». Διαφώνησε δημόσια με τον Owen στο διάσημο debate της Οξφόρδης το 1860 (μόλις μήνες μετά τη δημοσίευση του *Origin of Species*) καταφέροντας να τον κερδίσει επηρεάζοντας έτσι την επιστημονική κοινότητα στην αποδοχή των απόψεων του Δαρβίνου (Ghiselin, 2009).

Εδώ αξίζει να σημειωθεί πως παρόλο που η θεωρία της φυσικής επιλογής αντιμετωπίστηκε με δυσπιστία για περίπου 80 χρόνια (μέχρι επιτέλους να γίνει αποδεκτή από την πλειονότητα των βιολόγων με την έλευση του νέο-δαρβινισμού στα χρόνια 1937-1950), η ίδια η εξέλιξη των ειδών σαν γεγονός έγινε σχεδόν αμέσως αποδεκτή από τους βιολόγους μετά τη δημοσίευση του *Origin of Species* (Bowler & Pickstone, 2009). Όμως μέχρι το 1950 οι απόψεις των εξελικτικών εμφάνισαν μεγάλη ποικιλία καθώς κάθε κλάδος είχε τη δική του προσέγγιση της εξέλιξης και το ίδιο ίσχυε και για κάθε χώρα. Για παράδειγμα η **Γερμανία** και η **Ρωσία** αγκάλιασαν τη φυσική επιλογή ενώ στις υπόλοιπες

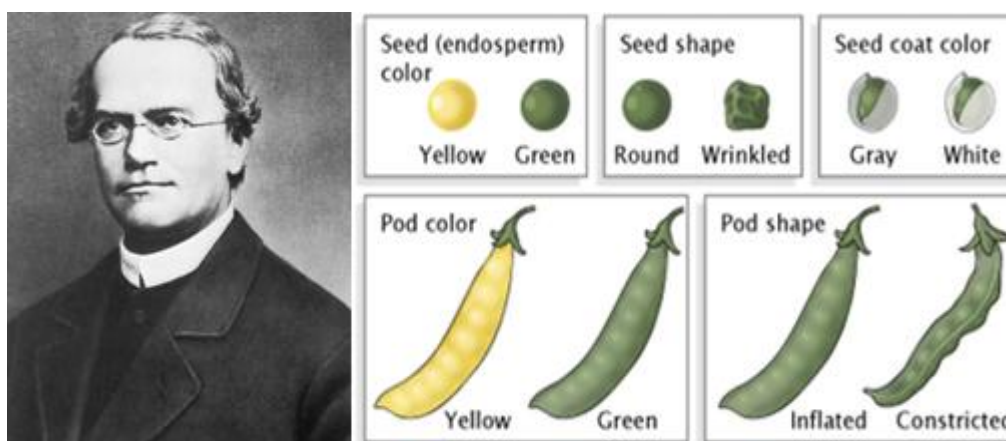
χώρες η αποδοχή της φυσικής επιλογής υπήρξε πιο δύσκολη. Έτσι στην **Αγγλία** υπήρχε η διαμάχη βιομεριστών και μενδελικών που θα εξηγήσουμε παρακάτω, στις **Η.Π.Α.** όπου δεν υπήρχαν ακόμα αρκετοί επαγγελματίες βιολόγοι και παλαιοντολόγοι η ίδια η εξέλιξη των ειδών ήταν υπό αμφισβήτηση ενώ και στη **Γαλλία** η εξέλιξη άργησε να εδραιωθεί (και όταν εδραιώθηκε υιοθετήθηκαν κυρίως νέο-λαμαρκιανές απόψεις καθώς ο δαρβινισμός θεωρούταν από τους Γάλλους «αγγλικό προϊόν» και δεν τον υποστήριζαν) (Mayr, 2008).

Τέλος, πρίπου την ίδια περίοδο με το Δαρβίνο έκανε την εμφάνιση της μια άλλη εξελικτική θεωρία, αυτή του Άγγλου φιλόσοφου **Herbert Spencer** (1820-1903). Ο Spence, που ανέπτυξε τη θεωρία του ανεξάρτητα από τον Δαρβίνο, βασίστηκε στο έργο των Lyell και Owen και έδωσε έμφαση, όχι στην εξέλιξη των ειδών, αλλά στην εξέλιξη της ανθρώπινης κοινωνίας (το έργο του θεωρείται η αφετηρία του κοινωνικού Δαρβινισμού) (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003). Στην πραγματικότητα, ο όρος «εξέλιξη» (*evolution*) χρησιμοποιήθηκε από τον Spence πρώτα το 1852 και έπειτα στο δημοφιλές έργο του *First Principles* το 1862 όπως και ο όρος «επιβίωση του δυνατότερου/καταλληλότερου» (*survival of the fittest*), αμφότερους τους οποίους δανείστηκε στη συνέχεια ο Δαρβίνος. Επίσης, πολλοί ερευνητές εκτός του Δυτικού κόσμου συστήθηκαν στη θεωρία της φυσικής επιλογής του Δαρβίνου μέσω των γραπτών του Spence ο οποίος ασκούσε πολύ μεγάλη επιρροή εκείνη την εποχή (Sloan, 2019).

1.5.4 Η μελέτη της κληρονομικότητας

Κάθε κεφάλαιο που ασχολείται με τη μελέτη της κληρονομικότητας δεν θα μπορούσε να αρχίσει από κάποιον άλλον πέραν του Αυστριακού μοναχού **Gregor Mendel** (1822-1884). Ο Mendel πειραματίστηκε με καθαρές σειρές μπιζελιών (*Pisum sativum*) μελετώντας την κληρονομία διάφορων χαρακτήρων από γενιά σε γενιά. Αυτό που παρατήρησε είναι ότι, ενώ όλα τα υβρίδια της 1^{ης} γενιάς απογόνων των καθαρών σειρών (γενιά F₁) εμφάνιζαν έναν από τους δύο χαρακτήρες της καθαρής σειράς, στην επόμενη γενιά (γενιά F₂) εμφανιζόταν και ο δεύτερος χαρακτήρας που υπήρχε στις καθαρές σειρές αλλά όχι στη γενιά F₁. Από αυτό συμέρανε πως ο χαρακτήρας αυτός θα έπρεπε να υπάρχει στη γενιά F₁, απλώς **δεν εκφράζεται**, ενώ αργότερα μελετώντας της αναλογίες των χαρακτήρων στη γενιά F₂ (που ήταν πάντα 3:1 για κάθε χαρακτήρα) διατύπωσε πως κάθε χαρακτήρας ελέγχεται από **ακριβώς 2 παράγοντες**, ένας από τους

οποίους είναι ο **επικρατής** (*dominant*) και ο άλλος είναι ο **υπολειπόμενος** (*recessive*). Πρότεινε επίσης ότι παράγοντες αυτοί που ελέγχουν τον κάθε χαρακτήρα βρίσκονται στα γαμετικά κύτταρα και μεταδίδονται **ανεξάρτητα** στην επόμενη γενιά μέσω της γονιμοποίησης (Gouyon et al., 2002). Η εργασία του Mendel υποβλήθηκε το 1865 στη *Verhandlungen des naturforschenden Vereines in Brünn* (*Natural History Society of Brünn*) με όνομα *Versuche über Pflanzen-Hybriden* (*Experiments in Plant Hybridization*) και δημοσιεύθηκε ένα χρόνο αργότερα, το 1866. Από εκεί στάλθηκε σε διάφορους επιστήμονες σε Ευρώπη και Αμερική αλλά αγνοήθηκε επανειλημμένως. Και δυστυχώς γιατί η σημασία των παρατηρήσεων του Mendel ήταν μεγάλη αφού ήταν ο πρώτος που αντιλήφθηκε τους κληρονομικούς χαρακτήρες ως φυσικές οντότητες που μεταδίδονται από τη μία γενιά στην επόμενη και δεν επηρεάζονται ούτε από την υβριδοποίηση ούτε από το εξωτερικό περιβάλλον (Moore, 2001).



Εικόνα 11: Ο Mendel (αριστερά) και μερικά από τα χαρακτηριστικά των
μπιζελιών με τα οποία πειραματίστηκε (δεξιά)
(Wikipedia), (HackneyBooks)

Την ίδια περίοδο, στο έργο του *Variation of Animals and Plants under Domestication* το 1868, ο Δαρβίνος πρότεινε την **υπόθεση της παγγένεσης** ως το μηχανισμό κληρονομικότητας των επίκτητων χαρακτηριστικών (Gribbin, 2009). Εν ολίγοις η υπόθεση αυτή υποστηρίζει πως κάθε όργανο του σώματος παράγει μικροσκοπικά τμήματα του εαυτού του τα οποία εισέρχονται στην κυκλοφορία του αίματος και από εκεί μεταναστεύουν στα γεννητικά όργανα απ' όπου τελικά θα περάσουν στους απογόνους του οργανισμού (Bowler & Pickstone, 2009). Στην υπόθεση της παγγένεσης ενσωματώνεται και η έννοια της **αναμειγνυόμενης κληρονομικότητας**, που δηλώνει πως τα χαρακτηριστικά των γονέων ακολουθούν τους νόμους ανάμιξης των υγρών και αναμειγνύονται στους απογόνους οι οποίοι παρουσιάζουν ενδιάμεσα

χαρακτηριστικά (Κριμπάς, 1978). Το παράδοξο της αναμειγνυόμενης κληρονομικότητας είναι ότι έρχεται σε αντίφαση με τη θεωρία της φυσικής επιλογής αφού, αν ισχύει, σημαίνει πως σε λίγες γενιές η συνεχής ανάμειξη των χαρακτηριστικών θα οδηγήσει σε έναν ομοιογενή πληθυσμό χωρίς ποικιλομορφία που είναι η προϋπόθεση για την ύπαρξη φυσικής επιλογής (Gribbin, 2009). Η υπόθεση της παγγένεσης λοιπόν είχε κάποια κενά κάτι που αναγνώριζε και ο ίδιος ο Δαρβίνος. Από το 1869 μέχρι το 1871 ο Άγγλος μαθηματικός (και ξάδερφος του Δαρβίνου) **Francis Galton** (1822-1911) επιχείρησε να υποστηρίξει πειραματικά την υπόθεση της παγγένεσης πραγματοποιώντας μεταγγίσεις αίματος σε κουνέλια και παρακολουθώντας τους απογόνους τους. Δυστυχώς για τον Δαρβίνο τα πειράματα του Galton απέτυχαν και έτσι, αντί να επιβεβαιώσει την υπόθεση της παγγένεσης, τη διέψευσε (Ghiselin, 2009). Ο Δαρβίνος νευρίασε με τον Galton και πρότεινε πως το μόνο που αποκαλύπτουν τα πειράματα του είναι ότι η μεταφορά των μικροσκοπικών οργάνων γίνεται με άλλο τρόπο και όχι με το αίμα (Mayr, 2008).

Η υπόθεση της παγγένεσης (και μαζί της κάθε άλλη θεωρία που αποδεχόταν την επίκτητη κληρονομικότητα) καταρρίφθηκε τελείως από έναν πολύ σπουδαίο βιολόγο, το Γερμανό **August Weismann** (1834-1914). Στο βιβλίο του *Das Keimplasma (The Germplasm)* το 1892 ο Weismann πρότεινε πως τα κύτταρα που εμπλέκονται στην αναπαραγωγή (η γαμετική σειρά) διαχωρίζονται πολύ νωρίς στην ανάπτυξη ενός ατόμου από τα υπόλοιπα κύτταρα (το σωματικό πλάσμα) επομένως ότι συμβαίνει αργότερα στο σώμα δεν γίνεται να μεταφερθεί στους απογόνους κάτι που σήμερα γνωρίζουμε πως ισχύει απόλυτα (Gouyon et al., 2002). Έτσι απορρίφθηκε οποιαδήποτε νέο-λαμαρκιανή θεωρία που επιχειρούσε να ερμηνεύσει την εξέλιξη οπότε η ειδογένεση σύμφωνα με τον Weismann πλέον μπορούσε να εξηγηθεί είτε με άλματα μεταξύ των ειδών είτε με τη μακροχρόνια επιλογή σε ένα είδος (Bowler & Pickstone, 2009). Ακόμα ο Weismann ασχολήθηκε και με το επιλεκτικό πλεονέκτημα του σεξ (που θεώρησε πως είναι η ικανότητα να πολλαπλασιάζει τη γενετική ποικιλομορφία προσφέροντας περισσότερες δυνατότητες στη φυσική επιλογή) ενώ έγινε και ο 1^{ος} που υποστήριξε πως ακόμα και η διάρκεια ζωής κάθε είδους ρυθμίζεται από τη φυσική επιλογή εισάγοντας ένα νέο τρόπο σκέψης στη Βιολογία, την τάση να εξετάζεται κάθε χαρακτηριστικό ενός είδους σύμφωνα με το εν δυνάμει επιλεκτικό πλεονέκτημα που έχει για το είδος αυτό (Mayr, 2008). Επιπλέον, η έμμονη του με τη φυσική επιλογή (ο ίδιος ήταν ξεκάθαρα δαρβινιστής) ανάγκασε όλους τους βιολόγους να πάρουν θέση σχετικά με το πρόβλημα της κληρονομικότητας προετοιμάζοντας έτσι το έδαφος για την ανακάλυψη των νόμων του

Mendel (Bowler & Pickstone, 2009). Παρόλα αυτά, οι απόψεις του Weismann άλλαξαν προς το τέλος της ζωής του. Υποστήριξε πως είχε κάνει λάθος όσον αφορά τον απόρριψη της επίκτητης κληρονομικότητας και ότι η φυσική επιλογή δεν επαρκεί για να εξηγήσει όλα α φαινόμενα στην εξέλιξη. Όπως και να έχει, παρέμεινε μια πολύ σημαντική φυσιολογία στο χώρο της Βιολογίας και ως τέτοια παρουσιάζεται μέχρι και σήμερα (Mayr, 2008).

1.5.5 Βιομετριστές και Μενδελικοί

Η αναζήτηση του μηχανισμού της κληρονομικότητας έφερε σε σύγκρουση 2 σχολές στο εσωτερικό της επιστήμης της Βιολογίας, τους φυσιολόγους (βιομετριστές) και τους πειραματικούς βιολόγους (μενδελικοί). Ο Galton, με τον οποίο ξεκινά και η ιστορία των βιομετριστών, είχε ήδη ασχοληθεί με τη μελέτη της κληρονομικότητας και ιδιαίτερα με τη μελέτη της κληρονομικότητας της ανθρώπινης ευφυΐας (αυτό θα μας απασχολήσει περισσότερο παρακάτω στην περίπτωση της ευγονικής). Οι πειραματισμοί του με τα κουνέλια και η κατάρριψη της υπόθεσης της παγγένεσης έκαναν ακόμα πιο έντονο το ενδιαφέρον του για τη μελέτη της κληρονομικότητας και το χαρακτηριστικό στο οποίο επικεντρώθηκε αυτή τη φορά ήταν το ύψος των ανθρώπων (Ghiselin, 2009). Πάνω σε αυτό το θέμα δημοσίευσε αρχικά 3 άρθρα (*Typical Laws of Heredity* το 1877, *Hereditary Stature* το 1886 και *Regression Towards Mediocrity in Hereditary Stature* επίσης το 1886) και αργότερα 1 βιβλίο (*Natural Inheritance* το 1889) (Gouyon et al., 2002). Η καινοτομία του Galton έγκειται στο γεγονός ότι προσπάθησε να προσεγγίσει την κληρονομικότητα του ύψους με **στατιστικούς όρους** (Millstein, 2021). Έτσι έγινε ο 1^{ος} που διατύπωσε την έννοια της *παλινδρόμησης προς το μέσο όρο* (*regression toward the mean*) όταν παρατήρησε πως οι απόγονοι των ασυνήθιστα ψηλών ή κοντών ατόμων έχουν ύψος πιο κοντά στο μέσο όρο του πληθυσμού, δηλαδή ο απόγονος ενός ασυνήθιστα ψηλού γονέα είναι πιο κοντός από αυτόν και το αντίθετο για τους κοντούς γονείς (Barton et al., 2013). Στο βιβλίο του *Natural Inheritance* το 1889 συναντάμε και τον 1^ο στατιστικό νόμο της κληρονομικότητας που λέει πως κάθε άτομο κληρονομεί τα μισά χαρακτηριστικά από τον ένα γονέα και τα μισά από τον άλλον και άρα επεκτείνοντας το συλλογισμό αυτό για τη γενιά των παππούδων παίρνουμε πως κάθε άτομο κληρονομεί το ¼ των χαρακτηριστικών του από κάθε άτομο της γενιάς αυτής, κοκ. Επομένως η συνεισφορά ενός προγόνου μειώνεται κατά το ήμισυ σε κάθε γενιά (**νόμος του Galton**) (Mayr, 2008).

Η χρησιμοποίηση της στατιστικής στη Βιολογία συνεχίστηκε από τον Άγγλο μαθηματικό **Karl Pearson** (1857-1936) που ενδιαφέρθηκε για τη Βιολογία μέσω του ζωολόγου φίλου του **W.F.R. Weldon** (1860-1905) και επηρεάστηκε από τα γραπτά του Galton (Millstein, 2021). Ο Pearson προτιμούσε τους μαθηματικούς νόμους από τις θεωρίες και έτσι προσπάθησε να ανακαλύψει διάφορους τέτοιους νόμους στους οποίους υπακούει η κληρονομικότητα (Gouyon et al., 2002). Από την άλλη ο Weldon είχε κάνει σπουδαία δουλειά πεδίου μελετώντας την ποικιλομορφία στους πληθυσμούς ενός είδους καβουριού (*Carcinus moenas*) και με τη βοήθεια της στατιστικής του Pearson οι δυο τους κατάφεραν να αναπτύξουν μια νέα μέθοδο μελέτης της κληρονομικότητας. Έτσι επέκτειναν τη δουλειά του Galton και τροποποίησαν το νόμο του. Η μαθηματική ανάλυση του φαινομένου της κληρονομικότητας, όπως έγινε αρχικά από τον Galton και στη συνέχεια από τους Weldon και Pearson, φανέρωνε μια αργή και σταδιακή απόκλιση των χαρακτηριστικών στα άτομα ενός πληθυσμού συμβαδίζοντας έτσι με το δαρβινισμό (Millstein, 2021). Ο Pearson δημοσίευσε διάφορες εργασίες πάνω στο θέμα της κληρονομικότητας ενώ ήταν και αυτός που ίδρυσε το επιστημονικό περιοδικό *Biometrika* το 1901 (Gouyon et al., 2002).

Την ίδια περίοδο με τον Galton, πάνω στο πρόβλημα της κληρονομικότητας δούλευε και ο Ολλανδός βοτανικός **Hugo de Vries** (1848-1935), με τον οποίο αρχίζει η ιστορία των μενδελικών. Το 1889 ο de Vries δημοσίευσε το βιβλίο του *Intracellular Pangenesis* στο οποίο πρότεινε ότι τα διάφορα χαρακτηριστικά των οργανισμών θα πρέπει να αποτελούνται από ένα μεγάλο αριθμό ξεχωριστών «μονάδων», καθεμία από τις οποίες μεταδίδεται ανεξάρτητα από τις υπόλοιπες από γενιά σε γενιά (Mayr, 2008). Με λίγα λόγια, το συμπέρασμα των ερευνών του de Vries ήταν πως κάθε οργανισμός αποτελεί ένα **μωσαϊκό** διαφόρων χαρακτηριστικών, κάθε ένα από τα οποία καθορίζεται από ξεχωριστές **μονάδες** που κληρονομούνται **αναλλοίωτες** στις επόμενες γενιές (Millstein, 2021). Ο de Vries χρησιμοποίησε τον όρο «παγγονίδια» για τις μονάδες αυτές (από την υπόθεση της παγγένεσης του Δαρβίνου) από τον οποίο αργότερα ο Δανός βοτανικός **Wilhelm Johannsen** (1857-1927) αφαίρεσε το πρώτο συνθετικό (παν-) για να προκύψει ο όρος γονίδιο που χρησιμοποιούμε σήμερα (Gribbin, 2009). Ένας ακόμα ερευνητής που μελετούσε επίσης την κληρονομικότητα παράλληλα με τους Galton και de Vries ήταν ο Άγγλος βιολόγος **William Bateson** (1861-1926). Ο Bateson δημοσίευσε το 1894 το βιβλίο *Materials for the Study of Variation treated with special regard to Discontinuity in the*

Origin of Species στο οποίο προτείνει ότι τα νέα είδη προκύπτουν μέσω ενός **άλματος** ή μιας σειράς αλμάτων από τα προϋπάρχοντα είδη και επίσης ότι προκειμένου να διατηρηθούν τα χαρακτηριστικά ενός είδους πρέπει να κληρονομούνται **χωρίς να αναμειγνύονται** (Barton et al., 2013). Το βιβλίο του Bateson ήταν καθαρά θεωρητικό και βασιζόταν σε εμπειρικά δεδομένα και ως τέτοιο δεν έδινε καμία εξήγηση όσον αφορά την αιτία της αλματώδους εξέλιξης (Millstein, 2021). Στη συνέχεια ο de Vries, που συμφωνούσε με τον Bateson, πειραματίστηκε με φυτά μελετώντας την κληρονομήση συγκεκριμένων χαρακτηριστικών όπως το ύψος του φυτού ή το χρώμα του άνθους και το 1899 ήταν έτοιμος να δημοσιεύσει τα αποτελέσματα του όταν έψαξε στη βιβλιογραφία για παρόμοια συμπεράσματα και διαπίστωσε έκπληκτος ότι σχεδόν όλα του τα αποτελέσματα υπήρχαν στην εργασία του Mendel το 1866 η οποία είχε αγνοηθεί εντελώς από τους επιφανείς επιστήμονες μέχρι εκείνη την εποχή (Gribbin, 2009). Σε μια από τις μεγαλύτερες συμπτώσεις στην επιστήμη της Βιολογίας, την ίδια χρονολογία, ο Γερμανός βοτανικός **Carl Correns** (1864-1933) και ο Αυστριακός αγρονόμος **Erich Tschermack** (1871-1962) που εκτελούσαν παρόμοια πειράματα με τον de Vries, ανέσυραν ανεξάρτητα την ίδια εργασία του Mendel (Κριμπάς, 1978).

Και ενώ λοιπόν οι νόμοι του Mendel που αναδείκνυαν τη γενετική βάση της κληρονομικότητας είχαν αγνοηθεί για περισσότερα από 30 χρόνια, από το 1900 και μετά εδραιώθηκαν και με το παραπάνω στην επιστήμη της Βιολογίας αφού επιβεβαιώθηκαν επανειλημμένα από πειράματα διάφορων ερευνητών (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003). Ανάμεσα στους ερευνητές αυτούς ήταν και ο Bateson που επέκτεινε τους νόμους του Mendel και στα ζώα και ήταν ο 1^{ος} που χρησιμοποίησε τον όρο «Γενετική» αναφερόμενος στον νέο κλάδο της Βιολογίας που ασχολείται με την πειραματική μελέτη της κληρονομικότητας αλλά και τους όρους «ομοζυγώτης», «ετεροζυγώτης» «αλληλόμορφο» (Gouyon et al., 2002). Κάθε κληρονομική μονάδα (γονίδιο) μπορεί να βρίσκεται σε περισσότερες από μία καταστάσεις (αλληλόμορφα) (Κριμπάς, 1978). Καθώς ο κληρονομικός μηχανισμός του Mendel δίνει μια πρώτη εντύπωση απόλυτης σταθερότητας (αφού οι κληρονομικές μονάδες περνάνε αμετάβλητες στους απογόνους) δημιουργήθηκε η εντύπωση ότι τα δεδομένα αυτά έρχονται σε σύγκρουση με τη θεωρία της φυσικής επιλογής. Έτσι ο de Vries θεώρησε πως θα έπρεπε να βρεθεί ένας άλλος μηχανισμός για την εξέλιξη των ειδών και, σε συνδυασμό με τις απόψεις του Bateson περί αλματώδους εξέλιξης, ανέπτυξε τη **θεωρία των μεταλλάξεων**, ότι δηλαδή η εξέλιξη συντελείται με άλματα μέσω απότομων αλλαγών που προκαλούνται από μια διαδικασία που ονομάζεται

«μετάλλαξη» (Mayr, 2008). Η θεωρία του de Vries δημοσιεύθηκε στο βιβλίο του *Die Mutationstheorie* (2 τόμοι από το 1901 έως το 1903) που βασίζεται στα πειράματα του και τους νόμους του Mendel αλλά και στα πειράματα του ίδιου του de Vries με το είδος *Oenothera lamarckiana* (Millstein, 2021).

Είναι φανερό λοιπόν πως ήδη είχαν σχηματιστεί 2 «στρατόπεδα». Από τη μία οι **βιομετριστές** (με κύριους εκπροσώπους τους Pearson/Weldon) που πίστευαν στην αργή και σταδιακή εξέλιξη και στην ανάμιξη των κληρονομήσιμων χαρακτήρων από τη μία γενιά στην επόμενη. Από την άλλη οι **μενδελικοί** (με κύριους εκπροσώπους τους de Vries/Bateson/Johannsen) που πίστευαν στη διακεκομμένη εξέλιξη που προκύπτει από μεταλλάξεις και ότι οι χαρακτήρες κληρονομούνται αναλλοίωτοι στους απογόνους (*Continuous & Blending vs Discontinuous & Non-blending evolution*) (Mayr, 2008). Ο Galton, από τον οποίο ξεκίνησε η ιστορία των βιομετριστών, ήταν πρόθυμος να δεχθεί σε κάποιο βαθμό τη διακεκομμένη εξέλιξη όμως κάτι τέτοιο ήταν αδιανόητο για τους Pearson και Weldon (Gouyon et al., 2002). Παρομοίως, ο de Vries επέμενε ότι η θεωρία του ήταν μια τροποποίηση τα θεωρίας του Δαρβίνου και δεν είχε σκοπό να την αντικαταστήσει όμως οι Bateson και Johannsen απέρριψαν τελείως ότι η φυσική επιλογή παίζει κάποιο ρόλο στην εξέλιξη. Για κάποια χρόνια (περίπου μέχρι το 1906 όπου και πέθανε ο Weldon) η αντιπαράθεση των 2 πλευρών ήταν σφοδρή ενώ αργότερα συνέχισε να υφίσταται σε πιο ήρεμους τόνους μέχρι και περίπου το 1930 με τις 2 πλευρές σε αυτό το διάστημα να αγνοούν συστηματικά τη βιβλιογραφία η μία της άλλης δημιουργώντας ένα χάσμα επικοινωνίας (Mayr, 2008). Οι βιομετριστές υποστήριζαν πως ο μενδελισμός δεν θα μπορούσε να εξηγήσει την ποικιλότητα που συναντούμε στη φύση για κάθε κληρονομήσιμο χαρακτήρα ενώ οι μενδελικοί ήταν αντίθετοι στην υπερβολική χρήση των μαθηματικών στη μελέτη της κληρονομικότητας. Όντως, στην αρχή τα πολύπλοκα μαθηματικά και η στατιστική των βιομετριστών επικράτησε έναντι των εμπειρικών και πειραματικών μελετών των μενδελικών όμως όχι για πολύ (Millstein, 2021).

1.6 20^{ος} αιώνας – Η εξελικτική σύνθεση

Τον 20^ο αιώνα έγινε η εδραίωση της θεωρίας της φυσικής επιλογής στον κλάδο της Βιολογίας και αναγνωρίστηκε ως ένας από τους μηχανισμούς με τους οποίους συντελείται η εξέλιξη των ειδών. Παράλληλα είχαμε και την ανάπτυξη νέων βιολογικών κλάδων και τον πολλαπλασιασμό των γνώσεων μας για τον έμβιο κόσμο γενικότερα.

1.6.1 Ο θάλαμος των μυγών

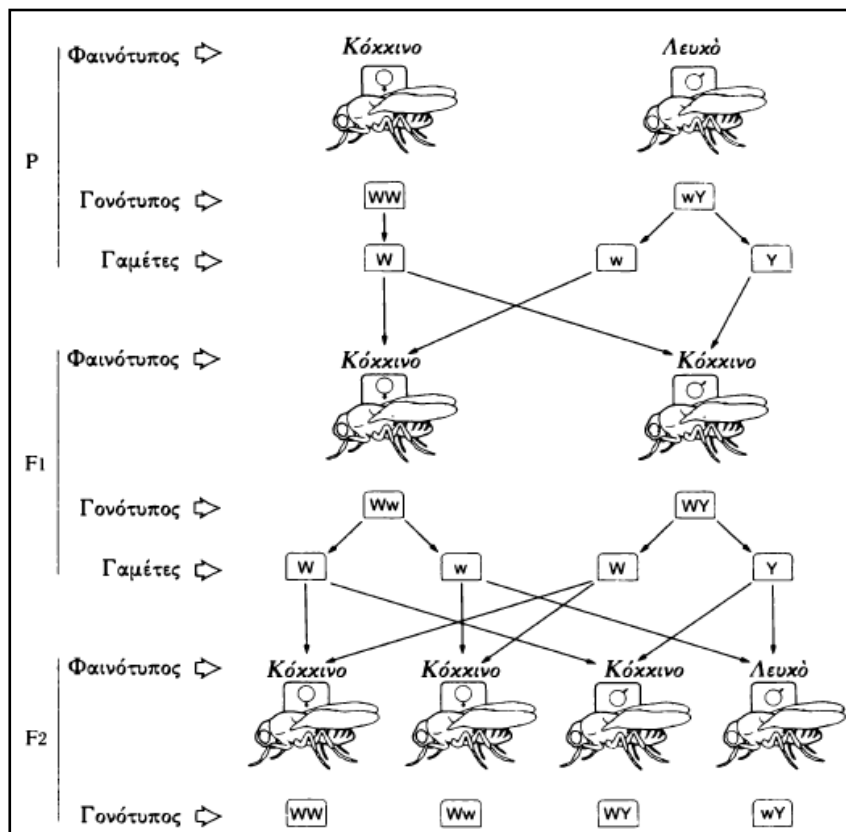
Οι «κληρονομικοί παράγοντες» του Mendel (δηλαδή τα γονίδια) φαινόταν να έχουν παρόμοια συμπεριφορά με τα χρωμοσώματα των κυττάρων των οργανισμών τα οποία είχαν ανακαλυφθεί λίγο νωρίτερα και των οποίων τη συμπεριφορά είχαν μελετήσει σπουδαίοι ερευνητές όπως ο βοτανικός **Matthias Schleiden** (1804-1881), ο ιατρός **Theodor Schwann** (1810-1882), ο επίσης ιατρός **Rudolph Virchow** (1821-1902), ο βιολόγος **Walther Flemming** (1843-1905) και ο ζωολόγος **Otto Bütschli** (1848-1920), όλοι Γερμανοί στην καταγωγή (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003). Έτσι το 1903 ο Αμερικανός μεταπτυχιακός φοιτητής **Walter Sutton** (1877-1916) και το 1904 ο Γερμανός ζωολόγος **Theodor Boveri** (1862-1915) πρότειναν ανεξάρτα ο ένας από τον άλλον πως τα γονίδια βρίσκονται πάνω στα χρωμοσώματα και ότι κάθε χρωμόσωμα έχει το δικό του ιδιαίτερο σύνολο γονιδίων, μια υπόθεση γνωστή ως **χρωμοσωμική θεωρία Boveri-Sutton** (Mayr, 2008). Η σημασία της θεωρίας αυτής δεν αναγνωρίστηκε καθόλου στην αρχή και πολλοί ερευνητές δεν την υποστήριζαν (Gouyon et al., 2002).

Η απόδειξή της έγινε λίγο αργότερα στο Πανεπιστήμιο Columbia της Νέας Υόρκης αρχικά από τον Αμερικανό ζωολόγο **Edmund Beecher Wilson** (1856-1939) και στη συνέχεια από τον Αμερικανό εξελικτικό βιολόγο **Thomas Hunt Morgan** (1866-1945) και την ομάδα του (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003). Το πειραματόζωο που χρησιμοποίησαν αυτοί ήταν η μύγα δροσόφυλλα (*Drosophila melanogaster*) που είναι ιδανικό πειραματόζωο μελέτης της κληρονομικότητας αφού δίνει εξαιρετικά γρήγορα κάθε νέα γενιά απογόνων ενώ παράλληλα έχει μόνο 4 ζεύγη πολύ μεγάλων και εύκολα παρατηρήσιμων χρωμοσωμάτων (Gouyon et al., 2002). Πρώτα ο E. B. Wilson ανακάλυψε τα φυλετικά χρωμοσώματα X και Y στη δροσόφυλλα καταφέροντας να εξηγήσει γιατί σε μια αναπαραγωγική σειρά η αναλογία των δύο φύλων είναι περίπου η ίδια (50% θηλυκά – 50% αρσενικά άτομα) (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003).

Τη δουλειά του E. B. Wilson ανέλαβε να συνεχίσει ο Morgan που αρχικά ήταν αντίπαλος της μενδελικής θεωρίας και ήθελε να αποδείξει ότι στην καλύτερη περίπτωση οι νόμοι του Mendel ίσχυαν μόνο για έναν περιορισμένο αριθμό χαρακτηριστικών στα φυτά και ότι δεν είχαν καθολική ισχύ (Gribbin, 2009). Το 1910 ο Morgan διασταύρωνε μύγες οι οποίες είχαν κόκκινα μάτια και κάποια στιγμή εμφανίστηκε μία αρσενική μύγα με λευκά μάτια. Αυτό το μοναδικό συμβάν πυροδότησε μια χιονοστιβάδα ερευνών. Αρχικά ο Morgan υπέθεσε πως το γονίδιο που ευθύνεται για το χρώμα των ματιών είχε

υποστεί μια **μετάλλαξη** στο συγκεκριμένο αρσενικό με αποτέλεσμα αυτό να εμφανίσει λευκό χρώμα αντί για κόκκινο. Μετά από πολλές διασταυρώσεις του αρσενικού αυτού παρατηρήθηκε ότι στην F₁ γενιά όλα τα άτομα είχαν κόκκινα μάτια αλλά τα λευκά μάτια εμφανίζονταν ξανά στην F₂ γενιά όμως το χαρακτηριστικό αυτό εμφανίστηκε μόνο σε αρσενικά άτομα. Από αυτά ο Morgan συμπέρανε πως το αλληλόμορφο που ευθύνεται για τα λευκά μάτια θα πρέπει να είναι **υπολειπόμενο** ενώ το αλληλόμορφο που ευθύνεται για τα κόκκινα μάτια να είναι επικρατές. Όμως γιατί στην F₂ γενιά επηρεάστηκαν μόνο αρσενικά άτομα; Η οξυδερκής παρατήρηση του Morgan ήταν πως το γονίδιο για το χρώμα των ματιών ακολουθούσε πάντα την κληρονομηση του φυλετικού χρωμοσώματος X και έτσι υπέθεσε πως το γονίδιο αυτό πρέπει να **βρίσκεται στο χρωμόσωμα X**. Η όλη διαδικασία φαίνεται στην Εικόνα 12 (Mayr, 2008).

Τα αποτελέσματα αυτά ενθάρρυναν τον Morgan να συνεχίσει την έρευνα του τη 2^η δεκαετία του 20^{ου} αιώνα μαζί με μια ομάδα φοιτητών, τους **Calvin Bridges** (1889-1938), **Hermann Muller** (1890-1967) και **Alfred Sturtevant** (1891-1970) (Gribbin, 2009). Η



Εικόνα 12: Η διάσχιση του γονιδίου white (W, w) που ευθύνεται για το χρώμα των ματιών (W για κόκκινο, w για λευκό) (Mayr, 2008)

ομάδα αυτή ήταν εξαιρετικά παραγωγική πραγματοποιώντας δεκάδες διασταυρώσεις και εξετάζοντας χιλιάδες μύγες. Κατάφεραν να ανακαλύψουν ότι στο χρωμόσωμα X βρίσκονται και άλλοι 2 χαρακτήρες, το χρώμα του σώματος και τα υποτυπώδη φτερά. Έτσι πρότειναν τη σύνδεση των γονιδίων (σήμερα ονομάζεται **γενετική σύνδεση**) δηλαδή το γεγονός πως

γονίδια που βρίσκονται στο ίδιο χρωμόσωμα κληρονομούνται μαζί, αντί για την τυχαία διάσχιση των γονιδίων του Mendel (Mayr, 2008). Η δουλειά τους οδήγησε επίσης στην ανακάλυψη πως κατά τη διάρκεια της παραγωγής των γαμετών κομμάτια από 2 ομόλογα χρωμοσώματα αναμιγνύονται μεταξύ τους προκειμένου να δημιουργήσουν περισσότερους συνδυασμούς που αυξάνουν τη γενετική ποικιλομορφία, φαινόμενο που ονομάζεται **ανασυνδυασμός**. Συνδυάζοντας τις 2 ανακαλύψεις, γονίδια του ίδιου χρωμοσώματος που βρίσκονται μακριά μεταξύ τους έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα να διαχωριστούν κατά τη διάρκεια του ανασυνδυασμού από αυτά που βρίσκονται σε κοντινή απόσταση και η παρατήρηση αυτή αποτέλεσε τη βάση για την κατασκευή των πρώτων **γενετικών χαρτών** (Gribbin, 2009). Όλη αυτή πρόοδος έγινε σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα ενώ οι ερευνητές δούλευαν με τις ώρες σε ένα πολύ μικρό δωμάτιο που για το λόγο αυτό ονομάστηκε «ο θάλαμος των μυγών» (Mayr, 2008). Το βιβλίο των Morgan/Bridges/Muller/Sturtevant *The Mechanism of Mendelian Heredity* που δημοσιεύτηκε το 1915 αποτέλεσε την αφετηρία της σύγχρονης γενετικής ενώ από τα αποτελέσματα αυτά ο Morgan πείστηκε για την ισχύ των νόμων του Mendel και άλλαξε την αρχική του στάση (ο ίδιος τιμήθηκε για τη δουλειά του με το βραβείο Nobel φυσιολογίας το 1933) (Gouyon et al., 2002). Αργότερα, ο Muller ανακάλυψε τη μεταλλαξιγόνο δράση των ακτινών X και διαδέχθηκε το δάσκαλο του όντας ο μόνος μαθητής του που βραβεύτηκε και αυτός με το βραβείο Nobel φυσιολογίας το 1946 (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003).

Μετά και τη δουλειά του Morgan και της ομάδας του οι μενδελικοί (στους οποίους πλέον εντάχθηκε και ο ίδιος ο Morgan) κέρδισαν έδαφος και φάνηκε να επικρατούν έναντι των βιομετριστών. Οι μενδελικοί πλέον υποστήριζαν πως η πραγματική πηγή της εξέλιξης είναι οι μεταλλάξεις καθώς μόνο αυτές είναι σε θέση να παράγουν (ξαφνικά) νέες μορφές οργανισμών. Επομένως, ο ρόλος της φυσικής επιλογής περιορίστηκε απλά στο να διατηρήσει αυτές τις μορφές. Οι μενδελικοί λοιπόν δεν αρνούσαν την ύπαρξη της φυσικής επιλογής καθώς αν δεν υπήρχε αυτή τότε οι άχρηστοι και οι βλαβεροί τύποι οργανισμών που θα παράγονταν από τις μεταλλάξεις θα διατηρούνταν στον πληθυσμό μαζί με τους πλεονεκτικούς τύπους. Όμως αποδίδουν στη φυσική επιλογή επικουρικό και όχι δημιουργικό ρόλο στην εξέλιξη των οργανισμών (Gouyon et al., 2002). Αντίθετα, οι βιομετριστές, αν και δεχόντουσαν τις μεταλλάξεις, επέμεναν πως κύρια δύναμη της εξέλιξης ήταν η φυσική επιλογή. Επίσης, ενώ δεν απέκλειαν τη μενδελική κληρονομικότητα, δεν πίστευαν στην καθολική ισχύ της και θεωρούσαν πως αποτελούσε

μόνο μια υποπερίπτωση του νόμου των Pearson/Weldon (Millstein, 2021). Στην ουσία οι δυο πλευρές δεν κατανοούσαν τα επιχειρήματα η μία της άλλης και επιπλέον είχαν τελείως διαφορετική προσέγγιση όσον αφορά τη μελέτη της εξέλιξης. Οι μενδελικοί ήταν πειραματιστές βιολόγοι, μελετούσαν τη συμπεριφορά των γονιδίων και δούλευαν μόνο με μία γονιδιακή δεξαμενή ενώ οι βιομετριστές ήταν φυσιδίφες, μελετούσαν πληθυσμούς, είδη και ανώτερα τάξα και δούλευαν με τις πολυδιάστατες συνιστώσες του χώρου και του χρόνου και για το λόγο αυτό τα συμπεράσματά τους ήταν αντίθετα. Οι δυο πλευρές φαινόταν ότι δεν μπορούσαν να συμβαδίσουν όμως εν τέλει συνδέθηκαν με τη βοήθεια της Πληθυσμιακής Γενετικής και της Εξελικτικής Οικολογίας, μια σύνδεση που οδήγησε στην ανάπτυξη του νέο-δαρβινισμού (Mayr, 2008).

1.6.2 Τυπολογική και Πληθυσμιακή σκέψη και η ανάπτυξη της Πληθυσμιακής Γενετικής

Κανείς από τους μενδελικούς de Vries, Bateson και Morgan δεν ήταν φυσιδίφης αλλά δούλευαν μόνο με εργαστηριακά στελέχη και για αυτό δεν γνώριζαν την ποικιλότητα των μορφών που υπήρχε στη φύση και άρα δεν μπορούσαν να συνειδητοποιήσουν τις πραγματικές δυνατότητες της φυσικής επιλογής (Κριμπάς, 1978). Με άλλα λόγια, αυτοί ήταν οι εκπρόσωποι της *τυπολογικής σκέψης* που ακόμα και αν αναγνωρίζει κάποιες διαφορές μεταξύ των ατόμων μιας ομάδας, δεν τις θεωρεί παρά μόνο τυχαίες αποκλίσεις μικρού εύρους ενός μοναδικού «ιδανικού» τύπου (Mayr, 2008). Η τυπολογική σκέψη φυσικά έχει τις ρίζες της στη φιλοσοφία του Πλάτωνα και τις «αμετάβλητες ιδέες» του ενώ η τεράστια επιρροή του Πλάτωνα στο δυτικό κόσμο είναι και ο λόγος που μια βάσιμη εξελικτική θεωρία άργησε τόσο πολύ να αναπτυχθεί αλλά και που η θεωρία της φυσικής επιλογής άργησε τόσο πολύ να γίνει ευρέως αποδεκτή. Μεταξύ των αμετάβλητων ιδεών δεν υπάρχουν διαβαθμίσεις επομένως, αν η εξέλιξη συντελείται, θα πρέπει να συντελείται με άλματα και αυτό ήταν το συμπέρασμα των μενδελικών (Mayr, 1978).

Από την άλλη οι φυσιδίφες, όπως και οι συλλέκτες δειγμάτων διαφόρων οργανισμών αλλά και οι βελτιωτές ζώων και φυτών, ξέρανε ήδη πολύ καλά ότι τα δείγματα τους παρουσίαζαν ατομικές διαφορές (όπως οι διαφορές που παρουσιάζουν οι άνθρωποι μέσα σε ένα πλήθος ανθρώπων) (Reed, 1978). Ήδη λοιπόν από τις αρχές του 19^{ου} αιώνα και πιο εντατικά από τα μέσα του 19^{ου} αιώνα ο κλάδος της Συστηματικής είχε υποστεί μια αλλαγή στον τρόπο σκέψης του αφού ολοένα και περισσότεροι ερευνητές

συγκέντρωναν πολυάριθμα δείγματα από μια περιοχή και μελετούσαν τις παραλλαγές που εμφανιζόντουσαν μέσα σε έναν πληθυσμό με τον ίδιο ενθουσιασμό που μελετούσαν τις διαφορές δύο πληθυσμών από διαφορετικές περιοχές (Mayr, 2008). Αυτή είναι η **πληθυσμιακή σκέψη** που αναγνωρίζει και τονίζει τις διαφορές μεταξύ των ατόμων σε έναν ομοιογενή πληθυσμό. Η πληθυσμιακή σκέψη λοιπόν, που ξεκίνησε από τη Συστηματική, διαδόθηκε στις αρχές του 20^{ου} αιώνα και στους υπόλοιπους κλάδους οδηγώντας στην ανάπτυξη των κλάδων της Πληθυσμιακής Γενετικής και της Εξελικτικής Οικολογίας (Mayr, 1978).

Η μεταβολή από την τυπολογική σκέψη (ουσιοκρατία) στην πληθυσμιακή σκέψη ήταν μια επαναστατική μεταβολή στη Φιλοσοφία της Βιολογίας. Για τον τυπολόγο, ο τύπος (το είδος) είναι πραγματική οντότητα ενώ οι παραλλαγές του τύπου είναι περισσότερο φτιαχτές, αφηρημένες έννοιες (Reed, 1978). Επεκτείνοντας τη σκέψη αυτή η στατιστική για τον τυπολόγο αποτελεί ένα εργαλείο για να φτάσει κανείς στις «πραγματικές» μέσες τιμές ξεπερνώντας τις παραπλανητικές επιδράσεις της ποικιλομορφίας που αποτελούν απλά σφάλματα γύρω από τις μέσες τιμές (Mayr, 2008). Το ακριβώς αντίθετο ισχύει στην πληθυσμιακή σκέψη. Οι πραγματικές οντότητες είναι τα μεμονωμένα άτομα και τα ιδιόμορφα χαρακτηριστικά τους (παραλλαγές του τύπου) ενώ το είδος (μέσος όρος αυτών των τιμών) είναι μια κατασκευασμένη από εμάς έννοια η οποία στόχο έχει να ομαδοποιήσει τα μεμονωμένα άτομα περιγράφοντας τα με στατιστικούς μέσους όρους και διακυμάνσεις (Reed, 1978). Δεν μας προκαλεί εντύπωση λοιπόν ότι οι περισσότεροι βιομετριστές σκεφτόντουσαν πληθυσμιακά (ξεκινώντας από τον Galton μελέτησε τις διαφορές στο ύψος που αποτελούν αν μη τι άλλο πραγματικές διαφορές και κατασκευάζοντας μέσους όρους και διακυμάνσεις για να περιγράψει τα αποτελέσματα του). Στην πραγματικότητα όλη η σύγκρουση μεταξύ μενδελικών και βιομετριστών μπορεί να ιδωθεί σαν μια σύγκρουση μεταξύ της τυπολογικής και της πληθυσμιακής σκέψης (Mayr, 2008).

