**Πρότυπο Πειραματικό Γενικό Ενιαίο Λύκειο Πανεπιστημίου Κρήτης Ρεθύμνου**

**΄Β τετράμηνο**

**Πολιτιστικό πρόγραμμα:** H ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ «ΕΞΕΛΙΞΗΣ» ΣΤΙΣ ΑΝΘΡΩΠΙΣΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ: διεπιστημονικές όψεις ερμηνείας

**Ειδικό Θέμα: Εξέλιξη στη Βιολογία**

**Τμήμα: ΄Β1**

**Αγρυμάκις**

**Μανώλης**

**Διδ. Καρίμαλη**

**Πενθερουδάκης**

**Εξέλιξη στη Βιολογία**

**Εισαγωγή:**

Οι άνθρωποι εδώ και χιλιάδες χρονιά θαύμαζαν αυτή την τεραστία ποικιλομορφία ειδών που τους περιτριγύριζαν και αναρωτιόνταν -και πολλοί συνεχίζουν να αναρωτιούνται- από πού ερχόμαστε και ποιος είναι ο λόγος ύπαρξης μας. Για τον λόγο αυτό και για αποφευχθεί αυτή η τεραστία οντολογική σύγχυση, ο άνθρωπος εφεύρεση αυτό που αποκαλούμε θρησκεία, για να δώσει πρόσκαιρες αλλά για την εποχή ικανοποιητικές απαντήσεις στα ερωτήματα αυτά. Τις τελευταίες τρεις εκατονταετίες όμως, λόγο της αστείρευτης αυτής περιεργείας για τα φυσικά φαινόμενα εμφανίστηκαν άτομα ανικανοποίητα από τις μέχρι στιγμής απαντήσεις, των όποιων τα μυαλά υπερέβησαν κάθε ατομική και θρησκευτική πεποίθηση και με γνώμονα τις αρχές της επιστημονικής μεθόδου κατάφεραν και έδωσαν επιτέλους μια ικανοποιητική απάντηση στα παραπάνω βασανιστικά ερωτήματα. Έτσι έχοντας με το μέρος τους τρανταχτές αποδείξεις και χειροπιαστά επιχειρήματα διατύπωσαν μια αμφιλεγόμενη θεωρία, **τη θεωρία της εξέλιξης**. Μάλιστα το θαυμαστό και αξιοπερίεργο με αυτή την έννοια της εξέλιξης είναι πως αυτοπροσδιορίζει την ιδία την ύπαρξη της, διότι αν ο ανθρωπινός εγκέφαλος δεν εξελισσόταν με την πάροδο των χρόνων και ο ανθρωπινός νους δεν έπαυε να αναρωτιόταν για τέτοιου είδους θέματα θα ήμασταν ήδη ικανοποιημένοι με τις παλιές εξηγήσεις του φαινόμενου, δίχως να χρειαζόταν να διατυπωθεί μια τέτοια περιπλοκή έννοια για να ικανοποιήσει τις συνεχώς εξελισσόμενες ανάγκες μας για γνώση.

**Ιστορικό πλαίσιο:**

Γενικά τα πρώτα στοιχεία μη στατικής θεώρησης της φύσης είναι πολύ παλιά και χρονολογούνται από την ελληνική αρχαιότητα, που τότε εμφανίζονται με καθαρά θεωρητική-φιλοσοφική χροιά, λόγο έλλειψης αποδείξεων. Εξελικτικές ιδέες όπως ο κοινός πρόγονος και η διαμετάλλαξη των ειδών υπήρχαν τουλάχιστον από τον 6ο αιώνα π.Χ. όταν εκφράστηκαν από τον φιλόσοφο Αναξίμανδρο τον Μιλήσιο. Ο Αναξίμανδρος (610-546 π.Χ.) πρότεινε την ιδέα ότι η ζωή είχε αναπτυχθεί αρχικά στη θάλασσα και ότι μόνο αργότερα μετακινήθηκε στη στεριά, ενώ ο Εμπεδοκλής (490-430 π.Χ) έγραψε για μια μη μεταφυσική καταγωγή των έμβιων όντων. Ακόμα πρότεινε εξελικτικές ερμηνείες του κόσμου, επισημαίνοντας τις προσαρμογές των οργανισμών στις συνθήκες του περιβάλλοντος. Καθώς και στην Ελληνιστική εποχή ο Θεόφραστος και ο Λουκρήτιος λειτούργησαν ως παρατηρητές των εξελικτικών φαινομένων της φύσης. Ωστόσο οι αρχαίοι Έλληνες φιλόσοφοι δεν πρότειναν κανένα εξελικτικό μηχανισμό.

Όλες οι μέχρι τότε απόψεις και θεωρίες επισκιάσθηκαν από την φιλοσοφία του Πλάτωνα, που ενσωματώθηκε αργότερα στη Χριστιανική σκέψη και απέκτησε μόνιμη και δεσπόζουσα επιρροή πάνω στη δυτική σκέψη. Κυρίαρχο ρόλο παίζει η έννοια της ιδέας ή του προτύπου, που συνδυάζει την τελειότητα, την αιωνιότητα και την αμεταβλητότητα. Ακολούθησε ο Αριστοτέλης (μαθητής του Πλάτωνα), οποίος επεξέτεινε την άποψη του Πλάτωνα, υποδεικνύοντας ότι υπάρχει αλυσιδωτή σειρά μορφών, όπου κάθε μια αντιπροσωπεύει ένα σκαλοπάτι από τις πιο ατελείς στις πιο τέλειες μορφές. Ο Αριστοτέλης, μπορεί να θεωρείται ως ο "Πατέρας" των θετικών επιστημών, αλλά είναι βέβαιον, ότι είχε και αρκετές λάθος αντιλήψεις. Δυστυχώς, μία από αυτές αφορούσε γενικότερα την προέλευση της ζωής. Κατ' αυτήν ο Αριστοτέλης θεωρούσε ότι η ζωή προέρχεται αποκλειστικά και μόνο από τον άνδρα και ότι είναι ένα χαρακτηριστικό το