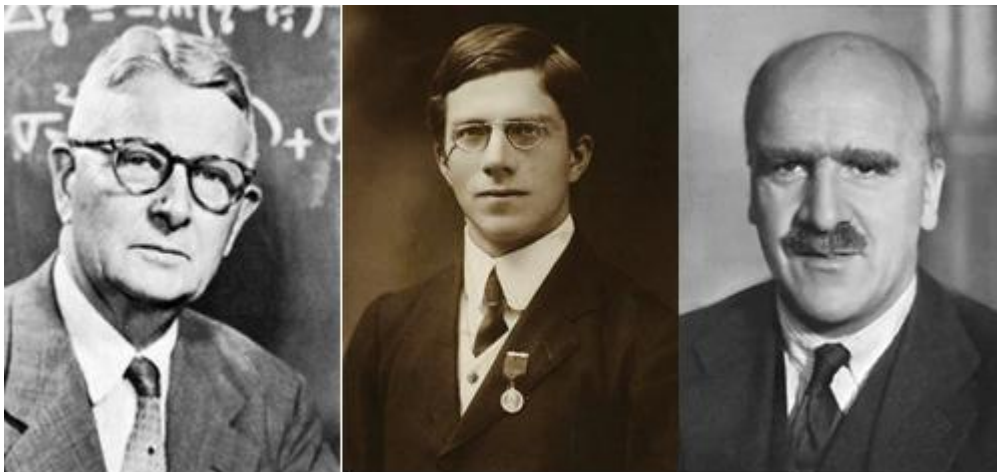
Η αρχή για την ανάπτυξη της Πληθυσμιακής Γενετικής έγινε το 1908 όταν ο Άγγλος μαθηματικός **Godfrey H. Hardy** (1877-1947) και ο Γερμανός ιατρός **Wilhelm Weinberg** (1862-1937) κατασκεύασαν (ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλον) το 1^ο μαθηματικό μοντέλο που περιέγραφε τη γενετική σύνθεση ενός πληθυσμού σε κάποιες πολύ συγκεκριμένες συνθήκες (Gouyon et al., 2002). Αυτοί μελέτησαν την εξιδανικευμένη και απλοϊκή περίπτωση ενός πληθυσμού με α) εντελώς τυχαία μίξη των αλληλομόρφων, β) άπειρο μέγεθος και γ) καμία εξελικτική πίεση (π.χ. μετάλλαξη, επιλογή

ή μετανάστευση). Τότε, αν θεωρήσουμε A και a (επικρατές και υπολειπόμενο αντίστοιχα) τα αλληλόμορφα ενός γονιδίου και p και q αντίστοιχα τις συχνότητες των αλληλομόρφων αυτών στον πληθυσμό, οι συχνότητες των γονοτύπων AA , aa και Aa στον πληθυσμό θα είναι p^2 , q^2 και $2pq$ αντίστοιχα και θα είναι σταθερές για τον πληθυσμό αυτόν. Αυτό στη Βιολογία ονομάζεται **ισοζύγιο Hardy - Weinberg**, αποτελεί τη βάση της Πληθυσμιακής Γενετικής και εν ολίγοις σημαίνει πως σε έναν κλειστό πληθυσμό με άπειρα μέλη, τυχαίο συνδυασμό αλληλομόρφων και χωρίς εξελικτική πίεση, η συχνότητα των αλληλομόρφων παραμένει σταθερή (Mayr, 2008). Πιο απλά δηλώνει πως αν τίποτα δεν προκαλεί κάποια αλλαγή στις συχνότητες των αλληλομόρφων τότε **τίποτα δεν αλλάζει** κάτι που αρχικά ο Hardy περιέγραψε ως κάτι «πολύ απλό» αγνοώντας πόσο σημαντική έμελε να γίνει αυτή η αρχή για τη Βιολογία (κάποιοι τη συγκρίνουν με την αρχή της αδράνειας στη Φυσική) (Αθανασίου, 2009).

Όπως είπαμε προηγουμένως η δουλειά τόσο του E. B. Wilson όσο και της ομάδας του Morgan που δούλεψαν πάνω στη δροσόφylla, παρόλο που ήταν πολύ σημαντική, απέτυχε να διαλευκάνει τη σύγκρουση μεταξύ βιομετριστών και μενδελικών όσον αφορά το ποια είναι η κυρίαρχη δύναμη πίσω από την εξέλιξη των οργανισμών (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003). Είναι η φυσική επιλογή ή οι μεταλλάξεις; Σήμερα γνωρίζουμε πως τόσο η *φυσική επιλογή* όσο και οι *μεταλλάξεις* (αλλά και δύο άλλοι παράγοντες, η *μετανάστευση* και η *γενετική παρέκκλιση*) εμπλέκονται από κοινού στην εξέλιξη των ειδών και οι επιστήμονες άρχισαν να το αντιλαμβάνονται αυτό στις αρχές της δεκαετίας του 1930' (Gouyon et al., 2002). Αξίζει να σημειωθεί πως προσπάθειες για το συνδυασμό της θεωρίας της φυσικής επιλογής με τη θεωρία των μεταλλάξεων είχαν γίνει και από πολύ νωρίτερα όπως με την εργασία του Άγγλου μαθηματικού (και μαθητή του Pearson) **Udny Yule** (1871-1951) *Mendel's Laws and their Probable Relations to Inter-Racial Heredity* το 1902 όμως εργασίες σαν κι αυτή αγνοήθηκαν (Bowler & Pickstone, 2009). Έτσι, πρωτοπόροι στο συνδυασμό των 2 θεωριών θεωρούνται στην Αγγλία ο μαθηματικός **Ronald Fisher** (1890-1962) και ο βιολόγος **J.B.S. Haldane** (1892-1964) ενώ στην Αμερική ο βιολόγος **Sewall Wright** (1889-1988). Αυτοί δημιούργησαν μαθηματικά μοντέλα που περιέγραφαν την εξέλιξη των πληθυσμών εγκαινιάζοντας στην ουσία τον κλάδο της Πληθυσμιακής Γενετικής (Κριμπάς, 1978).

Πιο συγκεκριμένα ο Fisher αντιμετώπιζε την εξέλιξη με τα μάτια περισσότερο ενός μαθηματικού, όπως ο Pearson, αλλά ταυτόχρονα ήταν διαθέσιμος να δεχθεί σε ένα βαθμό τον μενδελισμό. Το 1918 δημοσίευσε την εργασία *The Correlation Between*

Relatives on the Supposition of Mendelian Inheritance στην οποία πρότεινε πως οι εμπειρικοί όροι στην εξίσωση του Pearson θα μπορούσαν να εξηγηθούν καλύτερα από τους νόμους του Mendel απορρίπτοντας την αναμειγνυόμενη κληρονομικότητα. Αργότερα ακολούθησαν και άλλες εργασίες οι οποίες κατέληξαν να γίνουν ένα ολόκληρο βιβλίο το οποίο ο Fisher δημοσίευσε το 1930 με τίτλο *The Genetical Theory of Natural Selection* (Barton et al., 2013). Σε αυτό έγινε ο 1^{ος} που υπερασπίστηκε ότι «ο μενδελισμός επικυρώνει το δαρβινισμό» (Κριμπάς, 1998). Με λίγα λόγια οι μεταλλάξεις δημιουργούν νέα αλληλόμορφα τα οποία στη συνέχεια υπόκεινται στον έλεγχο της φυσικής επιλογής. Ο Haldane έκανε επίσης σπουδαία δουλειά προσπαθώντας να συνδυάσει τη στατιστική με τη βιολογία αλλά ταυτόχρονα ήταν και εξαιρετικός εκλαϊκευτής, καταφέρνοντας να απλοποιήσει πολύπλοκες έννοιες θέτοντας έτσι τα θεμέλια για την αποδοχή του νέου δαρβινισμού που επρόκειτο να γίνει σε λίγα χρόνια (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003). Από την άλλη ο Wright ασχολήθηκε περισσότερο με διάφορες μορφές εξελικτικών πιέσεων συμπεραίνοντας ότι η εξέλιξη προχωρά ταχύτατα όταν ένας μεγάλος πληθυσμός ενός είδους κατακερματιστεί σε πολλούς μικρότερους αφού έτσι υπάρχει τυχαία αλλαγή στη συχνότητα των αλληλομόρφων σε κάθε επί μέρους πληθυσμό (Κριμπάς, 1998). Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **γενετική παρέκκλιση** και ευθύνεται για την ταχύτατη εξέλιξη ενός πληθυσμού σε ένα είδος που ενδέχεται να φανεί στο αρχείο των απολιθωμάτων ως άλμα ανάμεσα στα δύο είδη (Gouyon et al., 2002).



Εικόνα 13: Οι δουλειά των Wright (αριστερά), Fisher (κέντρο) και Haldane (δεξιά) οδήγησε στη δημιουργία του κλάδου της Πληθυσμιακής Γενετικής (Wikipedia), (Wikipedia), (Encyclopedia Britannica)

Καθώς οι παράμετροι που χρησιμοποιούσαν στα μοντέλα τους οι Fisher/Wright/Haldane ήταν τελείως άγνωστοι, η δημιουργία των μοντέλων αυτών ήταν

τελείως θεωρητική και βασίστηκε σε υποθέσεις. Ωστόσο τα μοντέλα τους ήταν εξαιρετικά πείθοντας πολλούς επιστήμονες να τα εφαρμόσουν στις μελέτες τους (Gouyon et al., 2002). Προκειμένου όμως η μελέτη της εξέλιξης των πληθυσμών να γίνει πιο ρεαλιστική, ο Άγγλος βιολόγος **Edmund Brisco (Henry) Ford** (1901-1988) ίδρυσε έναν άλλον κλάδο, την Εξελικτική Οικολογία, μελετώντας τους πληθυσμούς στο φυσικό τους περιβάλλον και παρέχοντας πραγματικά και όχι υποθετικά δεδομένα (Barton et al., 2013).

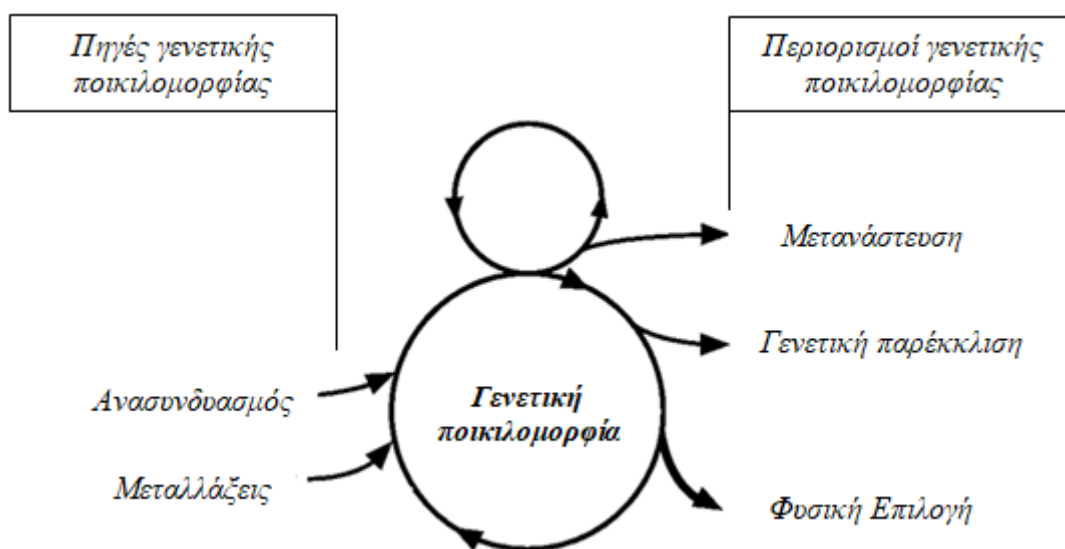
1.6.3 Η ανάπτυξη της συνθετικής θεωρίας (νέο-δαρβινισμός)

Ευτυχώς ο κλάδος της Εξελικτικής Οικολογίας είχε ιδρυθεί ήδη άτυπα στη Ρωσία από μια ομάδα πρωτοπόρων Ρώσων επιστημόνων με επικεφαλή τον βιολόγο **Sergei Chetverikov** (1880-1959) και μέλη, μεταξύ άλλων, τον σπουδαίο βιολόγο **Nikolay Timofeev-Ressovsky** (1900-1981). Η ομάδα αυτή είχε επικεντρωθεί στη μελέτη του γενετικού αποθέματος στους διάφορους πληθυσμούς και συνδύαζε τη Γενετική με την εργασία πεδίου δημοσιεύοντας το 1926 μια πολύ σημαντική εργασία με τίτλο *On Certain Features of the Evolutionary Process from the Standpoint of Modern Genetics* η οποία όμως ήταν στα ρώσικα και ως εκ τούτου αγνοήθηκε (Mayr, 2008). Ωστόσο, η εργασία της ομάδας διακόπηκε γρήγορα αφού ο Chetverikov φυλακίστηκε και στη συνέχεια εξορίστηκε από τη χώρα του, όμως τα αποτελέσματα της ρώσικης αυτής σχολής είχαν γίνει ήδη γνωστά στον Ρώσο γενετιστή **Theodosius Dobzhansky** (1900-1975) που το 1928 άφηνε τη Ρωσία για να εργαστεί με υποτροφία στις Η.Π.Α. και το εργαστήριο του Morgan (Κριμπάς, 1998). Αρχικά ο Dobzhansky ασχολήθηκε μόνο με προβλήματα γενετικής φύσεως όμως αργότερα καταπιάστηκε και με εξελικτικά προβλήματα στα οποία ενσωμάτωσε και τη σκέψη της Ρώσικης σχολής. Το 1937 δημοσιεύει το βιβλίο *Genetics and the Origin of Species* το οποίο είναι στην ουσία το 1^ο έργο που προσεγγίζει την εξέλιξη από τη οπτική και των εργαστηριακών ερευνητών αλλά και των φυσιοδιφών και ως τέτοιο υπήρξε εξαιρετικά καθοριστικό στην ανάπτυξη της **συνθετικής θεωρίας** (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003).

Από τη δημοσίευση αυτού του βιβλίου αυτού μέχρι το 1950 ακολούθησαν άλλα 5 βιβλία που συνέβαλλαν στη συνθετική θεωρία (Mayr, 2008). Το 1942 στο βιβλίο του *Evolution: The Modern Synthesis* ο Άγγλος εξελικτικός βιολόγος (και εγγονός του Thomas H. Huxley) **Julian Huxley** (1887-1975) προσπαθεί να ενσωματώσει ένα σωρό δεδομένα από διάφορους κλάδους της Βιολογίας στη συνθετική θεωρία ενώ το ίδιο έτος

με το *Systematics and the Origin of Species* του Γερμανό-Αμερικανού ταξινομού **Ernst Mayr** (1904-2005) ενσωματώθηκε στη συνθετική θεωρία η Συστηματική (Millstein, 2021). Το 1944 με το *Tempo and Mode in Evolution* του Αμερικανού παλαιοντολόγου **George G. Simpson** (1902-1984) ενσωματώθηκε και η Παλαιοντολογία, το 1947 στο *Evolution above the Species Level* ο Γερμανός ορνιθολόγος **Bernhard Rensch** (1900-1990) μελέτησε την εξέλιξη στα ανώτερα τάξα ενώ το 1950 με το *Variation and Evolution in Plants* του Αμερικανού βοτανικού **G. Ledyard Stebbins** (1906-2000) ενσωματώθηκε στη συνθετική θεωρία και η Βοτανική (Κριμπάς, 1978). Έτσι, η μελέτη της εξέλιξης των ειδών κατάφερε να συνενώσει όλους τους διάσπαρτους βιολογικούς κλάδους αποτελώντας **κοινό σημείο αναφοράς** για όλους. Θα μπορούσε κάποιος να πει πως χωρίς την εξέλιξη η Βιολογία μοιάζει ένα σύνολο από σκόρπιες πληροφορίες (Αθανασίου, 2009). Αυτός είναι και ο λόγος που το 1973 ο Dobzhansky αποφάσισε να δημοσιεύσει μια εργασία με τίτλο *Nothing in Biology Makes Sense Except in the Light of Evolution*. Η φράση «**τίποτα στη Βιολογία δεν έχει νόημα εκτός αν ιδωθεί υπό το πρίσμα της εξέλιξης**» έχει μείνει έκτοτε ως η καρδιά της επιστήμης της Βιολογίας (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003).

Ο νέο-δαρβινισμός συνοψίζεται ως εξής: η μελέτη της κληρονομικότητας έδειξε ότι η ποικιλομορφία των οργανισμών **διατηρείται** από γενιά σε γενιά αφού τα γονίδια συμπεριφέρονται σα μονάδες και όχι σαν υγρά, που ακολουθούν τους νόμους της ανάμειξης των υγρών, όπως είχε προταθεί παλαιότερα. Έτσι έχουμε την επανεμφάνιση ιδιοτήτων σε μερικούς απογόνους (διάσχιση). Αυτή η διατήρηση της ποικιλομορφίας θα γινόταν εσείς αν δεν υπήρχε η **φυσική επιλογή** μέσω της οποίας οι διατηρούνται μόνο οι πλεονεκτικοί χαρακτήρες ενώ οι μειονεκτικοί εξαλείφονται (στην ουσία η φυσική επιλογή αυξάνει τη συχνότητα των γονοτύπων που δίνουν πιο προσαρμοστικές μορφές) (Singh & Singh, 2017). Όσον αφορά την προέλευση της ποικιλομορφίας πρωταγωνιστικό ρόλο έχουν οι **μεταλλάξεις** παράγοντας συνεχώς νέες μορφές αλληλομόρφων ενώ ο **ανασυνδυασμός** τους μέσω της σεξουαλικής αναπαραγωγής στους απογόνους αποτελεί ένα δευτερογενή μηχανισμό παραγωγής ποικιλομορφίας (Κριμπάς, 1978). Με αυτόν τον τρόπο, οι μεταλλάξεις δουλεύουν σε συνεργασία με τη φυσική επιλογή οδηγώντας στη σταδιακή τροποποίηση των οργανισμών και για αυτό οι 2 αυτές διαδικασίες αποτελούν τους 2 πυλώνες της συνθετικής θεωρίας (Smith, 1978). Η **μετανάστευση** και η **γενετική παρέκκλιση** μπορούν επίσης να αλλάξουν τυχαία τη συχνότητα των αλληλομόρφων και για αυτό συγκαταλέγονται και αυτοί στους εξελικτικούς παράγοντες και ενσωματώνονται στη συνθετική θεωρία η οποία απεικονίζεται στο Σχήμα 1.1 (Κριμπάς, 1978).



Σχήμα 1.1: Απεικόνιση των κύριων χαρακτηριστικών της συνθετικής θεωρίας και πως αυτά επηρεάζουν τη γενετική ποικιλομορφία.

Μετά το 1950, όταν η μελέτη των γονιδίων έπαψε να είναι αντικείμενο μόνο της επιστήμης της Βιολογίας και έγινε πόλος έλξης και για τη Χημεία και τη Φυσική, άνησε και η Μοριακή Βιολογία, ο κλάδος της Βιολογίας που ασχολείται με τη μελέτη της μοριακής βάσης της βιολογικής δραστηριότητας που είχε ήδη ιδρυθεί την προηγούμενη δεκαετία (1940'). Έτσι, ήδη το 1953 ξέραμε ότι ο φορέας του γενετικού υλικού είναι το DNA και είχαμε καταφέρει να προσδιορίσουμε και την δομή του (Mayr, 2008). Δεν θα ασχοληθούμε όμως περαιτέρω με το θέμα αυτό αφού η παρούσα εργασία πραγματεύεται την ιστορία και τις επιρροές της δαρβινικής θεωρίας καθώς και τις διδακτικές προεκτάσεις της και όχι την ιστορία της βιολογίας γενικότερα. Παρατίθενται όμως στον Πίνακα 1.1 κάποιες ημερομηνίες-σταθμοί για τη Μοριακή Βιολογία (Bowler & Pickstone, 2009).

Έτος	Γεγονός	Δημοσίευση
1928	Ο Frederick Griffith (1877-1941) ανακαλύπτει την ικανότητα των βακτηρίων να μετασχηματίζονται.	<i>The Significance of Pneumococcal Types</i>
1941	Οι George Beadle (1903-1989) και Edward Tatum (1909-1975) ανακαλύπτουν την ακριβή σχέση που έχουν τα γονίδια με τα, παραγόμενα από αυτά, ένζυμα (δηλαδή πως κάθε γονίδιο οδηγεί στην παράγωγη ενός ένζυμου).	<i>Genetic Control of Biochemical Reactions in Neurospora</i>
1943	Οι Max Delbrück (1906-1981) και Salvador Luria (1917-1991) αποδεικνύουν πως η ικανότητα των βακτηρίων να αντιστέκονται σε βακτηριοφάγους οφείλεται σε τυχαίες μεταλλάξεις και δεν αποτελεί κάποια κατευθυνόμενη προσαρμογή που προέρχεται από τη συνεχόμενη έκθεση στους φάγους. Έτσι αποδείχθηκε πως η φυσική επιλογή ισχύει και για τα βακτήρια.	<i>Mutations of Bacteria from Virus Sensitivity to Virus Resistance</i>

1944	Οι Oswald Avery (1877-1955), Colin MacLeod (1909-1972) και Madyn McCarty (1911-2005) αποδεικνύουν πως ο βακτηριακός μετασχηματισμός προκαλείται από το DNA. Έτσι παρέχουν σοβαρές ενδείξεις πως το DNA, και όχι οι πρωτεΐνες όπως πιστευόταν, είναι φορέας του γενετικού υλικού.	<u>Studies on the Chemical Nature of the Substance Inducing Transformation of Pneumococcal Types</u>
1952	Τα πειράματα των Alfred Hershey (1908-1997) και Martha Chase (1927-2003) επιβεβαιώνουν πως το DNA είναι ο φορέας του γενετικού υλικού.	<u>Independent Functions of Viral Protein and Nucleic Acid in Growth of Bacteriophage</u>
1953	Οι Francis Crick (1926-2004) και James Watson (1928-), βασιζόμενοι και στη δουλειά της Rosalind Franklin (1920-1958) ανακαλύπτουν τη δομή του DNA (διπλή έλικα) και αναδεικνύουν τη συμπληρωματικότητα των 2 αλυσίδων (βασικό στοιχείο για την αντιγραφή και τη μεταγραφή του DNA). Ο Crick πρόβλεψε αργότερα και την ύπαρξη ενδιάμεσων δόμων που επιτρέπουν την παραγωγή διαφόρων ενζύμων από το DNA.	<u>Molecular Structure of Nucleic Acids</u>
1957	Ανακάλυψη των μεταφορικών μορίων RNA (tRNAs) που είναι μία εκ των ενδιάμεσων δομών που είχε προβλέψει ο Crick. Η ανακάλυψη αυτή έγινε από τη συνεργασία πολλών ερευνητών με κεντρική φιγούρα τον Paul Zamecnik (1912-2009).	<u>A Soluble Ribonucleic Acid Intermediate in Protein Synthesis</u>
1961	Οι Jacques Monod (1910-1976) και François Jacob (1920-2013) ανακαλύπτουν τον μηχανισμό του οπερονίου της λακτόζης στο βακτήριο <i>Escherichia coli</i> προτείνοντας πως υπάρχουν 2 ομάδες γονιδίων, αυτά που οδηγούν στην παραγωγή ενζύμων και αυτά που ρυθμίζουν την έκφραση άλλων γονιδίων (ρυθμιστικά). Αργότερα η ίδια ομάδα ανακάλυψε και το μηχανισμό μετάφρασης του DNA δηλαδή ότι το DNA του πυρήνα μεταγράφεται σε mRNA, μεταφέρεται στο κυτταρόπλασμα όπου συνδέεται στα ριβοσωμάτια και μεταφράζεται σε πρωτεΐνες.	<u>Genetic Regulatory Mechanisms in the Synthesis of Proteins</u>

Πίνακας 1.1: Τα σημαντικότερα γεγονότα στον κλάδο της Μοριακής Βιολογίας.
 (Bowler & Pickstone, 2009)

1.6.4 Αντιδράσεις στον νέο-δαρβινισμό

Παρόλο που η πλειοψηφία των επιστημόνων αποδέχονται το νέο-δαρβινισμό υπάρχουν και κάποιοι που δεν τον αποδέχονται καθολικά (Mayr, 2008). Για παράδειγμα ορισμένοι Αμερικανοί και Ιάπωνες επιστήμονες είναι οπαδοί της *ουδέτερης μοριακής εξέλιξης*. Η υπόθεση αυτή προτάθηκε για 1^η φορά το 1968 από τον Ιάπωνα βιολόγο **Motoo Kimura** (1924-1994) με την εργασία του *Evolutionary Rate at the Molecular Level* και ένα χρόνο αργότερα ανεξάρτητα από τους Αμερικανούς βιολόγους **Thomas Jukes** (1906-1999) και **Jack Lester King** (1934-1983). Το 1983 ο Kimura δημοσίευσε το βιβλίο *The Neutral Theory of Molecular Evolution* στο οποίο μιλάει αναλυτικά για την υπόθεση αυτή (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003). Η υπόθεση της ουδέτερης μοριακής εξέλιξης βασίζεται στο γεγονός πως οι περισσότερες μεταλλάξεις που πραγματοποιούνται στο γενετικό υλικό των οργανισμών είναι εντελώς ουδέτερες και δεν επιφέρουν μορφολογικές αλλαγές, άρα η φυσική επιλογή δεν μπορεί να δράσει υπέρ ή κατά τους (Κριμπάς, 1998). Έτσι, μιλώντας πάντα για το μοριακό επίπεδο, η εξελικτική διαδικασία

σε αυτό εξαρτάται μόνο από τις μεταλλάξεις και τη γενετική παρέκκλιση. Το κατά πόσο ισχύει η υπόθεση αυτή είναι ακόμα υπό συζήτηση (Barton et al., 2013).

Ο Αμερικανός παλαιοντολόγος **Stephen Jay Gould** (1941-2002) υπήρξε φανατικός υποστηρικτής του Δαρβίνου, παράλληλα όμως άσκησε σημαντική κριτική σε κάποιες πτυχές της νέο-δαρβινικής θεωρίας (Lennox, 2019). Το 1972, μαζί με τον επίσης Αμερικανό παλαιοντολόγο **Niles Eldridge** (1943-) δημοσίευσαν την εργασία *Punctuated Equilibria: an Alternative to Phyletic Gradualism* στην οποία πρότειναν πως η εξέλιξη δεν πραγματοποιείται αργά και σταδιακά αλλά με αστραπιαία εξελικτικά βήματα που ακολουθείται από μια μακρά στατική περίοδο, καταστάσεις που διαδέχονται μία την άλλη. Την υπόθεση αυτή την ονόμασαν *υπόθεση των εστιγμένων ισορροπιών* και, ενώ στην αρχή δήλωσαν πως η υπόθεση τους συμβαδίζει με το νέο-δαρβινισμό, αργότερα υποστήριξαν πως αποτελεί μια ξεχωριστή υπόθεση εξήγησης της εξέλιξης που δεν έρχεται σε συμφωνία με όλες τις πτυχές του (Barton et al., 2013). Στην αρχή οι περισσότεροι παλαιοντολόγοι αρνούσαν την υπόθεση αυτή όμως αυτό άρχισε να αλλάζει το 1980 όταν ο Αμερικανός φυσικός **Luis Alvarez** (1911-1988) μαζί με το γιο του **Walter Alvarez** (1940-) και τους χημικούς **Frank Asaro** (1927-2014) και **Helen V. Michel** (1932-) δημοσίευσαν την εργασία *Extraterrestrial Cause for the Cretaceous-Tertiary Extinction* στην οποία πρότειναν ότι μια πρόσκρουση μετεωρίτη στη Γη οδήγησε στη μαζική εξαφάνιση των δεινοσαύρων. Η υπόθεση των Alvarez et al., αν και αμφισβητήθηκε ευρέως στην αρχή, τελικά απεδείχθη πολύ βάσιμη υπόθεση και σήμερα είναι αποδεκτή οδηγώντας διάφορους παλαιοντολόγους να έχουν υιοθετήσει και την υπόθεση των εστιγμένων ισορροπιών των Gould-Eldridge (Bowler & Pickstone, 2009).

2. Η επίδραση της Εξέλιξης σε διάφορες πτυχές της Κοινωνίας

Η δαρβινική επανάσταση είναι για κάποιους η μεγαλύτερη επιστημονική επανάσταση. Και αυτό γιατί, εκτός από την αντικατάσταση μιας επιστημονικής θεωρίας (αμεταβλητότητα/σταθερότητα του κόσμου) από μια άλλη (εξέλιξη), οδήγησε και στην πλήρη αναθεώρηση των αντιλήψεων για τον κόσμο και για τη φύση του ανθρώπου θέτοντας ευρύτερα ερωτήματα για πτυχές τα ανθρωπότητας όπως η ανθρώπινη συμπεριφορά, ο πολιτισμός και η ηθική (Mayr, 2008). Στα επόμενα κεφάλαια θα ασχοληθούμε με την επιρροή που είχε η δαρβινική θεωρία σε διάφορους άλλους επιστημονικούς κλάδους, όπως επίσης και στην πολιτική (Dewey, 2016). Τέλος θα αφιερώσουμε χρόνο και στη διαμάχη που έχει προκύψει μεταξύ επιστημόνων και θεολόγων όσον αφορά τη θεωρία της εξέλιξης και τη σύγκρουση της με το δημιουργισμό.

2.1 Εξέλιξη και Επιστήμη

Από τα τέλη του 19^{ου} αιώνα και μετά η εξελικτική σκέψη επηρέασε δραματικά τη Βιολογία όμως δεν περιορίστηκε μόνο σε αυτή με τις εξελικτικές θεωρίες να παρουσιάζουν την ικανότητα εισβολής σε διάφορους κλάδους ακόμα και αν εκ πρώτης όψεως αυτοί φαίνονται ασύνδετοι (Κριμπάς, 1998). Πλέον η λέξη «εξέλιξη» χρησιμοποιείται με έναν πιο ελεύθερο τρόπο στις επιστήμες περιγράφοντας διάφορα φαινόμενα όπως η εξέλιξη του σύμπαντος, της ανθρώπινης κοινωνίας, των γλωσσών, της τέχνης, της ηθικής, κ.α. (Mayr, 2008). Παρακάτω θα δούμε ορισμένες επιρροές της δαρβινικής και της νέο-δαρβινικής θεωρίας σε διάφορους κλάδους.

2.1.1 Συστηματική Βιολογία

Με τη δημοσίευση του *Origin of Species* του Δαρβίνου το 1859 ο Δαρβίνος έδωσε μια ικανοποιητική εξήγηση σε ένα καίριο ερώτημα του κλάδου της Συστηματικής: γιατί οι οργανισμοί μοιράζονται ορισμένα χαρακτηριστικά; Ο Δαρβίνος απάντησε πως αυτό συμβαίνει γιατί έχουν **κοινό πρόγονο** και όσο πιο πρόσφατος είναι ο πρόγονος αυτός τόσο μεγαλύτερες είναι οι ομοιότητες (Reed, 1978). Μια ακόμα καινοτομία του Δαρβίνου είναι ότι απέρριψε την ιδέα που κυριαρχούσε μέχρι τότε ότι όσο πιο σημαντικό είναι ένα χαρακτηριστικό για την επιβίωση του οργανισμού τόσο σημαντικό είναι και για την ταξινόμηση του. Το παράδειγμα του Δαρβίνου είναι οι κεραίες των εντόμων που, παρόλο που δεν έχουν τόσο μεγάλη φυσιολογική αξία όσο άλλες δομές, η ταξινομική τους αξία

είναι πολύτιμη. Οι 2 αυτές καινοτομίες, μαζί με μια τρίτη που προστέθηκε αργότερα, άλλαξαν τον κλάδο της Συστηματικής. Αυτή η τελευταία είναι η **αποσαφήνιση των όρων** που χρησιμοποιούνται. Πιο παλιά όροι όπως «είδος», «ποικιλία», «συγγένεια», κ.α. χρησιμοποιούνταν κατά κόρον από πολλούς ερευνητές χωρίς να έχουν την ίδια σημασία. Για παράδειγμα κάποιος χρησιμοποιούσε τη λέξη «ποικιλία» αναφερόμενος στις παραλλαγές που υπάρχουν μέσα σε ένα είδος ενώ κάποιος άλλος αναφερόταν σε γεωγραφικά απομονωμένους πληθυσμούς (Mayr, 2008) Σήμερα έχει γίνει μεγάλη πρόοδος στο κομμάτι αυτό. Για παράδειγμα για το διαχωρισμό των ειδών χρησιμοποιείται ευρέως το **μιξιολογικό κριτήριο** (κάθε είδος αποτελεί μια ομάδα ατόμων αναπαραγωγικά απομονωμένη από άλλες ομάδες) ενώ ο όρος συγγένεια αντανακλά και τη **φυλογενετική ιστορία** των οργανισμών, δηλαδή το από ποια ομάδα οργανισμών εξελίχθηκε μια άλλη ομάδα (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003)

2.1.2 Οικολογία

Η οικολογική σκέψη υπήρχε ήδη από την αρχαιότητα και μπορεί να φανεί στα γραπτά πάρα πολλών ανθρώπων του παρελθόντος (π.χ. του Λινναίου και του Buffon) όμως για πάρα πολλά χρόνια τα οικολογικά κείμενα είχαν απλώς καταγραφικό, στατικό και περιγραφικό χαρακτήρα (Reed, 1978) Το γεγονός αυτό άρχισε να αλλάζει στα τέλη του 19^{ου} αιώνα και στις αρχές του 20^{ου} αιώνα με τον όρο «οικολογία» χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Haeckel το 1866 για να περιγράψει τον κλάδο εκείνο που ασχολείται με τη μελέτη των **αλληλεπιδράσεων** μεταξύ των οργανισμών και του περιβάλλοντος διαβίωσης τους (Mayr, 2008)

Η αρχή του κλάδου της Οικολογίας έγινε με τη μελέτη απλοϊκών περιπτώσεων αλληλεπίδρασης δύο οργανισμών (π.χ. θήραμα - θηρευτής). Ο Αμερικανός μαθηματικός **Alfred J. Lotka** (1880-1949) δημοσίευσε το 1925 το βιβλίο του με τίτλο *Elements of Physical Biology* στο οποίο προτείνει συγκεκριμένες εξισώσεις για να προβλέψει τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ ενός συστήματος θηράματος - θηρευτή ενώ το 1926 ο Ιταλός μαθηματικός **Vito Volterra** (1860-1940) δημοσιεύει, ανεξάρτητα από τον Lotka, τις ίδιες εξισώσεις (Bowler & Pickstone, 2009) Οι εξισώσεις αυτές, που ονομάστηκαν **μοντέλο Lotka-Volterra**, αποτελούν τη βάση για τη μελέτη της **δυναμικής πληθυσμών**. Γρήγορα η μελέτη επεκτάθηκε στις αλληλεπιδράσεις όλου του συνόλου των οργανισμών (φυτικών, ζωικών, μικροοργανισμών, μυκήτων, κλπ) που ζουν στον ίδιο τόπο. Οι πειραματικές μελέτες του ρώσου βιολόγου **Georgy Gause** (1910-1986) τον οδήγησαν στο συμπέρασμα

πως δεν είναι δυνατόν 2 είδη που καταλαμβάνουν τον ίδιο οικολογικό θώκο να συνυπάρχουν σε μία βιοκοινότητα, μία αρχή που είναι γνωστή ως *αρχή του ανταγωνιστικού αποκλεισμού*. Ο Gause διατύπωσε την αρχή αυτή το 1932 στην εργασία του *Experimental Studies on the Struggle for Existence* (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003).

Μετά την έλευση του νέο-δαρβινισμού η μελέτη της δράσης της φυσικής επιλογής αποτέλεσε το σημείο τομής μεταξύ Οικολογίας και Εξελικτικής Βιολογίας, έχοντας ιδρυθεί όπως είπαμε και ο κλάδος της Εξελικτικής Οικολογίας (Mayr, 2008). Κραυγαλέα παραδείγματα αποτελούν οι μελέτες του Άγγλου εξελικτικού βιολόγου **David Lack** (1910-1973) όσον αφορά τους σπίνους των νησιών Galápagos και του επίσης Άγγλου γενετιστή **Bernard Kettlewell** (1907-1979) όσον αφορά το βιομηχανικό μελανισμό της πεταλούδας *Biston betularia*. Οι 2 αυτές περιπτώσεις αποτελούν κλασσικά παραδείγματα δράσης της φυσικής επιλογής. Ο Lack διατύπωσε τα αποτελέσματα του το 1947 στο βιβλίο του *Darwin's Finches* ενώ ο Kettlewell δημοσίευσε 3 εργασίες από το 1955 έως και το 1958 καθώς και το βιβλίο *The Evolution of Melanism* το 1973 μιλώντας για το μελανισμό (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003). Επίσης, το 1967 οι Αμερικανοί βιολόγοι **Edward O. Wilson** (1929-2021) (θα τον συναντήσουμε πιο αναλυτικά και παρακάτω) και **Robert MacArthur** (1930-1972) δημοσίευσαν το βιβλίο *The Theory of Island Biogeography* στο οποίο γίνεται για 1^η φορά η αναφορά σε μια πολύ σημαντική έννοια για την Οικολογία, τα 2 είδη *r*- και *K*- επιλογής. Η *r*-επιλογή χαρακτηρίζει βραχύβια είδη με ταχεία ανάπτυξη, ωρίμανση και αναπαραγωγή και παραγωγή πολλών τέκνων ενώ η *K*-επιλογή είναι το ακριβώς αντίθετο, μακρόβια είδη με αργή ανάπτυξη, ωρίμανση και αναπαραγωγή και παραγωγή λίγων και καλά εξοπλισμένων τέκνων (Κριμπάς, 1998).

Όπως είναι φανερό λοιπόν, σήμερα η εξέλιξη αποτελεί βασικό κομμάτι της Οικολογίας και για το λόγο αυτό ο Άγγλος βιολόγος και θεμελιωτής της έννοιας του οικολογικού θώκου, **G. Evelyn Hutchinson** (1903-1991), έγραψε πως «*Στη σκηνή του οικολογικού θεάτρου διαδραματίζεται το έργο της εξελικτικής διαδικασίας*» (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003).

2.1.3 Ηθολογία και Ψυχολογία

Με τη μελέτη της συμπεριφοράς των ζώων ασχολείται ο κλάδος της Ηθολογίας ενώ η μελέτη της ανθρώπινης συμπεριφοράς αποτελεί αντικείμενο της Ψυχολογίας. Ο ίδιος ο Δαρβίνος είχε ασχοληθεί με τα θέματα αυτά προσπαθώντας να τα ενσωματώσει

στην εξελικτική θεωρία του δημοσιεύοντας το 1872 το βιβλίο *The Expression of the Emotions in Man and Animals* (Mayr, 2008).

Στις αρχές του 20^{ου} αιώνα ο Αμερικανός ψυχολόγος **Edward Thorndike** (1874-1949) σε πειράματα που πραγματοποίησε με γάτες είχε προτείνει πως ο βασικός μηχανισμός επίλυσης προβλημάτων τόσο στα ζώα όσο και στον άνθρωπο είναι η μέθοδος της *δοκιμής και απόρριψης*. Ο Thorndike έκλεινε γάτες σε ένα κουτί και αυτές προσπαθούσαν να βγουν. Στην αρχή δοκίμαζαν τυχαίες κινήσεις και, όταν κατά τύχη έβρισκαν το μηχανισμό διαφυγής, δοκίμαζαν τον ίδιο μηχανισμό πολύ πιο γρήγορα την επόμενη φορά που θα βρίσκονταν εγκλωβισμένες (Κριμπάς, 1998). Αυτή η συμπεριφορά θυμίζει πολύ τον τρόπο δράσης της φυσικής επιλογής από την άποψη ότι από ένα μείγμα τυχαίων χαρακτηριστικών (εδώ συμπεριφορών), οι λανθασμένες απορρίπτονται ενώ οι επιτυχημένες επιλέγονται και επαναλαμβάνονται (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003).

Προχωρώντας, πριν από το 1^ο Παγκόσμιο Πόλεμο αλλά και μετά από αυτόν, αναπτύχθηκε μια ιδιαίτερα παραγωγική σχολή από δαρβινιστές ηθολόγους. Πρόκειται για τους Γερμανό-Αυστριακούς **Karl von Frisch** (1886-1982) και **Konrad Lorenz** (1903-1989) και τον Ολλανδό **Nikolaas Tinbergen** (1907-1988) (Mayr, 2008). Ο von Frisch ανακάλυψε τον τρόπο επικοινωνίας των μελισσών (το διάσημο χορό τους) και τον περιέγραψε στο βιβλίο του *Aus dem Leben der Bienen (The Dancing Bees)* το 1927 ενώ ο Lorenz έκανε λεπτομερείς παρατηρήσεις πάνω στη μελέτη της διαδικασίας της εντόπωσης των πτηνών (διαδικασία με την οποία οι νεοσσοί ορισμένων πτηνών αποτυπώνουν το πρώτο κινούμενο αντικείμενο που βλέπουν αμέσως μετά την εκκόλαψη τους) και ο Tinbergen μελέτησε πολλές ενστικτώδεις συμπεριφορές των ζώων δημοσιεύοντας το 1951 το βιβλίο του *The Study of Instinct*. Και οι 3 προσπάθησαν να ενσωματώσουν την εξέλιξη των οργανισμών στα ευρήματά τους ενώ το 1973 μοιράστηκαν το Nobel φυσιολογίας για τη συνεισφορά τους (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003).

Σήμερα, η μελέτη της συμπεριφοράς εμπλουτίζεται χρησιμοποιώντας στοιχεία από 2 ακόμα κλάδους. Αυτοί είναι η Φυσιολογία, με τη μελέτη των νευρικών σημάτων και των αισθήσεων, και η Οικολογία, με τη μελέτη της εξελικτικής σημασίας που εμφανίζουν οι επί μέρους συμπεριφορές των οργανισμών (Mayr, 2008). Για παράδειγμα ο Άγγλος εξελικτικός βιολόγος και μαθητής του Haldane, **John Maynard Smith** (1920-2004) και ο Αμερικανός γενετιστής **George R. Price** (1922-1975) που ασχολήθηκαν με την εξέλιξη της συμπεριφοράς των ζώων λόγω οικολογικών πιέσεων, κάνοντας και χρήση της θεωρίας των παιγνίων που δανείστηκαν από τα μαθηματικά, πρότειναν την έννοια των *εξελικτικά*

σταθερών στρατηγικών (ESS – Evolutionary Stable Strategies) στην εργασία τους *The Logic of Animal Conflict* το 1973. Αυτές συνιστούν τις βέλτιστες συμπεριφορές που συντηρούνται κατά τη διάρκεια της εξέλιξης επειδή προσφέρουν μέγιστο εξελικτικό πλεονέκτημα (Κριμπάς, 1998). Σύμφωνα με τους ερευνητές λοιπόν, η φυσική επιλογή πάντα ευνοεί εκείνη τη λύση που μεγιστοποιεί τις πιθανότητες επιβίωσης και αναπαραγωγής τους είδους, τη λεγόμενη «*άριστη λύση*». Η σκέψη αυτή δεν άργησε να επεκταθεί και στον άνθρωπο όπου αποτελεί συστατικό μελέτης της Εξελικτικής Ψυχολογίας με βάση την οποία οι ανθρώπινες συμπεριφορές ερμηνεύονται ως λύσεις σε προβλήματα επιβίωσης που ευνοήθηκαν από τη φυσική επιλογή (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003). Ούτως ή άλλως αν δούμε τον ανθρώπινο εγκέφαλο ως ένα όργανο που προέκυψε μέσω της φυσικής επιλογής τότε η μελέτη της εξέλιξης του ανθρώπου μπορεί να μας παρέχει πολλά διαφωτιστικά στοιχεία όσον αφορά την ανθρωπινή συμπεριφορά (Bowler & Pickstone, 2009).

2.1.4 Ανθρωπολογία

Η Ανθρωπολογία είναι ένας αρκετά ευρύς τομέας με πολλά αντικείμενα μελέτης, ένα από τα οποία είναι και η μελέτη της *ανθρώπινης γλώσσας* στην οποία η εφαρμογή της εξελικτικής σκέψης έχει ανοίξει νέα θέματα συζήτησης. Ορισμένοι ερευνητές όπως ο Άγγλος νευροψυχολόγος **Nicholas Humphrey** (1943-) έχουν στηρίξει πως η παρουσία γλώσσας στο ανθρώπινο είδος είναι χαρακτηριστικό που διασφαλίζει κοινωνική συνοχή και ως τέτοιο καθίσταται επιλέξιμο από τη φυσική επιλογή. Σύμφωνα με αυτή την υπόθεση, το ανθρώπινο είδος θα πρέπει να έχει γενετικά «προ-εγκατεστημένες» τις πολύπλοκες απαιτήσεις για την εκμάθηση της γλώσσας. Άλλοι διαφωνούν θεωρώντας πως η γλώσσα αποτελεί ένα ανθρώπινο χαρακτηριστικό που αναπτύσσεται εξ' ολοκλήρου από την αλληλεπίδραση του ανθρώπου με τον περιβάλλον του (αφού ο άνθρωπος θεωρείται ότι είναι ένας «*άγραφος πίνακας*», ή αλλιώς «*tabula rasa*», δηλαδή χωρίς έμφυτες προϋπάρχουσες γνώσεις) (Κριμπάς, 1998).

Ο Αμερικανός γλωσσολόγος **Noam Chomsky** (1928-) είναι υπέρ της 1^{ης} άποψης υποστηρίζοντας πως η γρήγορη εκμάθηση ενός πλούσιου λεξιλογίου αλλά και των συντακτικών κανόνων της εκάστοτε γλώσσας δεν θα μπορούσε να εξηγηθεί αλλιώς παρά μόνο με την ύπαρξη *γενετικών εγγραφών* οι οποίες διευκολύνουν τις διαδικασίες αυτές. Στο βιβλίο του *Aspects of the Theory of Syntax* που δημοσιεύθηκε το 1965 ο Chomsky προτείνει την ύπαρξη μιας θεμελιώδους γενικής συντακτικής δομής (*universal grammar*)

η οποία είναι έμφυτη σε όλους τους ανθρώπους, είναι προϊόν εξέλιξης και πάνω σε αυτή προσαρμόζονται οι συντακτικές ιδιαιτερότητες κάθε γλώσσας. Ο Chomsky στήριξε την ύπαρξη αυτής της θεμελιώδους συντακτικής δομής στο γεγονός πως παρόλο που τα βρέφη εκτίθενται μόνο σε ένα πολύ μικρό υποσύνολο συγκεκριμένων προτάσεων αποκτούν κατά κάποιο τρόπο την ικανότητα να χρησιμοποιούν τους ίδιους συντακτικούς κανόνες προκειμένου να δημιουργήσουν ένα τεράστιο σύνολο προτάσεων που δεν έχουν προηγουμένως ακούσει. Επίσης, αν ένα βρέφος και ένα νεαρό γατάκι εκτεθούν στα ίδια γλωσσολογικά ερεθίσματα, το βρέφος πάντα θα αναπτύξει την ικανότητα παραγωγής γλώσσας ενώ το γατάκι ποτέ (παρόλο που και τα 2 είναι ικανά να εφαρμόσουν επαγωγικό λογισμό) (Κριμπάς, 1998).

2.1.5 Κοινωνιολογία

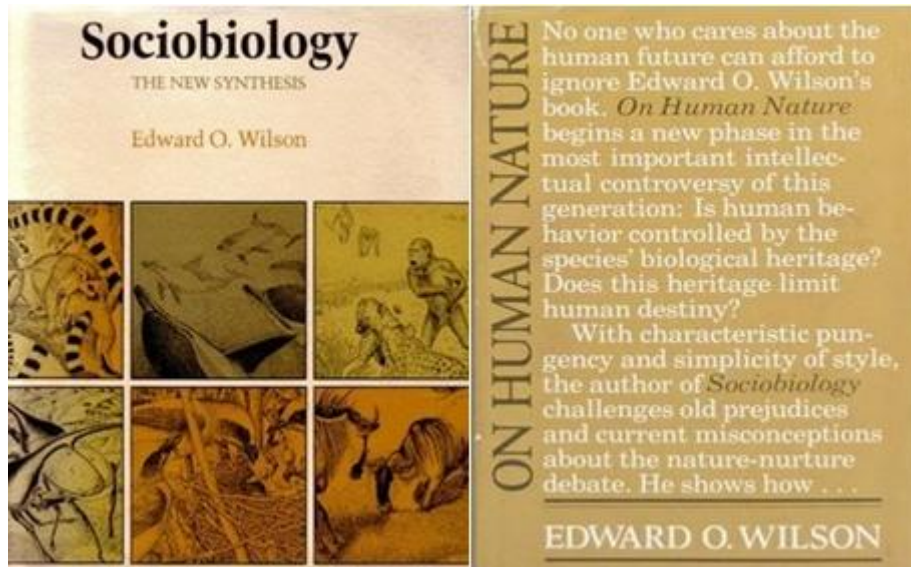
Όπως θα δούμε παρακάτω στην περίπτωση της ευγονικής, η σύνδεση Κοινωνιολογίας και Βιολογίας με τη μορφή του κοινωνικού δαρβινισμού πήρε πολύ άσχημη τροπή για την ανθρωπότητα και μετά ο 2^ο Παγκόσμιο Πόλεμο πολλοί ερευνητές δίσταζαν στην εκ νέου σύνδεση των 2 τομέων. Όμως τα τελευταία 25 χρόνια του 20^{ου} αιώνα εμφανίστηκε η Κοινωνιοβιολογία. Ο όρος «Κοινωνιοβιολογία» εισήχθη το 1948 από τον γλωσσολόγο **Charles Hockett** (1916-2000) και αναφέρεται στον κλάδο εκείνο που μελετά το πως συγκεκριμένα μοτίβα κοινωνικών συμπεριφορών εμφανίστηκαν και διατηρήθηκαν σε ορισμένα είδη. Κεντρική φιγούρα στον κλάδο αυτό ήταν ο εντομολόγος **Edward O. Wilson** (1929-2021), που συναντήσαμε και παραπάνω, ο οποίος υποστήριξε πως η γνώση του για τις κοινωνίες των μυρμηγκιών τον βοήθησαν στο να καταλάβει πολλά για την ανθρώπινη κοινωνία (Gouyon et al., 2002).

Με το βιβλίο του *The Insect Societies* το 1971 ο Wilson καθιερώθηκε ως ειδήμων στις κοινωνίες των εντόμων ενώ επιχείρησε να επεκτείνει τα συμπεράσματα του και σε άλλα είδη (αναφέροντας π.χ. τους μακάκους). Το επόμενο βιβλίο του Wilson δημοσιεύτηκε το 1975 με τίτλο *Sociobiology: The New Synthesis* και αποτελεί μια συμπαγή εγκυκλοπαίδεια για τις κοινωνίες των ζώων, από τα ασπόνδυλα μέχρι και τον άνθρωπο. Ο Wilson πρότεινε πως η μελέτη της κοινωνικής συμπεριφοράς των ζώων θα οδηγήσει σε μια «νέα σύνθεση» στη βάση της οποίας τοποθετεί τη μελέτη της αλτρουιστικής συμπεριφοράς (Bowler & Pickstone, 2009). Πώς είναι δυνατόν να αναπτυχθεί μια συμπεριφορά που δεν έχει κανένα απολύτως όφελος για αυτόν που τη διαπράττει; Με το ερώτημα αυτό είχε ασχοληθεί νωρίτερα και ο Άγγλος εξελικτικός

βιολόγος **William D. Hamilton** (1936-2000) και το 1964 είχε διατυπώσει την υπόθεση της επιλογής συγγενούς (*kin selection*) σύμφωνα με την οποία ένα άτομο μπορεί να προβεί σε αλτρουιστική συμπεριφορά αν η συμπεριφορά αυτή ωφελεί ένα συγγενικό του άτομο καθώς τα 2 άτομα μοιράζονται μεγάλο μέρος του γενετικού τους προφίλ (Κριμπάς, 1998). Αργότερα, το 1971 και το 1972, ένας Αμερικανός εξελικτικός βιολόγος, ο **Robert Trivers** (1943-) δημοσίευσε 2 άρθρα πάνω σε 2 άλλες μορφές αλτρουισμού, τον ανταποδοτικό αλτρουισμό (όταν 2 άτομα αλληλοβοηθούνται χωρίς να εκμεταλλεύεται το ένα το άλλο) και τη γονική επένδυση (φροντίδα των γονέων προς τους απογόνους τους) προσπαθώντας να εξηγήσει εξελικτικά τις 2 αυτές συμπεριφορές (Gouyon et al., 2002). Όλα αυτά ήταν γνωστά στον Wilson ο οποίος τα τοποθετεί στη βάση της θεωρίας του χρησιμοποιώντας τα για να εξηγήσει συμπεριφορές στην ανθρώπινη κοινωνία, από τη διαφορετική στάση που παρατηρείται ανάμεσα στους άντρες και τις γυναίκες όσον αφορά τη φροντίδα των παιδιών μέχρι και την ανάπτυξη της θρησκείας ή το σχηματισμό κοινωνικών τάξεων, κλπ. (Κριμπάς, 1998). Φυσικά το βιβλίο ξεσήκωσε αντιδράσεις αλλά ο Wilson επέμεινε στις απόψεις του και το 1978 δημοσίευσε το βιβλίο *On Human Nature* το οποίο και έγινε στόχος ακόμη μεγαλύτερης κριτικής. Σε αυτό ο Wilson παρουσιάζει το ανθρώπινο είδος ως πολεμοχαρή και επιρρεπή στην τυφλή πίστη σε θεούς και ηγέτες ενώ επίσης θεωρεί πως οι άντρες έχουν την τάση να είναι πολυγαμικοί και ζηλιάρηδες και οι γυναίκες αντίστοιχα να είναι πιστές και πιο δοτικές στα παιδιά τους (Gouyon et al., 2002). Το πιο σημαντικό είναι πως θεωρεί ότι τα χαρακτηριστικά αυτά είναι εντυπωμένα στο DNA μας και έχουν προέλθει μέσω των διαδικασιών της εξέλιξης φανερόντας ένα σαφή ντετερμινισμό στις απόψεις του (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003). Ο Wilson δέχθηκε κριτική από γνωστούς επιστήμονες όπως ο Αμερικανός μαθηματικός **Richard Levins** (1930-2016), ο **Richard Lewontin** (1929-2021) και ο **Stephen Jay Gould** (1941-2002) όσον αφορά το ντετερμινισμό του (Κριμπάς, 1998). Για παράδειγμα ο Gould θεωρεί πως ο ανθρώπινος εγκέφαλος προσφέρει ένα μεγάλο εύρος συμπεριφορών οι οποίες είναι ισοδύναμες μεταξύ τους όσον αφορά την πιθανότητα εκδήλωσης τους η οποία επηρεάζεται από περιβαλλοντικούς παράγοντες (π.χ. κοινωνία και οικογένεια). Χαρακτηριστικά αναφέρει:

«Η βία, ο σεξισμός και η γενικότερη ρυπαρότητα είναι βιολογικά στοιχεία εφόσον αποτελούν υποσύνολο ενός πιθανού εύρους συμπεριφορών. Αλλά η γαλήνη, η ισότητα και η καλοσύνη είναι και αυτές βιολογικά στοιχεία και ίσως η επιρροή τους αυξηθεί αν δημιουργήσουμε τις κατάλληλες κοινωνικές δομές που θα τις επιτρέψουν να ανθίσουν».

Παρόλο που ο Wilson εκφράζει έναν αυστηρό γενετικό ντετερμινισμό, άλλοι κοινωνιοβιολόγοι είναι πολύ πιο ήπιοι σε αυτό το κομμάτι θεωρώντας πως, παρόλο που τα γονίδια μπορεί να προδιαθέτουν την εμφάνιση συγκεκριμένων συμπεριφορών, δεν τις προκαθορίζουν καθώς υπάρχουν και επιγενετικοί παράγοντες που παίζουνε ρόλο (Gouyon et al., 2002).



Εικόνα 14: Τα δύο βιβλία ου Wilson που ξεσήκωσαν αντιδράσεις (Wikipedia), (Wikipedia)

Αργότερα, το 1986, ο Καναδός φιλόσοφος της επιστήμης **Michael Ruse** (1940-) σε συνεργασία με τον Wilson έκανε επέκταση των θεωριών αυτών και στην Ηθική, προτείνοντας πως το ανθρώπινο είδος έχει γραμμένες στο DNA του ορισμένες ηθικές αξίες. Κάτι τέτοιο προτάθηκε πιο πρόσφατα και για τον κλάδο της Επιστημολογίας, δηλαδή ότι ο τρόπος με τον οποίο λειτουργεί ο εγκέφαλος μας όσον αφορά την παραγωγή λογικών συμπερασμάτων είναι και αυτός γραμμένος στο DNA μας κάτι που αποτελεί μια αρκετά φιλόδοξη υπόθεση (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003). Αξίζει να σημειωθεί πως τόσο η αλτρουιστική συμπεριφορά όσο και η ανάπτυξη ηθικών αξιών είχαν ήδη απασχολήσει και το Δαρβίνο (Millstein, 2021). Στο *The Descent of Man* ο Δαρβίνος προτείνει πως η ανάπτυξη της ηθικής προήλθε από κοινωνικά ένστικτα (όπως η αλτρουιστική συμπεριφορά) που ευνοούν την επιβίωση της ομάδας αντί για την επιβίωση ενός μόνο μέλους της. Στην ουσία τα πλεονεκτικότερα κοινωνικά ένστικτα υπερισχύουν των λιγότερο πλεονεκτικών εγωιστικών συμπεριφορών και για αυτό επιλέγονται από τη φυσική επιλογή οδηγώντας μακροχρόνια στην ανάπτυξη μιας έμφυτης ηθικής (δηλαδή μιας ηθικής που δεν βασίζεται στην ορθολογική σκέψη). Επίσης υποστηρίζει πως τέτοια

κοινωνικά ένστικτα μπορούν να βρεθούν σε όλα τα ζώα με κάποιου είδους κοινωνική οργάνωση (Sloan, 2017). Η τάση του Δαρβίνου να αναγάγει μέχρι και ηθικά φαινόμενα στα βιολογικά χαρακτηριστικά των ατόμων δεν έλαβε και την καλύτερη κριτική και ακόμα και οι πιο γνωστοί υποστηρικτές του (Thomas H. Huxley και Alfred R. Wallace) δεν συμμερίστηκαν αυτή την άποψη (Millstein, 2021).

2.1.6 Φυσική

Μπορούμε να εντοπίσουμε μια ενδιαφέρουσα σύνδεση της εξέλιξης με τη Φυσική και συγκεκριμένα με τον 2^ο νόμο της Θερμοδυναμικής. Αυτός αναπτύχθηκε ως επέκταση του 1^{ου} νόμου που ήταν ανεπαρκής στην εξήγηση κάποιων παρατηρούμενων φαινομένων. Μεταξύ άλλων δηλώνει ότι η εντροπία (φυσικό μέγεθος που περιγράφει την αταξία ενός συστήματος) σε ένα μονωμένο σύστημα δεν μπορεί να μειωθεί ενώ παράλληλα παρέχει τη δυνατότητα πρόβλεψης των αυθόρμητων μεταβολών σε ένα θερμοδυναμικό σύστημα (Davies, 1994). Από την άλλη, η εξέλιξη ενός είδους μπορεί να περιγραφεί ως μια σειρά μη αντιστρεπτών μεταβολών στο γονιδίωμα του, που προκαλούνται από τις συνεχείς αλληλεπιδράσεις με το περιβάλλον του καθώς και με τα άλλα είδη με τα οποία συνυπάρχει σε αυτό. Με λίγα λόγια η εξέλιξη αποτελεί μια διαδικασία συνεχούς αλλαγής ενός συστήματος από μια αρχική κατάσταση (Κριμπάς, 1978). Επίσης και οι 2 θεωρίες δέχονται τις τυχαίες αρχικές συνθήκες οι οποίες οδηγούν σε μη αναστρέψιμες μεταβολές. Όμως εκεί που διαφέρουν είναι στο ότι ο 2^{ος} νόμος της Θερμοδυναμικής προβλέπει την **κατάλυση** των αρχικών συνθηκών ενώ η Εξέλιξη προβλέπει την **αυτό-οργάνωση** των συστημάτων σε ολοένα και πολυπλοκότερα συστήματα. Με λίγα λόγια το ερώτημα που πρέπει να ερευνηθεί είναι το “γιατί συντελείται η εξέλιξη ενός οργανισμού σε έναν κόσμο που περιγράφεται από τις αρχές της Θερμοδυναμικής και συνεχώς οδεύει προς την αταξία;” (Prigogine & Stengers, 1986). Σε αυτό στηρίχθηκαν και ορισμένοι οπαδοί του δημιουργισμού θεωρώντας το ως επιχείρημα υπέρ της ύπαρξης μιας ανώτερης δύναμης, η οποία κατευθύνει τη διαδικασία της εξέλιξης (Scott, 2004).

2.1.7 Φιλοσοφία

Η δαρβινική θεωρία προκάλεσε (και συνεχίζει να προκαλεί) μεγάλες αλλαγές στη φιλοσοφική σκέψη (Dewey, 2016). Αρχικά εισήγαγε **μεθοδολογικές καινοτομίες** όπως η συστηματική εφαρμογή της **υποθετικό-παραγωγικής μεθόδου** και τη μελέτη των **απώτατων αίτιων στην επιστήμη**. Επίσης έφερε την **αναθεώρηση πολλών αντιλήψεων** που

κυριαρχούσαν για πάρα πολλά χρόνια όπως η αντικατάσταση ενός στατικού κόσμου με έναν που διαρκώς μεταβάλλεται, η αντικατάσταση της τυπολογικής σκέψης με την πληθυσμιακή, η κατάρριψη του δημιουργισμού (με αυτό θα ασχοληθούμε αναλυτικότερα παρακάτω, στην ενότητα 2.3 -*Εξέλιξη και Θρησκεία*-), η απόρριψη του απόλυτου ανθρωποκεντρισμού (αφού πλέον ο άνθρωπος έχει κοινή προέλευση με όλους τους υπόλοιπους οργανισμούς) και η απόρριψη οποιασδήποτε τελεολογικής ερμηνείας της εξέλιξης (αφού η φυσική επιλογή είναι μια ευκαιριακή και μη κατευθυνόμενη διαδικασία) (Mayr, 2008). Το τελευταίο είναι ιδιαίτερα σημαντικό αφού η αναζήτηση σκοπού στη φύση είναι ένα ερώτημα που απασχόλησε πάρα πολύ τους μεγαλύτερους στοχαστές της ανθρώπινης ιστορίας. Όμως, με τη θεωρία της φυσικής επιλογής, οποιοδήποτε τελεολογικό ερώτημα που αφορά τη φύση άρχισε πλέον να μην είναι τόσο σημαντικό και έτσι το τελεολογικό πρόβλημα λύθηκε χωρίς να βρεθεί απάντηση στα καίρια ερωτήματα του παρελθόντος αλλά απλά εγκαταλείποντάς τα. Η θεωρία της φυσικής επιλογής λοιπόν αποτελεί ένα σπάνιο παράδειγμα επίτευξης φιλοσοφικής προόδου μέσω εγκατάλειψης των προβλημάτων και όχι μέσω της επίλυσής τους (Dewey, 2016).

2.2 Η Εξέλιξη ως εργαλείο της πολιτικής

Αρκετοί συγγραφείς επιχείρησαν να εφαρμόσουν τη δαρβινική σκέψη στην ανθρώπινη κοινωνία ήδη πριν τον ίδιο το Δαρβίνο και τη δημοσίευση του *The Descent of Man* το 1871. Ο κοινωνικός δαρβινισμός, που όπως είπαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο ξεκίνησε από τον Herbert Spencer, έγινε η αφορμή για την ανάπτυξη επιχειρημάτων υπέρ της συσσώρευσης του πλούτου και τη διακοπή των παροχών βοήθειας προς τους οικονομικά ασθενέστερους. Βέβαια υπήρχε και η άποψη ότι θα ήταν προς το συμφέρον της ανθρωπότητας η συνεργασία μεταξύ των μελών της και όχι ο ανταγωνισμός μεταξύ τους όμως αυτή η άποψη δεν είχε πολλούς οπαδούς (Gouyon et al., 2002). Πατώντας στη δουλειά του Spencer κάποιοι ερευνητές παρομοίωσαν την ανθρώπινη κοινωνία σαν ένα ζωντανό οργανισμό, δηλαδή θεώρησαν πως οι κοινωνίες έχουν κάποια προβλήματα να λύσουν αντίστοιχα με τα προβλήματα που «θέτει» ένα περιβάλλον στους οργανισμούς. Αυτή είναι η άποψη του *λειτουργισμού* που βλέπει την κοινωνία ως ένα σύνολο στοιχείων που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους ενώ οι διάφορες μορφές κοινωνικής οργάνωσης αποτελούν απλώς προσαρμοστικές «λύσεις» που στοχεύουν στην επιβίωση της κοινωνίας. Ορισμένοι λειτουργιστές έσπευσαν έτσι να δικαιολογήσουν την ύπαρξη φαινομένων όπως η δουλεία, θεωρώντας τα απαραίτητα για τη μακρόχρονη επιβίωση μιας κοινωνίας

(Lewontin, 1978). Αυτές αποτελούν και τις πρώτες απόψεις βιολογικού ντετερμινισμού (Bowler & Pickstone, 2009). Τις απόψεις αυτές φρόντισαν να αποκρούσουν ο Γάλλος κοινωνιολόγος **Émile Durkheim** (1858-1917) και ο Γερμανό-Αμερικανός ανθρωπολόγος **Franz Boas** (1858-1942) διατυπώνοντας την άποψη ότι τα κοινωνικά φαινόμενα μπορούν να έχουν αυτόνομη ύπαρξη και δεν μπορούν απλώς να αναχθούν στα βιολογικά χαρακτηριστικά των ατόμων που αποτελούν μια κοινωνία (Κριμπάς, 1998).

2.2.1 Η περίπτωση της ευγονικής

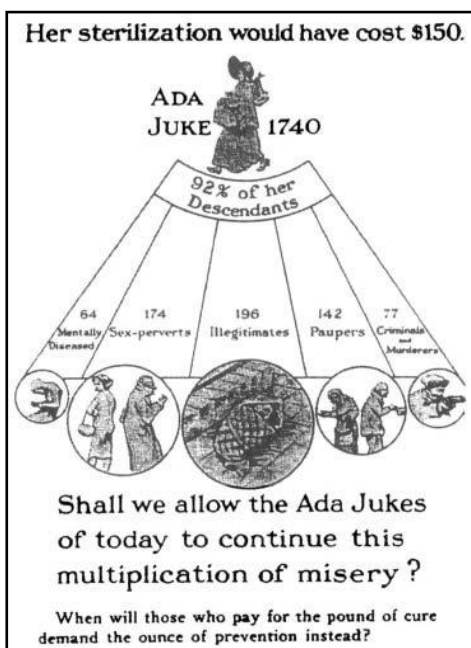
Το 1883 ο Francis Galton, που όπως είπαμε παραπάνω ασχολήθηκε με τη μελέτη της ανθρώπινης ευφυΐας, πρότεινε στο βιβλίο του *Inquiries into Human Faculty and Its Development* την ιδέα της **ευγονικής**, δηλαδή την πρακτική εφαρμογή της θεωρίας της φυσικής επιλογής του Δαρβίνου με σκοπό την καθοδηγούμενη πλέον από εμάς βελτίωση της ανθρωπότητας (Galton, 1883). Για το σκοπό αυτό ο Galton ίδρυσε την *Eugenics Education Society* το 1907 η οποία απέκτησε και το δικό της επιστημονικό περιοδικό, το *Eugenics Review*. Μάλιστα ο Galton έγραψε και μια νουβέλα (η οποία έχει χαθεί) που περιέγραφε ένα ουτοπικό νησί στο οποίο οι κάτοικοι χαρακτηρίζονταν από μεγάλη «βιολογική ποιότητα» και στην εξουσία βρίσκονταν οι επιστήμονες που φυσικά ακολουθούσαν μια πολιτική ευγονικής. Για παράδειγμα, προκειμένου ένας μετανάστης να γίνει κάτοικος του νησιού θα έπρεπε να υποβληθεί σε ένα τεστ τα αποτελέσματα του οποίου καθόριζαν τον αριθμό των παιδιών που επιτρέπεται να κάνει (Gouyon et al., 2002).

Η ιδέα της ευγονικής έγινε γρήγορα αποδεκτή από διάφορους επιστήμονες και έτσι πολλά έθιμα, νόμοι και κοινωνικές πολιτικές άρχισαν να αμφισβητούνται καθώς θεωρούταν ότι διαιώνιζαν τους κοινωνικά ασθενέστερους (Κριμπάς & Παπαδόπουλος, 2003). Σίγουρα, τα καλόβουλα κίνητρα των επιστημόνων αυτών δεν μπορούν να αμφισβητηθούν. Εκ των υστέρων όμως μπορούμε να πούμε ότι αυτό που έγινε στις πρώτες δεκαετίες του 20^{ου} αιώνα όσον αφορά την ευγονική ήταν ότι άθελα τους πολλοί επιστήμονες προσπάθησαν, στο όνομα της ανθρώπινης προόδου, να αναλάβουν τα ηνία των πολιτικών και κοινωνικών πτυχών της κοινωνίας. Έτσι θεωρούσαν πως οι φυσικοί νόμοι (και ιδιαίτερα ο νόμος της επιβίωσης του καταλληλότερα προσαρμοσμένου) μπορούσαν να επεκταθούν και στην ανθρώπινη κοινωνία και μάλιστα θεωρούσαν ότι η ευγονική είναι καλύτερη μέθοδος βελτίωσης της ανθρωπότητας από ότι η εκπαίδευση ή η επιδίωξη ενός καλύτερου βιοτικού επιπέδου για όλους (Mayr, 2008).

Στη Γαλλία μεγάλοι οπαδοί του κοινωνικού δαρβινισμού και της ευγονικής υπήρξαν ο δικηγόρος και ανθρωπολόγος **George Vacher de Lapouge** (1854-1936) ο οποίος μάλιστα πρότεινε πως το διάσημο γαλλικό σλόγκαν που κρατούσε από τη Γαλλική Επανάσταση «*Ελευθερία, Ισότητα, Αδελφότητα*» έπρεπε να αλλάξει και να γίνει «*Ντετερμινισμός, Ανισότητα, Επιλογή*» και ο ιατρός **Charles Richet** (1850-1935) που μαζί με τον de Lapouge ανέπτυξαν ρατσιστικές θεωρίες. Πιο μετά, το 1935, ο ιατρός **Alexis Carrel** (1873-1944) δημοσίευσε το βιβλίο του *L'Homme, cet Inconnu (Man, the Unknown – Ο Άνθρωπος, αυτό το Άγνωστο)* το οποίο έγινε άρπαστο και στο οποίο πρότεινε να εφαρμοστεί στον άνθρωπο η τεχνητή επιλογή και η ευθανασία μέσω θαλάμων αερίων στους εγκληματίες. Όλα αυτά οδήγησαν στην ανάπτυξη του επιστημονικού ρατσισμού στη Γαλλία που κυριάρχησε τη δεκαετία του 1940'. Στο *L'Homme, cet Inconnu* του Carrel διαβάζουμε:

«Η ευγονική είναι απαραίτητη για τη διαίωνηση της ελίτ. Είναι ξεκάθαρο πως μια φυλή πρέπει να αναπαράγει τα καλύτερα στοιχεία της [...] Κανένας άνθρωπος δεν έχει το δικαίωμα να επιβάλλει μια ζωή ανέχειας σε κάποιον άλλον άνθρωπο [...] Η ευγονική απαιτεί τη θυσία πολλών ανθρώπων. Η θυσία αυτή είναι μια απολύτως απαραίτητη κοινωνική ανάγκη και η ιδέα αυτή θα πρέπει να διαπεράσει το μυαλό κάθε σύγχρονου ανθρώπου» (Gouyon et al., 2002).

Στις Η.Π.Α. η ιδέα της ευγονικής πήρε τεράστιες διαστάσεις με δημοσιεύματα όπως αυτό τις Εικόνας 15 να φιλοξενούνται τακτικά στις τοπικές εφημερίδες. Στο



δημοσίευμα παρουσιάζεται η περίπτωση της Ada Juke, μιας γυναίκας που γεννήθηκε το 1740 και έκτοτε το οικογενειακό της δέντρο περιλάμβανε (σύμφωνα με την εφημερίδα) 64 θανάτους από ψυχολογικά αίτια, 174 σεξουαλικά διεστραμμένους, 196 μη αναγνωρισμένα παιδιά, 142 επαίτες και 77 εγκληματίες και δολοφόνους. Η ερώτηση της εφημερίδας ήταν «*Πρέπει να επιτρέψουμε την αναπαραγωγή αυτής της αθλιότητας όταν η στείρωσή της θα κόστιζε μόλις 150 δολάρια;*» (Allen, 1999) Ακόμα, επιφανείς βιολόγοι όπως ο **Charles Davenport** (1866-1964) πίστευαν ότι το αδύναμο μυαλό είναι χαρακτηριστικό που ελέγχεται

Εικόνα 15: Η περίπτωση της Ada Juke στον Αμερικάνικο τύπο (Allen, 1999)

από ένα μόνο γονίδιο και θα μπορούσαμε εύκολα να το εξαφανίσουμε από τον ανθρώπινο πληθυσμό στερώντας τους ανθρώπους που το είχαν (Bowler & Pickstone, 2009). Σαν να μην έφταναν αυτά ιδρύθηκε το 1922 στις Η.Π.Α. και η *American Eugenics Society* με σκοπό την περαιτέρω ενημέρωση του κοινού για τα οφέλη και την ανάγκη εφαρμογής της ιδέας της ευγονικής. Ως αποτέλεσμα η κυβέρνηση πέρασε νέους νόμους και άρχισαν να λειτουργούν τα πρώτα προγράμματα υποχρεωτικής στειρώσεως. Μέχρι και το 1935, πάνω από 21.000 άνθρωποι είχαν στειρωθεί στις Η.Π.Α. λόγω «κακών γονιδίων» (Gouyon et al., 2002).

Την ίδια περίοδο η Αγγλία αντιμετώπιζε πρόβλημα υπογεννητικότητας και έτσι δεν προέβη σε υποχρεωτικές στειρώσεις όπως οι Η.Π.Α., παρόλο που και εκείνη φλέρταρε έντονα με την ιδέα της ευγονικής (Gouyon et al., 2002). Ό,τι δεν έγινε στην Αγγλία όμως έγινε και με το παραπάνω στη ναζιστική Γερμανία όπου τα πράγματα ξέφυγαν πάρα πολύ. Οι Γερμανοί χλεύαζαν τις «συντηρητικές» πρακτικές των Αμερικανών που στόχευαν μόνο σε μεμονωμένα άτομα και έτσι επέλεξαν να στοχεύσουν ολόκληρες πληθυσμιακές ομάδες διαπράττοντας φρικαλεότητες (Bowler & Pickstone, 2009). Ακόμα και τότε, αλλά και μετά τον πόλεμο, κάποιοι επιστήμονες υποστήριζαν σταθερά την ευγονική όπως ο συνεργάτης του Thomas H. Morgan και Νομπελίστας που είδαμε παραπάνω, ο Hermann Muller ο οποίος το 1939 δημοσίευσε το *The Geneticists Manifesto*, ένα μανιφέστο υπέρ της ευγονικής το οποίο υπέγραψαν και άλλοι 22 Αμερικανοί και Βρετανοί επιστήμονες. Σε γενικές γραμμές όμως οι φρικαλεότητες των Ναζί οδήγησαν τους πιο πολλούς επιστήμονες στο να αποσυνδεθούν από το όλο εγχείρημα της ευγονικής το οποίο και μειώθηκε σημαντικά μετά το τέλος του 2^{ου} Παγκοσμίου Πολέμου (Gouyon et al., 2002).

Έτσι η επιστημονική κοινότητα πήρε ένα σημαντικό μάθημα: επειδή ακριβώς η κοινή γνώμη έχει εμπιστοσύνη στη γνώμη των επιστημόνων, αποτελεί χρέος τους να αναπτύξουν έναν ισχυρό κώδικα ηθικής και επίσης να είναι πολύ προσεκτικοί στις τοποθετήσεις τους και στις θέσεις που υποστηρίζουν. Αυτό πρέπει να το έχουμε πάντα υπ' όψιν και ιδιαίτερα στη σημερινή εποχή με την ανάπτυξη της Γενετικής Μηχανικής. Γιατί σαφώς είναι πολύ δελεαστικό να χρησιμοποιούμε την επιστήμη και την τεχνολογία προκειμένου να κάνουμε ό,τι καλύτερο για το μέλλον όμως είναι πράγματι αυτός ένας από τους ρόλους του επιστήμονα; Και αν ναι ποσό σίγουροι μπορούμε να είμαστε για τη μελλοντική αποτελεσματικότητα και τις ηθικές προεκτάσεις των τεχνολογιών του σήμερα; (Gouyon et al., 2002)

2.2.2 Λυσενκοϊσμός

Ο **Trofim Lysenko** (1898-1976) εμπνεύστηκε από τη διαδικασία της *εαρινοποίησης*, μια διαδικασία προετοιμασίας των φθινοπωρινών σπόρων ώστε να είναι έτοιμοι για σπορά την άνοιξη. Κανονικά κάποια φυτά, αν τα σπείρουμε την άνοιξη, δεν δίνουν καρπούς και αυτό γιατί ο σπόρος τους καρποφορεί μόνο αν τον σπείρουμε το φθινόπωρο, φυτρώνει μέσα στη Γη και εκτεθεί στο κρύο των χειμερινών μηνών. Όμως με τη διαδικασία της εαρινοποίησης οι αγρότες κατάφεραν να κάνουν τους σπόρους να καρποφορούν ακόμα και αν σπείρονται την άνοιξη (με την προϋπόθεση ότι οι σπόροι έχουν φυτρώσει και κρατούνται σε υγρό περιβάλλον και σε κατάλληλες θερμοκρασίες) απελευθερώνοντας έτσι τους αγρούς τους από τη φθινοπωρινή σπορά. Ο Lysenko χρησιμοποίησε αυτή τη διαδικασία (που αποτελεί μέρος της φυσιολογίας φυτών το οποίο εμείς απλώς γνωρίζουμε και εκμεταλλευόμαστε προς όφελος μας) ως απόδειξη ότι η κληρονομικότητα μπορεί κατά κάποιο τρόπο να «εκπαιδευτεί». Επίσης, από το 1930 και μετά εκτελούσε πειράματα στο *Ινστιτούτο Γενετικής και Αναπαραγωγής Φυτών της Odessa* προσπαθώντας να αποδείξει ότι μπορούσε να χρησιμοποιήσει τη διαδικασία του *εμβολιασμού* ώστε να τροποποιήσει τα γαμετικά κύτταρα ενός εκ των 2 φυτών που χρησιμοποιούνται για την τεχνική αυτή. Οι ιδέες του Lysenko θεωρούνται ότι ανήκουν στο φάσμα του Λαμαρκισμού (Gouyon et al., 2002).

Το 1935 ο Lysenko απηύθυνε μια ομιλία στο Κολεκτιβιστικό Συνέδριο Αγροτών καταφέροντας με κάποιο τρόπο να συνδέσει τη διαδικασία της εαρινοποίησης με τον ταξικό πόλεμο κάτι που κέρδισε την προσοχή του **Joseph Stalin** (1878-1953) ο οποίος τον εξήρε δημόσια (Mayr, 2008). Έχοντας στο πλευρό του τον Stalin, ο Lysenko δεν έχασε χρόνο και επιτέθηκε στη χρωμοσωμική θεωρία των Boveri-Sutton δημοσιεύοντας το 1936 την εργασία του με τίτλο *Challenging the Problems of Genetics and Breeding*. Παράλληλα άρχισε να σκαρφαλώνει ταχύτατα στην εξουσία και έγινε πρόεδρος της *Ακαδημίας Αγροτικών Επιστημών «Λενιν»* και διευθυντής του *Ινστιτούτου Γενετικής της Ακαδημίας των Επιστημών της Σοβιετικής Ένωσης*. Λόγω της ρήξης που υπήρχε μεταξύ του Lysenko και της κλασικής Γενετικής, το 7^ο Παγκόσμιο Συνέδριο Γενετικής που είχε σχεδιαστεί να διεξαχθεί στη Μόσχα το 1937, μεταφέρθηκε για 2 χρόνια αργότερα, το 1939, στο Εδιμβούργο. Και αυτό γιατί η κατάσταση στη Σοβιετική Ένωση ήταν τόσο ελεγχόμενη από τον Lysenko που οποιοσδήποτε τολμούσε να εκφέρει αντίθετη άποψη κινδύνευε σοβαρά. Ο κύριος αντίπαλος του Lysenko και ένας εκ των θεμελιωτών της

γενετικής των φυτών, ο **Nikolai Vavilov** (1887-1843) φυλακίστηκε το 1940 και καταδικάστηκε σε θάνατο, ποινή που μετατράπηκε αργότερα σε ισόβια κάθειρξη όμως το 1943 ο Vavilov δολοφονήθηκε στο κελί του. Παρόμοια μοίρα είχαν και άλλοι Σοβιετικοί γενετιστές που δεν κατάφεραν να φύγουν από τη χώρα. Ακόμα και μετά το θάνατο του Stalin το 1953, ο Lysenko βρήκε νέο υποστηρικτή από το χώρο της πολιτικής, τον **Nikita Khrushchev** (1894-1971) και διατήρησε τη θέση του ως διευθυντής του Ινστιτούτου Γενετικής μέχρι το 1965 όταν πλέον οι αντιδράσεις προς το πρόσωπο του ήταν πολλές. Το 1966 η κλασική Γενετική επέστρεψε στη Σοβιετική Ένωση (Gouyon et al., 2002).

2.3 Εξέλιξη και Θρησκεία

Όπως είδαμε και στο κεφάλαιο 1, η ιστορία της εξέλιξης των ειδών βρίθκει από τελεολογικές απόψεις (Sloan, 2019). Η θεωρία της φυσικής επιλογής του Δαρβίνου έλυσε στην ουσία το τελεολογικό πρόβλημα εξηγώντας την εξέλιξη των ειδών χωρίς να καταφύγει σε κάποια μεταφυσική εξήγηση, όμως ταυτόχρονα, στις Η.Π.Α., αυτό δημιούργησε μια διαμάχη ανάμεσα στην επιστήμη και τη θρησκεία (Κριμπάς, 1978). Προκειμένου να κατανοησούμε τη διαμάχη αυτή είναι απαραίτητο να εξετάσουμε αρχικά τη φύση της θρησκείας και της επιστήμης.

2.3.1 Η φύση της θρησκείας και η φύση της επιστήμης

Όλες οι ανθρώπινες κοινωνίες εμφανίζουν κάποια μορφή πίστης η οποία αποτελεί τη **θρησκεία** τους. Αν και τα επιμέρους χαρακτηριστικά κάθε θρησκείας διαφέρουν σημαντικά (π.χ. σε κάποιες υπάρχει ένας Θεός που συγκεντρώνει όλη τη δύναμη και εμφανίζει ανθρωπινά χαρακτηριστικά ενώ σε άλλες υπάρχουν πολλά πνεύματα και η δύναμη μοιράζεται ανάμεσα τους), κοινό χαρακτηριστικό ανάμεσα σε όλες τις θρησκείες φαίνεται πως είναι η πίστη σε πνευματικές ιδιότητες που υπερβαίνουν την πραγματικότητα, είναι δηλαδή **μεταφυσικές**. Οι θρησκείες διαμορφώνουν (η τουλάχιστον επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό) τους **κανόνες ηθικής** οι οποίοι είναι απαραίτητοι για τη λειτουργία κάθε κοινωνίας αφού ο λειτουργικός τους ρόλος είναι να μεσολαβούν ανάμεσα στο πνευματικό κόσμο και τους ανθρώπους παρέχοντας στους τελευταίους κάποιου είδους βοήθεια, καθοδήγηση, σκοπό ή και τιμωρία (αν και συχνά σε διάφορες θρησκείες βρίσκουμε και εξηγήσεις για το πώς λειτουργεί ο φυσικός κόσμος). Οι διαμεσολαβητές (π.χ. σαμάνοι, ιερείς, κλπ) μεταξύ των ανθρώπων και του πνευματικού κόσμου καταλαμβάνουν ισχυρές θέσεις στην εκάστοτε κοινωνία ενώ περίοπτη θέση έχουν και οι

διάφοροι λατρευτικοί τόποι (π.χ. ναοί, εκκλησιές, κλπ.) (Scott, 2004). Ακόμα πολύ συχνά η οποιαδήποτε μορφή γνώσης μεταδίδεται από τον πνευματικό κόσμο στους ανθρώπους μέσω κάποιας μορφής *αποκάλυψης* (Mayr, 2008).

Από την άλλη, η **επιστήμη** επικεντρώνεται στη μελέτη του φυσικού κόσμου. Κινητήρια δύναμη για αυτή αποτελεί η ανθρωπινή περιέργεια ενώ οι κανόνες με τους οποίους διεξάγεται είναι καλά καθορισμένοι (National Academy of Sciences, 2008). Έτσι, η γνώση αποκτάται από τους επιστήμονες μέσω *υποθέσεων και πειραμάτων* με την κάθε υπόθεση να υπόκειται σε αυστηρό έλεγχο από πολλούς επιστήμονες (οι οποίοι χρησιμοποιούν διαφορετικές τεχνικές προσέγγισης) ενώ η προσφυγή σε μεταφυσικά στοιχεία για την εξήγηση κάποιου φυσικού φαινομένου δεν είναι αποδεκτή (Mayr, 2008). Στην επιστήμη επίσης *δεν υπάρχει απόλυτη αλήθεια* και, ακόμα και θεωρίες που είναι πολύ καλά τεκμηριωμένες μπορεί μετά το πέρας κάποιων χρονών να τροποποιηθούν και (ενδεχομένως) να αντικατασταθούν από άλλες. Αν και το γεγονός αυτό για κάποιους αποτελεί την αδυναμία της επιστήμης, στην πραγματικότητα είναι η μεγαλύτερη δύναμη της και είναι ο λόγος που κρύβεται πίσω από την τεράστια πρόοδο της σε πάρα πολλούς κλάδους (Scott, 2004).

Ιστορικά, για πολλά χρόνια η θρησκεία και η επιστήμη ήταν αδιαχώριστες και οι άνθρωποι προσπαθούσαν να ανακαλύψουν την «αλήθεια του Θεού» τόσο ερμηνεύοντας στις ιερές γραφές όσο και μελετώντας το φυσικό κόσμο (δηλαδή το «*δημιούργημα του Θεού*») (Mayr, 2008). Έτσι ήταν πολύ συχνό να μην αμφισβητούνται οι περιγραφές των ιερών γραφών για το φυσικό κόσμο κάτι που όμως σταδιακά άρχισε να αλλάζει καθώς οι περιγραφές αυτές ήταν κάποιες φορές ανακριβείς και κάποιες άλλες αντικρουόμενες. Ο χριστιανός θεολόγος **Άγιος Αυγουστίνος** (Augustine of Hippo) (354-430) που συναντήσαμε και παραπάνω είχε χαρακτηρίσει ως «*κακή θεολογία*» να δεχόμαστε χωρίς κριτική όσες βιβλικές περιγραφές για το φυσικό κόσμο αντικρούουν την ανθρώπινη εμπειρία. Σταδιακά λοιπόν η θρησκεία και η επιστήμη άρχισαν να διαχωρίζονται και οι ιερές γραφές χρησίμευαν πλέον ως εργαλείο περισσότερο για την κατανόηση της σχέσης μεταξύ του Θεού και του ανθρώπου και λιγότερο για την κατανόηση της φύσης. Μετά το Μεσαίωνα και κατά τη διάρκεια της επιστημονικής επανάστασης έγινε σημαντική προσπάθεια εφαρμογής της μεθοδολογίας της επιστήμης στη μελέτη του φυσικού κόσμου και έτσι αναπτύχθηκε ο τομέας της Φυσικής Φιλοσοφίας που αποσκοπούσε στην κατανόηση του κόσμου μέσα από την ανακάλυψη διαφόρων νομών που τον περιέγραφαν οι όποιοι αποτελούσαν τους νομούς του Θεού (Scott, 2004). Όμως μέχρι το τέλος του 19^{ου}

αιώνα η μέθοδος της επιστήμης με βάση την οποία γινόταν χρήση αποκλειστικά μόνο **φυσικών ερμηνειών** (*materialist explanations*) για την εξήγηση των φυσικών φαινομένων ήταν τόσο επιτυχημένη που πλέον όλα τα φυσικά φαινόμενα φαινόταν ότι μπορούσαν να εξηγηθούν κατά αυτόν τον τρόπο, δηλαδή χωρίς να χρειάζεται η παρέμβαση του Θεού (Mayr, 2008). Σήμερα οι επιστήμονες αποδέχονται μόνο τις φυσικές ερμηνείες στην εξήγηση των φυσικών φαινομένων για ακόμη ένα λόγο: αν δεχτούμε οποιαδήποτε μεταφυσική εξήγηση ενός φαινομένου τότε δεν υπάρχει λόγος να ψάχνουμε για κάποια φυσική εξήγηση όποτε η αναζήτηση σταματήσει. Για το λόγο αυτό οι επιστήμονες χρησιμοποιούν πολύ συχνά τη φράση «δεν ξέρουμε ακόμα» όταν αναφέρονται σε ανεξήγητα φυσικά φαινόμενα (Scott, 2004).

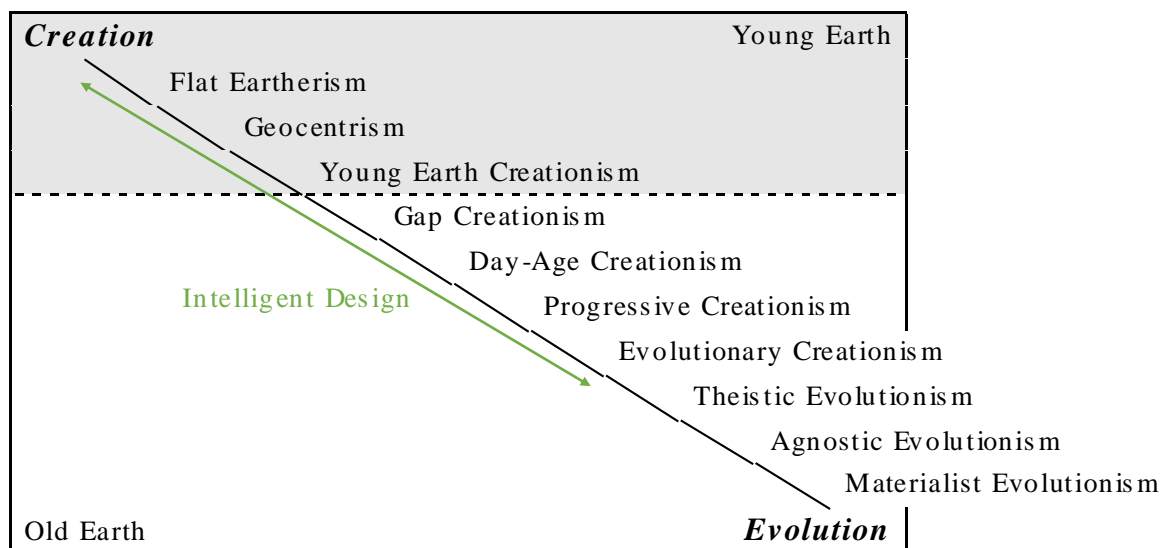
2.3.2 Τι είναι ο δημιουργισμός και ποια τα είδη του

Γενικότερα ο όρος «δημιουργισμός» αναφέρεται στο γεγονός ότι κάποια μεταφυσική δύναμη δημιούργησε τον κόσμο (Scott, 2004). Η έννοια αυτή υπάρχει σε πολλές θρησκείες ενώ για τις 3 μεγάλες θρησκείες του δυτικού κόσμου (Χριστιανισμός, Ιουδαϊσμός, Ισλάμ) συνιστά πολύ βασικό κομμάτι (Gouyon et al., 2002). Αν και ο όρος δημιουργισμός αποτελεί όρο ομπρέλα και μπορεί να αναφέρεται σε πολλές απόψεις, πιο συχνά όταν μιλάμε για δημιουργισμό αναφερόμαστε σε απόψεις που υποστηρίζουν πως ο Θεός δημιούργησε τον κόσμο και τους οργανισμούς σε αυτόν όπως τα βλέπουμε σήμερα, υποστηρίζουν δηλαδή τη *σταθερότητα των ειδών* (και άρα αντιτίθεται στην εξέλιξη των ειδών) (Scott, 2004). Οι απόψεις αυτές πηγάζουν από την *κυριολεκτική ερμηνεία* των ιερών κειμένων (Βίβλος, Κοράνι, Τορά) που είναι κάτι αρκετά κοινό για τους περισσότερους δημιουργιστές (Gouyon et al., 2002). Στο Σχήμα 2.1 μπορούμε να παρατηρήσουμε τα πιο διαδεδομένα είδη δημιουργισμού των 3 μεγάλων δυτικών θρησκειών τα οποία απεικονίζονται διαδοχικά από την πιο σκληροπυρηνική μορφή του (*flat eartherism*) μέχρι και μη δημιουργιστικές απόψεις που δέχονται την εξέλιξη των ειδών (Scott, 2004).

Flat Eartherism: Οι οπαδοί του κινήματος της επίπεδης γης είναι οι πιο αυστηροί φονταμενταλιστές. Ερμηνεύουν μόνο κυριολεκτικά τα ιερά κείμενα τα οποία και πιστεύουν πως περιέχουν πολλές ενδείξεις πως ο Θεός δημιούργησε τη γη σε σχήμα νομίσματος, δηλαδή επίπεδη και στρογγυλή (Scott, 2004).

Geocentrism: Οι γεωκεντριστές αποδέχονται πως η γη είναι σφαιρική όμως αρνούνται πως ο ήλιος είναι στο κέντρο του ηλιακού μας συστήματος στο οποίο θεωρούν

πως βρίσκεται η γη. Όπως και οι οπαδοί της επίπεδης γης απορρίπτουν σχεδόν όλη τη σύγχρονη φυσική και αστρονομία όπως φυσικά και τη σύγχρονη βιολογία (Scott, 2004).



Σχήμα 2.1: Το συνεχές των ειδών δημιουργισμού των 3 μεγάλων δυτικών θρησκειών.
(Scott, 2004)

Young Earth Creationism (YEC): Οι οπαδοί της νεαρής γης αποδέχονται τον ηλιοκεντρισμό όμως απορρίπτουν επίσης σχεδόν όλη τη σύγχρονη φυσική, χημεία και βιολογία που ασχολούνται με τη χρονολόγηση της γης. Για αυτούς η γη έχει ηλικία 6.000-10.000 χρόνια και όλα τα γεωλογικά φαινόμενα που παρατηρούμε σήμερα έχουν προέλθει από βιβλικές καταστροφές (όπως η πλημμύρα του Νοε από την οποία πιστεύουν ότι σχηματίστηκε το Grand Canyon) (Αθανασίου, 2009). Φυσικά δεν αποδέχονται ούτε την κοινή καταγωγή των ειδών και πιστεύουν πως ο Θεός δημιούργησε τις οικογένειες των οργανισμών οι οποίες περιείχαν αρκετή γενική ποικιλομορφία και διαφοροποιήθηκαν περαιτέρω σε είδη μέσα σε αυτά τα 6.000-10.000 χρόνια (π.χ. ο Θεός δημιούργησε την οικογένεια των αιλουροειδών από την οποία στην συνέχεια προελθών οι γάτες, οι τίγρεις, τα λινάρια, οι λεοπαρδάλεις, κλπ.). Οι απόψεις αυτές έχουν συνδεθεί περισσότερο με τον Αμερικανό μηχανικό και θεολόγο Henry Morris που βρισκόταν στο επίκεντρο του ψευδο-επιστημονικού τομέα της Επιστήμης του Δημιουργισμού και τον οποίο θα συναντήσουμε πιο αναλυτικά παρακάτω. Από εδώ και πέρα οι επόμενες απόψεις αποδέχονται την παλιά ηλικία της γης όπως προτείνεται από τη σύγχρονη φυσική, χημεία και γεωλογία (Scott, 2004).

Gap Creationism: Οι οπαδοί αυτής της άποψης απορρίπτουν την εξέλιξη των ειδών και πιστεύουν πως ο κόσμος δημιουργήθηκε από το Θεό δυο φορές με ένα κενό

ενδιάμεσα, ενώ τη 2^η φορά ο Θεός δημιούργησε τον κόσμο σε 7 ημέρες (που θεωρούνται κανονικά 24ωρα) δημιουργώντας και τον άνθρωπο (Αδάμ και Εύα) (Scott, 2004).

Day-Age Creationism: Η μόνη διάφορα με την προηγούμενη άποψη είναι ότι εδώ οι 7 ημέρες τις 2^{ης} δημιουργίας δεν θεωρούνται κανονικά 24ωρα αλλά κάθε μέρα αναφέρεται σε μια ξεχωριστή περίοδο που μπορεί να διαρκεί μέχρι και εκατομμύρια χρόνια (Scott, 2004).

Progressive Creationism: Σε αυτή την άποψη γίνονται πλήρως αποδεκτά όλα τα δεδομένα της σύγχρονης φυσικής, χημείας και γεωλογίας όπως και κάποια μέρη της σύγχρονης βιολογίας. Για παράδειγμα δεν υπάρχει διαφωνία ως προς τους διαφορετικούς οργανισμούς που έζησαν διαδοχικά στη γη. Εκεί που υπάρχει διαφωνία είναι στο γεγονός ότι οι οπαδοί της άποψης αυτής θεωρούν πως ο Θεός δημιούργησε διαδοχικά τους οργανισμούς, δηλαδή δεν αποδέχονται τη δράση της φυσικής επιλογής και άρα ούτε την κοινή καταγωγή των οργανισμών (Αθανασίου, 2009).

Evolutionary Creationism: Κάπου εδώ αρχίζει η αποδοχή όλων των δεδομένων της σύγχρονης επιστήμης και κατ' επέκταση και της θεωρίας της εξέλιξης. Οι οπαδοί του εξελικτικού δημιουργισμού αποδέχονται την κοινή καταγωγή των ειδών και την εξέλιξη τους πιστεύοντας πως οι διαδικασίες αυτές είναι μέρος της θείκης δημιουργίας. Με λίγα λόγια θεωρούν πως ο Θεός δημιούργησε το σύμπαν και όλους τους νομούς που παρατηρούμε σε αυτό ενώ ενίοτε μπορεί να παρεμβαίνει επηρεάζοντας την εξέλιξη των πραγμάτων (Scott, 2004).

Intelligent Design: Οι οπαδοί του ευφυούς σχεδιασμού αποτελούν μια ετερογενή ομάδα που μπορεί να υιοθετούν οποιαδήποτε από τις απόψεις που αναφέραμε μέχρι τώρα μαζί με την άποψη του ευφυούς σχεδιασμού (Scott, 2004). Το επιχείρημα τους είναι πως η τεράστια περιπλοκότητα που συναντάμε τόσο στο σύμπαν όσο και στα έμβια όντα δεν θα μπορούσε να εξηγηθεί αλλιώς παρά μόνο αν αποτελεί έργο ενός δημιουργού (Αθανασίου, 2009). Για τον ευφυή σχεδιασμό θα μιλήσουμε περισσότερο παρακάτω.

Theistic Evolutionism: Είναι σχεδόν η ίδια με την παραπάνω άποψη με τη διαφορά ότι εδώ ο Θεός εδώ έχει ελαφρώς λιγότερο ενεργό ρόλο και παρεμβαίνει μόνο σε κρίσιμες περιπτώσεις (έως και καθόλου). Αυτή είναι η επίσημη θέση της Καθολικής Εκκλησίας σύμφωνα με την όποια ο Θεός δημιούργησε το σύμπαν, μέσα στο οποίο αργότερα σχηματίστηκε η γη, ενώ στη συνέχεια αναπτύχτηκε η ζωή από την όποια μέσω εξέλιξης προσήλθε ο άνθρωπος και σε όλη αυτή τη διαδικασία ο Θεός παρενέβη μόνο για να δημιουργήσει την ανθρωπινή ψυχή (Scott, 2004).

Agnostic Evolutionism: Αγνωστικισμός είναι η πεποίθηση ότι η πιθανή ύπαρξη του Θεού δεν θα μπορούσε ποτέ να μας είναι γνωστή. Ο όρος χρησιμοποιήθηκε για 1^η φορά από τον Thomas Henry Huxley που είδαμε παραπάνω ο οποίος θεώρησε αδύνατο να γνωρίζουμε αν υπάρχει Θεός και άρα πρότεινε πως δεν μπορούμε ούτε να επιβεβαιώσουμε αλλά ούτε και να απορρίψουμε την ύπαρξη του. Κατ' επέκταση οι οπαδοί αυτής της άποψης δέχονται όλα τα δεδομένα της σύγχρονης επιστήμης όσον αφορά την εξέλιξη ενώ παράλληλα δεν θεωρούν σκόπιμο να προσπαθήσουν να απαντήσουν στο αν υπάρχει πιθανή εμπλοκή του Θεού στην όλη διαδικασία (Scott, 2004).

Materialist Evolutionism: Εδώ ανήκουν όσοι αρνούνται κατηγορηματικά την ύπαρξη του Θεού και άρα και την οποιαδήποτε εμπλοκή του στις εξελικτικές διαδικασίες. Για τους ανθρώπους αυτούς τα πάντα στο σύμπαν είναι αποτέλεσμα αλληλεπιδράσεων μεταξύ φυσικών δυνάμεων χωρίς να υπάρχει τίποτα το μεταφυσικό (Scott, 2004).

Αφού αναλύσαμε τα διαφορά είδη δημιουργήσου θα κάνουμε μια σύντομη ιστορική περιγραφή της διαμάχης μεταξύ δημιουργισμού και εξέλιξης η οποία αναπτύχτηκε σχεδόν εξ' ολοκλήρου στις Η.Π.Α.

2.3.3 Η ιστορία της διαμάχης μεταξύ εξέλιξης και δημιουργισμού

Όπως είδαμε και στο κεφάλαιο 1, ήδη από την αρχαιότητα είχαν κάνει την εμφάνιση τους 2 απόψεις όσον αφορά τους ζωντανούς οργανισμούς. Η μία έλεγε ότι τα είδη μεταβάλλονται και η άλλη ότι παραμένουν σταθερά. Λόγω της μεγάλης επιρροής που άσκησαν στο δυτικό κόσμο ο ιδεαλισμός του Πλάτωνα και η τελεολογία του Αριστοτέλη, η 2^η άποψη επικράτησε εύκολα καθώς ήταν πολύ πιο συμβατή με τις φιλοσοφίες αυτές (Sloan, 2019). Έτσι, για το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα της ευρωπαϊκής ιστορίας, κυριαρχούσε η άποψη της **σταθερότητας**, όχι μόνο των ζωντανών οργανισμών, αλλά γενικότερα του κόσμου (Mayr, 2008). Αυτό άρχισε να αλλάζει το 16^ο αιώνα με την εποχή των μεγάλων ανακαλύψεων όπου νέες μορφές ζωής έγιναν γνωστές στους ευρωπαίους εξερευνητές. Μέσα στις ιερές γραφές υπήρχαν πολυάριθμες αναφορές για φυτά, ζώα και ανθρώπινες φυλές του Παλαιού Κόσμου όμως έλειπαν εντελώς αντίστοιχες αναφορές για το Νέο Κόσμο (π.χ. για είδη όπως τα οπόσουμ, τα λάμα, η ντομάτα, η πατάτα, το καλαμπόκι, ο καπνός ή αναφορές σε ιθαγενείς Αμερικανούς και Πολυνήσιους). Πού οφείλονταν αυτές οι παραλείψεις; (Scott, 2004)

Αργότερα, το 18^ο αιώνα προχώρησε πολύ και η επιστήμη της Γεωλογίας. Στην Αγγλία ο γεωλόγος **William Smith** (1769-1839) κατασκεύασε τον 1^ο γεωλογικό χάρτη της περιοχής (Εικόνα 16) κάνοντας μάλιστα και την παρατήρηση πως σε κάθε γεωλογικό



Εικόνα 16: Ο 1^{ος} γεωλογικός χάρτης της Αγγλίας από τον William Smith (1815)
[\(Wikipedia\)](#)

στρώμα βρίσκονται συγκεκριμένες κατηγορίες απολιθωμάτων. Έτσι μια σύνδεση μεταξύ γεωλογίας και βιολογίας άρχισε να σχηματίζεται. Μέχρι τα μέσα του 19^{ου} αιώνα τα ευρήματα της Γεωλογίας είχαν ανατρέψει την άποψη περί σταθερότητας των γεωλογικών σχηματισμών και πλέον ολοένα και περισσότεροι μορφωμένοι άνθρωποι της εποχής (συμπεριλαμβανόμενων και ιερέων) πίστευαν στη μεταβολή των χαρακτηριστικών της Γης. Στην ουσία, η θεωρία της φυσικής επιλογής του Δαρβίνου που δημοσιεύτηκε την ίδια περίοδο, επέκτεινε το σκεπτικό αυτό και στα έμβια όντα (Scott, 2004). Η θεωρία αυτή ενόχλησε αρκετά μόνο τους φονταμενταλιστές που ήδη αμφισβητούσαν τα δεδομένα της Γεωλογίας και άλλων επιστημών όπως

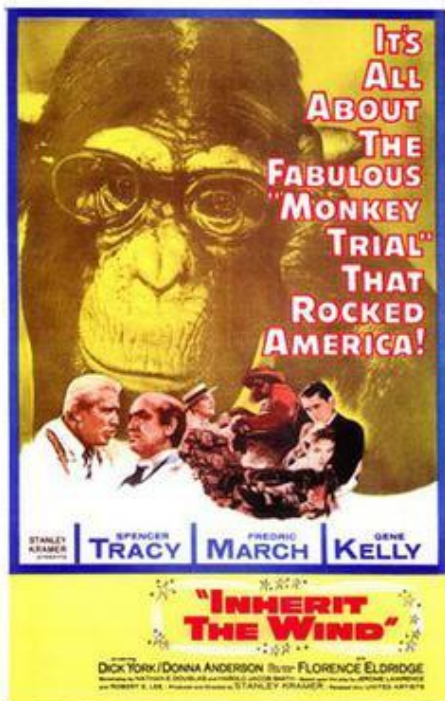
τη Φυσική. Υπό μια έννοια λοιπόν το *Origin of Species* του Δαρβίνου δεν ξεσήκωσε ένα κύμα αντιδράσεων όπως πολλοί πιστεύουν. Αντιθέτως πολλοί θεοσεβούμενοι επιστήμονες δέχθηκαν (είτε πλήρως ή ως ένα βαθμό) τις απόψεις του Δαρβίνου, με τρανταχτό παράδειγμα τον Αμερικανό βοτανικό **Asa Gray** (1810-1888) που ήταν ο κύριος υποστηρικτής του Δαρβίνου στις Η.Π.Α. (Bowler & Pickstone, 2009). Ωστόσο το *The Descent of Man* που δημοσιεύθηκε το 1871 όντως προκάλεσε αντιδράσεις επειδή ο Δαρβίνος πρότεινε πως και ο άνθρωπος ήταν προϊόν εξέλιξης μέσω της φυσικής επιλογής και δεν ξεχώριζε από τα υπόλοιπα ζώα (Mayr, 2001). Η άποψη αυτή υποβίβαζε τον άνθρωπο από την περίοπτη θέση που αυτός κατείχε στο ζωικό βασίλειο μέχρι εκείνη την εποχή και για το λόγο αυτό αντιμετώπισε πολλές δυσκολίες στην αποδοχή της (Κριμπάς, 1998).

Εκείνη την εποχή δημοσιεύθηκαν και 2 δημοφιλή βιβλία στις Η.Π.Α., το *History of the Conflict between Religion and Science* (1874) του πολυμαθή Αμερικανού **John William Draper** (1811-1882) και το *A History of the Warfare of Science with Theology in*

Christendom (1896) του Αμερικανού ιστορικού **Andrew Dickson White** (1832-1918) στα οποία οι 2 συγγραφείς εξέταζαν τη διαμάχη μεταξύ επιστήμης και θρησκείας (Bowler & Pickstone, 2009). Ωστόσο τα 2 αυτά βιβλία περισσότερο σκιαγραφούσαν τις απόψεις των συγγραφέων (οι οποίοι όντως έβλεπαν μια μεγάλη διαμάχη) παρά αντικατόπτριζαν την πραγματικότητα με αποτέλεσμα στις Η.Π.Α. το θέμα να παραφουσκώσει, η κοινή γνώμη να αρχίσει να πολώνεται και γενικά το όλο ζήτημα της υποτιθεμένης μεγάλης ρήξης μεταξύ επιστήμης και θρησκείας να πάρει αρκετά μεγάλες διαστάσεις (Scott, 2004). Αυτό έμελε να γίνει φανερό τον επόμενο αιώνα όπου, παρόλο που η έλευση του νέο-δαρβινισμού έγινε ευρέως αποδεκτή από την επιστημονική κοινότητα σε όλο τον κόσμο και έτσι άρχισε σιγά σιγά να εμφανίζεται και στα σχολικά εγχειρίδια, κάτι τέτοιο δεν συνέβη στις Η.Π.Α. όπου η εξέλιξη διδάσκονταν μόνο σε πανεπιστημιακό επίπεδο. Πλέον μπορούμε να πούμε με βεβαιότητα πως η διαμάχη μεταξύ επιστήμης και θρησκείας αποτελεί αμερικάνικο προϊόν και για να την κατανοήσουμε θα πρέπει να στρέψουμε το βλέμμα μας στις Η.Π.Α. του 20^{ου} αιώνα (Larson, 2008).

Όπως έχουμε ήδη δει, στις αρχές του 20^{ου} αιώνα η εξέλιξη των ειδών στη διάρκεια του χρόνου ήταν αποδεκτή από τους επιστήμονες ακόμα και αν η φυσική επιλογή ως μηχανισμός πίσω από αυτή δεν ήταν αποδεκτή από όλους (Mayr, 2008). Έτσι η εξέλιξη έκανε την εμφάνιση της στα σχολικά εγχειρίδια χωρίς ωστόσο να προτείνεται κάποιος μηχανισμός πίσω από αυτή. Όμως στις Η.Π.Α. η αποδοχή της εξέλιξης στα σχολικά εγχειρίδια συνάντησε αρκετές δυσκολίες. Όπως αναφέραμε προηγουμένως η κοινή γνώμη ήταν ήδη πολωμένη όσον αφορά αυτό το ζήτημα και πολλοί γονείς δεν θέλανε τα παιδιά τους να εκτεθούν σε μια ενδεχομένως επικίνδυνη (κατά τη γνώμη τους) θεωρία (Scott, 2004). Ταυτόχρονα στις αρχές του 20^{ου} αιώνα υπήρχε άνοδος του φονταμενταλισμού στις Η.Π.Α. ενώ παράλληλα ο δαρβινισμός συσχετιζονταν με τον κοινωνικό δαρβινισμό που πολλοί θεωρούσαν υπεύθυνο για την άνοδο του –κακού- καπιταλισμού (όντως πολλοί επιχειρηματίες χρησιμοποιούσαν τη φυσική επιλογή για να δικαιολογήσουν τις -πολλές φορές- ακραίες εκμεταλλευτικές πολιτικές τους). Ο 1^{ος} Παγκόσμιος Πόλεμος έκανε τα πράγματα ακόμα χειρότερα αφού για πολλούς η καταστροφικότητα του σήμαινε την αποτυχία του σύγχρονου ανθρώπινου πολιτισμού και έτσι ως αντίδραση πολλοί στράφηκαν στην (πιο παραδοσιακή) θρησκεία. Όπως είναι φανερό, αρκετοί άνθρωποι είχαν διάφορους λόγους για να μη θέλουν τα παιδιά τους να διδαχθούν την εξέλιξη των ειδών και έτσι προσπάθησαν να τη σταματήσουν (Larson, 2008). Οι προσπάθειες τους καρποφόρησαν το 1925 όταν στην πολιτεία του Tennessee πέρασε ο νόμος Butler

(*Tennessee Butler Act*) ο οποίος απαγόρευε σε οποιονδήποτε εκπαιδευτικό να διδάξει «οποιαδήποτε θεωρία αρνείται τη θεική καταγωγή του ανθρώπου όπως εμφανίζεται στη Βίβλο και αντ' αυτού να διδάσκει ότι ο άνθρωπος κατάγεται από ένα χαμηλότερης τάξης ζώο» (Lofaso, 2005). Φυσικά ο νόμος δεν άρεσε στους επιστήμονες, ούτε και σε διάφορα σωματεία που επικεντρωνόντουσαν σε θέματα ελευθερίας του λόγου. Ένα τέτοιο σωματείο, η *Αμερικάνικη Ένωση για τις Πολιτικές Ελευθερίες (American Civil Liberties Union)* αμέσως θέλησε να εναντιωθεί στο νόμο αυτό και έτσι προσέφερε δωρεάν δικαστική υπεράσπιση σε όποιον εθελοντή ήταν πρόθυμος να παραβεί το νόμο και να οδηγηθεί σε δίκη. Τότε οι τοπικοί επιχειρηματίες μιας μικρής πόλης του Tennessee, του Dayton, είδαν το γεγονός αυτό ως διαφημιστική ευκαιρία για την πόλη τους και έπεισαν το νεαρό δάσκαλο επιστημών **John Scopes** (1900-1970) να παραβεί το νόμο. Ο Scopes συμφώνησε και η δίκη που ακολούθησε χαρακτηρίστηκε ως «η δίκη του αιώνα», αφού έγινε η 1^η δίκη που καλύφθηκε, όχι μόνο από τον Αμερικάνικο τύπο, αλλά και ζωντανά από διάφορους ραδιοφωνικούς σταθμούς (Larson, 2008). Ως εισαγγελέας ορίστηκε ο



Εικόνα 17: Η αφίσα της ταινίας

Inherit the Wind του 1960

([Wikipedia](#))

William Jennings Bryan (1860-1925) μια από τις πιο αναγνωρίσιμες πολιτικές προσωπικότητες της εποχής (3 φορές υποψήφιος για πρόεδρος των Η.Π.Α. και υπουργός εξωτερικών το χρονικό διάστημα διακυβέρνησης του Woodrow Wilson) ενώ ως συνήγορος υπεράσπισης του Scopes ανέλαβε ο **Clarence Darrow** (1857-1938) που εκείνη την εποχή ήταν ο πιο γνωστός συνήγορος υπεράσπισης στις Η.Π.Α. (Scott, 2004). Η δίκη του Scopes είναι τόσο διαδεδομένη στις Η.Π.Α. που έγινε θεατρική παράσταση το 1955 με το όνομα *Inherit the Wind* ενώ αργότερα, το 1960, μεταφέρθηκε και στη μεγάλη οθόνη με το ίδιο όνομα (Εικόνα 17) όπου

έγινε επιτυχία αποσπώντας 4 υποψηφιότητες για τα βραβεία Oscar και ακολούθησαν 3 ακόμα μεταφορές στην τηλεόραση (1965, 1988 και 1999) (Bowler &

Pickstone, 2009). Παρά την πολύ μεγάλη δημοσιότητα που πήρε η δίκη, εν τέλει ο Scopes κλήθηκε να πληρώσει μόνο ένα μικρό πρόστιμο (100 \$) κάτι που ερμηνεύθηκε από τους

προοδευτικούς ως νίκη έναντι των συντηρητικών και πλέον όσοι αυτοαποκαλούνταν αντι-εξελικτικοί θεωρήθηκαν βαθιά θρησκευόμενοι φονταμενταλιστές και προσκολλημένοι στο παρελθόν (Αθανασίου, 2009). Έτσι παρόμοιοι νόμοι που πήγαν να περαστούν σε διάφορες άλλες πολιτείες των Η.Π.Α. παρέμειναν στα χαρτιά. Παρόλα αυτά μετά τη δίκη η εξέλιξη των ειδών διδασκόταν σε ακόμα μικρότερο βαθμό απ' ότι πριν. Και αυτό γιατί ο φονταμενταλισμός και ο συντηρητισμός είχαν επικρατήσει στις νότιες πολιτείες των Η.Π.Α. όπου γονείς και δάσκαλοι επέλεγαν σχολικά εγχειρίδια που είτε δεν ανέφεραν καθόλου την εξέλιξη των ειδών ή την υποβίβαζαν σε μεγάλο βαθμό. Ως αποτέλεσμα οι εκδότες σχολικών εγχειριδίων, προκειμένου να μην υποστούν οικονομική ζημιά, προσάρμοσαν τα σχολικά εγχειρίδια στις απαιτήσεις των νότιων (τα οποία φυσικά πωλούνταν και στο βορά) και πολύ σύντομα η εξέλιξη των ειδών εξαφανίστηκε από τα σχολικά εγχειρίδια και κατ' επέκταση και από τις σχολικές αίθουσες (Scott, 2004).

Η κατάσταση αυτή παρέμεινε έτσι μέχρι το τέλος της δεκαετίας του 1950 (Larson, 2008). Το 1957 η Σοβιετική Ένωση έθεσε σε τροχιά το δορυφόρο Sputnik, τον 1^ο τεχνητό δορυφόρο γύρω από τη γη, ξαφνιάζοντας και προσπερνώντας τις Η.Π.Α. στον άτυπο διαστημικό αγώνα μεταξύ τους. Τότε οι Η.Π.Α., φοβούμενοι την ήττα από τους Σοβιετικούς, αποφάσισαν να βελτιώσουν σημαντικά το επίπεδο της επιστημονικής εκπαίδευσης των ιδρυμάτων τους. Για το λόγο αυτό, μια επιτροπή επιστημόνων και παιδαγωγών κλήθηκε να εξετάσει τα σχολικά εγχειρίδια των επιστημονικών κλάδων και όταν η επιτροπή εξέτασε τα σχολικά εγχειρίδια στο μάθημα της Βιολογίας σοκαρίστηκε από το πόσο ελλιπή ήταν αφού η εξέλιξη των ειδών που αποτελούσε τη βάση της σύγχρονης Βιολογίας ήταν απύσχα σχεδόν απ' όλα τα εγχειρίδια. Έτσι η επιτροπή αποφάσισε να αναθεωρήσει εντελώς τα βιολογικά εγχειρίδια και τα νέα εγχειρίδια που κυκλοφόρησαν το 1963, όχι μόνο περιείχαν την εξέλιξη των ειδών αλλά την αντιμετώπιζαν ως το βασικότερο κομμάτι της Βιολογίας που αποτελεί το συνδετικό κρίκο μεταξύ όλων των επιμέρους κλάδων της. Το πρόβλημα ήταν πως σε κάποιες πολιτείες υπήρχαν ακόμα νομοί όπως το νόμο Butler όπου απαγόρευαν τη διδασκαλία της εξέλιξης των ειδών (Scott, 2004). Μια τέτοια πολιτεία ήταν το Arkansas και ο *Σύλλογος Εκπαιδευτικών* της πολιτείας αυτής (*Arkansas Education Association*) επιχείρησε να εναντιωθεί στο νόμο που απαγόρευε τη διδασκαλία της εξέλιξης αφού πίστευε ότι παραβίαζε την 1^η τροπολογία του Αμερικανικού Συντάγματος που αφορά την ελευθερία του λόγου και της έκφρασης. Και αυτό γιατί 1^η τροπολογία απαιτεί από τα σχολεία να υιοθετούν ουδέτερη στάση σε θρησκευτικά θέματα κάτι που δεν συνέβαινε αφού η

διδασκαλία της εξέλιξης απαγορευόταν μόνο και μόνο επειδή θεωρητικά αντιτίθεται σε κάποιες θρησκευτικές πεποιθήσεις. Έτσι, το 1968 το Ανώτατο Δικαστήριο των Η.Π.Α. κήρυξε την απαγόρευση της διδασκαλίας της εξέλιξης των ειδών ως *αντισυνταγματική* και η διδασκαλία της εξέλιξης επιτράπηκε σε όλη τη χώρα (Lofaso, 2005). Η απόφαση αυτή δεν άρεσε σε πολλούς φονταμενταλιστές που ένιωθαν την ανάγκη να προστατέψουν ξανά τα παιδιά τους από τη διδασκαλία της εξέλιξης η οποία και θεωρούσαν πως θα τα οδηγήσει μακριά από την πίστη και το δρόμο του Θεού. Αφού λοιπόν η εξέλιξη πλέον δεν μπορούσε να βγει από τη διδακτέα ύλη η λύση για αυτούς ήταν η ενσωμάτωση στην ύλη μιας «εναλλακτικής επιστημονικής θεωρίας» που θα «συμβάδιζε με τα λεγόμενα της Βίβλου». Έτσι γεννήθηκε η *Επιστήμη της Δημιουργίας* η οποία συνδέθηκε με το μηχανικό και θεολόγο **Henry Morris** (1918-2006) και το βιβλίο του *The Genesis Flood* (1961) που έγραψε σε συνεργασία με το θεολόγο **John Whitcomb** (1924-2020) (Bowler & Pickstone, 2009). Σε αυτό οι συγγραφείς υιοθετούν τη στάση των οπαδών της νεαρής γης (YEC, όπως είδαμε παραπάνω) προτείνοντας πως τα περισσότερα γεωλογικά φαινόμενα μπορούν να εξηγηθούν από την πλημμύρα του Νώε. Τα επιστημονικά στοιχεία που προσπαθεί να εισάγει ο Morris για να στηρίξει τους ισχυρισμούς του, παρόλο που απορριφθήκαν κατηγορηματικά από τη μεγάλη πλειοψηφία των επιστημόνων, έγιναν το σήμα κατατεθέν της Επιστήμης της Δημιουργίας που οι οπαδοί της νεαρής γης παρουσίασαν σαν την εναλλακτική επιστημονική άποψη στην εξέλιξη των ειδών απαιτώντας την «*επί ίσοις όροις διδασκαλία των δυο αυτών επιστημονικών απόψεων*» στα σχολεία (Pennock, 2000). Ο Morris δούλεψε πυρετωδώς προσπαθώντας να ενισχύσει το κύρος της Επιστήμης της Δημιουργίας και το 1972 ίδρυσε το *Ινστιτούτο για την Έρευνα της Δημιουργίας (Institute for Creation Research)* το οποίο από την αρχή της λειτουργίας του περιλάμβανε ένα εκτεταμένο πρόγραμμα ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης του κοινού για την Επιστήμη της Δημιουργίας στα πλαίσια του οποίου πραγματοποιούνται ακόμα πολυάριθμα εργαστήρια, ομιλίες, προώθηση οπτικοακουστικού υλικού και debates με επιστήμονες όσον αφορά την εξέλιξη. Στα γραφεία του Ινστιτούτου υπάρχει και ένα μουσείο, το Μουσείο Δημιουργίας και Ιστορίας της Γης που υποδέχεται κάθε χρόνο χιλιάδες μαθητές από διάφορα μέρη των Η.Π.Α. Οι προσπάθειες των οπαδών της νεαρής γης και της Επιστήμης της Δημιουργίας καρποφόρησαν στις αρχές της δεκαετίας του 1980 και διάφοροι νόμοι πέρασαν σε αρκετές πολιτείες των Η.Π.Α. που επέτρεπαν τη διδασκαλία του δημιουργισμού ως εναλλακτική της εξέλιξης των ειδών αφιερώνοντας ίσο χρόνο στις 2 θεωρίες (Scott, 2004).

Η Επιστήμη της Δημιουργίας αποτελεί στην ουσία μια προσπάθεια των δημιουργιστών να δώσουν μια επιστημονική υπόσταση στα πιστεύω τους ισχυριζόμενοι ότι ο δημιουργισμός μπορεί να αποδειχθεί επιστημονικά. Όμως αυτό δεν ισχύει καθώς ο δημιουργισμός **δεν μπορεί να ελεγχθεί** αφού περιλαμβάνει μεταφυσικά στοιχεία. Δηλαδή, αν η άποψη των δημιουργιστών είναι σωστή και όντως ένας παντοδύναμος Θεός έχει δημιουργήσει τα πάντα, τότε, εφόσον είναι παντοδύναμος, θα μπορούσε το δημιουργημένο σύμπαν του να μοιάζει ότι έχει ηλικία δισεκατομμυρίων χρόνων ακόμα και αν είχε δημιουργηθεί πριν 5 δευτερόλεπτα. Με λίγα λόγια η «θεωρία του δημιουργισμού» είναι **συμβατή με κάθε επιστημονική εξήγηση** (επομένως δεν μπορεί ποτέ κάποιος να τη διαψεύσει) και άρα δε συνιστά μια επιστημονική θεωρία (Scott, 2004). Στον αντίποδα, κάποιοι δημιουργιστές πιστεύουν πως ούτε η εξέλιξη των ειδών αποτελεί επιστημονική θεωρία για τον ίδιο λόγο αφού κανένας δεν έχει παρατηρήσει την εξέλιξη να συμβαίνει καθώς είναι μια πολύ αργή διαδικασία (Barton et al., 2013). Όμως η εξέλιξη μπορεί να ελεγχθεί επιστημονικά με διάφορους τρόπους, ο πιο διαδεδομένος από τους οποίους είναι η χρήση του συλλογισμού «αν... τότε». Για παράδειγμα «αν η εξέλιξη ισχύει, τότε θα περιμένουμε να βρούμε τις απλούστερες μορφές ζωής στα παλαιότερα γεωλογικά αποθέματα και τις πιο περίπλοκες στα πιο πρόσφατα». Πολλές τέτοιες υποθέσεις έχουν ελεγχθεί επιστημονικά υποστηρίζοντας την εξέλιξη των ειδών. Με λίγα λόγια το κριτήριο της διαψευσιμότητας (που πρέπει να πληρεί οποιαδήποτε επιστημονική θεωρία για να μπορεί να θεωρείται επιστημονική) μπορεί να εφαρμοστεί στην εξέλιξη των ειδών αλλά όχι στο δημιουργισμό (Smith, 1978).

2.3.4 Η διαμάχη στις μέρες μας

Το 1987 το Ανώτατο Δικαστήριο των Η.Π.Α. κήρυξε και τη διδασκαλία του δημιουργισμού ως **αντισυνταγματική** (υπόθεση *Edwards v. Aguillard*) αφού ο δημιουργισμός, όντας θρησκευτική έννοια, παραβίαζε επίσης την 1^η τροπολογία του Αμερικανικού Συντάγματος που απαιτούσε από τα σχολεία να υιοθετούν ουδέτερη στάση σε θρησκευτικά θέματα (Ayala, 2008). Όμως η απάντηση των αντι-εξελικτικών δεν άργησε να έρθει. Αυτή τη φορά πρότειναν, μαζί με τη διδασκαλία της εξέλιξης, και τη διδασκαλία μιας άλλης θεωρίας ως εναλλακτικής η οποία απέφυγε οποιαδήποτε αναφορά στις λέξεις «δημιουργισμός», «δημιουργία» ή «δημιουργός» και ως εκ τούτου δεν θα μπορούσε να θεωρηθεί θρησκευτική έννοια και άρα η διδασκαλία της δεν θα μπορούσε να

κριθεί ως αντισυνταγματική. Η θεωρία αυτή είναι η **θεωρία του ευφυούς σχεδιασμού** (Scott, 2004).

Η θεωρία του ευφυούς σχεδιασμού δεν αποτελεί μια νέα θεωρία αλλά υπάρχει από πολύ παλιά (όπως αναφέραμε στο 1^ο κεφάλαιο, ήδη ο Πλάτωνας στο έργο του *Τιμαίος* είχε αναφερθεί στην ύπαρξη ενός ευφυή Δημιουργού) (Scott, 2004). Το 1802 ο φιλόσοφος και θεολόγος **William Paley** (1743-1805) έγραψε το *Natural Theology or Evidences of the Existence and Attributes of the Deity* στο οποίο πρότεινε πως η πολυπλοκότητα των ζωντανών οργανισμών αποτελεί απόδειξη της ύπαρξης του Θεού (ο οποίος και σχεδίασε τον κάθε οργανισμό έτσι ώστε να ταιριάζει απόλυτα στο περιβάλλον του) (Ayala, 2008). Το βιβλίο αυτό είναι το 1^ο έργο στο οποίο μπορεί να βρεθεί το **επιχείρημα του ωρολογοποιού**: σύμφωνα με τον Paley αν βρίσκαμε σε ένα θάμνο μια πέτρα και ένα ρολόι τότε θα συμπεράναμε πως, σε αντίθεση με την πέτρα που αποτελεί ένα φυσικό αντικείμενο του οποίου η ύπαρξη δεν απαιτεί καμία απολύτως εξήγηση, το ρολόι είναι ένα τεχνούργημα, σχεδιασμένο για κάποιον σκοπό (τη μέτρηση του χρόνου) που η ύπαρξη του υπονοεί κάποιον τεχνίτη ο οποίος το δημιούργησε (Scott, 2004). Ο Paley στη συνέχεια προτείνει πως κάθε πολύπλοκη δομή όπως π.χ. το μάτι των σπονδυλωτών με το οποίο επιτελείται η όραση υπονοεί επίσης την ύπαρξη ενός τεχνίτη που το σχεδίασε, δηλαδή του Θεού (Dewey, 2016). Ο ίδιος ο Δαρβίνος είχε διαβάσει το βιβλίο του Paley και το θεωρούσε πολύ καλό βιβλίο (παρόλο που στην περίπτωση του ματιού των σπονδυλωτών διαφωνούσε) (Scott, 2004). Αυτό που παρατηρούμε στο βιβλίο του Paley είναι πως αντιπαράθετει το **σχεδιασμό** με την **τύχη** και ο λόγος που το αναφέρουμε εδώ είναι γιατί οι σημερινοί οπαδοί του ευφυούς σχεδιασμού καταφεύγουν στο ίδιο επιχείρημα, εξισώνοντας την φυσική επιλογή εξέλιξη των ειδών με την τύχη την οποία και στη συνέχεια συγκρίνουν με τον ευφυή σχεδιασμό (Barton et al., 2013). Για παράδειγμα, ένα αγαπημένο επιχείρημα των οπαδών του ευφυούς σχεδιασμού είναι το επιχείρημα του Άγγλου αστρονόμου **Fred Hoyle** (1915-2001) που στο βιβλίο του *Evolution from Space* (1982) έγραψε πως η πιθανότητα να δημιουργηθεί έστω και η πιο απλή μορφή ζωής από τυχαία γεγονότα ισούται με την πιθανότητα ένας ανεμοστρόβιλος να συναρμολογήσει τυχαία ένα αεροσκάφος Boeing 707 περνώντας πάνω από μια χωματερή. Όμως η εξέλιξη δεν ισούται με την τύχη. Σίγουρα η τύχη παίζει μεγάλο ρόλο κυρίως ως δημιουργικός παράγοντας αφού δημιουργεί την απαραίτητη ποικιλομορφία πάνω στην οποία δρα η φυσική επιλογή. Η ίδια η φυσική επιλογή όμως δεν είναι μια τυχαία διαδικασία. Αντίθετα είναι μια επιλεκτική διαδικασία η οποία καθορίζει, με βάση ορισμένους παράγοντες, ποιοι

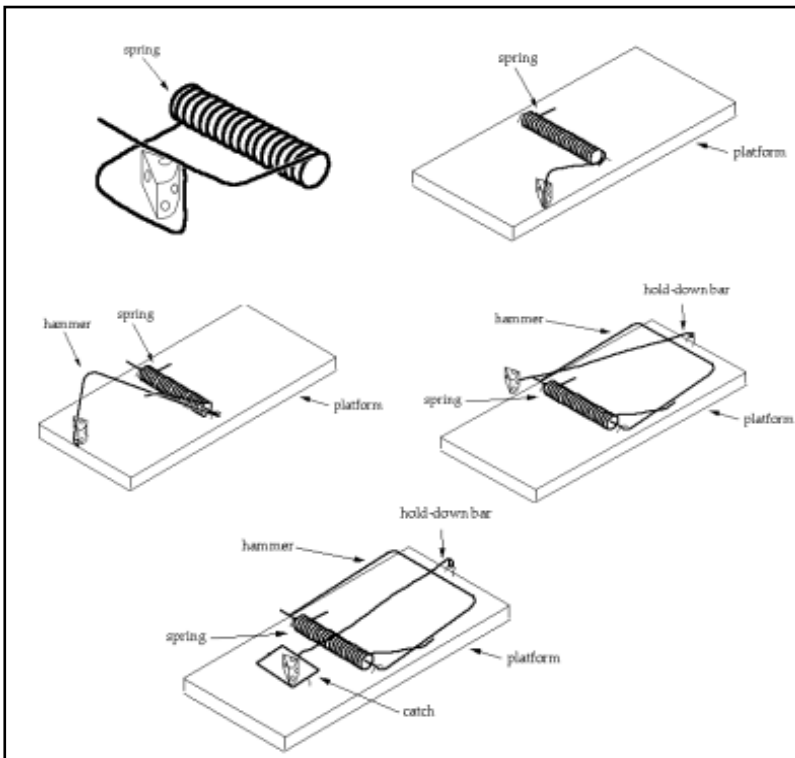
από τους τυχαίους συνδυασμούς ποικιλομορφίας θα επιβιώσουν και θα αναπαραχθούν (ή ποιοι θα συναντήσουν δυσκολίες και θα εξαλειφθούν). Έτσι η εξέλιξη μπορεί να γίνει αντιληπτή ως το αποτέλεσμα ενός συνδυασμού τυχαίας ποικιλομορφίας με μη τυχαίας καθοριστικής δύναμης, της φυσικής επιλογής (Pennock, 2000).

Το βιβλίο με το οποίο η θεωρία του ευφυούς σχεδιασμού ήρθε ξανά στο προσκήνιο είναι το *The Mystery of Life's Origin* που δημοσιεύθηκε το 1984 από διάφορους συγγραφείς με κύριους τους Αμερικανούς **Charles Thraxton** (1939-) (ιστορικός και χημικός) και **Walter Bradley** (1943-) (μηχανικός). Στο βιβλίο αυτό οι συγγραφείς απέφευγαν οποιαδήποτε αναφορά στη Βίβλο και εστίαζαν πολύ στα «επιστημονικά προβλήματα» που υπάρχουν με την εξέλιξη των ειδών. Μόνο στο τέλος του βιβλίου οι συγγραφείς αναφερόντουσαν στην ανάγκη ύπαρξης μιας ανώτερης δύναμης που εμπλέκεται στο ξεκίνημα της ζωής και, παρόλο που ανέφεραν την προτίμησή τους στο γεγονός πως ο Θεός είναι αυτή η ανώτερη δύναμη, προτίμησαν να κρατήσουν μια αγνωστικιστική άποψη όσον αφορά την προέλευση της ζωής (Scott, 2004). Το επόμενο βιβλίο στο οποίο προτείνονταν η θεωρία του ευφυούς σχεδιασμού ήταν το σχολικό βοήθημα *Of Pandas and People* που δημοσιεύθηκε το 1989 από τους Αμερικανούς βιολόγους **Dean Kenyon** (1939-) και **Percival Davis**. Το σχολικό αυτό βοήθημα δεν είχε επιτυχία αλλά 2 χρόνια αργότερα, το 1991, δημοσιεύθηκε το βιβλίο *Darwin on Trial* του Αμερικανού καθηγητή Νομικής στο Πανεπιστήμιο του Berkeley **Phillip Johnson** (1940-2019) που προκάλεσε αίσθηση καθώς ο Johnson ήταν ο 1^{ος} καθηγητής που δίδασκε σε ένα μεγάλο και περίβλεπτο πανεπιστήμιο που υποστήριζε τη συγκεκριμένη άποψη (Pennock, 2000).

Καθώς η θεωρία του ευφυή σχεδιασμού δεν έχει αναφορές στη Βίβλο και ως εκ τούτου δε συνδέεται αυστηρά με τη θρησκεία, είναι αρκετά δημοφιλής θεωρία μεταξύ διάφορων οπαδών του χριστιανισμού που δεν είναι φονταμενταλιστές. Όντως οι περισσότεροι οπαδοί του ευφυούς σχεδιασμού (όχι όμως όλοι) θέλουν να αποφύγουν τη σύνδεση με πιο φονταμενταλιστικές ομάδες όπως την Επιστήμη της Δημιουργίας του Henry Morris. Ο πυρήνας των απόψεων των οπαδών της θεωρίας αυτής είναι η άποψη πως το σύμπαν (ή τουλάχιστον κάποια μέρη του) έχουν σχεδιαστεί από μια **ανώτερη δύναμη** (Pennock, 2000). Επίσης βασικό κομμάτι αποτελεί η απόρριψη του δαρβινισμού (αν και οι οπαδοί του ευφυούς σχεδιασμού με τον όρο δαρβινισμός δεν εννοούν μόνο την εξέλιξη όπως την είχε συλλάβει ο Δαρβίνος αλλά κάθε εξελικτική θεωρία). Ακόμα ορισμένοι οπαδοί του ευφυούς σχεδιασμού ισχυρίζονται πως μπορούν να διακρίνουν ποια

τιμήματα του σύμπαντος αποτελούν προϊόντα σχεδιασμού και ποια προέκυψαν φυσικά. Τα κριτήρια που χρησιμοποιούν για να το κάνουν αυτό είναι 2 (Scott, 2004):

Αμείωτη πολυπλοκότητα (Irreducible complexity): Το κριτήριο αυτό προτάθηκε από τον Αμερικανό βιοχημικό **Michael Behe** (1952-) ο οποίος παρατήρησε πως ορισμένες κυτταρικές δομές καθίστανται μη λειτουργικές ακόμα και αν αφαιρεθεί έστω ένα κομμάτι τους (Scott, 2004). Έτσι πρότεινε πως υπάρχει ένα ελάχιστο όριο κάτω από το οποίο η πολυπλοκότητα κάποιων δομών δεν μπορεί να μειωθεί περεταίρω γιατί θα καθιστούσε τη δομή μη λειτουργική. Ταυτόχρονα, σύμφωνα με τον Behe, η απαραίτητη πολυπλοκότητα που απαιτεί η δομή αυτή για να λειτουργήσει δεν θα μπορούσε να παραχθεί από τη φυσική επιλογή με σταδιακές προσθήκες σε μια δομή χαμηλότερης πολυπλοκότητας αφού κάθε στάδιο θα ήταν μη λειτουργικό και η δομή δεν θα μπορούσε να συνεχίσει να υπάρχει (Pennock, 2000). Ένα παράδειγμα που χρησιμοποιεί ο Behe για να αναδείξει το κριτήριο της αμείωτης πολυπλοκότητας είναι μια *ποντικοπαγίδα*, δηλαδή μια δομή που αποτελείται από 5 διακριτά μέρη καθένα από τα οποία είναι απολύτως απαραίτητα για να λειτουργήσει η ποντικοπαγίδα (Εικόνα 18). Αφαιρώντας ένα μέρος της ποντικοπαγίδας, αμέσως αυτή καθίσταται άχρηστη αφού δεν είναι ικανή πλέον να



Εικόνα 18: Η πενταμερής ποντικοπαγίδα του Behe
(Behe et al., 2009)

παγιδεύσει ποντίκια άρα μπορούμε να συμπεράνουμε πως μια δομή όπως η ποντικοπαγίδα είναι ένα τεχνούργημα που έχει προέλθει από έναν τεχνίτη, στην προκειμένη περίπτωση, τον άνθρωπο. Ένα άλλο παράδειγμα ζωντανού οργανισμού που χρησιμοποιεί ο Behe είναι τα *μαστιγοφόρα βακτήρια*. Το μαστίγιο στα βακτήρια αυτά είναι απαραίτητο για την

επιβίωση τους και αποτελείται από πάνω από 50 πρωτεΐνες καθεμία από τις οποίες είναι απαραίτητη για το σχηματισμό του μαστιγίου. Σύμφωνα με τον Behe λοιπόν είναι απίθανο η φυσική επιλογή να ευνόησε το σχηματισμό του μαστιγίου στα μαστιγοφόρα βακτήρια αφού κάτι τέτοιο θα απαιτούσε την *τυχαία σταδιακή προσθήκη μίας προς μίας* πρωτεΐνης στη δομή αυτή έως ότου αυτή κατασταθεί λειτουργική (Behe et al., 2009).

Ωστόσο, οι επικριτές του Behe τονίζουν 2 σημεία: 1^{ον} δομές που ο Behe θεωρεί «αμείωτης πολυπλοκότητας» στην πραγματικότητα δεν είναι αμείωτης (π.χ. διάφοροι επιστήμονες έχουν κατασκευάσει ποντικοπαγίδες που λειτουργούν με 4, 3, 2 ακόμα και 1 μέρος) (Scott, 2004). 2^{ον} πιστεύουν πως ο Behe παρουσιάζει μια παραπλανητική εικόνα για το μηχανισμό δράσης της φυσικής επιλογής. Στην πραγματικότητα η φυσική επιλογή δεν χρειάζεται να προσθέτει σταδιακά ένα προς ένα κάθε στοιχείο που στο τέλος θα καταστήσει μια λειτουργική δομή. Αντ' αυτού κάθε στοιχείο προϋπάρχει στο χώρο επιτελώντας μια παρόμοια ή ακόμα και την ίδια λειτουργία που επιτελεί στην τελική δομή αλλά για κάποιο άλλο σκοπό ενώ επίσης πολλές φορές υπάρχουν και ενδιάμεσες δομές που δεν γνωρίζουμε (National Academy of Sciences, 2008). Ας πούμε στην περίπτωση του μαστιγίου των μαστιγοφόρων βακτηρίων πολλές από τις πρωτεΐνες που το αποτελούν βρίσκονται και σε άλλους τύπους βακτηρίων πραγματοποιώντας παρόμοιες λειτουργίες με αυτές που έχουν στο μαστίγιο των μαστιγοφόρων. Είναι πιθανό κάποιες από αυτές τις πρωτεΐνες να συνδυάστηκαν αρχικά σε διάφορες δομές οι οποίες θα έδιναν κάποιο πλεονέκτημα στο βακτήριο και αργότερα να ευνοήθηκε η σύνδεση αυτών των δομών σε μια μεγαλύτερη δομή, δηλαδή το μαστίγιο. Είναι επίσης πιθανό κάποια από αυτές τις ενδιάμεσες δομές να μην υπάρχει πλέον στα βακτήρια (Pennock, 2000). Για να γίνει καλύτερα κατανοητό το παραπάνω παράδειγμα αρκεί να φανταστούμε μια πέτρινη αψίδα. Για να χτιστεί ένα τέτοιο οικοδόμημα απαιτεί την παρουσία μιας σκαλωσιάς η οποία θα στηρίζει τα 2 μέρη της αψίδας μέχρι να τοποθετηθεί το πάνω κομμάτι της. Μόλις αυτό τοποθετηθεί και η αψίδα πλέον μπορεί αν σταθεί μόνη της τότε η σκαλωσιά αφαιρείται αφήνοντας πίσω ένα οικοδόμημα αμείωτης πολυπλοκότητας. Με τον ίδιο τρόπο η φυσική επιλογή μπορεί να λειτουργήσει στους ζωντανούς οργανισμούς (Scott, 2004).

Όμως, ακόμα και αν η φυσική επιλογή ήταν ανήμπορη να εξηγήσει την προέλευση δομών που ο Behe θεωρεί αμείωτης πολυπλοκότητας αυτό δεν αποτελεί απόδειξη της ύπαρξης ενός ευφυούς σχεδιαστή (Pennock, 2000). Θα μπορούσαν να υπάρχουν άλλοι μηχανισμοί που δεν έχουν ανακαλυφθεί ακόμα και θα εξηγούσαν αυτό που σήμερα αποτελεί μυστήριο όπως έχει γίνει αρκετές φορές στο παρελθόν. Ορισμένοι έχουν

περιγράψει την προσέγγιση του Behe ως ένα «επιχείρημα από άγνοια» καθώς χρησιμοποιεί την εισαγωγή μεταφυσικών στοιχείων προκειμένου να εξηγήσει κάτι που (σύμφωνα με τον ίδιο) δεν έχει εξηγηθεί (*ακόμα*) από την επιστήμη (Scott, 2004).

Σύνθετες προσδιορισμένες πληροφορίες (Complex Specified Information): Το κριτήριο αυτό προτάθηκε από τον Αμερικανό μαθηματικό και φιλόσοφο **William Dembski** (1960-) και στην ουσία αποτελεί μια εφαρμογή της **θεωρίας των πιθανοτήτων** για να διακρίνει τα γεγονότα που έχουν προέλθει από τη δράση ενός ευφυή σχεδιαστή από τα υπόλοιπα που έχουν προκύψει φυσικά. Σύμφωνα με τον Dembski τα γεγονότα που συναντώνται συχνά στο σύμπαν και είναι σε μεγάλο βαθμό προβλέψιμα (π.χ. οι πλανήτες και οι κινήσεις τους λόγω βαρυτικών αλληλεπιδράσεων) προκύπτουν από τους φυσικούς νόμους. Το ίδιο συμβαίνει και για γεγονότα που συναντώνται με ενδιάμεση συχνότητα ή ακόμα και για σπάνια γεγονότα για τα οποία ο Dembski θεωρεί πως προκύπτουν από ένα συνδυασμό φυσικών νόμων και τύχης. Όμως υπάρχουν κάποια γεγονότα για τα οποία ο Dembski θεωρεί πως, βάση πιθανοτήτων, είναι εξαιρετικά απίθανο να προκύψουν φυσικά επειδή 1^{ov} είναι πολύ πολύπλοκα και 2^{ov} συνιστούν «προσδιορισμένα γεγονότα» (ως παράδειγμα ενός προσδιορισμένου και πολύπλοκου γεγονότος ο Dembski αναφέρει «ένα γράμμα της αλφαβήτου είναι κάτι προσδιορισμένο χωρίς να είναι πολύπλοκο, πολλά γράμματα τοποθετημένα το ένα δίπλα στο άλλο είναι κάτι πολύπλοκο αλλά όχι προσδιορισμένο, όμως ένα σονέτο του Shakespeare είναι και πολύπλοκο και προσδιορισμένο») (Dembski, 1998). Μπορούμε να φανταστούμε τη θεωρία του Dembski ως ένα **φίλτρο** που στόχο έχει να ξεχωρίσει μόνο όσα γεγονότα αποτελούν και πολύπλοκα και προσδιορισμένα (και πίσω από τα οποία υπονοείται η ύπαρξη ενός σχεδιαστή) (Scott, 2004). Ένα τέτοιο γεγονός σύμφωνα με τον Dembski είναι η εμφάνιση μορίων όπως το DNA που δεν θα μπορούσε να έχει προκύψει από το συνδυασμό φυσικών νόμων και τύχης (Dembski, 1998).

Όπως και στην περίπτωση της αμειώτης πολυπλοκότητας του Behe, οι επικριτές του Dembski θεωρούν την προσέγγιση του ως ένα ακόμα «επιχείρημα από άγνοια» και έτσι, χρησιμοποιώντας το φίλτρο του Dembski σε κάποια γεγονότα που ξέρουμε πως είναι αποτέλεσμα φυσικών διεργασιών, μπορούμε να αναδείξουμε την αναποτελεσματικότητα του (Pennock, 2000). Για παράδειγμα σε κάποιες περιοχές του πλανήτη μας μπορούμε να παρατηρήσουμε τον ξαφνικό σχηματισμό δακτυλίων οι οποίοι αποτελούνται από δηλητηριώδη μανιτάρια (Εικόνα 19). Το γεγονός αυτό είναι και σπάνιο και πολύπλοκο και προσδιορισμένο και κάποιος θα μπορούσε να αποδώσει την ύπαρξη του σε μια ανώτερη

δύναμη (καθώς είναι απίθανο διάφορα μανιτάρια να ξεφυτρώσουν ταυτόχρονα στο ίδιο μέρος και σε κυκλικό σχήμα και μάλιστα αυτό να συμβαίνει επανειλημμένα και να καταγραφεί σε διάφορες περιοχές). Αυτό ακριβώς πίστευαν και οι άνθρωποι τον 9^ο αιώνα που είχαν αποδώσει την ύπαρξη αυτών των σχηματισμών σε νεράιδες του δάσους νομίζοντας πως οι δακτύλιοι των δηλητηριωδών μανιταριών ήταν τα απομεινάρια κάποιας γιορτής ή τελετής τους το προηγούμενο βράδυ. Σήμερα όμως γνωρίζουμε πως οι σχηματισμοί αυτοί οφείλονται στην αναπαραγωγική βιολογία των μανιταριών αυτών, τα μυκήλια των οποίων παραμένουν στο έδαφος και αναπτύσσονται ακτινωτά πάνω από αυτό όταν οι συνθήκες γίνουν κατάλληλες (Scott, 2004).



Εικόνα 19: Ένας δακτύλιος μανιταριών κοντά στο Queensland της Αυστραλίας.
([Wikipedia](#))

Παρόλο που οι ισχυρισμοί των οπαδών τους ευφυούς σχεδιασμού έχουν καταρριφθεί από τους επιστήμονες, από τις αρχές του 21^{ου} αιώνα υπάρχουν συνεχείς προσπάθειες από αυτούς ώστε να προωθήσουν τη θεωρία τους στα σχολεία υπονομεύοντας παράλληλα την εξέλιξη. Για παράδειγμα το 2005 το *Εκπαιδευτικό Συμβούλιο του Υπουργείου Παιδείας του Kansas (Kansas State Department Board of Education)* αποφάσισε να αλλάξει τον τρόπο με τον οποίο διδασκόταν η εξέλιξη σύμφωνα με το πρότυπο που πρότεινε το *Ινστιτούτο Discovery* (ένας μη κερδοσκοπικός οργανισμός που έχει ως στόχο την προώθηση του ευφυούς σχεδιασμού) (Αθανασίου, 2009). Το κίνητρο πίσω από την αλλαγή ήταν πως η εξέλιξη «δεν εξηγεί καλά την προέλευση του ανθρώπου» ενώ ο ευφυής σχεδιασμός παρέχει πιο ικανοποιητική εξήγηση (Lofaso, 2005). Έτσι η αλλαγή προέβλεπε τη διδασκαλία της διαμάχης εξέλιξης-ευφυούς σχεδιασμού παρουσιάζοντας όμως τον ευφυή σχεδιασμό ως μια θεωρία εφάμιλλη της εξέλιξης κάτι που, σύμφωνα με το Εκπαιδευτικό Συμβούλιο, θα βοηθούσε τους μαθητές, μεταξύ άλλων, να παίρνουν «λογικότερες αποφάσεις» (Αθανασίου, 2009). Σε σχετική ερώτηση ο τότε πρόεδρος των Η.Π.Α. **George Bush** (1946-) είχε εκφράσει την πεποίθηση πως ο ευφυής σχεδιασμός όπως και η εξέλιξη πρέπει να διδάσκονται στα σχολεία αποφεύγοντας βέβαια

να σχολιάσει αν θεωρεί τον ευφυή σχεδιασμό ως έγκυρη εναλλακτική της εξέλιξης (Lofaso, 2005). Η ειρωνεία είναι πως την ίδια χρονιά ένα δικαστήριο στην Pennsylvania (υπόθεση *Kitzmiller v. Dover Area School District*) απεφάνθη πως ο ευφυής σχεδιασμός είναι απλώς η νέα ονομασία για το δημιουργισμό, αποτελώντας στην ουσία μια θρησκευτική ιδέα, όχι μια επιστημονική θεωρία, ενώ δεν υποστηρίζεται από καμία έγκριτη έρευνα (Berkman et al., 2008). Για την ιστορία, η απόφαση στο Kansas ανατράπηκε το 2007 όταν η διδασκαλία της εξέλιξης τοποθετήθηκε ξανά σε ορθό πλαίσιο (Αθανασίου, 2009). Πλέον στις Η.Π.Α., μετά και από την υπόθεση *Kitzmiller v. Dover Area School District*, η νομοθεσία δεν αφήνει σχεδόν κανένα περιθώριο στη θεωρία του ευφυούς σχεδιασμού (ή σε οποιαδήποτε άλλη θρησκευτική ιδέα) να διδαχθεί επί ίσοις όροις με την εξέλιξη στις σχολικές αίθουσες ενώ παράλληλα οι σχολικές επιτροπές επιβλέπονται από οργανισμούς όπως το *Εθνικό Κέντρο για την Επιστημονική Εκπαίδευση (National Center for Science Education)* (Berkman et al., 2008).

Αυτό όμως δεν σημαίνει πως οι οπαδοί δημιουργιστικών θεωριών σταμάτησαν να επιτίθενται στην εξέλιξη. Παρακάτω θα αναφέρω κάποια κοινά επιχειρήματα που χρησιμοποιούν πολύ συχνά με σκοπό είτε να τεκμηριώσουν πως η εξέλιξη των ειδών δεν υφίσταται (ή τέλος πάντων δεν υφίσταται στο βαθμό που την αποδέχεται η επιστημονική κοινότητα) είτε να μειώσουν την εγκυρότητα της εξέλιξης προάγοντας παράλληλα τα δικά τους πιστεύω (Pennock, 2000). Εδώ είναι αναγκαίο να αναφέρουμε πως, καθώς η εξέλιξη αποτελεί μια πολύ καλά τεκμηριωμένη θεωρία που υιοθετείται από τη συντριπτική πλειοψηφία της επιστημονικής κοινότητας, δεν θεωρώ πως υπάρχει λόγος να γίνει αναφορά στα επιχειρήματα υπέρ της εξέλιξης (Dobzhansky, 1973). Θα αναφερθώ μόνο στα επιχειρήματα των αντί-εξελικτικών καθώς και το πώς αυτά απαντώνται από την επιστημονική κοινότητα.

Ένα από τα πιο συχνά επιχειρήματα των αντί-εξελικτικών είναι πως υπάρχει πλήθος «**αποδείξεων κατά της εξέλιξης**» (Barton et al., 2013). Στις φερόμενες ως αποδείξεις οι αντί-εξελικτικοί αναφέρουν κυρίως τα κενά στο αρχείο των απολιθωμάτων, την αναξιπιστία της ραδιοχρονολόγησης, το 2^ο νόμο της Θερμοδυναμικής και το γεγονός πως υπάρχει προσπάθεια νοθείας από την πλευρά πολλών επιστημόνων είτε αυτή αφορά τα γεωλογικά στρώματα ή τα απολιθώματα που βρίσκονται σε αυτά. Θα τα αναλύσουμε με αντίστροφη σειρά (Scott, 2004).

Όσον αφορά την **προσπάθεια νοθείας** αγαπημένο βιβλίο των αντί-εξελικτικών είναι το *Icons of Evolution* (2000) του Αμερικανού θεολόγου **Jonathan Wells** (1942-)

στο οποίο αναφέρονται διάφορες προσπάθειες νοθείας ή διαστρέβλωσης των αποτελεσμάτων διαφόρων ερευνών όπως τα πλαστά απολιθώματα του γένους *Archaeopteryx* και του ανθρώπου του Piltown (Wells, 2002). Άλλοι επίσης τονίζουν πως και άλλα απολιθώματα ανθρωποειδών είναι πλαστά όπως του ανθρώπου της Nebraska και του Neanderthal (Scott, 2004). Παρόλα αυτά, μόνο ο άνθρωπος του Piltown έχει αποδειχθεί ότι είναι πλαστό δείγμα, μια περίπτωση απάτης από το 1912 όπου ένας ερασιτέχνης αρχαιολόγος υποστήριξε πως βρήκε το χαμένο κρίκο μεταξύ πιθηκοειδών και ανθρώπου, έναν πρώτο-άνθρωπο. Όντως το δείγμα εμφάνιζε μια μίξη ανθρώπινων χαρακτηριστικών και χαρακτηριστικών ουρακοτάγκου, αργότερα όμως ανακαλύφθηκε πως κάποιος είχε τοποθετήσει σκόπιμα απομεινάρια από τα 2 αυτά είδη μαζί (Relethford, 2010). Αυτή η περίπτωση ήταν ικανή να προκαλέσει δυσπιστία αλλά για όλες τις άλλες περιπτώσεις στις οποίες αναφέρονται οι αντί-εξελικτικοί τα δείγματα θεωρούνται απολύτως γνήσια (Scott, 2004).

Όσον αφορά το **2^ο νόμο της Θερμοδυναμικής**, όπως αναφέραμε και προηγουμένως αυτός προβλέπει την κατάλυση των αρχικών συνθηκών σε ένα μονωμένο σύστημα (Prigogine & Stengers, 1986). Επομένως, σύμφωνα με τους αντί-εξελικτικούς, ο νόμος αυτός απαγορεύει την εξέλιξη των οργανισμών που προβλέπει την αυτό-οργάνωση των συστημάτων σε ολοένα και πολυπλοκότερα συστήματα. Η απλή απάντηση των επιστημόνων στον ισχυρισμό αυτό είναι πως ο 2^{ος} νόμος της Θερμοδυναμικής αναφέρεται σε μονωμένα συστήματα στα οποία δεν υπάρχει διαρροή ενέργειας ενώ η γη αποτελεί ένα ανοικτό σύστημα αφού δέχεται συνεχώς ενέργεια από τον ήλιο (Barton et al., 2013).

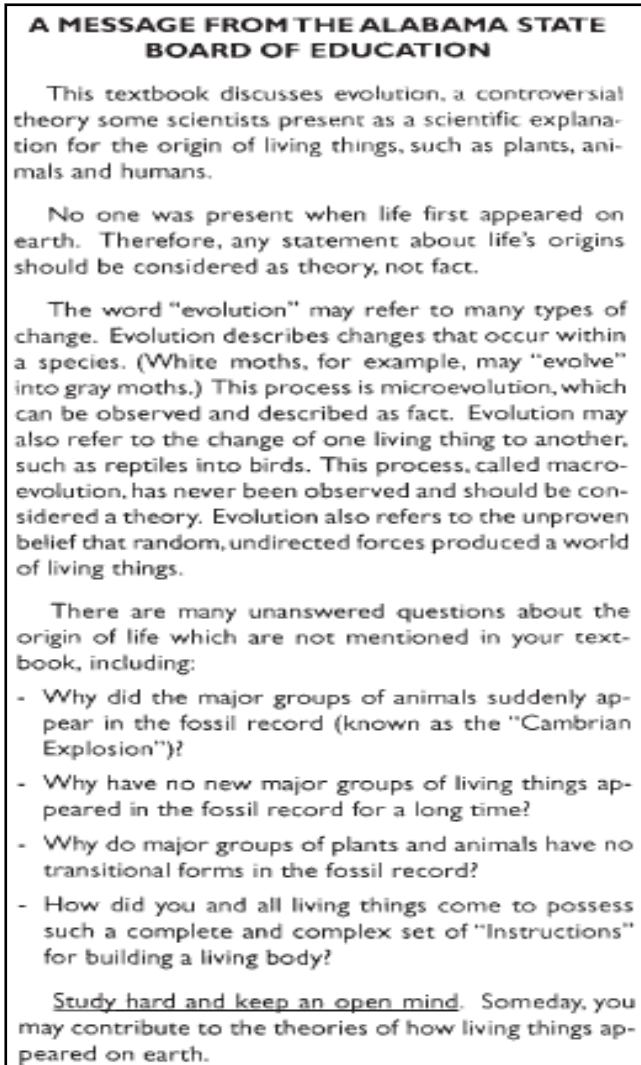
Για την **αναξιπιστία της ραδιοχρονολόγησης** οι αντί-εξελικτικοί αναφέρουν πως διαφορετικές μέθοδοι χρονολόγησης παράγουν διαφορετικά αποτελέσματα και οι επιστήμονες απλά διαλέγουν το αποτέλεσμα που τους βολεύει κάθε φορά. Οι επιστήμονες διαφωνούν κάθετα με τους παραπάνω ισχυρισμούς υποστηρίζοντας πως μολονότι μπορούν να υπάρχουν αποκλίσεις σε κάθε μέθοδο και επίσης κάποιες μέθοδοι δεν είναι 100% αλάνθαστες (ειδικά αν δεν χρησιμοποιηθούν σωστά) η ραδιοχρονολόγηση είναι εξαιρετικά αξιόπιστη αφενός επειδή κάθε φορά χρησιμοποιείται μια ποικιλία από μεθόδους και τα αποτελέσματα συγκρίνονται μεταξύ τους και αφετέρου επειδή στις περισσότερες περιπτώσεις υπάρχει μεγάλη συμφωνία στα αποτελέσματα που δίνει κάθε μέθοδος (Pennock, 2000).

Ωστόσο υπάρχει ένα σημείο στο οποίο συμφωνούν οι επιστήμονες με τους αντί-εξελικτικούς και αυτό είναι η **παρουσία κενών στο αρχείο των απολιθωμάτων** (Scott,

2004). Αλλά η ερμηνεία αυτού του γεγονότος είναι διαφορετική για τις 2 πλευρές. Οι αντί-εξελικτικοί τονίζουν πως υπάρχουν πολύ μεγάλα κενά ανάμεσα στα είδη και ότι η αποτυχία εύρεσης αρκετών ενδιάμεσων μορφών ζωής σημαίνει πως αυτές οι μορφές δεν υπήρξαν για αυτό και δεν υπάρχουν απολιθώματα τους (Pennock, 2000). Από την άλλη οι επιστήμονες επισημαίνουν πως το γνωστό σε εμάς αρχείο των απολιθωμάτων αντιπροσωπεύει μόνο ένα πολύ μικρό κομμάτι των οργανισμών που έχουν υπάρξει στο παρελθόν. Αυτό συμβαίνει αφού καταρχήν οι οργανισμοί με μαλακά μέρη, που αποτελούν ένα μεγάλο μέρος των οργανισμών (ιδιαίτερα της θάλασσας), απολιθώνονται εξαιρετικά δύσκολα. Ακόμα όμως και τα σκληρά μέρη των οργανισμών απολιθώνονται πολύ δύσκολα αφού προλαβαίνουν να διαλυθούν από φυσικές διεργασίες (στην ξηρά οι διεργασίες αυτές είναι πιο έντονες) (Barton et al., 2013). Σε αυτά πρέπει να προστεθούν 2 ακόμη γεγονότα, α) πως στη συντριπτική πλειοψηφία τους τα απολιθωμένα δείγματα αφορούν μόνο κάποια κομμάτια ενός οργανισμού (συνήθως τα πιο σκληρά όπως τα δόντια) ενώ δείγματα ολόκληρων οργανισμών είναι πολύ σπάνια και β) πως από τα απολιθώματα που υπάρχουν στις μέρες μας μόνο λίγα είναι διαθέσιμα αφού τα περισσότερα βρίσκονται θαμμένα ή σε περιοχές που δεν έχουν μελετηθεί και έτσι δεν έχουν ανακαλυφθεί. Για όλους αυτούς τους λόγους είναι απόλυτα λογικό να υποθέσουμε πως τα κενά στο αρχείο των απολιθωμάτων οφείλονται απλά στη δυσκολία της διαδικασίας της απολίθωσης (Scott, 2004).

Πέραν όμως από τις υποτιθέμενες αποδείξεις κατά της εξέλιξης οι αντί-εξελικτικοί αρέσκονται και στο να υποδεικνύουν συνεχώς τις διαμάχες που υπάρχουν μεταξύ της επιστημονικής κοινότητας όσον αφορά το πώς συντελείται η εξέλιξη (π.χ. η θεωρία των εστιγμένων ισορροπιών των Gould/Eldridge και η ουδέτερη εξέλιξη του Kimura που έρχονται σε κάποιο βαθμό αντιμέτωπες με το νέο-δαρβινισμό) και να χρησιμοποιούν αυτές τις διαμάχες για να υποστηρίξουν την άποψη ότι η εξέλιξη είναι μια **αδύναμη θεωρία** (Dobzhansky, 1973). Η προσπάθεια τους αυτή μπορεί να καρποφορήσει, ιδιαίτερα όταν υπάρχει αναφορά σε επιστημονικές λεπτομέρειες που οι περισσότεροι άνθρωποι δεν είναι σε θέση να κατανοήσουν, αφού έτσι προκαλείται σύγχυση η οποία συχνά ακολουθείται από δυσπιστία (Pennock, 2000). Επίσης, μια αγαπημένη ατάκα των αντί-εξελικτικών όταν απευθύνονται στο ευρύ κοινό είναι πως η εξέλιξη αποτελεί **απλώς «μια θεωρία» και όχι «αποδεδειγμένο γεγονός»**. Αυτό αποτελεί μια προσπάθεια με στόχο να υποσκάψει το κύρος της εξέλιξης αφού ο όρος «θεωρία» χρησιμοποιείται ευρέως ως συνώνυμο της λέξης «εικασία» υπονοώντας πως η διαδικασία της εξέλιξης είναι

περισσότερο μια διαισθητική υπόθεση των επιστημόνων χωρίς γερά θεμέλια. Αυτό όμως



Εικόνα 20: Η δήλωση αποποίησης ευθυνών από ένα σχολικό εγχειρίδιο σε σχολείο της Alabama το 1995
(Scott, 2004)

όμως σε κάποιες περιπτώσεις το αίτημα αυτό έχει γίνει αποδεκτό και έχουμε δει στα σχολικά εγχειρίδια δηλώσεις αποποίησης ευθυνών (*disclaimers*) όπως αυτή της Εικόνας 20 (Scott, 2004).

Κλείνοντας την ενότητα αυτή, θεωρώ πως είναι απαραίτητο να αναφερθώ και στη σχέση μεταξύ 2 εννοιών, του *φιλοσοφικού* και του *μεθοδολογικού νατουραλισμού*. Φιλοσοφικός νατουραλισμός ονομάζεται η πεποίθηση ότι τα πάντα στο σύμπαν προέρχονται από αλληλεπιδράσεις των υλικών στοιχείων (δεν υπάρχει καμία ανώτερη δύναμη να κατευθύνει αυτές τις διαδικασίες). Από την άλλη ο μεθοδολογικός νατουραλισμός δεν ασχολείται με το αν υπάρχει η όχι κάποια ανώτερη δύναμη και

δεν θα μπορούσε να είναι πιο μακριά από την πραγματικότητα και αυτό γιατί στην επιστήμη ο όρος «θεωρία» χρησιμοποιείται με διαφορετικό τρόπο (θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι συνώνυμο της λέξης «εξήγηση» ή «αιτιολόγηση») και έχει πολύ μεγαλύτερο κύρος από τα παρατηρήσιμα «γεγονότα» (National Academy of Sciences, 2008). Μόνο οι πιο καλά τεκμηριωμένες επιστημονικές υποθέσεις αναβαθμίζονται στο να ονομαστούν επιστημονικές θεωρίες (όπως π.χ. η θεωρία της βαρύτητας) (Αθανασίου, 2009). Παρόλα αυτά κάποιοι αντί-εξελικτικοί έχουν ασκήσει πιέσεις ώστε η φράση «η εξέλιξη αποτελεί απλώς μια θεωρία και όχι αποδεδειγμένο γεγονός» να αναφέρεται στα σχολικά εγχειρίδια.

Η πλειοψηφία αυτών των προσπαθειών δεν έχει αποτέλεσμα

αναφέρεται στην ίδια τη διεξαγωγή της επιστήμης που περιορίζεται στο να εξηγήσει τα φυσικά φαινόμενα χρησιμοποιώντας **μόνο φυσικούς νόμους** και αποφεύγοντας κάθε μεταφυσική εξήγηση (Scott, 2004). Οι αντί-εξελικτικοί υποστηρίζουν πως η εξέλιξη των ειδών γίνεται αποδεκτή μόνο στη σφαίρα του φιλοσοφικού νατουραλισμού (μια έννοια που δεν είναι επιστημονική εφόσον δεν μπορεί να ελεγχθεί) ενώ οι επιστήμονες απαντούν ότι ο μόνος νατουραλισμός που χρησιμοποιείται για την απόδειξη της ύπαρξης της εξέλιξης είναι μεθοδολογικός. Εάν είναι έτσι, λένε οι αντί-εξελικτικοί, τότε ο μεθοδολογικός νατουραλισμός δεν επαρκεί για να δώσει απάντηση στο ερώτημα της προέλευσης των ειδών και θα παίρναμε πληρέστερες απαντήσεις με την **εισαγωγή μεταφυσικών στοιχείων** στην επιστημονική μεθοδολογία. Αυτό το ζήτημα αφορά τη φύση της επιστήμης (στην οποία αναφερθήκαμε ήδη στην αρχή της ενότητας αυτής) και εισάγει τον προβληματισμό του κατά πόσο τα ερωτήματα που απαιτούν απάντηση από την επιστήμη καθορίζουν και τον τρόπο με τον οποίο θα απαντηθούν από αυτή (Реннок, 2000). Με λίγα λόγια, υπάρχει μια κοινή μεθοδολογία για όλα τα ερωτήματα ή πρέπει κάθε φορά να προσαρμόζουμε τη μεθοδολογία ανάλογα με το ερώτημα; Οι αντί-εξελικτικοί θεωρούν πως θα πρέπει να ακολουθούνται διαφορετικοί κανόνες όταν το ερώτημα σχετίζεται με την εξήγηση κάποιων φυσικών φαινομένων που παρατηρούνται τακτικά και διαφορετικοί κανόνες όταν το ερώτημα σχετίζεται με φαινόμενα που φαίνεται να συνέβησαν μία (ή ελάχιστες) φορά/-ές, όπως π.χ. με τη δημιουργία της ζωής. Συγκεκριμένα στη 2^η περίπτωση σύμφωνα με τους αντί-εξελικτικούς είναι απαραίτητη η εισαγωγή των μεταφυσικών στοιχείων στη διαδικασία εύρεσης της απάντησης. Οι επιστήμονες αρνούνται κάτι τέτοιο και, αν και διαχωρίζουν τις «*ιστορικές επιστήμες*» από τις «*πειραματικές επιστήμες*» με κάποια κριτήρια μεθοδολογίας, υποστηρίζουν πως η διαδικασία που ακολουθείται για να δοθεί απάντηση σε ένα ερώτημα είναι στην ουσία η ίδια (Scott, 2004).

2.3.5 Μπορεί να υπάρξει συμφιλίωση;

Όπως ελπίζω να έγινε κατανοητό από τα προηγούμενα, ο μόνος λόγος για τον οποίο υπάρχει η διαμάχη μεταξύ εξέλιξης και υποστηρικτών αντί-εξελικτικών θεωριών στις Η.Π.Α. είναι γιατί η εξέλιξη των ειδών έρχεται σε αντίθεση με ορισμένες θρησκευτικές απόψεις. Είναι αλήθεια πως οι φονταμενταλιστές βλέπουν την εξέλιξη ως ασύμβατη με οποιαδήποτε μορφή θεϊσμού όπως άλλωστε πιστεύουν και οι επιστήμονες που υιοθετούν το φιλοσοφικό νατουραλισμό. Για αυτές τις 2 ομάδες η εξέλιξη και η

θρησκεία βρίσκονται συνεχώς σε σύγκρουση και μία αποτελεί τον εχθρό της άλλης (National Academy of Sciences, 2008). Επίσης, επειδή αυτές οι 2 ομάδες τείνουν να εκφράζουν περισσότερο έντονα το πάθος τους για την ορθότητα της άποψης τους ενώ παράλληλα ένας ένθερμος διαπληκτισμός μεταξύ τους είναι πιο δυνατό ερέθισμα από ότι π.χ. μια ομιλία ενός ανθρώπου που αποδέχεται και τις 2 απόψεις, η σύγκρουση μεταξύ των 2 πλευρών εμφανίζεται αρκετά πιο συχνά στα μέσα ενημέρωσης δημιουργώντας μια παραπλανητική εικόνα της πραγματικότητας (Scott, 2004). Εντούτοις, πολλές θρησκείες (συμπεριλαμβανομένου και του χριστιανισμού που είναι η κυρίαρχη θρησκεία στις Η.Π.Α.) αποδέχονται και εγκολπώνουν την εξέλιξη των ειδών καθώς αναγνωρίζουν πως οι 2 απόψεις μπορούν να συνυπάρξουν αρμονικά κάτι που αποδέχονται και πολλοί επιστήμονες (Ayala, 2008). Και αυτό γιατί κάθε μία από αυτές αναφέρεται σε διαφορετικό τομέα της ζωής μας. Δεν ανταγωνίζονται γιατί απλούστατα δίνουν απαντήσεις σε διαφορετικές ερωτήσεις (Pennock, 2000). Από τη μία η επιστήμη, και κατ' επέκταση η εξέλιξη των ειδών, προσπαθεί να κατανοήσει τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί η φύση διατυπώνοντας ελέγξιμες υποθέσεις με βάση τις οποίες μπορούμε να κατανοήσουμε καλύτερα τα γεγονότα του παρόντος και του παρελθόντος και ίσως να κάνουμε προβλέψεις για το μέλλον, ενώ από την άλλη η θρησκεία επιχειρεί να διαμορφώσει τους ηθικούς κανόνες που επηρεάζουν τη λειτουργικότητα κάθε κοινωνίας ενώ ταυτόχρονα θέτει φιλοσοφικά ερωτήματα που ασχολούνται με τις ανθρώπινες αξίες και το νόημα πίσω από τις πράξεις μας (Dobzhansky, 1973). Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε πως η διαμάχη προκαλείται όταν ορισμένοι επιχειρούν να βγάλουν επιστημονικά συμπεράσματα χρησιμοποιώντας τη θρησκεία ή αντίστροφα όταν ορισμένοι επιστήμονες υπερβαίνουν τους τομείς των γνωστικών τους αντικειμένων και επιχειρούν να προωθήσουν νατουραλιστικές φιλοσοφίες. Εφόσον όμως εφαρμόσουμε την επιστήμη και τη θρησκεία για να απαντήσουμε σε διαφορετικά ερωτήματα είναι απόλυτα δυνατό αυτές οι 2 να συνυπάρξουν στη ζωή μας (Scott, 2004).

3. Η θέση της Εξέλιξης στην εκπαίδευση

Στο 3ο και τελευταίο κεφάλαιο αυτής της εργασίας θα ρίξουμε μια ματιά στον τρόπο με τον οποίο διδάσκεται η εξέλιξη σήμερα σε διάφορα μέρη του κόσμου, θα αναλύσουμε τα κυριότερα εμπόδια που παρουσιάζονται στη διδασκαλία της εξέλιξης και τέλος θα γίνουν κάποιες προτάσεις βελτίωσης για το μέλλον.

3.1 Η κατάσταση της διδασκαλίας της Εξέλιξης στον κόσμο

Στο προηγούμενο κεφάλαιο είδαμε πως πλέον το νομικό πλαίσιο στις Η.Π.Α. δεν επιτρέπει τη διδασκαλία δημιουργιστικών θεωριών ως εναλλακτικές θεωρίες στη θεωρία της εξέλιξης. Ήταν όμως αυτό αρκετό για να διασφαλιστεί το επίπεδο διδασκαλίας της εξέλιξης των ειδών στα σχολεία των Η.Π.Α.; Όπως φάνηκε από τις μελέτες της δεκαετίας του 2000', η απάντηση στο ερώτημα αυτό ήταν αρνητική. Οι λόγοι για αυτό φάνηκε πως ήταν η *έλλειψη γνώσεων των εκπαιδευτικών πάνω στην εξέλιξη* καθώς και οι *πίεσεις από την τοπική κοινωνία προς τους εκπαιδευτικούς όσον αφορά τη διδασκαλία της εξέλιξης*. Έτσι οι εκπαιδευτικοί πολλές φορές είτε δεν έδιναν την πρέπουσα σημασία στην εξέλιξη ή υποβάθμιζαν το θέμα ή ακόμα και απέφευγαν τελείως την αναφορά στην εξέλιξη στο μάθημα τους. Το φαινόμενο αυτό ήταν πιο έντονο στους εκπαιδευτικούς που δεν είχαν πλήρη κατανόηση της διαδικασίας της εξέλιξης ή που δεν ένιωθαν αρκετή αυτοπεποίθηση στη διδασκαλία της (Berkman et al., 2008).

3.1.1 Η τρέχουσα κατάσταση στις Η.Π.Α.

Δεδομένα από έρευνα του 2007 σε 939 εκπαιδευτικούς βιολογίας γυμνασίου από διάφορες πολιτείες των Η.Π.Α. έδειξαν πως το 2% των αυτών δεν αναφέρθηκαν καθόλου στην εξέλιξη, το 17% αυτών δεν αναφέρθηκαν καθόλου στην εξέλιξη του ανθρώπου ενώ το 13% θεωρούσε πως ένα εξαιρετικό μάθημα βιολογίας μπορεί να επιτευχθεί ακόμα και χωρίς καμία αναφορά στην εξέλιξη. Επίσης βρέθηκε πως οι εκπαιδευτικοί κατά μέσο όρο αφιέρωναν 13,7 ώρες στη διδασκαλία της εξέλιξης (συμπεριλαμβανομένης και της εξέλιξης του ανθρώπου) αλλά αυτοί που θεωρούσαν πως η εξέλιξη των ειδών αποτελεί μια ενοποιητική θεωρία για τη βιολογία αφιέρωναν κατά μέσο όρο 18,5 ώρες (50% παραπάνω από το γενικό μέσο όρο). Οι συμμετέχοντες ερωτήθηκαν και για θέματα που αφορούν τη διδασκαλία του ευφυούς σχεδιασμού (ή άλλων δημιουργιστικών θεωριών). Το 25% αυτών απάντησε πως αφιέρωσε τουλάχιστον 1-2 ώρες μιλώντας για τέτοιες

θεωρίες με περίπου τους μισούς από αυτούς να απαντούν πως δίδαξαν τις θεωρίες αυτές ως έγκυρες εναλλακτικές της εξελικτικής θεωρίας (οι άλλοι μισοί απάντησαν πως αναφέρθηκαν σε τέτοιες θεωρίες επικριτικά). Τέλος οι εκπαιδευτικοί ερωτήθηκαν για τα προσωπικά τους πιστεύω όσον αφορά την προέλευση του ανθρώπου και εδώ παρατηρήθηκαν τα πιο ανησυχητικά αποτελέσματα. Συγκεκριμένα, το 16% των εκπαιδευτικών θεωρούσε πως ο άνθρωπος δημιουργήθηκε από το Θεό μέσα στα τελευταία 10.000 χρόνια (και επιπλέον το 9% των εκπαιδευτικών αρνήθηκε να αποκαλύψει τα πιστεύω του). Παρόλο που το ποσοστό αυτό είναι αρκετά χαμηλότερο σε σχέση με το γενικό πληθυσμό (άλλη έρευνα έδειξε πως το 48% των αμερικανών υιοθετούσε παρόμοιες θέσεις) παραμένει εξαιρετικά ανησυχητικό για εκπαιδευτικούς βιολογίας. Με άλλα λόγια περίπου 1 στους 6 εκπαιδευτικούς βιολογίας γυμνασίου στις Η.Π.Α. πίστευε στο δημιουργισμό της νεαρής γης! Και φυσικά δεν πρέπει να μας προκαλεί εντύπωση το γεγονός πως οι εκπαιδευτικοί με αυτά τα πιστεύω αφιέρωσαν 35% λιγότερες ώρες για τη διδασκαλία της εξέλιξης σε σχέση με το μέσο όρο. Έτσι, οι συγγραφείς της έρευνας αναφέρουν χαρακτηριστικά πως **«παρόλο που η εξέλιξη κερδίζει στις δικαστικές αίθουσες φαίνεται να χάνει στις σχολικές»**. Ένας τρόπος που προτείνουν για τη βελτίωση της κατάστασης είναι **οι εκπαιδευτικοί να εμβαθύνουν τις γνώσεις τους όσον αφορά την εξέλιξη** κατά την πανεπιστημιακή τους εκπαίδευση καθώς αργότερα αυτό θα ενισχύσει την αυτοπεποίθηση και την αποφασιστικότητα τους στη διδασκαλία της εξέλιξης στο σχολείο (Berkman et al., 2008). Παρόμοια αποτελέσματα και συμπεράσματα βρέθηκαν και σε άλλες έρευνες από την ίδια περίοδο (Pobiner, 2016).

Τα αποτελέσματα αυτά είναι σίγουρα ανησυχητικά. Ευτυχώς όμως τα τελευταία 10 χρόνια στις Η.Π.Α. έχει γίνει σημαντική **προσπάθεια για τη βελτίωση της διδασκαλίας της εξέλιξης** με τη συμβολή οργανισμών όπως η *Εθνική Ένωση Διδασκαλίας των Επιστημών (National Science Teaching Association)*, η *Εθνική Ένωση Καθηγητών Βιολογίας (National Association of Biology Teachers)*, η *Εθνική Ακαδημία των Επιστημών (National Academy of Sciences)* και άλλες ενώ το 2013 ανακοινώθηκαν και τα νέα εθνικά πρότυπα για τη διδασκαλία των επιστημών (*Next Generation Science Standards –NGSS-*) (αποτελούν βελτίωση των παλαιότερων *National Science Education Standards –NSES-* του 1996) τα οποία στην ουσία χρησιμεύουν ως οδηγός για τους εκπαιδευτικούς και, κάνοντας χρήση τα δεδομένων από τις νεότερες έρευνες στη διδασκαλία των επιστημών, σκοπεύουν στη βελτίωση της διδασκαλίας των επιστημών (Plutzer et al., 2020). Στα πρότυπα του 2013 (*NGSS*) η εξέλιξη εμφανίζεται ως κυρίαρχη έννοια για τη βιολογία ενώ

τα πρότυπα αυτά έχουν υιοθετηθεί από 20 πολιτείες των Η.Π.Α. (με άλλες 24 να αναπτύσσουν δικά τους πρότυπα που βασίζονται όμως πάνω σε αυτά) (Robiner, 2016). Τα αποτελέσματα αυτής της προσπάθειας εμφανίζονται σήμερα ενθαρρυντικά. Το 2019 μια επανάληψη της έρευνας του 2007 βρήκε πως οι εκπαιδευτικοί κατά μέσο όρο αφιέρωσαν 20,1 ώρες στη διδασκαλία της εξέλιξης (συμπεριλαμβανομένης και της εξέλιξης του ανθρώπου) φανερώνοντας μια αύξηση της τάξης του 50% σε σχέση με τα νούμερα του 2007 ενώ οι εκπαιδευτικοί φάνηκαν πιο σίγουροι όσον αφορά την αποδοχή της εξέλιξης και την απόρριψη του δημιουργισμού ως επιστημονική θεωρία. Παράλληλα περισσότεροι εκπαιδευτικοί φάνηκε να τονίζουν στους μαθητές πως, παρόλο που υπάρχουν διαφωνίες στην επιστημονική κοινότητα όσον αφορά τους μηχανισμούς με τους οποίους συντελείται η εξέλιξη, η ίδια η εξέλιξη είναι καθολικά αποδεκτή ως επιστημονική θεωρία. Ως αποτέλεσμα οι ερευνητές συμπεραίνουν πως αρκετοί περισσότεροι μαθητές γυμνασίου των Η.Π.Α. λαμβάνουν καλύτερη διδασκαλία της εξέλιξης σε σχέση με το 2007. Παρόλα αυτά τονίζουν πως υπάρχει ακόμα χώρος για μεγαλύτερη βελτίωση καθώς το ποσοστό των εκπαιδευτικών που θεωρεί πως ένα εξαιρετικό μάθημα βιολογίας μπορεί να επιτευχθεί ακόμα και χωρίς καμία αναφορά στην εξέλιξη είναι περίπου στα ίδια επίπεδα με αυτά του 2007 (11%) ενώ το ίδιο συμβαίνει και με το ποσοστό των εκπαιδευτικών που θεωρεί πως οι δημιουργιστικές θεωρίες είναι έγκυρες εναλλακτικές της εξελικτικής θεωρίας (10%) (Plutzer et al., 2020).

3.1.2 Η κατάσταση στην Ευρώπη και στις χώρες του Ισλαμικού κόσμου

Μέχρι στιγμής έχουμε εστιάσει στις Η.Π.Α. όμως οι προσπάθειες υπονόμησης της διδασκαλίας της εξέλιξης ή/και προώθησης αντί-εξελικτικών θεωριών δεν έχουν περιοριστεί μόνο εκεί και, από τις αρχές του 21^{ου} αιώνα εντοπίζονται συχνότερα και στον υπόλοιπο κόσμο (Hameed, 2015). Η **Τουρκία** φαίνεται πως είναι το μεγαλύτερο κέντρο προπαγάνδας του δημιουργισμού εκτός Η.Π.Α. με δημιουργιστικά κείμενα να λαμβάνουν μεγάλες χρηματοδοτήσεις όπως για παράδειγμα το βιβλίο *The Atlas of Creation* που δημοσιεύθηκε το 2006 από τον τούρκο δημιουργιστή **Adnan Oktar** (γνωστός και ως Harun Yahya) (1956-) το οποίο μεταφράστηκε σε πολλές γλώσσες και διανεμήθηκε δωρεάν σε διάφορα σχολεία, πανεπιστήμια και εκπαιδευτικούς διαφόρων χωρών (κυρίως σε Γαλλία, Βέλγιο, Δανία, Ισπανία και Ελβετία) (Cornish-Bowden & Cárdenas, 2007). Παρόλα αυτά η εξέλιξη διδάσκεται στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση της Τουρκίας αν και, όπως κι στις Η.Π.Α., οπαδοί δημιουργιστικών απόψεων παλεύουν για την κατάργηση της

ή για να διδάσκονται μαζί με την εξέλιξη και οι απόψεις τους. Δεδομένου της επιρροής που ασκεί η Τουρκία στις υπόλοιπες χώρες του ισλαμικού κόσμου πολλοί φοβούνται πως μπορεί να δούμε μια επικίνδυνη άνοδο δημιουργιστικής προπαγάνδας στις χώρες αυτές αλλά και στις ισλαμικές μειονότητες της Ευρώπης (Hameed, 2015).

Όντως οι ακόλουθοι του Oktar στις ισλαμικές μειονότητες της Ευρώπης έχουν αυξηθεί όμως πιο πιθανό είναι πως αυτό δεν σχετίζεται με την ίδια τη θρησκεία του Ισλάμ καθώς στις περισσότερες από τις χώρες του ισλαμικού κόσμου φαίνεται πως υπάρχει αποδοχή της εξέλιξης όπως επίσης και ενσωμάτωση της στην εκπαίδευση. Ίσως το γεγονός πως στο Ισλάμ δεν υπάρχει η άποψη πως η γη έχει νεαρή ηλικία (π.χ. 6.000-10.000 χρόνων όπως πιστεύουν οι οπαδοί του δημιουργισμού της νεαρής γης που είναι χριστιανοί) και επίσης πως στο Κοράνι δεν υπάρχουν πολλές λεπτομέρειες για τη δημιουργία του κόσμου και των οργανισμών καθιστούν την αποδοχή της εξέλιξης πιο εύκολη χωρίς μεγάλη σύγκρουση με την πίστη. Σε **Μαρόκο, Τυνησία, Σενεγάλη, Αίγυπτο, Συρία, Ιράν, Πακιστάν** και **Μαλαισία** η εξέλιξη υπάρχει κανονικά στη δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια εκπαίδευση (μολονότι η εξέλιξη του ανθρώπου στη δευτεροβάθμια παραλείπεται σε κάποιες από αυτές) (Hameed, 2015). Στην **Ινδονησία**, τη χώρα με τους περισσότερους μουσουλμάνους παγκοσμίως (13% όλων των μουσουλμάνων) η διδασκαλία της εξέλιξης είναι υποχρεωτική στη δευτεροβάθμια (Rachmatullah et al., 2021). Εξαιρέση στα παραπάνω αποτελεί η **Σαουδική Αραβία** στην οποία η εξέλιξη δεν διδάσκεται και αντ' αυτής διδάσκεται μια μορφή δημιουργισμού. Επομένως, δεδομένου πως στην πλειοψηφία των χωρών του ισλαμικού κόσμου υπάρχει αποδοχή της εξέλιξης, η άνοδος της επιρροής των δημιουργιστικών θεωριών του Oktar στις ισλαμικές μειονότητες της Ευρώπης πρέπει να οφείλεται κάπου αλλού και όχι στο γεγονός πως οι μειονότητες αυτές εξασκούν τη θρησκεία του Ισλάμ. Αυτό είναι σημαντικό αφού σημαντικοί επιστήμονες και δημόσιοι υποστηρικτές της εξέλιξης έχουν σπένσει να κατηγορήσουν τη θρησκεία του Ισλάμ συνδέοντας τη με το δημιουργισμό, όπως για παράδειγμα ο Άγγλος βιολόγος **Richard Dawkins** (1941-) που δήλωσε πως «*οι μουσουλμάνοι 'εισάγουν' το δημιουργισμό στις σχολικές αίθουσες*». Σαν να μην έφτανε αυτό δηλώσεις σαν και αυτή εμφανίζονται ως τίτλοι ειδήσεων σε διάφορα μέσα ενημέρωσης ακόμα και αν δεν είναι 100% αληθινές. Για παράδειγμα, το 2011 ο Άγγλος γενετιστής **Steve Jones** (1944-) δήλωσε στη μεγάλη βρετανική εφημερίδα *The Times* πως μια μειοψηφία μουσουλμάνων φοιτητών προσπάθησε να μποϊκοτάρει το μάθημα του στην Εξέλιξη. Παρόλο που ο Jones τόνισε πως πρόκειται για μια μειοψηφία και επίσης ανέφερε πως παλιότερα συνήθιζε να

έχει προβλήματα και με χριστιανούς δημιουργιστές, οι δηλώσεις του διαστρεβλώθηκαν από την εφημερίδα στοχεύοντας αδιάκριτα όλους τους μουσουλμάνους. Ο Jones έσπευσε να διορθώσει τις δηλώσεις αλλά το θέμα είχε προλάβει ήδη να δημοσιευθεί με παρόμοιο τρόπο (Εικόνα 21) και σε άλλα μεγάλα μέσα ενημέρωσης (*Daily Mail*, *BBC*, *Al Jazeera*). Μια τέτοια «επίθεση» όμως στις ισλαμικές μειονότητες της Ευρώπης πιο πιθανό είναι να εντείνει το πρόβλημα καθώς οι κοινότητες αυτές είναι υποβαθμισμένες, έχοντας από τους

MailOnline

Home News U.S. | Sport | TV&Showbiz | Australia

Muslim medical students boycotting lectures on evolution... because it 'clashes with the Koran'

By DAILY MAIL REPORTER
UPDATED: 08:47 BST, 28 November 2011

Muslim students, including trainee doctors on one of Britain's leading medical courses, are walking out of lectures on evolution claiming it conflicts with creationist ideas established in the Koran.

Professors at University College London have expressed concern over the increasing number of biology students boycotting lectures on Darwinist theory, which form an important part of the syllabus, citing their religion.



Conflict: An increasing number of Muslim biology students are boycotting lectures on the theories of Charles Darwin

Εικόνα 21: Η είδηση για το μποϊκοτάζ στο μάθημα εξέλιξης του Jones όπως εμφανίστηκε στην εφημερίδα *Daily Mail*. ([Daily Mail](#))

εκ τούτου είναι πολύ πιθανό να συμβάλλουν στην υιοθέτηση δημιουργιστικών απόψεων από αυτές (Hameed, 2015).

Στην Ευρώπη δεν έχουν γίνει πολλές έρευνες και όσον αφορά την αποδοχή της εξέλιξης γενικά και πιο συγκεκριμένα για την εξέλιξη στην εκπαίδευση όσο στις Η.Π.Α. για διάφορους λόγους. Γενικά όμως στην Ευρώπη ξέρουμε πως τα ποσοστά αποδοχής της εξέλιξης είναι σημαντικά υψηλότερα από αυτά των Η.Π.Α. (Kuschmierz et al., 2021). Παρόλα αυτά υπάρχει μια άνοδος του δημιουργισμού σε μερικές χώρες της Ευρώπης. Το

μεγαλύτερους δείκτες ανεργίας στην Ευρώπη, άνισες ευκαιρίες στην εκπαίδευση και απαρτίζοντας τις φτωχότερες γειτονίες της. Αυτά, σε συνδυασμό με το γεγονός πως είναι αποκλεισμένες από άλλες μουσουλμανικές κοινότητες αλλά και περιθωριοποιημένες στις χώρες στις οποίες βρίσκονται οδηγούν τους ανθρώπους αυτούς στο να συγκροτήσουν την ταυτότητα τους υιοθετώντας ακραίες φονταμενταλιστικές θέσεις (το γεγονός πως τα βιβλία του Oktar αλλά και πολύ ακόμα πλούσιο δημιουργιστικό υλικό μεταφρασμένο σε διάφορες γλώσσες είναι εύκολα προσβάσιμα στην ιστοσελίδα του οργανισμού που έχει ιδρύσει ο ίδιος το καθιστά αυτό ακόμα πιο εύκολο). Έτσι, δηλώσεις σε μεγάλα μέσα ενημέρωσης όπως αυτή της Εικόνας 21 απλά ενισχύουν τη στερεοτυπική σκέψη και τις προκαταλήψεις εναντίων των ισλαμικών μειονοτήτων της Ευρώπης και ως

2004 ή τότε υπουργός παιδείας της **Σερβίας Ljiljana Čolić** (1956-) απαγόρευσε τη διδασκαλία της εξέλιξης στα σχολεία εκτός αν μαζί με την εξέλιξη τα παιδιά διδαχθούν και το δημιουργισμό (ακολούθησε καθολική κατακραυγή στη Σερβία, η απόφαση αποσύρθηκε και η Čolić πείστηκε να παραιτηθεί) (Αθανασίου, 2009). Το 2006, μετά από προκλητικές δηλώσεις του επικεφαλής επιστήμης ενός σχολείου στην πόλη Gateshead της **Αγγλίας**, ο τότε πρωθυπουργός του Ηνωμένου Βασιλείου **Tony Blair** (1953-), όταν ερωτήθηκε αν θα επέτρεπε τη διδασκαλία του δημιουργισμού μαζί με τη θεωρία της εξέλιξης του Δαρβίνου στα σχολεία, δήλωσε πως «σε τελική ανάλυση ένα πιο ποικιλόμορφο σχολικό σύστημα θα αποφέρει καλύτερα αποτελέσματα για τα παιδιά μας». Την ίδια χρονιά έρευνα που δημοσιεύθηκε στη βρετανική εφημερίδα *The Guardian* έδειξε πως, όσον αφορά την προέλευση του ανθρώπου, 12% των βρετανών μαθητών πιστεύουν στο δημιουργισμό και 19% πιστεύουν στη θεωρία του ευφυούς σχεδιασμού. Μετά απ' αυτά, η *Βασιλική Εταιρία (Royal Society)* που επέχει θέση εθνικής ακαδημίας επιστημών για το Ηνωμένο Βασίλειο αναγκάστηκε να δηλώσει πως η εξέλιξη αποτελεί «την καλύτερη δυνατή εξήγηση για την ανάπτυξη ζωής στη γη και τη διαφοροποίηση των ειδών». Η κατάσταση στη **Γερμανία** μπορεί να είναι ακόμα χειρότερη καθώς πολύ προσεγμένα κείμενα που υποστηρίζουν το δημιουργισμό είναι άμεσα διαθέσιμα για τους μαθητές ενώ το 2006 η τότε υπουργός παιδείας (σήμερα αντιπρόεδρος) της πολιτείας του Hesse, **Karin Wolff** (1959-) δήλωσε πως ο δημιουργισμός θα έπρεπε να διδάσκεται στο μάθημα της βιολογίας μαζί με την εξέλιξη. Επίσης το 2006 στην **Πολωνία** ο τότε αναπληρωτής υπουργός παιδείας **Mirosław Orzechowski** (1957-) δήλωσε πως «η θεωρία της εξέλιξης είναι ένα ψέμα, ένα λάθος που έχουμε νομιμοποιήσει ως η κοινή αλήθεια» ενώ ο πρώην ευρωβουλευτής (και επιστήμονας) **Maciej Giertych** (1936-), που είναι κατά της εξέλιξης, προσπαθεί επανειλημμένα να εντάξει το δημιουργισμό στα σχολικά μαθήματα βιολογίας. Τα παραδείγματα της Σερβίας, της Αγγλίας, της Γερμανίας και της Πολωνίας έχουν καταστήσει σαφές στην επιστημονική κοινότητα πως σε καμία περίπτωση αυτή **δεν μπορεί να βασιστεί στους πολιτικούς** για την προστασία της διδασκαλίας της εξέλιξης στα σχολεία. Στη **Γαλλία**, παρόλο που υπάρχει ένα εγχώριο δημιουργιστικό κίνημα ονόματι *Κύκλος Ιστορικών και Επιστημονικών Μελετών (Cercle d'Etude Historique et Scientifique)*, δεν υπάρχει στην ουσία σοβαρή απειλή της εξέλιξης προς το παρόν. Στο **Βέλγιο**, την **Ολλανδία** και σε μέρη της **Σκανδιναβίας** έχει παρατηρηθεί επίσης αυξημένη δραστηριότητα των δημιουργιστών (Cornish-Bowden & Cárdenas, 2007).

Παρόλα αυτά σήμερα η εξέλιξη διδάσκεται υποχρεωτικά *σχεδόν σε όλες τις χώρες της Ευρώπης* ενώ σε κάποιες το αν οι μαθητές θα διδαχθούν την εξέλιξη και σε ποιο βαθμό εξαρτάται είτε από το πρόγραμμα που θα επιλέξουν οι ίδιοι ή από το χρόνο που έχουν στη διάθεση τους οι εκπαιδευτικοί. Σε μια έρευνα του 2021 μόνο μαθητές από την *Κύπρο* και την *Πορτογαλία* μπορεί να μην συνάντησαν καθόλου την εξέλιξη στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Στην ίδια έρευνα όμως, ενώ οι πρωτοετείς φοιτητές αποδέχονται σε μεγάλο βαθμό την εξέλιξη, δείχνουν να μην την καταλαβαίνουν σε σημαντικό βαθμό και αυτό ισχύει ακόμα και για πρωτοετείς φοιτητές σε σχολές που σχετίζονται με τη βιολογία. Επίσης, το αν κάποιος πρωτοετής φοιτητής/-ια αποδέχεται την εξέλιξη των ειδών δεν φαίνεται να σχετίζεται τόσο με το αν την καταλαβαίνει ή όχι αλλά με το πόσο θρησκευόμενος/-η είναι (Kuschmierz et al., 2021). Όμως ποια ευρωπαϊκή χώρα θα μπορούσαμε να πούμε ότι διαθέτει το καλύτερο πρόγραμμα σπουδών όσον αφορά τη διδασκαλία της εξέλιξης; Η ερώτηση αυτή είναι δύσκολο να απαντηθεί καθώς οι χώρες της Ευρώπης είναι πολύ διαφορετικές όσον αφορά το κομμάτι αυτό. Θα πρέπει λοιπόν να δημιουργηθεί ένα εργαλείο που θα επιτρέπει συγκρίσεις μεταξύ των σχολικών υλών διαφόρων ευρωπαϊκών χωρών. Μέχρι πρότινος ένα τέτοιο εργαλείο δεν υπήρχε όμως πλέον έχει κατασκευαστεί ένα εργαλείο που μπορεί να εφαρμοστεί σε κάθε βαθμίδα εκπαίδευσης στην Ευρώπη για την αξιολόγηση των προγραμμάτων σπουδών (ΠΣ) όσον αφορά τη διδασκαλία της εξέλιξης. Το εργαλείο αυτό ονομάζεται FACE και για 1^η φορά παρέχει τη δυνατότητα ουσιαστικής σύγκρισης των ΠΣ των ευρωπαϊκών (τουλάχιστον) ως προς τη διδασκαλία της εξέλιξης (Sá-Pinto et al., 2021). Το FACE θα το συναντήσουμε και πιο αναλυτικά παρακάτω στην ενότητα 3.3.6.

3.1.3 Η κατάσταση στον υπόλοιπο κόσμο

Στη Λατινική Αμερική ο δημιουργισμός κερδίζει έδαφος και έχει αρχίσει να κάνει την εμφάνιση του σε ορισμένα σχολεία της *Βραζιλίας* (Cornish-Bowden & Cárdenas, 2007). Συγκεκριμένα στη χώρα αυτή, παρόλο που παραπάνω από το μισό του πληθυσμού της χώρας αποδέχεται την εξέλιξη των ειδών, η μεγάλη πλειοψηφία πιστεύει πως ο δημιουργισμός θα πρέπει να διδάσκεται στα σχολεία είτε μαζί με την εξέλιξη ή αντικαθιστώντας την. Το γεγονός αυτό σχετίζεται με το μεγάλο ποσοστό θρησκευτικότητας που υπάρχει στη χώρα και επηρεάζει και τους εκπαιδευτικούς βιολογίας. Συγκρίνοντας τη Βραζιλία με την *Αργεντινή*, στην οποία το ποσοστό θρησκευτικότητας είναι μικρότερο, αλλά και με την *Ουρουγουάη*, που εμφανίζει από τα

μικρότερα ποσοστά θρησκευτικότητας στη Λατινική Αμερική, βλέπουμε πως στη Βραζιλία οι εκπαιδευτικοί βιολογίας συνέδεαν πιο συχνά την καταγωγή του ανθρώπου με το Θεό από ότι στην Αργεντινή και ακόμα συχνότερα από τους Ουρουγουανούς εκπαιδευτικούς (Silva et al., 2021).

Όσον αφορά άλλες περιοχές του κόσμου φαίνεται να μην υπάρχουν πρόσφατα στοιχεία για την κατάσταση της διδασκαλίας της εξέλιξης στα σχολεία. Παρόλα αυτά έχουν γίνει μελέτες για την αποδοχή ή/και την κατανόηση της εξέλιξης στο γενικό πληθυσμό. Σε μια έρευνα του 2013 που ρώτησε συμμετέχοντες από διάφορες χώρες αν ο άνθρωπος αναπτύχθηκε από προγενέστερα είδη ζώων το 74% των **Καναδών** απάντησε θετικά, όπως και το 69% των **Κινέζων**, το 64% των **Νοτιοκορεατών**, το 56% των **Ινδών** και το 44% των **Ρώσων** (Robiner, 2016). Για σύγκριση, στην ίδια έρευνα, μόλις το 32% των Αμερικανών απάντησαν θετικά. Στην Ινδία, μια νεότερη έρευνα από το 2018 βρήκε πως περισσότεροι Ινδοί, το 68,5% αποδέχονται την εξέλιξη ενώ το 90% θεωρούσε πως η ηλικία της γης είναι μεγαλύτερη από 10.000 χρόνια (Bast & Tahilramani, 2018). Το ίδιο και στην Κίνα όπου μια νεότερη έρευνα από το 2021 βρήκε πως το 97% των Κινέζων πιστεύουν στην εξέλιξη (σε σχέση με το 36% των Αμερικανών) παρόλο που στην Κίνα το ποσοστό των ανθρώπων που έχει έστω βασική επιστημονική εκπαίδευση είναι μόλις 8,47% (σε αντίθεση με των Η.Π.Α. που είναι περίπου στο 17%). Παρόλα αυτά, η τελευταία έρευνα αποφάνθηκε πως το επίπεδο κατανόησης της διαδικασίας της εξέλιξης από τους Κινέζους πολίτες είναι περίπου το ίδιο με αυτό των Αμερικανών (Zhang et al., 2021).

3.1.4 Η κατάσταση στην Ελλάδα

Η βιολογία σαν μάθημα στα ελληνικά σχολεία έκανε δειλά δειλά την εμφάνιση της το 1931 (εγχειρίδιο “Στοιχεία Γενικής Βιολογίας” του Θ. Βλησίδα) ενώ η εξέλιξη αποτελούσε για το μάθημα αυτό το τελευταίο κεφάλαιο και μάλιστα περιείχε τη φράση πως «τόσον η κληρονομικότης των επίκτητων μεταβολών [...] όσο και η φυσική επιλογή δεν είναι κατά τας νεωτέρας ερεύννας ορθαί...» και ότι «το πρόβλημα του τρόπου, κατά τον οποίον γίνεται η μεταβολή των ειδών παραμένει άλυτον». Το 1952 το εγχειρίδιο βιολογίας αντικαταστάθηκε (“Στοιχεία Γενικής Βιολογίας” του Σ. Σπεράντσα) ωστόσο η εξέλιξη παρέμεινε ως τελευταίο κεφάλαιο και αντιμετωπίζονταν με τον ίδιο τρόπο. Διαβάζουμε «το μεγαλειώδες πρόβλημα περί του πώς έγινεν η εξέλιξις των όντων όπως και άλλα βιολογικά προβλήματα, δεν ελύθη ακόμη». Ο 1969 εισήχθηκε ένα νέο εγχειρίδιο

(“Μαθήματα Γενικής Βιολογίας” του Ι. Γ. Οικονομίδη) το οποίο διδασκόταν μαζί με το προηγούμενο σε άλλη όμως τάξη του, εξατάξιου τότε, γυμνασίου και στο οποίο ξανά η φυσική επιλογή αντιμετωπίζεται ως μη ορθή σαν θεωρία και δίνεται έμφαση στο Θεό ως δημιουργό. Τα πράγματα αλλάζουν το 1976 όταν η εξέλιξη πλέον διδασκόταν ως ορθή, στη Γ’ γυμνασίου (τελευταίο κεφάλαιο) και στη Γ’ (μέχρι το 1982) και τη Β’ (από το 1983 και μετά) λυκείου (εκτεταμένη αναφορά χωρίς να είναι τελευταίο κεφάλαιο) παραλείποντας όμως την εξέλιξη του ανθρώπου. Συγκεκριμένα στις 2 πρώτες εκδόσεις του εγχειριδίου της Γ’ λυκείου (“Μαθήματα Γενικής Βιολογίας” των Κριμπά και Καλοπίση) υπήρχε η φράση «ο άνθρωπος και οι ανώτεροι πίθηκοι συγγενεύουν πολύ στο φυλογενετικό δέντρο και πρέπει να είχαν έναν κοινό πρόγονο. Αυτός ο κοινός πρόγονος θα μοιαζε με πίθηκο [...]» όμως αργότερα η φράση αυτή απαλείφθηκε από τις υπόλοιπες εν άγνοια του συγγραφέα από τον ΟΕΔΒ (Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων) (Prinou, Halkia, & Skordoulis, 2006). Περίπου την ίδια περίοδο αρχίζει να μπαίνει και η βιολογία στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση με τα εγχειρίδια να εξετάζουν τα χαρακτηριστικά των φυτών, των ζώων και του ανθρώπου, αλλά με τις αναφορές στην εξέλιξη να είναι πολύ περιορισμένες, διάσπαρτες και συνήθως λανθασμένες (π.χ. γινόταν λόγος πως τα ζώα που εμφανίστηκαν αργότερα κατά την εξέλιξη, όπως ο άνθρωπος, είναι πιο τέλεια από εκείνα που εμφανίστηκαν πρώτα) (Prinou, Halkia, & Skordoulis, 2011).

Από το 1999 και εκ τότε επιτράπηκε και η διδασκαλία της εξέλιξης του ανθρώπου χωρίς ωστόσο αυτή να διδάσκεται στην πράξη λόγω άλλων περιορισμών (π.χ. ήταν εκτός ύλης) (Prinou, Halkia, & Skordoulis, 2006). Για παράδειγμα, παρόλο που ως υπότιτλος για το κεφάλαιο της εξέλιξης στο σχολικό εγχειρίδιο της Γ’ λυκείου το 2005 δέσποξε η φράση του Dobzhansky «τίποτα στη βιολογία δεν έχει νόημα παρά μόνο υπό το φως της εξέλιξης», το κεφάλαιο αυτό ήταν εκείνη τη χρονιά εκτός ύλης (Γεωργάτου & Πρίνου, 2005). Στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση οι αναφορές στο φαινόμενο της εξέλιξης στα σχολικά εγχειρίδια, τουλάχιστον μέχρι και το 2011, ήταν ακόμη λιγότερες από πριν! Επίσης, ενώ γίνονται αναφορές στον όρο προσαρμογή, αυτές είναι αρκετά προβληματικές (Prinou, Halkia, & Skordoulis, 2011). Σύμφωνα με έρευνα του 2006 που πραγματοποιήθηκε σε 411 μαθητές της Α’ λυκείου (1 χρόνο αφότου είχαν διδαχθεί την εξέλιξη στην Γ’ γυμνασίου) από 12 σχολεία της Αττικής και παρουσιάστηκε στο 5ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών, οι περισσότεροι μαθητές φαίνεται μεν να αποδέχονται την ισχύ του φαινομένου της εξέλιξης αλλά δίχως να είναι σε θέση να αντιλαμβάνονται τους μηχανισμούς με τους οποίους αυτή

πραγματοποιείται. Ενδεικτικά, το 60% των μαθητών θεωρεί πως τα νέα γνωρίσματα που εμφανίζονται στους οργανισμούς είναι απαραίτητα για την επιβίωση τους, το 63% θεωρεί ότι οι άνθρωποι συνυπήρχαν με τους δεινόσαυρους ενώ το 73% δεν κατανοεί ότι η εξέλιξη αφορά τους πληθυσμούς ενός είδους και όχι μεμονωμένα άτομα αυτού (Πρίνου, Χαλκιά & Σκορδούλης, 2007). Τόσο η πολύ καθυστερημένη αυτή είσοδος της εξελικτικής θεωρίας όσο και οι περιορισμοί που τέθηκαν στη διδασκαλία της έκτοτε οφείλονται κατά κύριο λόγο στις αντιρρήσεις της εκκλησίας και την επιρροή της στην εκπαίδευση (Τσουκαλάς, 1992). Ευτυχώς τουλάχιστον στις μέρες μας η επιρροή της εκκλησίας στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών φαίνεται να είναι μηδαμινή (Prinou, Halkia, & Skordoulis, 2011).

Όσον αφορά το γενικό πληθυσμό, η Ελλάδα δεν φαίνεται να τα πηγαίνει καλά στο κομμάτι της αποδοχής της εξέλιξης. Μια έρευνα από το 2006 σε 34 χώρες βρήκε πως η Ελλάδα βρίσκεται μόλις 2 θέσεις ψηλότερα από τις Η.Π.Α. και την Τουρκία στο κομμάτι αυτό. Μια άλλη έρευνα του 2013 σε 371 φοιτητές (βιολογίας ή παιδαγωγικού) από το *EKPIA* (Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο της Αθήνας) βρήκε πως το επίπεδο τους όσον αφορά την κατανόηση της εξέλιξης ήταν χαμηλό αφού πολλοί από αυτούς δίνανε τελεολογικές απαντήσεις. Πιο ανησυχητικό όμως ήταν το γεγονός πως το επίπεδο των τεταρτοετών φοιτητών βιολογίας δεν ήταν τόσο καλύτερο όσο αναμενόταν σε σχέση με αυτό των φοιτητών βιολογίας σε μικρότερα έτη (1^ο, 2^ο, 3^ο) δείχνοντας πως ακόμη και οι τεταρτοετείς φοιτητές βιολογίας καταφεύγουν σε τελεολογικές ερμηνείες κάποιες φορές (Athanasiou & Mavrikaki, 2013).

Τουλάχιστον έως το 2017 η βιολογία υπήρχε στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση (ήταν ενταγμένη στο μάθημα των φυσικών επιστημών) ωστόσο η προσέγγιση της ήταν τυπολογική και δεν υπήρχε πουθενά η εξέλιξη. Επίσης οι εκπαιδευτικοί δεν λάμβαναν κάποια οδηγία για την προσέγγιση των βιολογικών ζητημάτων υπό το πνεύμα της εξέλιξης από το *ΑΠΣ* (Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών) (Βενέτης & Μαυρικάκη, 2017). Στο γυμνάσιο και στο λύκειο μέχρι και την ημερομηνία συγγραφής αυτής της εργασίας, η βιολογία διδάσκεται από 1 ώρα σε κάθε τάξη του γυμνασίου, από 2 ώρες στην Α' και τη Β' λυκείου και 6 ώρες στη Γ' λυκείου μόνο για τους μαθητές που επιλέγουν την ομάδα προσανατολισμού υγείας (ΦΕΚ 3791/Β/13-8-2021). Η εξέλιξη υπάρχει σαν ανεξάρτητο κεφάλαιο μόνο στη Γ' γυμνασίου και, παρόλο που αφιερώνονται 2-3 σελίδες στην εξέλιξη του ανθρώπου, αποτελεί το τελευταίο κεφάλαιο και σε αυτό γίνεται αναφορά μόνο στη φυσική επιλογή σε συνδυασμό με τις μεταλλάξεις ως μηχανισμό της εξέλιξης.

3.2 Εμπόδια στη διδασκαλία της Εξέλιξης

Δεδομένων των όσων είπαμε μέχρι τώρα, φαίνεται πως η εξέλιξη των ειδών, παρόλο που είναι μια από τις πιο καλά τεκμηριωμένες και αποδεκτές θεωρίες από την επιστημονική κοινότητα, παραμένει μια θεωρία που ένας μεγάλος αριθμός ανθρώπων δεν κατανοεί, αμφισβητεί και απορρίπτει. Αυτό αντικατοπτρίζει σε μεγάλο βαθμό το γεγονός πως η διδασκαλία της εξέλιξης είναι ανεπαρκής σε πολλές χώρες (Γεωργάτου & Πρίνου, 2005). Σε αυτό συμβάλλουν πολλοί παράγοντες (Robiner, 2016).

3.2.1 Οι διαισθητικές αντιλήψεις των μαθητών (και των εκπαιδευτικών)

Από τις έρευνες που έχουν γίνει μέχρι στιγμής, υπάρχει ομοφωνία στα δεδομένα πως τόσο ανάμεσα στους μαθητές όλων των βαθμίδων όσο και ανάμεσα στο ευρύ κοινό κυριαρχούν αρκετές παρανοήσεις που στέκονται εμπόδιο στην κατανόηση της εξέλιξης. Μερικές από τις πιο κοινές από αυτές είναι οι εξής (Robiner, 2016):

- η εξέλιξη είναι μια τελείως *τυχαία* διαδικασία.
- η εξέλιξη *δεν μπορεί να παρατηρηθεί* και άρα *ούτε να εξετασθεί* για την εγκυρότητα της.
- η εξέλιξη συμβαίνει στα *άτομα* και όχι στους πληθυσμούς ενός είδους.
- η εξέλιξη δημιουργεί σταδιακά *όλο και τελειότερους* οργανισμούς.
- υπάρχει *διαμάχη* στην επιστημονική κοινότητα όσον αφορά το αν πραγματοποιείται η εξέλιξη ή αν υπάρχει διαμάχη σχετικά με τους μηχανισμούς που πραγματοποιείται η εξέλιξη αυτό σημαίνει πως όλη η θεωρία είναι *λάθος*.
- η τροποποίηση οργάνων γίνεται με βάση το κριτήριο *χρήσης/αχρησίας* (λαμαρκιανή εξέλιξη).
- η αποδοχή της εξέλιξης ισούται αυτόματα με τον *αθεϊσμό*.

Οι πεποιθήσεις αυτές μπορούν να συσχετιστούν με τις **διαισθητικές αντιλήψεις** των ανθρώπων σχετικά με την προέλευση και την εξέλιξη των οργανισμών, αντιλήψεις που έχουμε όλοι μας από πολύ μικρές ηλικίες, που συναντώνται σε όλα τα επίπεδα της εκπαίδευσης και που, αν δεν μεταβληθούν, παραμένουν και στην ενήλικη ζωή μας και αποτελούν γνωστικό εμπόδιο για την κατανόηση της εξέλιξης (Γεωργάτου & Πρίνου, 2005).

Η πρώτη εξ' αυτών είναι ο **ουσιολογισμός** (ή *ουσιοκρατία*) που αρχίζει στη βρεφική ηλικία και αναφέρεται στην τάση των ανθρώπων να πιστεύουν σε μια εγγενή δύναμη των οργανισμών («ουσία») η οποία καθορίζει τα χαρακτηριστικά του κάθε οργανισμού (εμφάνιση και συμπεριφορά) (Robiner, 2016). Οι περισσότεροι μαθητές και φοιτητές όταν καλούνται να εξηγήσουν το φαινόμενο της εξέλιξης δίνουν απαντήσεις πιο κοντά σε μετασχηματιστικές θεωρίες όπως αυτή του Lamarck και αυτό γιατί δεν αντιλαμβάνονται την εξέλιξη ως πορεία 2 βημάτων: αρχικά παράγεται ποικιλομορφία σε ένα είδος και στη συνέχεια διατηρούνται οι παραλλαγές που δίνουν εξελικτικό πλεονέκτημα. Αυτή η διαδικασία συνήθως συμπύσσεται σε 1 βήμα όπου η «ουσία» στα μέλη ενός είδους μετασχηματίζεται και έτσι αυτά παράγουν βελτιωμένους απογόνους (Ζόγκζα, 2009). Αυτός ο «ενστικτώδης λαμαρκισμός» που χρησιμοποιούν οι μαθητές παρομοιάζεται με τις ενστικτώδεις Αριστοτελικές ερμηνείες στα προβλήματα μηχανικής (Πρίνου, Σκορδούλης, & Χαλκιά, 2004).

Μια δεύτερη διαισθητική αντίληψη είναι η **τελεολογία** που συναντάται σε όλο το φάσμα των ηλικιών αλλά φαίνεται να κυριαρχεί περισσότερο μετά την πρωτοβάθμια εκπαίδευση (Robiner, 2016). Επανειλημμένα, παιδιά και ενήλικες, όταν καλούνται να ταξινομήσουν κάποιους οργανισμούς σε διάφορες κατηγορίες, χρησιμοποιούν τελεολογικά κριτήρια δίνοντας βάση στο σκοπό που υποτίθεται ότι καλείται να εκπληρώσει κάθε οργανισμός παρά π.χ. στη μορφολογία του (Ζόγκζα, 2009). Παρομοίως, θεωρούν πως η ανάπτυξη νέων χαρακτηριστικών στους οργανισμούς γίνεται επειδή οι οργανισμοί *χρειάζονται* τα χαρακτηριστικά αυτά για να επιβιώσουν και δυσκολεύονται να κατανοήσουν το ρόλο που παίζει η τύχη στις διαδικασίες αυτές (Πρίνου, Σκορδούλης, & Χαλκιά, 2004). Επίσης η τελεολογική αντίληψη ωθεί τους ανθρώπους στο να πιστεύουν πως ένας οργανισμός κάνει *συνειδητές προσπάθειες* να αλλάξει προκειμένου να προσαρμοστεί στο περιβάλλον του. Έτσι πολλοί πιστεύουν πως η εξέλιξη πραγματοποιείται μόνο ως αντίδραση των οργανισμών σε ένα περιβάλλον που μεταβάλλεται και σκοπεύει στο να καλύψει μια νέα ανάγκη των οργανισμών (Robiner, 2016).

Η τελεολογική αντίληψη συνδυάζεται με μια τρίτη, την **αιτιότητα από πρόθεση** που, επεκτείνοντας την προηγούμενη, σχετίζεται με την άποψη ότι ο σκοπός που έχουν τα πράγματα και οι οργανισμοί γύρω μας είναι έργο μιας ανώτερης δύναμης. Η διαισθητική αυτή αντίληψη εξηγεί γιατί η άποψη του δημιουργισμού μπορεί να γίνει τόσο εύκολα

αποδεκτή (Ζόγκζα, 2009). Η αιτιότητα από πρόθεση είναι πιο κοινή σε μαθητές λυκείου, πανεπιστημίου και εκπαιδευτικούς (Robiner, 2016).

3.2.2 Η χρήση της γλώσσας

Ο λόγος της επιστήμης διαφέρει από τον καθημερινό λόγο. Έτσι, λέξεις που χρησιμοποιούμε στην καθημερινή επικοινωνία μας ενδέχεται να χρησιμοποιούνται τελείως διαφορετικά όταν περιγράφουν επιστημονικά φαινόμενα. Αυτή η **αμφισημία των λέξεων** μπορεί να δημιουργήσει πολλά προβλήματα (όπως π.χ. να ενισχύσει τις διαισθητικές αντιλήψεις που αναφέραμε προηγουμένως) αν οι μαθητές δεν μάθουν να ξεχωρίζουν το διαφορετικό νόημα των λέξεων. Η εξέλιξη βρίθει με αμφίσημες λέξεις όπως για παράδειγμα οι λέξεις «ανταγωνισμός», «μετάλλαξη», «κυριαρχία», «πίεση», «ανάγκη», «αντίσταση», «ανάπτυξη» και άλλες (Robiner, 2016). Ο ίδιος ο όρος «**εξέλιξη**» χρησιμοποιείται με πολύ ελεύθερο τρόπο, τόσο επιστήμη σε περιπτώσεις άσχετες με τη βιολογία, όσο και στην καθημερινότητα. Για παράδειγμα στην επιστήμη γίνεται λόγος για την εξέλιξη του σύμπαντος, των μορφών τέχνης ή των γλωσσών ενώ στην καθημερινότητα κάποιος μπορεί να μιλήσει για πνευματική ή επαγγελματική εξέλιξη. Η αμφισημία της λέξης αυτής μπορεί να αποτελέσει ανασταλτικό παράγοντα για την κατανόηση της βιολογικής σημασίας της εξέλιξης των ειδών (Mayr, 2008). Παρακάτω δίνονται και άλλα παραδείγματα όρων που εδώ και πολλά χρόνια προκαλούν παρανοήσεις.

Ένας τέτοιος όρος είναι ο όρος «**προσαρμογή**». Στη βιολογία ο όρος αυτός χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσει την ιδιότητα των ειδών να επιβιώσουν και να αναπαραχθούν σε συγκεκριμένα περιβάλλοντα. Επίσης, ο όρος «**προσαρμοστικότητα**» (ή *αρμοστικότητα*) για τη βιολογία δηλώνει την ικανότητα ενός είδους να παραμείνει προσαρμοσμένο σε μια κλίμακα διάφορων περιβαλλόντων. Και οι δυο λέξεις όμως χρησιμοποιούνται στην καθημερινότητα για να περιγράψουν άλλες διαδικασίες που συνήθως σχετίζονται με διαδικασίες *τροποποίησης* όπως για παράδειγμα η προσαρμογή ενός επίπλου για μια νέα χρήση με την έννοια ότι το έπιπλο τροποποιείται και αποκτά ένα νέο ρόλο. Η αμφισημία των λέξεων αυτών είναι αυτή που προκαλεί μεγάλη σύγχυση και εμποδίζει την κατανόηση της βιολογικής σημασίας των όρων «προσαρμογή» και «προσαρμοστικότητα» (Dobzhansky, 1978).

Ακόμα ένας όρος είναι ο όρος «**επιλογή**». Στην καθημερινότητα όταν μιλάμε για επιλογή υπονοούμε ότι υπάρχει κάποιος που επιλέγει κάτι για κάποιο σκοπό. Έτσι όταν χρησιμοποιούμε τη φράση «*η φυσική επιλογή ενόησε την απόκτηση του τάδε*

χαρακτηριστικού» είναι σαν να προσωποποιούμε τη φύση ενώ το ίδιο κάνουμε και όταν λέμε πως «το τάδε χαρακτηριστικό επιλέχθηκε για τον τάδε σκοπό» υπονοώντας και ότι η εξέλιξη είναι μια τελεολογική διαδικασία (Robiner, 2016).

Φυσικά, ένας ειδικός μπορεί εύκολα να ξεχωρίσει το διαφορετικό νόημα που έχουν αυτές οι λέξεις όταν χρησιμοποιούνται στα πλαίσια της εξελικτικής βιολογίας όμως η έρευνες δείχνουν πως οι μαθητές και οι φοιτητές αντιμετωπίζουν πρόβλημα στο διαχωρισμό αυτό. Δυστυχώς οι καθηγητές στο πανεπιστήμιο αλλά και οι εκπαιδευτικοί στο σχολείο σπανίως τονίζουν στους φοιτητές και τους μαθητές τους την αμφισημία των λέξεων αυτών πράγμα οδηγεί εύκολα σε παρανοήσεις (Robiner, 2016).

Εκτός από τις αμφίσημες λέξεις, ένας άλλος παράγοντας που μπορεί να προκαλέσει σύγχυση και να αναστείλει την επαρκή κατανόηση της εξέλιξης είναι ορισμένα **ατυχή παραδείγματα** που χρησιμοποιούμε για να την περιγράψουμε. Για παράδειγμα, πολλές φορές η εξέλιξη παρομοιάζεται με τη δουλειά ενός *μηχανικού*. Αυτό το παράδειγμα δεν είναι κατατοπιστικό αφού ένας μηχανικός, προκειμένου να ολοκληρώσει ένα έργο, έχει στη διάθεση του υλικά και εργαλεία που προορίζονται ειδικά για το έργο αυτό ενώ η εξέλιξη χρησιμοποιεί κάθε φορά ότι βρίσκει πρόχειρο (για αυτό βλέπουμε την ύπαρξη «περίεργων» δομών που δεν μοιάζουν σε τίποτα με τις αρχικές τους δομές, όπως π.χ. οστά που αρχικά αποτελούσαν τμήμα του σαγονιού να μετατρέπονται σε ακουστικές συσκευές). Επίσης ένα μηχανικός είναι ικανός να παράγει νεωτερισμούς από το μηδέν κατασκευάζοντας για παράδειγμα ένα κτήριο από εκεί που δεν υπήρχε τίποτα ενώ η εξέλιξη επεξεργάζεται αυτό που ήδη υπάρχει ενισχύοντας τις λειτουργίες του ή προσδίδοντας του κάποιες νέες (π.χ. κατά το πέρασμα από τους μονοκύτταρους στους πολυκύτταρους οργανισμούς δεν χρησιμοποιήθηκαν «νέα υλικά» καθώς τα κύτταρα είναι τα ίδια και στις 2 κατηγορίες οργανισμών, αυτό που έγινε όμως είναι πως στους πολυκύτταρους είναι δυνατός ο καταμερισμός των λειτουργιών και η διαμερισματοποίηση τους και έτσι η εξέλιξη παρήγαγε κάτι νέο από κάτι που υπήρχε ήδη). Εκτός όμως από μη κατατοπιστική, η παραπάνω παρομοίωση μπορεί να γίνει ακόμα και παραπλανητική αφού ένας μηχανικός εργάζεται πάντα σύμφωνα με ένα σχέδιο (το οποίο είναι καλά μελετημένο και τέλειο από τεχνολογικής άποψης) ξέροντας από πριν τι θα φτιάξει ενώ το τελικό αποτέλεσμα είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά γίνεται στο σχέδιο αυτό. Αντίθετα η εξέλιξη απέχει πολύ την παραγωγή ενός «τέλειου» αποτελέσματος (η τεράστια σπατάλη γύρης στα έλατα, τα απομεινάρια των οστών της ουράς στον άνθρωπο ή το γεγονός ότι το τσίμπημα της μέλισσας προκαλεί το θάνατο της είναι κάποια από τα πολλά παραδείγματα) ενώ το

τελικό αποτέλεσμα δεν ακολουθεί κανένα σχέδιο. Επομένως η εξέλιξη δεν έχει τίποτα κοινό με ένα μηχανικό, αν όμως θέλαμε να βρούμε μια παρομοίωση θα μπορούσαμε να πούμε ότι η εξέλιξη λειτουργεί όπως ένας *τεχνίτης της περίπτωσης* που δεν γνωρίζει ακριβώς τι θα φτιάξει, χρησιμοποιεί οτιδήποτε τυχαίνει να βρεθεί στη διάθεση του και μέσω μιας σειράς τυχαίων γεγονότων αξιοποιεί κάθε ευκαιρία που παρουσιάζεται για να παράγει μια δομή που απλά να είναι λειτουργική (Jacob, 1978).

Ένα ακόμα παράδειγμα είναι η χρήση της φράσης «*επιβίωση του δυνατότερου/καταλληλότερου*» όταν προσπαθούμε να περιγράψουμε τη διαδικασία της φυσικής επιλογής. Όταν χρησιμοποιούμε αυτή τη φράση δίνουμε ασυνείδητα μεγαλύτερο βάρος στην *επιβίωση* από ότι στην *αναπαραγωγή* ενώ ταυτόχρονα η φυσική επιλογή μπορεί να φανεί ως ένα *στιγμιαίο γεγονός* και όχι ως μια *συνεχής διαδικασία*. Τέλος, μια ακόμα φράση που συναντάται συχνά είναι η αναζήτηση «*χαμένων κρίκων*» στο αρχείο των απολιθωμάτων προσπαθώντας να περιγράψουμε τα ενδιάμεσα είδη μεταξύ των οργανισμών. Και αυτή η φράση είναι προβληματική αφού είναι σαν να υπονοεί ότι η εξέλιξη προχωράει σε μια *ευθεία γραμμή* και όχι με *διακλαδώσεις* ενώ παράλληλα μπορεί να δημιουργηθεί η εντύπωση πως τα κενά στο αρχείο των απολιθωμάτων αποτελούν *αποδείξεις κατά της εξέλιξης* (Robiner, 2016).

3.2.3 Η επιστημονική κατάρτιση των εκπαιδευτικών

Είναι δεδομένο πως οι γνωστικές δομές των μαθητών σε γενικές γραμμές ταιριάζουν με εκείνες των καθηγητών τους, κάτι που στην ουσία σημαίνει πως οι απόψεις και οι γνώσεις των εκπαιδευτικών για ένα θέμα επηρεάζουν αυτές των μαθητών τους. (Βενέτης & Μαυρικάκη, 2017). Επίσης, έχει βρεθεί πως και η ικανότητα επιχειρηματολογίας των μαθητών συσχετίζεται αυτή των εκπαιδευτικών τους (Γεωργίου & Κουμαρέλας, 2022). Επομένως είναι πολύ σημαντικό οι εκπαιδευτικοί να έχουν καλή γνώση της εξέλιξης προκειμένου να μπορέσουν να επηρεάσουν θετικά τους μαθητές τους (Βενέτης & Μαυρικάκη, 2017).

Προηγουμένως καλύψαμε εν μέρει (και κυρίως στις Η.Π.Α.) τη στάση και τα πιστεύω των εκπαιδευτικών όσον αφορά τη διδασκαλία της εξέλιξης καθώς και το βαθμό στον οποίο οι ίδιοι κατανοούν τη διαδικασία. Τα δεδομένα από τις έρευνες μέχρι στιγμής για αυτό το κομμάτι δεν είναι καθόλου ενθαρρυντικά και φαίνεται να ισχύουν σε παγκόσμιο επίπεδο. Μερικά παραδείγματα αποτελούν οι εκπαιδευτικοί α) της Νότιας Κορέας που φαίνεται να εμφανίζουν τα ίδια ή και μικρότερα ποσοστά αποδοχής της

εξέλιξης από αυτά των Αμερικανών εκπαιδευτικών, β) της Τουρκίας, 75% των οποίων απορρίπτουν την εξέλιξη και γ) της Αγγλίας και της Ουαλίας, 37% των οποίων θεωρεί πως ο δημιουργισμός πρέπει να διδάσκεται μαζί με την εξέλιξη στα σχολεία. Άλλες μελέτες δείχνουν παρόμοια αποτελέσματα και στο Λίβανο, την Αλγερία, την Τυνησία, το Μαρόκο και τη Σενεγάλη (χώρες στις οποίες περίπου οι μισοί εκπαιδευτικοί βιολογίας συμφωνούν με την πρόταση πως «είναι σίγουρο πως ο Θεός δημιούργησε τη ζωή») όπως επίσης σε άλλες χώρες της Αφρικής και στον Καναδά. Ακόμα, οι εκπαιδευτικοί φαίνεται να διατηρούν τις ίδιες διαισθητικές αντιλήψεις με τους μαθητές και επίσης αδυνατούν να ξεχωρίσουν τα διαφορετικά νοήματα που εμφανίζουν ορισμένες λέξεις όταν χρησιμοποιούνται στο πλαίσιο της εξέλιξης (Pobiner, 2016).

Στην Ελλάδα, οι περισσότερες έρευνες που έχουν γίνει έχουν εστιάσει στην αποδοχή της εξέλιξης από μέρους των εκπαιδευτικών καθώς και στη στάση τους απέναντι στην αναγκαιότητα διδασκαλίας της. Ακόμα και έρευνες που σκοπεύουν να εξετάσουν τις γνώσεις των εκπαιδευτικών σχετικά με την εξέλιξη περιορίζονται στην εξέλιξη μέσω μόνο της φυσικής επιλογής, αφήνοντας εκτός τους υπόλοιπους μηχανισμούς με τους οποίους πραγματοποιείται η εξέλιξη (μεταλλάξεις, γενετική παρέκκλιση, μετανάστευση). Εξαίρεση αποτελούν 2 έρευνες. Η 1^η είναι του 2017, πραγματοποιήθηκε στο νομό Ρεθύμνου και είχε σκοπό να εξετάσει τις γνώσεις των εκπαιδευτικών θετικών επιστημών (όχι μόνο βιολογίας, αλλά και φυσικής, χημείας και γεωλογίας) σχετικά με όλους τους μηχανισμούς με τους οποίους πραγματοποιείται η εξέλιξη. Τα αποτελέσματα ήταν μικτά καθώς, όσον αφορά την κατανόηση της εξέλιξης μέσω της φυσικής επιλογής η εικόνα των εκπαιδευτικών ήταν μάλλον θετική αφού η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών (γύρω στο 70%) απάντησε σωστά στις ερωτήσεις και έδειξε πως υιοθετεί πληθυσμιακό τρόπο σκέψης. Ωστόσο, ένα μεγάλο ποσοστό των εκπαιδευτικών αναγνωρίζει τη φυσική επιλογή ως το μόνο μηχανισμό εξέλιξης και δεν εμφανίζει ικανοποιητικές γνώσεις (έως καθόλου) για τους υπόλοιπους μηχανισμούς. Το γεγονός αυτό ίσως αντικατοπτρίζει το βάρος που δίνεται στη φυσική επιλογή στα σχολικά εγχειρίδια βιολογίας καθώς οι υπόλοιποι μηχανισμοί δεν αναφέρονται καθόλου (Βενέτης & Μαυρικάκη, 2017). Η 2^η είναι του 2022 και είχε σκοπό να εξετάσει την ικανότητα επιχειρηματολογίας των εκπαιδευτικών γύρω από το θέμα της εξέλιξης. Τα αποτελέσματα ήταν μάλλον ανησυχητικά αφού οι εκπαιδευτικοί παρουσίασαν αδυναμίες στην ικανότητα επιχειρηματολογίας και μάλιστα με τους Βιολόγους εκπαιδευτικούς να μην καταφέρνουν να υπερβούν την ικανότητα επιχειρηματολογίας των εκπαιδευτικών των υπόλοιπων κλάδων των ΦΕ όπως αναμενόταν

(δεδομένου πως η εξέλιξη είναι αντικείμενο της Βιολογίας). Ωστόσο, αυτό που επηρέαζε περισσότερο την ικανότητα επιχειρηματολογίας ήταν η διδακτική εμπειρία των εκπαιδευτικών φανερώνοντας μια πιθανή σχέση ανάμεσα τους (Γεωργίου & Κουμαρέλας, 2022).

3.2.4 Η θρησκευτικότητα

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει η θρησκεία δεν είναι κατ' ανάγκη αντίθετη με την εξέλιξη και πολλοί θεολόγοι και βιολόγοι πιστεύουν πως μεταξύ Βιολογίας και Θεολογίας δεν υπάρχει κάποια σύγκρουση (Scott, 2004). Όμως η θρησκευτικότητα του κάθε ανθρώπου μπορεί να επηρεάζει τις απόψεις του για την εξέλιξη. Έτσι, πολλές έρευνες έχουν συμπεράνει πως ότι η θρησκευτικότητα επηρεάζει τόσο την αποδοχή όσο και την κατανόηση της εξέλιξης (Paz-Y-Miño-C & Espinosa, 2012). Ωστόσο τα δεδομένα δεν δείχνουν ότι κάποια συγκεκριμένη θρησκεία επηρεάζει περισσότερο από κάποια άλλη. Αυτό που επηρεάζει περισσότερο είναι το πόσο βαθιά θρησκευόμενος είναι κάποιος, ανεξάρτητα από τη θρησκεία του (Robiner, 2016). Όσο πιο πολύ θρησκευόμενος είναι κάποιος τόσο πιο πιθανό είναι να απορρίψει την εξέλιξη, ωστόσο η απόρριψη αυτή οφείλεται (τουλάχιστον σε ένα βαθμό) σε έλλειψη κατανόησης της (Paz-Y-Miño-C & Espinosa, 2012). Όπως και να έχει, ο εκάστοτε εκπαιδευτικός που επιχειρεί να διδάξει την εξέλιξη θα πρέπει να είναι ενημερωμένος για το γεγονός αυτό καθώς και να γνωρίζει πώς να διαχειριστεί τυχόν αντιρρήσεις που θα προκύψουν (Βενέτης & Μαυρικάκη, 2017).

3.2.5 Προβλήματα στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση

Υπάρχει μεγάλη αδυναμία της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης να συστήσει τους μαθητές στην έννοια της εξέλιξης. Σε μια έρευνα του 2011 (Prinou, Halkia, & Skordoulis, 2011) όπου εξετάστηκε το περιεχόμενο 24 σχολικών εγχειριδίων από το 1980 έως και το 2011 στην Ελλάδα βρέθηκε πως, αν και στα σχολικά εγχειρίδια υπήρχε η έννοια της εξέλιξης, αυτή εμφάνιζε αρκετά προβλήματα. Για παράδειγμα στην πιο πρόσφατη περίοδο (2000-2011), οργανισμοί διαφορετικών ειδών παρουσιάζονται στα εγχειρίδια ως εντελώς ίδιοι και μεταξύ τους και με τους προγονικούς οργανισμούς ενώ η έννοια της ποικιλομορφίας μεταξύ των μελών ενός είδους απουσιάζει τελείως. Στην έρευνα έγινε και αξιολόγηση των γνώσεων των εκπαιδευτικών, συγκεκριμένα 153 εκπαιδευτικοί κυρίως από σχολεία της Αθήνας. Το αποτέλεσμα ήταν πως οι γνώσεις των εκπαιδευτικών της πρωτοβάθμιας ήταν, στην καλύτερη περίπτωση, ελλιπέστατες. Μόλις το 50,3% των

εκπαιδευτικών πίστευε πως οι οργανισμοί της γης έχουν κοινή καταγωγή ενώ η μεγάλη πλειοψηφία τους πίστευε πως η φυσική επιλογή συμβαίνει μόνο όταν ένας οργανισμός προσπαθεί να προσαρμοστεί στο περιβάλλον του εκτιμώντας πως η *ανάγκη* είναι αυτή που οδηγεί στην εμφάνιση νέων χαρακτηριστικών στους οργανισμούς. Επιπλέον, περίπου οι μισοί εκπαιδευτικοί δεν γνώριζαν πως οι δεινόσαυροι ζούσαν εκατομμύρια χρόνια πριν την εμφάνιση των ανθρώπων και ακόμα χειρότερα, οι μισοί εκπαιδευτικοί νόμιζαν πως η θεωρία εξέλιξης καλείται απλώς θεωρία επειδή δεν υπάρχουν αρκετές αποδείξεις για να τη στηρίξουν. Ακόμα, παρόμοια αποτελέσματα έχουν αναφερθεί και σε άλλες χώρες πέραν της Ελλάδας. Όλα αυτά οδήγησαν τους ερευνητές στο συμπέρασμα πως χρειάζεται μια δραστική αλλαγή τόσο στο πρόγραμμα όσο και στην εκπαιδευτική κατάρτιση των εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας για να μπορέσει να γίνει μια κατάλληλη εισαγωγή των μαθητών στην έννοια της εξέλιξης. Κάτι τέτοιο θα είχε μεγάλη επιρροή και στις μεγαλύτερες τάξεις του σχολείου καταπολεμώντας σε μεγάλο βαθμό τις διαισθητικές αντιλήψεις των μαθητών αντί να τις ενισχύουν (Prinou, Halkia, & Skordoulis, 2011). Συνδυάζοντας δε τα προβλήματα της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης με τη μέτρια εκπαιδευτική κατάρτιση των εκπαιδευτικών δευτεροβάθμιας αλλά και τα προβληματικά σχολικά εγχειρίδια που αναφέραμε στην προηγούμενη ενότητα δεν προκαλεί εντύπωση το γεγονός πως βλέπουμε συνεχώς παρανοήσεις στην κατανόηση της εξέλιξης τόσο στους μαθητές και τους φοιτητές όσο και στο γενικό πληθυσμό. Συνεπώς υπάρχει μεγάλη ανάγκη για βελτίωση της κατάστασης.

3.3 Προτάσεις για το μέλλον

Γενικότερα θα μπορούσαμε να πούμε πως οι 2 κύριοι παράγοντες που προβλέπουν την αποδοχή της εξέλιξης και την ικανότητα των εκπαιδευτικών να τη διδάξουν είναι το πόσο καλά κατανοούν την εξέλιξη και οι προσωπικές τους απόψεις για αυτή. Είναι αλήθεια πως η σχέση μεταξύ αποδοχής και κατανόησης της εξέλιξης είναι περίπλοκη. Είναι πιθανό κάποιος να αποδέχεται την εξέλιξη χωρίς να την κατανοεί και είναι επίσης πιθανό κάποιος να την κατανοεί αλλά να μην την αποδέχεται (Robiner, 2016). Ωστόσο οι υπάρχουσες έρευνες φανερώνουν μια θετική συσχέτιση μεταξύ κατανόησης και αποδοχής της εξέλιξης (βέβαια το αν το πρώτο προκαλεί το τελευταίο δεν είναι ακόμα σίγουρο) (Paz-Y-Miño-C & Espinosa, 2012). Μια θετική συσχέτιση υπάρχει και μεταξύ κατανόησης της εξέλιξης και χρόνου που αφιερώνουν οι εκπαιδευτικοί στη διδασκαλία της αφού οι εκπαιδευτικοί με περισσότερη εκπαίδευση πάνω στην εξέλιξη στο

πανεπιστήμιο αφιέρωναν σημαντικά περισσότερο χρόνο στη διδασκαλία της (Robiner, 2016).

Επίσης, θεωρώ σκόπιμο να τονιστεί πως οι επιστημονικές γνώσεις, πέραν τις **γνωστικής διάστασης** τους έχουν και μια **μεταγνωστική διάσταση** στην οποία εντάσσεται γενικότερα η φύση των επιστημών καθώς και ο τρόπος με τον οποίον αυτές αλληλεπιδρούν με την κοινωνία. Ακόμα, υπάρχει και μια τρίτη διάσταση της επιστημονικής γνώσης, η **συναισθηματική διάσταση** στην οποία εντάσσονται οι διάφορες στάσεις που διαμορφώνει η επιστημονική γνώση όπως για παράδειγμα η αμφισβήτηση απέναντι στις καθιερωμένες αντιλήψεις (π.χ. η μελέτη της γεωλογίας αντικατέστησε την αντίληψη πως η γη έχει ηλικία μικρότερη των 10.000 χρόνων). Όταν αυτές οι 3 διαστάσεις συναντώνται και εντάσσονται στο πρόγραμμα διδασκαλίας τότε η μάθηση γίνεται πολύ πιο ευχάριστη και πιο παραγωγική (Σέρογλου, 2002).

3.3.1 Γιατί πρέπει να διδάσκεται η Εξέλιξη στα σχολεία;

Η εξέλιξη των ειδών αναγνωρίζεται διεθνώς ως μία από τις σημαντικότερες επιστημονικές έννοιες και, όπως έχουμε ήδη αναφέρει, μια έννοια ενοποιητική για την επιστήμη της βιολογίας (Sá-Pinto et al., 2021). Ως επιστημονική θεωρία η εξέλιξη μας παρέχει μια ικανοποιητική επιστημονική εξήγηση για την προέλευση των οργανισμών στη γη εξηγώντας παράλληλα και τις ομοιότητες/διαφορές τους (Ayala, 2008). Στην πραγματικότητα όμως επιτυγχάνει πολύ περισσότερα από αυτό αφού επηρεάζει σημαντικά την οπτική μας όσον αφορά εμάς αλλά και τη θέση μας στον κόσμο (Sá-Pinto et al., 2021). Έτσι μας βοηθά να κατανοήσουμε καλύτερα τα κοινά σημεία του ανθρώπινου είδους με τα υπόλοιπα είδη ενώ ταυτόχρονα η μελέτη της εξέλιξης των βακτηρίων και των ιών μας επιτρέπει να αναπτύξουμε νέους μηχανισμούς άμυνας εναντίων διάφορων ασθενειών. Επιπλέον, η εξέλιξη δεν περιορίζεται μόνο στη βιολογία και μπορεί να μας φανεί χρήσιμη σε πάρα πολλούς άλλους κλάδους (π.χ. στην εγκληματολογία) (Ayala, 2008). Για τους λόγους αυτούς πολλοί ερευνητές συμφωνούν πως η κατανόηση της εξέλιξης είναι βασικότατη όχι μόνο από τους επιστήμονες αλλά και από το γενικό πληθυσμό (Sá-Pinto et al., 2021). Για παράδειγμα, η κατανόηση της διαδικασίας της εξέλιξης είναι απαραίτητη προκειμένου να απαντήσουμε σε πολύ κομβικά ερωτήματα για το μέλλον του πλανήτη μας και κατ' επέκταση και της ανθρωπότητας. Τέτοια ερωτήματα είναι π.χ. ο καταλληλότερος τρόπος αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής ή το αν θα πρέπει (και αν ναι σε ποιο βαθμό) να χρησιμοποιήσουμε τις τεχνικές

γενετικής μηχανικής προκειμένου να τροποποιήσουμε τα χαρακτηριστικά ορισμένων οργανισμών. Η αντιμετώπιση τέτοιων ερωτημάτων είναι αδύνατη χωρίς την κατανόηση της διαδικασίας της εξέλιξης (National Academy of Sciences, 2008).

Θα μπορούσαμε να πούμε πως η βιολογία αποτελεί μια ταχύτατα εξελισσόμενη επιστήμη που ήδη μέσα στα πρώτα χρόνια του 21^{ου} αιώνα έχει αλλάξει τη ζωή μας (και αναμένεται να την αλλάξει πολύ περισσότερο). Η συμβολή της μοριακής βιολογίας στην ιατρική και τα γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα είναι 2 κραυγαλέα παραδείγματα. Υπάρχουν επίσης ένα σωρό άλλα βιολογικά θέματα τα οποία προπορεύονται τόσο της τωρινής ηθικής όσο και της υπάρχουσας νομοθεσίας (π.χ. υποβοηθούμενη αναπαραγωγή, επιλογή φύλου, βλαστοκύτταρα) και πρέπει να διευθετηθούν άμεσα. Όλα αυτά είναι βιολογικά ζητήματα τα οποία συζητιούνται ολοένα και περισσότερο από τους πολίτες οι οποίοι σχηματίζουνε απόψεις πάνω σε αυτά και για τα οποία ενδέχεται κάποια στιγμή να πάρουν θέση. Εάν οι πολίτες λοιπόν δεν γνωρίζουν εξέλιξη, δεν θα μπορέσουν ποτέ να κατανοήσουν αυτά τα θέματα και η μόνη άποψη που θα σχηματίσουν για αυτά θα είναι λειψή, διαστρεβλωμένη και επιβαλλόμενη από κάποιους τρίτους που εξυπηρετούν κάθε λογής σκοπιμότητες (Ζούρος, 2009).

Ταυτόχρονα η διδασκαλία της εξέλιξης παρέχει μια θαυμάσια ευκαιρία στους εκπαιδευτικούς να διαφωτίσουν τους μαθητές σε θέματα που αφορούν τη **φύση της επιστήμης** και να τους βοηθήσει να διαχωρίσουν τις επιστημονικές μεθόδους από άλλες μεθόδους παραγωγής ανθρώπινης γνώσης (Coalition of Scientific Societies, 2008). Αυτό είναι πολύ σημαντικό καθώς η διδασκαλία μη επιστημονικών θεωριών μαζί με τις επιστημονικές αναστέλλει την επίτευξη αυτού του στόχου υποβαθμίζοντας στην ουσία το επίπεδο της επιστημονικής κατάρτισης των μαθητών κάτι που θα λειτουργήσει αρνητικά για αυτούς ότι και αν επιλέξουν να κάνουν στο μέλλον (Lofaso, 2005). Φυσικά οι μαθητές θα πρέπει και να μάθουν να αναπτύσσουν **κριτική σκέψη**, και αυτό περιλαμβάνει να είναι σε θέση να επανεξετάζουν κριτικά και τις επιστημονικές θεωρίες που σήμερα θεωρούνται αποδεκτές. Όμως η κριτική σκέψη θα πρέπει να βασίζεται στη λογική και στις αποδείξεις και σε καμία περίπτωση δεν θα πρέπει να δίνεται το ίδιο βάρος στην εξέλιξη και σε μια θεωρία η οποία στερείται επιστημονικών αποδεικτικών στοιχείων. Για όλους αυτούς τους λόγους είναι απολύτως απαραίτητο οι μαθητές να γνωρίζουν τα βασικά χαρακτηριστικά της εξέλιξης καθώς και τη θέση της στην επιστήμη (National Academy of Sciences, 2008).

3.3.2 Αποκρούοντας τις διαισθητικές αντιλήψεις

Παρανοήσεις λόγω διαισθητικών αντιλήψεων σχετικά με την εξέλιξη (και τη φύση της επιστήμης) δεν περιορίζονται μόνο στους μαθητές αλλά εμφανίζονται όπως είδαμε και στους εκπαιδευτικούς. Προκειμένου να βοηθήσει τους εκπαιδευτικούς να εμπλουτίσουν τις γνώσεις τους πάνω στο θέμα ώστε να έχουν μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση να μιλήσουν για την εξέλιξη στους μαθητές τους, το *Μουσείο Παλαιοντολογίας του Πανεπιστημίου του Berkeley (UC Paleontology Museum)* δημιούργησε την ιστοσελίδα *Understanding Evolution* (<https://evolution.berkeley.edu>) στην οποία οι εκπαιδευτικοί κάθε βαθμίδας μπορούν να βρουν πλούσιο και πολύ καλό υλικό σχεδιασμένο για όλες τις ηλικίες. Ο ίδιος φορέας δημιούργησε και την ιστοσελίδα *Understanding Science* (<https://undsci.berkeley.edu/>) που περιέχει επίσης πλούσιο και πολύ καλό υλικό σχεδιασμένο για θέματα που αφορούν τη φύση της επιστήμης (Pobiner, 2016).

Αφού λύσουν οι ίδιοι τις παρανοήσεις τους και πριν ακόμα διδάξουν την εξέλιξη, οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να ξέρουν το επίπεδο στο οποίο βρίσκονται οι μαθητές τους όσον αφορά την αποδοχή και την κατανόηση της καθώς επίσης και ποια είναι εκείνα τα σημεία που τους δυσκολεύουν περισσότερο. Άλλωστε κάθε σχολικό τμήμα είναι διαφορετικό και άρα οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να **προσαρμόζουν το μάθημα τους ξεχωριστά για κάθε τμήμα**. Έτσι θα κερδηθεί πολύτιμος χρόνος, αφού οι εκπαιδευτικοί δεν θα μένουν πολύ σε θέματα που οι μαθητές φαίνεται να κατανοούν καλά, ο οποίος μπορεί να αξιοποιηθεί σε εκείνα τα θέματα που οι μαθητές παρουσιάζουν τα περισσότερα προβλήματα. Ένα εργαλείο που μπορούν να χρησιμοποιήσουν οι εκπαιδευτικοί για την εκτίμηση της αποδοχής της εξέλιξης σε μαθητές λυκείου είναι το *MATE (Measure of Acceptance of the Theory of Evolution)* ενώ ένα άλλο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο σε μαθητές λυκείου όσο και σε προπτυχιακούς φοιτητές και με το οποίο εκτιμάται ειδικότερα η αποδοχή της μικρό-εξέλιξης, της μακρό-εξέλιξης και της εξέλιξης του ανθρώπου ξεχωριστά είναι το *I-SEA (Inventory of Students' Acceptance of Evolution)* (Pobiner, 2016). Και τα 2 αυτά εργαλεία παρατίθενται (στα αγγλικά) στο Παράρτημα Α αυτής της εργασίας. Ένα τρίτο παρόμοιο και διαδεδομένο εργαλείο είναι το *GAENE (Generalized Acceptance of Evolution Evaluation)* (Smith et al., 2016). Τώρα όσον αφορά την κατανόηση της εξέλιξης, ίσως το πιο πολυχρησιμοποιημένο εργαλείο αποτελεί το *CINS (Conceptual Inventory of Natural Selection)* (Anderson et al., 2002). Εναλλακτικά οι

εκπαιδευτικοί μπορούν να χρησιμοποιήσουν για τον ίδιο σκοπό και το *MUM (Measure of Understanding of Macroevolution)* (Nadelson & Southerland, 2009).

Οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει επίσης να γνωρίζουν πως, για να ξεπεράσουν οι μαθητές τις διαισθητικές αντιλήψεις τους θα πρέπει να προβούν σε μία **εννοιολογική αλλαγή**. Το πρώτο στάδιο για να γίνει αυτό είναι όταν οι μαθητές αδυνατούν να εξηγήσουν ένα φαινόμενο με τις υπάρχουσες γνώσεις τους. Στη συνέχεια θα πρέπει να τους παρουσιαστούν νέες γνώσεις που θα τους βοηθήσουν να εξηγήσουν το φαινόμενο που προηγουμένως δεν μπορούσαν ενώ ακολουθεί η απόφαση των μαθητών να αποδεχθούν τις νέες γνώσεις (Ζόγκζα, 2009). Όμως η διαδικασία αυτή δεν γίνεται αυτόματα και παρουσιάζει δυσκολίες αφού, ακόμα και αν αυτές οι γνώσεις μπορούν να εξηγήσουν ικανοποιητικά το φαινόμενο που δεν εξηγείται με τις παλιές, υπάρχει περίπτωση να απορριφθούν αν έρχονται σε αντίφαση με τις υπάρχουσες αντιλήψεις τους. Το τελικό στάδιο είναι η υιοθέτηση των νέων γνώσεων από τους μαθητές και η χρησιμοποίησή τους με γόνιμους τρόπους. Η διαδικασία της εννοιολογικής αλλαγής συναντάται συνέχεια στην εκπαίδευση των φυσικών επιστημών ενώ επηρεάζεται από τις κοινωνικές αλληλεπιδράσεις των μαθητών με το περιβάλλον τους. Για παράδειγμα θετικά συναισθήματα και πρόθεση των συμμαθητών να αντικαταστήσουν τις παλιές γνώσεις με νέες παρέχουν στο μαθητή κίνητρο για να κάνει και αυτός το ίδιο και να εγκαταλείψει το προηγούμενο πλαίσιο σκέψης του, ακόμα και αν αυτό είναι αρκετά ισχυρό (Πρίνου, Σκορδούλης, & Χαλκιά, 2004).

Στο πλαίσιο της εννοιολογικής αλλαγής, οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει συνεχώς να τονίζουν τις διαφορετικές σημασίες που έχουν οι λέξεις όταν χρησιμοποιούνται σε εξελικτικό πλαίσιο, προκειμένου να μη δημιουργούν περαιτέρω παρανοήσεις στους μαθητές (Robiner, 2016). Συνίσταται επίσης η αποφυγή, όσο γίνεται, λέξεων που δείχνουν αλλαγή από πρόθεση και βούληση (π.χ. σχέδιο, ανάγκη, προσαρμογή) ή, ακόμα καλύτερα οι εκπαιδευτικοί μπορούν να δώσουν παραδείγματα που αναδεικνύουν με σαφήνεια τη σύγκρουση των ερμηνειών, π.χ. «οι αρκτικές αλεπούδες προσαρμόστηκαν στο αλλαγμένο περιβάλλον τους επειδή, α) ήθελαν να το κάνουν και αποφάσισαν να αλλάξουν, ή β) επειδή κάποιες αλεπούδες διέθεταν ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό που ήταν πλεονεκτικό σε αυτό το περιβάλλον;» (Ζόγκζα, 2009). Παράλληλα θα πρέπει να τονίζουν πως η εξέλιξη είναι μια ευκαιριακή διαδικασία· χαρακτηριστικά που μπορεί να είναι πλεονεκτικά σε ένα περιβάλλον μπορεί να αποτελούν μειονέκτημα αν το περιβάλλον

αλλάζει. Έτσι μειώνουν την πιθανότητα κάποιος μαθητής να αντιληφθεί με τελεολογικό τρόπο τη διαδικασία της εξέλιξης (Robiner, 2016).

3.3.3 Σε ποια ηλικία πρέπει να αρχίσει η διδασκαλία της Εξέλιξης;

Μπαίνοντας κάποιος στις ιστοσελίδες *Understanding Evolution* και *Understanding Science* που αναφέραμε πριν, μπορεί να παρατηρήσει πως υπάρχει διδακτικό υλικό ακόμα και για παιδιά νηπιαγωγείου. Και αυτό γιατί υπάρχουν αρκετές έρευνες που υποστηρίζουν πως τόσο η φύση της επιστήμης όσο και η εξέλιξη είναι καλό να **αρχίσουν να διδάσκονται όσο πιο νωρίς γίνεται** (φυσικά με διαφορετικό τρόπο ανάλογα με την ηλικία του μαθητή) (Robiner, 2016). Υπάρχουν εκπαιδευτικοί που διαφωνούν ή παρουσιάζονται διστακτικοί σχετικά με αυτό καθώς θεωρούν πως σε τόσο νεαρές ηλικίες τα παιδιά δεν διαθέτουν την ικανότητα να σκεφτούν επιστημονικά. Ωστόσο διάφορες έρευνες πάνω στο θέμα έχουν δείξει πως αυτό δεν ισχύει και πως τα παιδιά, ήδη από το νηπιαγωγείο, μπορούν (και θα έπρεπε να εξασκούνται στο) να σκέφτονται επιστημονικά. Μάλιστα, όταν η επιστημονική σκέψη εισάγεται από τέτοια ηλικία είναι πιθανότερο το παιδί να αναπτύξει μια θετική στάση απέναντι στην επιστήμη. Επομένως το ερώτημα δεν θα έπρεπε να είναι το αν θα πρέπει τα παιδιά να εισαχθούν στην επιστημονική σκέψη από αυτή την ηλικία αλλά το **πώς** θα γίνει αυτό. Ειδικότερα, όσον αφορά τη διδασκαλία της εξέλιξης, ξέρουμε ήδη πως σε πολλά μέρη του κόσμου αυτή δεν είναι και η καλύτερη δυνατή και ένας λόγος για αυτό πιστεύεται πως είναι η καθυστερημένη είσοδος της στην εκπαίδευση, όταν δηλαδή οι μαθητές είναι στα τέλη του γυμνασίου ή στο λύκειο (Nadelson et al., 2009). Στην πραγματικότητα η αποδοχή και η κατανόηση της εξέλιξης βρέθηκε πως αυξάνονται σε μαθητές που άρχισαν να τη διδάσκονται από νωρίς, ενώ το γεγονός πως η εξέλιξη αποτελεί κεντρικό θέμα στη βιολογία συνδυάζοντας πολλές άλλες πτυχές της αναδεικνύει ακόμα περισσότερο την αναγκαιότητα διδασκαλίας της εξέλιξης από το δημοτικό ή ακόμα και από το νηπιαγωγείο (Robiner, 2016). Προκειμένου να δουν πως μαθητές νηπιαγωγείου αντεπεξέρχονται στην εξέλιξη, ορισμένοι ερευνητές στις Η.Π.Α. επιχείρησαν το 2009 να τους διδάξουν βασικά στοιχεία της εξέλιξης (*προσαρμογή και ειδογένεση*). Για το σκοπό αυτό ανέπτυξαν 2 μαθήματα, ένα που είχε να κάνει με την παρατήρηση ομοιοτήτων και διαφορών μεταξύ οργανισμών και ένα που εστίαζε στην αναγνώριση ότι οργανισμοί που έζησαν πολύ παλιά έχουν κοινά χαρακτηριστικά με οργανισμούς που ζούνε σήμερα. Τα αποτελέσματα ήταν πολύ ενθαρρυντικά καθώς οι περισσότεροι μαθητές φάνηκε πως έμαθαν τα βασικά χαρακτηριστικά της προσαρμογής

και της ειδογένεσης ενώ ταυτόχρονα οι μαθητές έδειξαν μεγάλο ενθουσιασμό για τις δραστηριότητες του μαθήματος (Nadelson et al., 2009).

3.3.4 Σεβασμός στη θρησκευτικότητα

Από ορισμένη μερίδα του πληθυσμού υπάρχει ο φόβος πως η διδασκαλία της εξέλιξης υποκινεί την άποψη ότι, αν η ύπαρξη των ανθρώπων, όπως και όλων των υπόλοιπων οργανισμών, είναι ένα τελείως τυχαίο αποτέλεσμα, τότε μήπως αυτό σημαίνει πως τα πάντα στο σύμπαν είναι ένα τελείως τυχαίο αποτέλεσμα χωρίς καμία σκοπιμότητα και άρα δεν υπάρχει Θεός; Μήπως το σύμπαν στερείται κάθε νοήματος; (Scott, 2004) Αυτά είναι φιλοσοφικά ερωτήματα και όντως υπάρχουν επιστήμονες που επιχειρούν να τα απαντήσουν αποδεχόμενοι την άποψη του φιλοσοφικού νατουραλισμού. Επομένως είναι λογικό ένας θρησκευόμενος άνθρωπος να ενοχληθεί από τέτοιους ισχυρισμούς και από την πιθανότητα ορισμένοι μαθητές να οδηγηθούν σε τέτοια συμπεράσματα διδασκόμενοι την εξέλιξη στο σχολείο. Αυτό δεν σημαίνει όμως ότι οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να ενσωματώσουν κάποιο τελεολογικό ισχυρισμό στη διδασκαλία της εξέλιξης (όπως προτείνεται από τους αντί-εξελικτικούς) απλά και μόνο για να αποφύγουν το ενδεχόμενο ορισμένοι μαθητές να υιοθετήσουν νατουραλιστικές απόψεις. Θα ήταν πιο συνετό οι μαθητές να διδάσκονται την εξέλιξη όπως την αποδέχεται έως τώρα η επιστημονική κοινότητα αλλά παράλληλα είναι αναγκαίο οι εκπαιδευτικοί να τονίζουν πως η εξέλιξη των ειδών είναι μια επιστημονική θεωρία που στόχο έχει να κατανοήσει τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί η φύση και όχι να διαμορφώσει ορισμένες φιλοσοφικές και ηθικές αντιλήψεις (Scott & Branch, 2006).

Επιπλέον, είναι δεδομένο πως κάποιοι μαθητές μπορεί να νιώθουν ότι η εξέλιξη έρχεται σε σύγκρουση με τα πιστεύω τους. Αν οι εκπαιδευτικοί αγνοήσουν το γεγονός αυτό (ή ακόμα χειρότερα αν λειτουργήσουν με τρόπο που εντείνουν την πεποίθηση αυτή – π.χ. διδάσκοντας πως υπάρχει διαμάχη μεταξύ επιστήμης και θρησκείας-) οι μαθητές είναι πολύ πιθανό να αποξενωθούν και έτσι αυξάνονται οι πιθανότητες να απορρίψουν την εξέλιξη επηρεάζοντας με τον ίδιο τρόπο αργότερα και τα παιδιά τους διαιωνίζοντας την τωρινή κατάσταση. Επομένως η διδασκαλία της εξέλιξης θα πρέπει να γίνεται με **αναγνώριση, σεβασμό και ευαισθησία στα διαφορετικά πιστεύω των μαθητών** κάτι που δημιουργεί ένα ασφαλές περιβάλλον διδασκαλίας μέσα στο οποίο οι μαθητές νιώθουν την άνεση να μιλήσουν ανοιχτά (οι εκπαιδευτικοί μπορούν και οι ίδιοι να μιλήσουν για τα δικά τους πιστεύω σε μια προσπάθεια να παροτρύνουν ακόμα περισσότερο τους μαθητές

τους να κάνουν το ίδιο). Αν επιχειρήσουμε να πιέσουμε τους μαθητές να επιλέξουν ανάμεσα στα πιστεύω τους και την επιστήμη τότε είμαστε καταδικασμένοι να αποτύχουμε. Στην πραγματικότητα οι περισσότεροι μαθητές ενδιαφέρονται να μάθουν τρόπους με τους οποίους μπορούν να συμφιλιώσουν τα προσωπικά τους πιστεύω με τις επιστημονικές θεωρίες. Για το λόγο αυτό είναι πολύ σημαντικό οι εκπαιδευτικοί να επιμένουν στο γεγονός πως δεν υπάρχει σύγκρουση μεταξύ επιστήμης και θρησκείας αναφέροντας παράλληλα εγχειρήματα όπως το *Clergy Letter Project* (<http://www.theclergyletterproject.org/>). Το εγχείρημα αυτό αναπτύχθηκε στις Η.Π.Α. για να αναδείξει πως η επιστήμη και η θρησκεία μπορούν να συμβαδίσουν και μέχρι στιγμής πάνω από 17.000 κληρικοί από διάφορες θρησκείες έχουν υπογράψει πως στηρίζουν τη διδασκαλία της εξέλιξης στο σχολείο. Γνωρίζοντας για εγχειρήματα όπως αυτό και μεταφέροντας τα στην τάξη οι εκπαιδευτικοί μπορούν να αρχίσουν να μιλάνε για θέματα θρησκείας που σχετίζονται με την εξέλιξη (π.χ. η φύση της θρησκείας και της επιστήμης) κάτι που οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί εμφανίζονται πολύ διστακτικοί στο να κάνουν καθώς πιστεύουν πως κάτι τέτοιο υπερβαίνει τις αρμοδιότητες τους (ή δεν νιώθουν ότι έχουν τις απαραίτητες γνώσεις για να μιλήσουν για το θέμα αυτό) (Pobiner, 2016).

Τώρα, αν κάποιος εκπαιδευτικός θελήσει (ή αναγκαστεί από ερωτήσεις των μαθητών) να συμπεριλάβει το δημιουργισμό (ή οποιαδήποτε άλλη μη επιστημονική άποψη) όταν μιλάει για την εξέλιξη θα μπορούσε να το κάνει με τρόπο που θα καθιστά πιο κατανοητό το ιστορικό υπόβαθρο της εξέλιξης (Scott & Branch, 2006). Με λίγα λόγια να διδάξει την ιστορία των δικαστικών αποφάσεων που αφορούν τη διδασκαλία της εξέλιξης, περνώντας στην ουσία από τη γνωστική στη μεταγνωστική και τη συναισθηματική διάσταση της εξέλιξης ενισχύοντας το κύρος της ως τεκμηριωμένη επιστημονική θεωρία (Pobiner, 2016).

3.3.5 Αποτελεσματικότερη διδασκαλία - Παραδείγματα από την «πραγματική ζωή» και ο ρόλος των επιστημόνων

Με βάση τα όσα έχουμε πει πιο πάνω προκύπτει πως, για να διδάξει σωστά ένας εκπαιδευτικός την εξέλιξη πρέπει οπωσδήποτε α) να την αποδέχεται ως τεκμηριωμένη επιστημονική θεωρία, β) να την κατανοεί όσο καλύτερα γίνεται, γ) να έχει γνώσεις πάνω σε ζητήματα που αφορούν τη φύση της επιστήμης, δ) να γνωρίζει πως μπορεί να συναντήσει αμφισβήτηση την οποία και θα πρέπει να είναι σε θέση να τη διαχειριστεί και ε) να κατέχει παιδαγωγικές γνώσεις σχετικές με τη διδασκαλία της εξέλιξης. Άλλα

χαρακτηριστικά που μπορεί να βοηθήσουν τον εκάστοτε εκπαιδευτικό στη διδασκαλία της εξέλιξης είναι α) η γνώση για τις δικαστικές αποφάσεις και για τις θρησκευτικές οργανώσεις που στηρίζουν τη διδασκαλία της εξέλιξης, β) η γνώση της κατάστασης που επικρατεί στον κόσμο όσον αφορά την αποδοχή, την κατανόηση και τη διδασκαλία της εξέλιξης και γ) η συνεχής επαγγελματική ανάπτυξη και ενημέρωση πάνω στο θέμα συμπεριλαμβανομένης και της επιστημονικής υποστήριξης από συνεργάτες (Robiner, 2016).

Επίσης, τα δεδομένα δείχνουν πως οι μαθητές κατανοούν καλύτερα και ενδιαφέρονται περισσότερο για αυτό που μαθαίνουν όταν μπορούν να κάνουν συνδέσεις μεταξύ του αντικειμένου μάθησης και της καθημερινής ζωής τους. Έτσι, ωραίες αφορμές για να μιλήσει ένας εκπαιδευτικός για την εξέλιξη αποτελεί η χρήση του αποτυπώματος DNA στην εγκληματολογία ή χρήση μονοκαλλιέργειών στη γεωργία και γιατί αυτές είναι ευάλωτες σε ασθένειες. Όμως ένα άλλο εργαλείο μπορεί να αποβεί ακόμα πιο χρήσιμο. Πρόκειται για *παραδείγματα από την εξέλιξη του ανθρώπου*, όπου οι εκπαιδευτικοί, εκμεταλλευόμενοι και το μεγάλο ενδιαφέρον των μαθητών για το θέμα αυτό, μπορούν να το χρησιμοποιήσουν ως μέσο για διδασκαλία της εξέλιξης γενικότερα. Ούτως ή άλλως, τέτοια παραδείγματα χρησιμοποιούνται ήδη σε μαθήματα φυσιολογίας όπου οι μαθητές/φοιτητές εξασκούνται πρώτα στον άνθρωπο πριν εφαρμόσουν τις γνώσεις τους και σε άλλα ζώα. Επίσης η ποικιλομορφία στο ανθρώπινο είδος γίνεται πολύ πιο εύκολα αντιληπτή από ότι σε άλλα είδη. Μερικά παραδείγματα από την εξέλιξη του ανθρώπου που μπορούν να χρησιμοποιήσουν οι εκπαιδευτικοί περιλαμβάνουν την προσαρμογή σε μεγάλο υψόμετρο, τη δυσανεξία στη λακτόζη, την εξέλιξη του τρεξίματος, κ.α. Κινούμενοι σε αυτά τα πλαίσια ορισμένοι ερευνητές ανέπτυξαν το *TEiHE (Teaching Evolution through Human Examples)*, ένα εργαλείο για μαθητές λυκείου που χρησιμοποιεί παραδείγματα από την εξέλιξη του ανθρώπου σκοπεύοντας στην καλύτερη κατανόηση της εξέλιξης. Στην ιστοσελίδα του *TEhHE* (<https://humanorigins.si.edu/education/teaching-evolution-through-human-examples>) μπορεί κάποιος να βρει και να κατεβάσει δωρεάν αρχεία PowerPoint που περιλαμβάνουν 4 παραδείγματα από την εξέλιξη του ανθρώπου (προσαρμογή σε μεγάλο υψόμετρο, εξέλιξη του χρώματος του δέρματος, αντοχή στην ελονοσία και τι σημαίνει να είσαι άνθρωπος) καθώς και έναν οδηγό με πληροφορίες για το πώς κάποιος θα προσεγγίσει το θέμα δείχνοντας ευαισθησία στη θρησκευτική και πολιτισμική διαφορετικότητα (Robiner, 2016). Οι μέχρι στιγμής δοκιμές του *TEiHE* έχουν ενθαρρυντικά αποτελέσματα ειδικά όσον αφορά την κατανόηση των μαθητών ότι η

εξέλιξη δεν έρχεται κατ' ανάγκη σε σύγκρουση με τη θρησκεία (Robiner et al., 2018), (Bertka et al., 2019). Επιπλέον υλικό με παραδείγματα από την εξέλιξη του ανθρώπου για εκπαιδευτικούς μπορεί να βρει κάποιος και στην ιστοσελίδα <http://www.pbs.org/wgbh/evolution/>.

Ακόμα, η **μεγαλύτερη εμπλοκή των επιστημόνων στην παιδαγωγική διαδικασία** μπορεί να είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στην αποτελεσματικότερη διδασκαλία της βιολογίας και πιο συγκεκριμένα και της εξέλιξης. Μια έρευνα 17 επιστημονικών οργανώσεων που εκπροσωπούν κοινότητες βιολογίας, φυσικής, χημείας, κοινωνικών επιστημών και εκπαιδευτικών των Η.Π.Α. προσπάθησε να εκτιμήσει την κατάσταση στις Η.Π.Α. όσον αφορά την εξέλιξη στα πλαίσια της εκπαίδευσης. Για το σκοπό αυτό 1000 αμερικανοί ερωτήθηκαν σχετικά με την αποδοχής ή όχι της εξέλιξης, για τη γενικότερη στάση τους προς την επιστήμη και τους επιστήμονες καθώς και για θέματα που αφορούν την εξέλιξη στην εκπαίδευση. Η έρευνα έδειξε πως η απόψεις των αμερικανών δεν έχουν αλλάξει σημαντικά από τη δεκαετία του 1980' με το 40-50% να αποδέχεται την εξέλιξη του ανθρώπου και το άλλο 40-50% να αποδέχεται κάποια άποψη δημιουργισμού. Οι ερευνητές υπέθεσαν πως αυτό μπορεί να οφείλεται στην ανεπαρκή διδασκαλία της εξέλιξης στα σχολεία τι ακριβώς θα διδάσκεται στα σχολεία και θεώρησαν ότι η μεγαλύτερη εμπλοκή των επιστημόνων στην παιδαγωγική διαδικασία θα έχει θετικά αποτελέσματα. Και αυτό γιατί 69-76% των ερωτηθέντων απάντησαν πως εμπιστεύονται γενικά την επιστημονική κοινότητα –επιστήμονες, καθηγητές θετικών επιστημών και ιατρούς- κάτι που φανερώνει το σεβασμό που εμπνέει αυτή στο γενικό πληθυσμό. Παραδείγματα τρόπων με τους οποίους οι επιστήμονες θα μπορούσαν να συμβάλλουν στην εκπαίδευση είναι η **συγγραφή άρθρων**, η **ενεργή επαφή με τα σχολικά συμβούλια** και η **συνεργασία με τους εκπαιδευτικούς στο σχεδιασμό του προγράμματος μαθήματος**. Συγκεκριμένα για το θέμα της εξέλιξης και του δημιουργισμού, το 77% δήλωσε πως θα τους ενδιέφερε να ακούσουν τις απόψεις των επιστημόνων πάνω στο θέμα ενώ το 62% θα ενδιαφερόταν να ακούσει τις απόψεις των κληρικών (φανερώνοντας τη θέληση να συμβουλευτούν και θρησκευτικές πηγές όταν θεωρούν πως η επιστήμη μπορεί να επηρεάσει τη θρησκεία). Αυτό ενισχύει την άποψη πως ειδικά για τη διδασκαλία της εξέλιξης στα σχολεία η επιστημονική κοινότητα θα πρέπει να αναλάβει ένα πιο ενεργό ρόλο (Coalition of Scientific Societies, 2008).

3.3.6 Βελτίωση της σχολικής διδακτικής ύλης

Είναι γεγονός πως αν οι μαθητές μιας χώρας πρέπει να διδαχθούν σωστά, να κατανοήσουν και να αποδεχθούν μια επιστημονική θεωρία όπως την εξέλιξη τότε αυτή θα πρέπει να περιλαμβάνεται στη σχολική διδακτική ύλη. Αυτή διαμορφώνεται συνήθως από κρατικούς φορείς και περιλαμβάνει πληροφορίες για το τι θα πρέπει οι εκπαιδευτικοί να διδάξουν καθώς και οδηγίες για το πώς να το διδάξουν. Η σχολική διδακτική ύλη επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τις γνώσεις των μαθητών και για το λόγο αυτό θα πρέπει να τις δοθεί ιδιαίτερη σημασία. Παρόλα αυτά, μέχρι στιγμής έχουν γίνει πολύ λίγες έρευνες στον κόσμο που να εξετάζουν τη σχολική διδακτική ύλη όσον αφορά την εξέλιξη (Sá-Pinto et al., 2021). Μια από αυτές τις έρευνες που έγινε το 2017 βρήκε πως η διδασκαλία της γενετικής πριν την εξέλιξη βελτιώνει σημαντικά την κατανόηση της εξέλιξης. Επομένως η διδασκαλία της γενετικής θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως μέσο για τη μεγαλύτερη κατανόηση της εξέλιξης. Βέβαια, οι προϋποθέσεις για αυτό είναι οι εκπαιδευτικοί να έχουν επαρκείς γνώσεις γενετικής καθώς επίσης και να αναβαθμιστεί γενικότερα η θέση της γενετικής στη σχολική εκπαίδευση. Στην Ελλάδα η μόνη εκπαίδευση που λαμβάνουν οι μαθητές στη γενετική είναι μια σύντομη αναφορά στους νόμους του Mendel και στις μεταλλάξεις στη βιολογία της Γ' γυμνασίου και αργότερα μια εκτενέστερη αναφορά σε αυτά στη βιολογία της Γ' λυκείου η οποία επιλέγεται μόνο από τους μαθητές της ομάδας προσανατολισμού υγείας. Δηλαδή η πλειοψηφία των ελλήνων μαθητών διδάσκεται μια υποτυπώδη γενετική στη Γ' γυμνασίου, γεγονός που μάλλον θα πρέπει να αλλάξει προκειμένου οι μαθητές να κατανοήσουν καλύτερα την εξέλιξη (Βενέτης & Μαυρικάκη, 2017).

Όπως και να 'χει χρειαζόμαστε και άλλες τέτοιες έρευνες για να κατανοήσουμε πως ακριβώς πρέπει να είναι σχεδιασμένη η διδακτική ύλη για να οδηγήσει στα επιθυμητά αποτελέσματα, δηλαδή την επαρκή κατανόηση και αποδοχή της εξέλιξης από τους μαθητές. Για να γίνει αυτό θα πρέπει αρχικά να δημιουργηθεί ένα εργαλείο που θα επιτρέπει συγκρίσεις μεταξύ των σχολικών υλών διαφόρων χωρών και μέχρι πρόσφατα ένα τέτοιο εργαλείο δεν υπήρχε (Sá-Pinto et al., 2021). Όμως το 2021 αναπτύχθηκε το *FACE (Framework to Assess the Coverage of biological Evolution)*, ένα τέτοιο εργαλείο που αποσκοπεί στην ανάλυση της σχολικής διδακτικής ύλης και το πόσο ικανοποιητικά μπορεί με αυτή να διδαχθεί η εξέλιξη στο σχολείο (Kuschmierz et al., 2021). Η ευρύτερη χρησιμοποίηση του *FACE* (μέχρι στιγμής έχει εφαρμοστεί μόνο πιλοτικά σε 4 ευρωπαϊκές

χώρες –Ελλάδα, Ιταλία, Ισπανία και Πορτογαλία–) μπορεί να φέρει θετικά αποτελέσματα σχετικά με την ανάπτυξη μιας σχολικής διδακτικής ύλης που καλύπτει επαρκώς το θέμα της εξέλιξης των ειδών επιτρέποντας την αποτελεσματικότερη διδασκαλία του στο σχολείο (Sá-Pinto et al., 2021).

Κάποια πράγματα φαίνεται να είναι αρκετά προφανή πάντως. Για παράδειγμα είναι δεδομένο πως σε πολλές χώρες αφιερώνεται πολύ λίγος χρόνος στη διδασκαλία της εξέλιξης και συνήθως προς στο τέλος της σχολικής χρονιάς, μια επιλογή που συχνά είναι σκόπιμη με την ελπίδα πως οι καθηγητές δεν θα προλάβουν να τη διδάξουν (Pobiner, 2016). Πιο συγκεκριμένα στην Ελλάδα, όχι μόνο δεν δίνεται ο απαραίτητος χώρος και χρόνος στην εξέλιξη στη σχολική ύλη, αλλά επιπρόσθετα δεν υπάρχει και καμία σύνδεση της εξέλιξης με τις υπόλοιπες ενότητες γεγονός που (εύλογα) προκαλεί απορίες στους μαθητές. Γιατί υπάρχουν προκαρυωτικά και ευκαρυωτικά κύτταρα; Γιατί όλοι οι οργανισμοί αποτελούνται από κύτταρα (πέραν των ιών που επίσης όμως εξαρτώνται από κύτταρα για την επιβίωση τους); Γιατί τα μιτοχόνδρια εμφανίζονται και στα ζωικά και στα φυτικά κύτταρα αλλά οι χλωροπλάστες μόνο στα φυτικά; Όλες αυτές είναι απορίες που θα έπρεπε να απαντώνται εύκολα από τους μαθητές στο μάθημα της βιολογίας και όμως αυτοί αδυνατούν να τις απαντήσουν αφού η εξέλιξη κατέχει μόλις ένα μικρό κεφάλαιο στο τέλος της Γ' γυμνασίου, αποκομμένο από την υπόλοιπη βιολογία όλων των υπόλοιπων τάξεων, αντί να κατέχει κεντρική θέση μέσα στο *ΑΠΣ* και όλα τα υπόλοιπα βιολογικά φαινόμενα να ερμηνεύονται υπό το πρίσμα της (Καμπουράκης & Ζόγκζα, 2009). Αν θέλουμε οι μαθητές μας να κατανοήσουν καλύτερα την εξέλιξη και κατ' επέκταση τη βιολογία, αυτά θα πρέπει να αλλάξουν. Είναι γεγονός πως η βιολογία που διδάσκεται στο λύκειο, είναι για τους περισσότερους ανθρώπους το καλύτερο και το τελευταίο δείγμα βιολογίας που θα διδαχθούν στη ζωή τους και κάθε υποβάθμιση της διδασκαλίας της εξέλιξης είναι μια χαμένη ευκαιρία να καταστούν πιο ενημερωμένοι οι αυριανοί πολίτες (Pobiner, 2016)

3.3.7 Εξέλιξη και η φύση της επιστήμης

Η διδασκαλία της εξέλιξης παρέχει μια θαυμάσια ευκαιρία στους εκπαιδευτικούς να διαφωτίσουν τους μαθητές σε θέματα που αφορούν τη **φύση της επιστήμης** και να τους βοηθήσει να διαχωρίσουν τις επιστημονικές μεθόδους από άλλες μεθόδους παραγωγής ανθρώπινης γνώσης (Coalition of Scientific Societies, 2008). Αυτό είναι πολύ σημαντικό καθώς η διδασκαλία μη επιστημονικών θεωριών μαζί με τις επιστημονικές

αναστέλλει την επίτευξη αυτού του στόχου υποβαθμίζοντας στην ουσία το επίπεδο της επιστημονικής κατάρτισης των μαθητών κάτι που θα λειτουργήσει αρνητικά για αυτούς ότι και αν επιλέξουν να κάνουν στο μέλλον (Lofaso, 2005). Φυσικά οι μαθητές θα πρέπει και να μάθουν να αναπτύσσουν **κριτική σκέψη**, και αυτό περιλαμβάνει να είναι σε θέση να επανεξετάζουν κριτικά και τις επιστημονικές θεωρίες που σήμερα θεωρούνται αποδεκτές. Όμως η κριτική σκέψη θα πρέπει να βασίζεται στη λογική και στις αποδείξεις και σε καμία περίπτωση δεν θα πρέπει να δίνεται το ίδιο βάρος στην εξέλιξη και σε μια θεωρία η οποία στερείται επιστημονικών αποδεικτικών στοιχείων (National Academy of Sciences, 2008).

Οι έρευνες δείχνουν πως οι εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας δεν έχουν επαρκείς γνώσεις όσον αφορά τη φύση της επιστήμης ενώ οι εκπαιδευτικοί δευτεροβάθμιας δεν φαίνεται να τη θεωρούν αντάξια με αυτά που ήδη διδάσκονται οι μαθητές (McComas & Kampourakis, 2015). Ως αποτέλεσμα, στα ΑΠΣ δίνεται προτεραιότητα στο επιστημονικό περιεχόμενο έναντι της φύσης της επιστήμης. Και αυτό διότι υπάρχει η αντίληψη πως η επιστημολογική επάρκεια αναπτύσσεται αυθόρμητα είτε μέσω της κατανόησης του επιστημονικού περιεχομένου ή μέσα από τη διαδικασία της διδασκαλίας. Αυτή όμως είναι μια αυθαίρετη αντίληψη χωρίς ερευνητικά στοιχεία να την υποστηρίζουν. Τουναντίον, ορισμένοι ερευνητές την απορρίπτουν και θεωρούν πως είναι αναγκαίο να συμπεριληφθεί στα αναλυτικά προγράμματα η διδασκαλία της φύσης της επιστήμης (Κωνσταντίνου & Παπαδούρης, 2008).

Οι McComas & Kampourakis έχουν συγκεντρώσει με πολύ ωραίο τρόπο σε μια λίστα τα βασικά στοιχεία της φύσης της επιστήμης κάτω από 3 κύριες κατηγορίες: α) επιστημονική γνώση και τα όρια της, β) ανθρώπινος παράγοντας στην επιστήμη και γ) εργαλεία και προϊόντα της επιστήμης. Στην εργασία τους αναφέρουν πως, αν οι εκπαιδευτικοί θελήσουν να συμπεριλάβουν ζητήματα της φύσης της επιστήμης στο μάθημα τους, τότε δεν θα πρέπει απλώς να αναφέρουν τα στοιχεία που συνιστούν την επιστήμη περιμένοντας από τους μαθητές να προβούν σε μια στείρα αποστήθιση. Αντίθετα η διδασκαλία θα πρέπει να είναι πιο παραγωγική από τη μεριά του εκπαιδευτικού προσπαθώντας να *αναδείξει κάθε στοιχείο της επιστήμης μέσα από παραδείγματα*. Οι ερευνητές στη συνέχεια προτείνουν πως για το σκοπό αυτό θα μπορούσε κάλλιστα να χρησιμοποιηθεί η **ιστορία των φυσικών επιστημών**, ειδικά από η στιγμή που οι εκπαιδευτικοί δεν διαθέτουν τον απαιτούμενο χρόνο να μιλήσουν ξεχωριστά για τη φύση της επιστήμης. Μέχρι στιγμής η ιστορία ακόμη και των πιο σημαντικών

επιστημονικών ανακαλύψεων δεν συναντάται καθόλου στα σχολικά εγχειρίδια πέρα από κάποιες ελάχιστες αναφορές σε ονόματα και ημερομηνίες γέννησης και θανάτου. Τα γεγονότα που συντέλεσαν στις επιστημονικές προόδους δεν αναλύονται καθόλου, όπως επίσης το ίδιο ισχύει και για το σκοπό και τα κίνητρα των επιστημόνων ή τις συνθήκες της εποχής. Αυτό σύμφωνα με τους ερευνητές είναι μια πολύ μεγάλη χαμένη ευκαιρία διδασκαλίας των βασικών στοιχείων που συνιστούν την επιστήμη. Μέσω της ιστορικής προσέγγισης, δηλαδή εξερευνώντας την ιστορία πίσω από αυτό που διδάσκονται, οι μαθητές μπορούν, όχι μόνο να κατανοήσουν πιο εύκολα το αντικείμενο διδασκαλίας, αλλά παράλληλα να κατανοήσουν και στοιχεία που αφορούν τη φύση της επιστήμης. Οι ερευνητές προχωρούν δίνοντας κάποια ιστορικά παραδείγματα για κάθε έναν από τους τομείς των φυσικών επιστημών (φυσική, βιολογία, χημεία και γεωλογία) που μπορούν να χρησιμοποιήσουν οι εκπαιδευτικοί προκειμένου να αναδείξουν κάθε ένα από τα βασικότερα στοιχεία της επιστήμης. Αυτό που προκαλεί εντύπωση είναι πως όσον αφορά τα παραδείγματα από την ιστορία της βιολογίας που επέλεξαν οι ερευνητές για να αναδείξουν 9 συνολικά ζητήματα της φύσης της επιστήμης, 7 από αυτά είναι αποκλειστικά από την ιστορία της εξέλιξης ενώ και τα υπόλοιπα 2 σχετίζονται άμεσα με την εξέλιξη. Για παράδειγμα η ιστορία σύλληψης της θεωρίας της φυσικής επιλογής από το Δαρβίνο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να αναδείξει το *δημιουργικό χαρακτήρα* που υπάρχει στην επιστήμη ενώ το γεγονός πως ο Δαρβίνος δεν ήθελε να δημοσιεύσει τη θεωρία του λόγω των αντιδράσεων που προκλήθηκαν από το *Vestiges of the Natural History of Creation* του Chambers όμως πείστηκε να τη δημοσιεύσει φοβούμενος μη χάσει την προτεραιότητα από τον Wallace θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να αναδείξει το γεγονός πως η επιστήμη επηρεάζεται από το εκάστοτε ιστορικό, πολιτικό, πολιτισμικό, κοινωνικό και οικονομικό πλαίσιο. Η έρευνα αυτή φανερώνει το πόσο σημαντική είναι η εξέλιξη για τη βιολογία και πως παραδείγματα από την ιστορία της εξέλιξης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διδασκαλία της φύσης της επιστήμης (McComas & Kampourakis, 2015).

4. Τελικά Συμπεράσματα

Ως μία σύνοψη της εργασίας θα μπορούσαμε να πούμε τα εξής: αρχικά είδαμε πως η εξελικτική σκέψη υπήρχε σαν έννοια ήδη από την αρχαιότητα, πολύ πριν διατυπώσει ο Δαρβίνος τη θεωρία της φυσικής επιλογής. Συγκεκριμένα, τόσο στην περιοχή της Ιωνίας όσο και της Magna Graecia αλλά και στη φιλοσοφία των υλιστών φιλοσόφων μπορεί ξεκάθαρα να φανεί μια πρόωμη εξελικτική σκέψη. Η κατάσταση ανατράπηκε με την επιρροή που άσκησε η φιλοσοφία του Πλάτωνα και του Αριστοτέλη που έβλεπαν έναν κόσμο αμετάβλητο και η αντίληψη αυτή κυριάρχησε για πολλά χρόνια μέχρι και την εποχή της Αναγέννησης. Τότε, λόγω και των δραματικών πολιτισμικών και τεχνολογικών αλλαγών της εποχής εκείνης, άρχισαν να διαφαίνονται οι πρώτες αμφιβολίες για τη σταθερότητα του κόσμου (π.χ. η άποψη του René Descartes περί ανέγερσης του κόσμου τελείως μηχανικά απ' το χάος). Αργότερα, η μεγάλη συμβολή επιστημόνων όπως του Κάρολου Λινναίου και του Georges-Louis Leclerc de Buffon στην περιγραφή και την ταξινόμηση των οργανισμών προχώρησε αρκετά τον κλάδο της Βιολογίας και έθεσε τα θεμέλια για την ανάπτυξη των πρώτων εξελικτικών θεωριών. Στο 19^ο αιώνα η Γαλλική σχολή (Jean-Baptiste Lamarck, Geoffroy Saint-Hilaire και Georges Cuvier) μαζί με την Αγγλική σχολή (Robert Edmond Grant, Charles Lyell και Richard Owen) επηρέασαν αρκετά τον Charles Darwin ο οποίος είχε και άλλες επιρροές (Erasmus Darwin, Thomas Malthus). Το ταξίδι του Charles Darwin με το HMS Beagle υπήρξε καθοριστικό για αυτόν όσον αφορά τη συλλογή δειγμάτων και την ανάπτυξη της σκέψης του και τελικά το 1859 δημοσίευσε το *On the Origin of Species* στο οποίο συμπεριλαμβανόταν και η θεωρία της φυσικής επιλογής. Αν και η θεωρία αυτή ήταν επαναστατική για την εποχή της δεν υιοθετήθηκε αμέσως από την επιστημονική κοινότητα. Μάλιστα, κατά το τέλος του 19^{ου} αιώνα και στις αρχές του 20^{ου} αιώνα έλαβε χώρα η αντιπαράθεση των βιομετριστών με τους μενδελικούς, με τους πρώτους να υπερμάχονται τη θεωρία της φυσικής επιλογής και τους τελευταίους να προτιμούν τη θεωρία των μεταλλάξεων του Hugo de Vries. Η πραγματική αιτία πίσω από τη διαμάχη ήταν το γεγονός πως βιομετριστές και μενδελικοί βλέπανε τα πράγματα από διαφορετικές οπτικές γωνίες. Μόνο μετά την πρόοδο της Γενετικής και την εισαγωγή της πληθυσμιακής σκέψης έναντι της τυπολογικής μπόρεσε να γεφυρωθεί το χάσμα μεταξύ των 2 πλευρών και να αναπτυχθεί η εξελικτική σύνθεση ή αλλιώς ο νέο-δαρβινισμός. Έτσι, μέχρι και το 1950 κατέστη πλέον ξεκάθαρο πως τόσο η

φυσική επιλογή όσο και οι μεταλλάξεις (αλλά και η μετανάστευση και η γενετική παρέκκλιση) αποτελούσαν τις κινητήριες δυνάμεις της εξέλιξης.

Επίσης, στη δεύτερη ενότητα της εργασίας είδαμε πως η εξέλιξη επηρέασε πολύ την ανθρώπινη κοινωνία. Διάφοροι νέοι επιστημονικοί κλάδοι δημιουργήθηκαν και πολλοί υπάρχοντες αναθεωρήθηκαν ενώ η εξέλιξη χρησιμοποιήθηκε και ως εργαλείο στην πολιτική με πιο χαρακτηριστική την περίπτωση της ευγονικής. Αυτή η απότομη εισβολή της εξέλιξης στην ανθρώπινη κοινωνία καθώς και το γεγονός πως αυτή ήταν ικανή να εξηγήσει το πλήθος των οργανισμών που υπάρχουν στη γη (συμπεριλαμβανομένου και του ανθρώπου) χωρίς να καταφύγει σε μεταφυσικές αιτίες θεωρήθηκε από κάποιους ως απόρριψη του Θεού. Το αποτέλεσμα ήταν να δημιουργηθεί στις Η.Π.Α. στις αρχές του 20^{ου} αιώνα ένα αντι-εξελεκτικό κίνημα που αποτελούνταν κυρίως από οπαδούς του δημιουργισμού. Το κίνημα αυτό εναντιώθηκε σθεναρά για πολλά χρόνια (και συνεχίζει να το κάνει όσο μπορεί) στη διδασκαλία της εξέλιξης στα σχολεία με αποτέλεσμα αυτή να συναντήσει αρκετές δυσκολίες κάτι που σύντομα μεταφέρθηκε και εκτός Η.Π.Α. στον υπόλοιπο κόσμο. Στην τρίτη ενότητα είδαμε πως η διδασκαλία της εξέλιξης συνεχίζει να παρουσιάζει σημαντικά προβλήματα στις Η.Π.Α. με την κατάσταση στην Ευρώπη να είναι σαφώς καλύτερη (παρόλο που πρόσφατα έχει σημειωθεί άνοδος στις δημιουργιστικές απόψεις). Σε σύγκριση με την υπόλοιπη Ευρώπη όμως, η Ελλάδα υστερεί αρκετά στη διδασκαλία της εξέλιξης κάτι που είναι ανησυχητικό. Κύρια εμπόδια στη διδασκαλία της εξέλιξης στα σχολεία αποτελούν α) οι διαισθητικές αντιλήψεις μαθητών και εκπαιδευτικών, β) η προβληματική χρήση της γλώσσας, γ) η επιστημονική κατάρτιση των εκπαιδευτικών πάνω στο θέμα της εξέλιξης, δ) η θρησκευτικότητα μαθητών και εκπαιδευτικών και ε) η αδυναμία της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης να συστήσει τους μαθητές στην εξέλιξη. Στοχεύοντας στην επίλυση των προβλημάτων που προκαλούνται από τα παραπάνω εμπόδια, είδαμε, τέλος, μερικές λύσεις που θα μπορούσαν να εφαρμοστούν για να βελτιωθεί η διδασκαλία της εξέλιξης στα σχολεία. Για να γίνει αυτό οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει α) να κατανοήσουν πως λειτουργεί η εννοιολογική αλλαγή και να τονίζουν συνεχώς τα πιο σημαντικά σημεία της εξέλιξης στο μάθημα τους, β) να σέβονται τη θρησκευτικότητα κάθε μαθητή και γ) να χρησιμοποιούν παραδείγματα εξέλιξης με τα οποία οι μαθητές είναι πιο εξοικειωμένοι (π.χ. παραδείγματα από την εξέλιξη του ανθρώπου) καθώς και παραδείγματα από την ιστορία και τη φύση της επιστήμης. Πέραν τις προσπάθειες των εκπαιδευτικών όμως, προκειμένου να φτάσουμε σε ένα καλό επίπεδο όσον αφορά τη διδασκαλία της εξέλιξης, κρίνεται αναγκαίο να γίνει μια

αναδιάρθρωση της σχολικής διδακτικής ύλης με την εξέλιξη στο επίκεντρο της καθώς να αρχίσει η εξέλιξη να διδάσκεται στα σχολεία από όσο μικρότερη ηλικία γίνεται.

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση

1. **Allen, G. E. (1999).** *Genetics, eugenics and the medicalization of social behavior: lessons from the past.* Endeavour, 23(1), 10–19. [https://doi.org/10.1016/s0160-9327\(99\)01181-3](https://doi.org/10.1016/s0160-9327(99)01181-3)
2. **Anderson, D. L., Fisher, K. M., & Norman, G. J. (2002).** *Development and evaluation of the conceptual inventory of natural selection.* Journal of Research in Science Teaching, 39(10), 952–978. <https://doi.org/10.1002/tea.10053>
3. **Athanasίου, K., & Mavrikaki, E. (2013).** *Conceptual Inventory of Natural Selection as a Tool for Measuring Greek University Students' Evolution Knowledge: Differences between novice and advanced students.* International Journal of Science Education, 36(8), 1262–1285. <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.856529>
4. **Ayala, F. J. (2008).** *Science, evolution, and creationism.* Proceedings of the National Academy of Sciences, 105(1), 3-4.
5. **Bast, F., & Tahilramani, H. (2018).** *Public Acceptance of Evolution in India.* <http://nopr.niscair.res.in/handle/123456789/47281>
6. **Behe, M. J., Dembski, W., & Ruse, M. (2009).** *Irreducible complexity: Obstacle to Darwinian evolution.* Philosophy of biology: an anthology, 32, 427.
7. **Berkman, M. B., Pacheco, J. S., & Plutzer, E. (2008).** *Evolution and creationism in America's classrooms: a national portrait.* PLoS biology, 6(5), e124.
8. **Bertka, C.M., Pobiner, B., Beardsley, P. et al. (2019).** *Acknowledging students' concerns about evolution: a proactive teaching strategy.* Evolution: Education and Outreach 12, 3. <https://doi.org/10.1186/s12052-019-0095-0>
9. **Bowler, P., & Pickstone, J. (Eds.). (2009).** *The Cambridge History of Science: Volume 6: The Modern Biological and Earth Sciences.* (The Cambridge History of Science). Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CHOL9780521572019>

10. **Coalition of Scientific Societies, (2008).** *You say you want an evolution? A role for scientists in science education.* *Developmental Biology.* Apr 1;316(1):2-5.
<https://doi.org/10.1016/j.ydbio.2008.01.021>
11. **Cornish-Bowden, A., & Cárdenas, M. L. (2007).** *The threat from creationism to the rational teaching of biology.* *Biological Research,* 40(2), 113-122.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0716-97602007000200002>
12. **Davies, P. C. W. (1994).** *The last three minutes.* New York: Basic Books.
13. **Dembski, W. A. (1998).** *The design inference: Eliminating chance through small probabilities.* Cambridge University Press.
14. **Dewey, J. (2016).** *The influence of Darwin on philosophy,* *Diacronia* 3 (February 12), A48 (1–6), <https://doi.org/10.17684/i3A48en>
15. **Dobzhansky, T. (1973).** *Nothing in Biology Makes Sense except in the Light of Evolution.* *The American Biology Teacher,* 35(3), 125–129.
<https://doi.org/10.2307/4444260>
16. **Galton, F. (1883).** *Inquiries into human faculty and its development.* MacMillan Co. <https://doi.org/10.1037/14178-000>
17. **Ghiselin, M. T. (2009).** *Darwin: A reader's guide.* (Occasional Papers of the California Academy of Sciences), San Francisco, California, USA, California Academy of Sciences
18. **Gouyon, P.H., Henry, J.P., Arnould, J. (2002).** *Gene Avatars: The Neo-Darwinian Theory of Evolution,* Kluwer Academic Publishers,
<https://doi.org/10.1007/b114339>
19. **Grant, E. (2007).** *A History of Natural Philosophy: From the Ancient World to the Nineteenth Century.* Cambridge: Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/CBO9780511999871>
20. **Gribbin, J. (2009).** *Science, A History: 1543-2001,* London, Penguin Books, ISBN: 978-0-14-104222-0.
21. **Hameed, S. (2015).** *Making sense of Islamic creationism in Europe.* *Public Understanding of Science* May;24(4):388-99.
<https://doi.org/10.1177/0963662514555055>
22. **Jones, A. & Taub, L. (Eds). (2018).** *The Cambridge History of Science: Volume 1: Ancient Science* (The Cambridge History of Science). Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9780511980145>

23. **Kuschmierz, P., Beniermann, A., Bergmann, A. et al. (2021).** *European first-year university students accept evolution but lack substantial knowledge about it: a standardized European cross-country assessment.* *Evolution: Education and Outreach* 14, 17. <https://doi.org/10.1186/s12052-021-00158-8>
24. **Larson, E. J. (2008).** *Summer for the gods: The Scopes trial and America's continuing debate over science and religion.* Hachette UK.
25. **Lennox, J., (2019).** *Darwinism*, The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Fall 2019 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL: <https://plato.stanford.edu/archives/fall2019/entries/darwinism/>
26. **Lindberg, D. & Shank, M. (2013).** *The Cambridge History of Science: Volume 2: Medieval Science* (The Cambridge History of Science). Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CHO9780511974007>
27. **Lofaso, A. M. (2005).** *The Constitutional Debate over Teaching Intelligent Design as Science in Public Schools.* The American Constitution Society for Law and Policy.
28. **Mayhew, R. (2015).** *Thomas Malthus: An Essay on the Principle of Population and Other Writings*, London, Penguin Classics. ISBN: 978-0-141-39282-0.
29. **McComas, W. F., & Kampourakis, K. (2015).** *Using the history of biology, chemistry, geology, and physics to illustrate general aspects of nature of science.* *Review of Science, Mathematics and ICT education*, 9(1), 47-76.
30. **Millstein, R. L. (2021).** *Evolution*, The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Winter 2021 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL: <https://plato.stanford.edu/archives/win2021/entries/evolution/>
31. **Moore, R. (2001).** *The "Rediscovery" of Mendel's Work.* *Bioscene*, 27(2), 13-24.
32. **Nadelson, L. S., & Southerland, S. A. (2009).** *Development and Preliminary Evaluation of the Measure of Understanding of Macroevolution: Introducing the MUM.* *The Journal of Experimental Education*, 78(2), 151–190. <https://doi.org/10.1080/00220970903292983>
33. **Nadelson, L., Culp, R., Bunn, S., Burkhart, R., Shetlar, R., Nixon, K., & Waldron, J. (2009).** *Teaching evolution concepts to early elementary school students.* *Evolution: Education and Outreach*, 2(3), 458-473. <https://doi.org/10.1007/s12052-009-0148-x>

34. **National Academy of Sciences; Institute of Medicine (2008).** *Science, Evolution, and Creationism*. National Academy Press, Washington, DC. ISBN: 978-0-309-10587-3
35. **Park, K. & Daston, L. (eds). (2008).** *The Cambridge History of Science: Volume 3: Early modern science (The Cambridge History of Science)*. Cambridge: Cambridge University Press. ISBN: 0-521-57244-4
36. **Paz-Y-Miño-C G, Espinosa A. (2012).** *Educators of Prospective Teachers Hesitate to Embrace Evolution Due to Deficient Understanding of Science/Evolution and High Religiosity*. *Evolution* (N Y). Mar;5(1):139-162.
<https://doi.org/10.1007/s12052-011-0383-9>
37. **Pennock, R. T. (2000).** *Tower of Babel: The evidence against the new creationism*. MIT Press.
38. **Plutzer, E., Branch, G. & Reid, A. (2020).** *Teaching evolution in U.S. public schools: a continuing challenge*. *Evolution: Education and Outreach* 13, 14
<https://doi.org/10.1186/s12052-020-00126-8>
39. **Porter, R. (Ed.). (2003).** *The Cambridge History of Science Volume 4: Eighteenth-Century Science (The Cambridge History of Science)*. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CHOL9780521572439>
40. **Pobiner, B. (2016).** *Accepting, understanding, teaching, and learning (human) evolution: Obstacles and opportunities*. *American Journal of Physical Anthropology*, 159: 232-274. <https://doi.org/10.1002/ajpa.22910>
41. **Pobiner, B., Beardsley, P.M., Bertka, C.M. et al. (2018).** *Using human case studies to teach evolution in high school A.P. biology classrooms*. *Evolution: Education and Outreach* 11, 3. <https://doi.org/10.1186/s12052-018-0077-7>
42. **Prinou, L., Halkia, K. & Skordoulis, C. (2006).** *Teaching the Theory of Evolution: Secondary Teachers' Attitudes, Views and Difficulties*. Στο Zogza, V., Kampourakis, K. & Notaras, G. *The teaching of the Theory of Evolution: Theoretical and Pedagogical Issues* (σσ. 443-482). Αθήνα: Εκπαιδευτήρια Γείτονα, URL:
https://www.researchgate.net/publication/268432072_Teaching_the_Theory_of_Evolution_Secondary_Teachers'_Attitudes_Views_and_Difficulties
43. **Prinou, L., Halkia, L., & Skordoulis, C. (2011).** *The inability of primary school to introduce children to the theory of biological evolution*. *Evolution: Education and Outreach*, 4(2), 275-285.

44. **Rachmatullah, A., Park, S., & Ha, M. (2021).** *Crossing borders between science and religion: Muslim Indonesian biology teachers' perceptions of teaching the theory of evolution.* Cultural Studies of Science Education. <https://doi.org/10.1007/s11422-021-10066-4>
45. **Reed, E. S. (1978).** *Darwin's evolutionary philosophy: The laws of change.* Acta biotheoretica, 27(3), 201-235. <https://doi.org/10.1007/BF00115834>
46. **Sá-Pinto, X., Realdon, G., Torkar, G., Sousa, B., Georgiou, M., Jeffries, A., ... & Mavrikaki, E. (2021).** *Development and validation of a framework for the assessment of school curricula on the presence of evolutionary concepts (FACE).* Evolution: Education and Outreach, 14(1), 1-27.
47. **Scott, E. C., (2004).** *Evolution vs. Creationism: An Introduction.* Greenwood Publishing Group, ISBN: 0-313-32122-1
48. **Scott, E., & Branch, G. (2006).** *Not in our classrooms: why intelligent design is wrong for our schools.* Beacon Press. ISBN: 978-0-8070-3278-7
49. **Silva, H.M., Oliveira, A.W., Belloso, G.V. et al. (2021).** *Biology teachers' conceptions of Humankind Origin across secular and religious countries: an international comparison.* Evolution: Education and Outreach 14, 2 <https://doi.org/10.1186/s12052-020-00141-9>
50. **Sloan, P., (2017).** *The Concept of Evolution to 1872,* The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Spring 2017 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL: <https://plato.stanford.edu/archives/spr2017/entries/evolution-to-1872/>
51. **Sloan, P., (2019).** *Evolutionary Thought Before Darwin,* The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Summer 2019 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL: <https://plato.stanford.edu/entries/evolution-before-darwin/>
52. **Singh, V., & Singh, K. (2017).** *Modern Synthesis.* Encyclopedia of Animal Cognition and Behavior, 1-5. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47829-6_203-1
53. **Smith, M. U., Snyder, S. W., & Devereaux, R. S. (2016).** *The GAENE-Generalized Acceptance of Evolution Evaluation: Development of a new measure of evolution acceptance.* Journal of Research in Science Teaching, 53(9), 1289-1315. <https://doi.org/10.1002/tea.21328>

54. Young, D.A., (1988). *The Contemporary Relevance of Augustine's View of Creation*, Perspectives on Science and Christian Faith 40, no. 1: 42–5. URL: <https://www.asa3.org/ASA/PSCF/1988/PSCF3-88Young.html>
55. Wells, J. (2002). *Icons of evolution: science or myth*. Regnery Publishing.
56. Zhang, M., Weisberg, D. S., Zhu, J., & Weisberg, M. (2021). *A comparative study of the acceptance and understanding of evolution between China and the US*. Public Understanding of Science, 31(1), 88-102. <https://doi.org/10.1177/09636625211006870>

Πηγές στα Ελληνικά

57. Barton, N., H., Briggs, D., E., G., Eisen, J., A., Goldstein, D., B., Patel, N., H., (2013). *Εξέλιξη*. Εκδόσεις Utopia, Αθήνα, ISBN: 978-960-99280-4-5.
58. Dobzhansky, T. (1978). *Θεμελιώδεις έννοιες της δαρβινικής Βιολογίας*. Περιοδικό Δευκαλίων (23 & 24), σσ. 385-426.
59. Jacob, F. (1978). *Εξέλιξη και περιστασιακό μαστόρεμα*. Περιοδικό Δευκαλίων (23 & 24), σσ. 442-461.
60. Lewontin, R., C. (1978). *Προσαρμογή*. Περιοδικό Δευκαλίων (23 & 24), σσ. 437-441.
61. Mayr, E. (1978). *Η τυπολογική και η πληθυσμιακή άποψη στη Βιολογία*. Περιοδικό Δευκαλίων (23 & 24), σσ. 437-441.
62. Mayr, E. (2008). *Η Ανάπτυξη της Βιολογικής Σκέψης: Ποικιλότητα, Εξέλιξη και Κληρονομικότητα*. Μορφωτικό Ίδρυμα Εθνικής Τραπέζης, Αθήνα, ISBN: 978-960-250-360-7.
63. Prigogine, I., Stengers, I., (1986). *Τάξη μέσα από το Χάος*, Κέδρος, ISBN: 978-960-04-0629-0
64. Relethford, J. (2010). *Το Ανθρώπινο Είδος. Εισαγωγή στη Βιολογική Ανθρωπολογία*. Επιστημονικές Εκδόσεις Παρισιάνου Α.Ε., ISBN: 978-960-394-652-6
65. Smith, J. M. (1978). *Που βρίσκεται ο νέο-δαρβινισμός*. Περιοδικό Δευκαλίων (23 & 24), σσ. 427-436.

66. **Αθανασίου Κ. (2009).** *Εισαγωγή στις Βιολογικές Επιστήμες και η Διδακτική τους.* Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα. ISBN: 978-960-333-593-1
67. **Βέικος, Θ. (1995).** *Οι Προσωκρατικοί,* Αθήνα, Ελληνικά Γράμματα.
68. **Βενέτης Κ., Μαυρικάκη Ε. (2017).** *Οι γνώσεις των εκπαιδευτικών θετικών επιστημών σχετικά με τους εξελικτικούς μηχανισμούς των ζωντανών οργανισμών.* Στο Πολύζος Α., Ανθής Λ. (επιμ.), *Πρακτικά Εργασιών 4^ο Πανελληνίου Συνεδρίου «Βιολογία στην Εκπαίδευση»,* Πειραιάς, Πανελλήνια Ένωση Βιοεπιστημόνων, σελ. 143–151.
69. **Γεωργάτου, Μ., & Πρίνου, Α. (2005).** *Η σταθερή εξηγητική αξία της θεωρίας της Φυσικής Επιλογής.* Κριτική - Επιστήμη & Εκπαίδευση, σσ. 53-69. URL: <http://www.hpdst.gr/system/files/kritiki-1-05-54-georgatou-prinou.pdf>
70. **Γεωργίου, Μ. και Κουμαρέλας, Δ. (2022, υπό έκδοση).** *Επιχειρηματολογία Ελλήνων εκπαιδευτικών Φυσικών Επιστημών.* Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: Έρευνα & Πράξη.
71. **Ζόγκζα, Β., (2009).** *Γνωστικά εμπόδια για τη μάθηση και την αποδοχή της θεωρίας της εξέλιξης.* Στο Ζογκζα, Β., Καμπουράκης, Κ., & Νοταράς, Γ., *Η Διδασκαλία της Θεωρίας της Εξέλιξης, Θεωρητικά και Παιδαγωγικά Ζητήματα* (σσ. 265-273). Αθήνα: Εκπαιδευτήρια Γείτονα.
72. **Ζούρος, Α. (2009).** *Γιατί ο Δαρβίνος έχει θέση στα σχολεία μας.* Στο Ζογκζα, Β., Καμπουράκης, Κ., & Νοταράς, Γ., *Η Διδασκαλία της Θεωρίας της Εξέλιξης, Θεωρητικά και Παιδαγωγικά Ζητήματα* (σσ. 265-273). Αθήνα: Εκπαιδευτήρια Γείτονα.
73. **Καμπουράκης, Κ., & Ζόγκζα, Β., (2009).** *Πρώιμες εξελικτικές εξηγήσεις: ένα βασικό πλαίσιο για την επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής κατά τη διδασκαλία της θεωρίας της εξέλιξης.* Στο Ζογκζα, Β., Καμπουράκης, Κ., & Νοταράς, Γ., *Η Διδασκαλία της Θεωρίας της Εξέλιξης, Θεωρητικά και Παιδαγωγικά Ζητήματα* (σσ. 265-273). Αθήνα: Εκπαιδευτήρια Γείτονα.
74. **Κορδάτος, Γ. (1972).** *Ιστορία της αρχαίας Ελληνικής Φιλοσοφίας,* Αθήνα, Εκδόσεις Μπουκουμανή.
75. **Κριμπάς, Κ. (1978).** *Η σύγχρονη εξελικτική βιολογία και ο φιλοσοφικός στοχασμός.* Περιοδικό Δευκαλίων (23 & 24), σσ. 331-355.
76. **Κριμπάς, Κ. (1998).** *Εκτείνοντας τον Δαρβινισμό και άλλα δοκίμια,* Αθήνα, Εκδόσεις Νεφέλη, ISBN: 960-211-379-0

77. Κριμπάς, Κ. & Παπαδόπουλος, Γ. (2003). *Η Εξέλιξη των Ιδεών στις Φυσικές Επιστήμες*, Τόμος Β: *Ιστορία της Βιολογίας*, Πάτρα, ΕΑΠ.
78. Κωνσταντίνου, Κ. & Παπαδούρης, Ν. (2008). *Επιστημολογική επάρκεια: μια θεμελιώδης συνιστώσα των μαθησιακών επιδιώξεων στις Φυσικές Επιστήμες*. Στο Κουλαϊδής, Β., Αποστόλου, Α. & Καμπουράκης, Κ. *Η Φύση των Επιστημών Διδακτικές Προσεγγίσεις*, (σσ 39-60), Αθήνα: Εκπαιδευτήρια Γείτονα.
79. Πρίνου, Α., Σκορδούλης, Κ. & Χαλκιά, Κ. (2004). Οι «Λαμαρκιανές» ερηνειές των μαθητών της Γ' Γυμνασίου εμπόδιο στην κατανόηση της φυσικής επιλογής. Σκέψεις και επισημάνσεις. Πρακτικά 2ου Συνεδρίου Ένωσης για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (Ε.ΔΙ.Φ.Ε.) με τίτλο «Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Οι προκλήσεις του 21ου αιώνα. Καλαμάτα 18-20 Μαρτίου 2004, 158-9 <http://old-asel.prime.uoa.gr/PAPERS/lamarkgreek.pdf>
80. Πρίνου, Α., Χαλκιά, Κ., & Σκορδούλης, Κ. (2007). *Αντιλήψεις των μαθητών της Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για έννοιες της εξελικτικής θεωρίας*. Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση. Β, σσ. 767-774. URL: <https://docplayer.gr/9963618-Antilipseis-ton-mathiton-tis-deyterovathmias-ekpaideysis-gia-ennoies-tis-exeliktikis-theorias.html>
81. Σέρογλου, Φ. (2002). *Ο Γαλιλαίος, ο Μπρεχτ και οι φυσικές επιστήμες για την εκπαίδευση του πολίτη*. Πρακτικά του 3^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών & Εφαρμογής Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 285-289.
82. Τσουκαλάς, Κ. (1992). *Εξάρτηση και αναπαραγωγή*. Αθήνα: Ιστορική Βιβλιοθήκη Θεμέλιο.
83. ΦΕΚ 3791/Β/13-8-2021

Βιβλιογραφία Εικόνων

(Εικόνα 1) Grammer, B., Draganits, E., Gretscher, M., & Muss, U. (2017). *LiDAR-guided Archaeological Survey of a Mediterranean Landscape: Lessons from the Ancient Greek Polis of Kolophon (Ionia, Western Anatolia)*. *Archaeological prospection*, 24(4), 311-333. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/arp.1572>

(Εικόνα 2) Papadopoulos, J. K. (2001). *Magna Achaea: Akhaian Late Geometric and Archaic Pottery in South Italy and Sicily*. *Hesperia*, 373-460. URL:

<https://www.jstor.org/stable/3182054>

(Εικόνα 3) Wikipedia.org

https://en.wikipedia.org/wiki/File:%22The_School_of_Athens%22_by_Raffaello_Sanzio_da_Urbino.jpg

(Εικόνα 4) Hodos W. (2009). *Evolution and the Scala Naturae*. In: Binder M.D., Hirokawa N., Windhorst U. (eds) *Encyclopedia of Neuroscience*. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-29678-2_3118

(Εικόνα 5) Park, K. & Daston, L. (eds). (2008). *The Cambridge History of Science: Volume 3: Early modern science (The Cambridge History of Science)*. Cambridge: Cambridge University Press. ISBN: 0-521-57244-4

(Εικόνα 6) Encyclopedia Britannica

<https://www.britannica.com/biography/Carolus-Linnaeus/Classification-by-natural-characters>

(Εικόνα 7) Bibliothèque Nationale de France

<https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k10672243.image>

(Εικόνα 8) Wikipedia.org

https://en.wikipedia.org/wiki/File:Jean-Baptiste_de_Lamarck.jpg

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Geoffroy72.jpg>

https://en.wikipedia.org/wiki/File:Georges_Cuvier_3.jpg

(Εικόνα 9) Wikipedia.org

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PSM_V01_D242_and_V20_D610_Charles_Lye1l.jpg

https://en.wikipedia.org/wiki/File:Old_Owen@72.jpg

(Εικόνα 10) Wikipedia.org

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Charles_Darwin_1880.jpg

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alfred-Russel-Wallace-c1895.jpg>

(Εικόνα 11) Wikipedia.org & HackneyBooks.co.uk

<https://hackneybooks.co.uk/books/77/114/gm-bh-001.html>

(Εικόνα 12) Mayr, E. (2008). *Η Ανάπτυξη της Βιολογικής Σκέψης: Ποικιλότητα, Εξέλιξη και Κληρονομικότητα*. Μορφωτικό Ίδρυμα Εθνικής Τραπέζης, Αθήνα, ISBN: 978-960-250-360-7.

(Εικόνα 13) Wikipedia.org & Encyclopedia Britannica

https://en.wikipedia.org/wiki/File:Sewall_Wright-en.jpg

<https://en.wikipedia.org/wiki/File:Youngronaldfisher2.JPG>

<https://www.britannica.com/biography/J-B-S-Haldane/images-videos>

(Εικόνα 14) Wikipedia.org

https://en.wikipedia.org/wiki/File:Sociobiology_-_The_New_Synthesis.jpg

https://en.wikipedia.org/wiki/File:On_Human_Nature,_first_edition.jpg

(Εικόνα 15) Allen, G. E. (1999). *Genetics, eugenics and the medicalization of social behavior: lessons from the past.* Endeavour, 23(1), 10–19. doi:10.1016/s0160-9327(99)01181-3

(Εικόνα 16) Wikipedia.org

https://en.wikipedia.org/wiki/File:Geological_map_Britain_William_Smith_1815.jpg

(Εικόνα 17) Wikipedia.org

<https://en.wikipedia.org/wiki/File:Inherit-the-Wind-poster.jpg>

(Εικόνα 18) Behe, M. J., Dembski, W., & Ruse, M. (2009). *Irreducible complexity: Obstacle to Darwinian evolution.* Philosophy of biology: an anthology, 32, 427.

(Εικόνα 19) Wikipedia.org

https://en.wikipedia.org/wiki/File:Fairy_ring_on_a_suburban_lawn_100_1851.jpg

(Εικόνα 20) Scott, E. C., (2004). *Evolution vs. Creationism: An Introduction.* Greenwood Publishing Group, ISBN: 0–313–32122–1

(Εικόνα 21) The Daily Mail

<https://www.dailymail.co.uk/news/article-2066795/Muslim-students-walking-lectures-Darwinism-clashes-Koran.html#ixzz1ez53zfRv>

Παράρτημα Α: Εργαλεία εκτίμησης της αποδοχής της εξέλιξης

Το εργαλείο *MATE* (*Measure of Acceptance of the Theory of Evolution*).

1. Organisms existing today are the result of evolutionary processes that have occurred over millions of years.	1	2	3	4	5
2. The theory of evolution is incapable of being scientifically tested.	1	2	3	4	5
3. Modern humans are the product of evolutionary processes that have occurred over millions of years.	1	2	3	4	5
4. The theory of evolution is based on speculation and not valid scientific observation and testing.	1	2	3	4	5
5. Most scientists accept evolutionary theory to be a scientifically valid theory.	1	2	3	4	5
6. The available data are ambiguous (unclear) as to whether evolution actually occurs.	1	2	3	4	5
7. The age of the earth is less than 20,000 years.	1	2	3	4	5
8. There is a significant body of data that supports evolutionary theory.	1	2	3	4	5
9. Organisms exist today in essentially the same form in which they always have.	1	2	3	4	5
10. Evolution is not a scientifically valid theory.	1	2	3	4	5
11. The age of the earth is at least 4 billion years.	1	2	3	4	5
12. Current evolutionary theory is the result of sound scientific research and methodology.	1	2	3	4	5
13. Evolutionary theory generates testable predictions with respect to the characteristics of life.	1	2	3	4	5
14. The theory of evolution cannot be correct since it disagrees with the Biblical account of creation.	1	2	3	4	5
15. Humans exist today in essentially the same form in which they always have.	1	2	3	4	5
16. Evolutionary theory is supported by factual historical and laboratory data.	1	2	3	4	5
17. Much of the scientific community doubts if evolution occurs.	1	2	3	4	5
18. The theory of evolution brings meaning to the diverse characteristics and behaviors observed in living forms.	1	2	3	4	5
19. With few exceptions, organisms on earth came into existence at about the same time.	1	2	3	4	5
20. Evolution is a scientifically valid theory.	1	2	3	4	5

Instructions for participants: For the following items, please indicate your agreement/disagreement with the given statements using the following scale: 1=Strongly Disagree, 2=Disagree, 3=Undecided, 4=Agree, 5=Strongly Agree. To account for positively -and negatively- phrased items, the scaling of responses must be appropriately reversed so that responses indicative of a high acceptance of evolutionary theory receive a score of 5 while answers indicative of a low acceptance receive a score of 1. Score items 1, 3, 5, 8, 11, 12, 13, 16, 18, and 20 is as follows: Strongly Agree=5, Agree=4, Undecided=3, Disagree=2, Strongly Disagree=1. Score items 2, 4, 6, 7, 9, 10, 14, 15, 17, and 19 is as follows: Strongly Agree=1, Agree=2, Undecided=3, Disagree=4, Strongly Disagree=5. An individual's score on the MATE is equal to the sum of the scaled responses to all 20 items. Very High Acceptance: 89–100, High Acceptance: 77–88, Moderate Acceptance: 65–76, Low Acceptance: 53–64, Very Low Acceptance: 20–52.

Το εργαλείο I-SEA (*Inventory of Students' Acceptance of Evolution*).

1. I think that new species evolved from ancestral species.	1	2	3	4	5
2. I think that the fossil evidence that scientists use to support evolutionary theory is weak and inconclusive.	1	2	3	4	5
3. There are a large number of fossils found all around the world that support the idea that organisms evolve into new species over time.	1	2	3	4	5
4. I think all complex organisms evolved from single celled organisms.	1	2	3	4	5
5. I think that new species evolve from a lot of small changes occurring over relatively long periods of time.	1	2	3	4	5
6. There is little or no observable evidence to support the theory that describes how one species of organisms evolves from a different ancestral form.	1	2	3	4	5
7. The forms and diversity of organisms have changed dramatically over time.	1	2	3	4	5
8. I think that all organisms are related (or share a common ancestor).	1	2	3	4	5
9. I think that organisms, as they exist now, are perfectly adapted to their natural environments and so will not continue to change.	1	2	3	4	5
10. All groups of organisms will continue to change.	1	2	3	4	5
11. There are a large number of examples of organisms that have undergone evolutionary changes within the species (i.e., antibiotic resistance in bacteria, production of new strains of the flu virus).	1	2	3	4	5
12. Species were created to be perfectly suited to their environment, so they do not change.	1	2	3	4	5
13. I don't accept the idea that a species of organism will evolve new traits over time.	1	2	3	4	5
14. I think there is an abundance of observable evidence to support the theory describing how variations within a species can happen.	1	2	3	4	5
15. Species exist today in exactly the same shape and form in which they always have.	1	2	3	4	5
16. There is overwhelming evidence supporting the theory of evolution to explain how variations in a species develop over time.	1	2	3	4	5
17. There is reliable evidence to support the theory that describes how humans were derived from ancestral primates.	1	2	3	4	5
18. Although humans may adapt, humans have not/do not evolve.	1	2	3	4	5
19. I think that the physical structures of humans are too complex to have evolved.	1	2	3	4	5
20. I think that humans and apes share an ancient ancestor.	1	2	3	4	5
21. I think humans evolve.	1	2	3	4	5
22. Humans do not evolve; they can only change their behavior.	1	2	3	4	5
23. The many characteristics that humans share with other primates (i.e., chimpanzees, gorillas) can best be explained by our sharing a common ancestor.	1	2	3	4	5
24. Physical variations in humans (i.e. eye color, skin color) were derived from the same processes that produce variation in other groups of organisms.	1	2	3	4	5

Instructions for participants: For the following items, please indicate your agreement/disagreement with the given statements using the following scale: 1=Strongly Disagree, 2=Disagree, 3=Undecided, 4=Agree, 5=Strongly Agree. Questions 1–8 focus on macroevolution, questions 9–16 focus on microevolution, and questions 17–24 focus on human evolution. To account for positively and negatively-phrased items, the scaling of responses must be appropriately reversed so that responses indicative of a high acceptance of evolutionary theory receive a score of 5 while answers indicative of a low acceptance receive a score of 1. Score items 1, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 14, 16, 17, 20, 21, 23, and 24 as follows: Strongly Agree=5, Agree=4, Undecided=3, Disagree=2, Strongly Disagree=1. Score items 2, 6, 9, 12, 13, 15, 18, 19, 22, as follows: Strongly Agree=5, Agree=2, Undecided=3, Disagree=4, Strongly Disagree=5. An individual's score on the I-SEA is equal to the sum of the scaled responses to all 24 items.

Υπέθνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 1599/1986 και τα άρθρα 2,4,6 παρ. 3 του Ν. 1256/1982, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον.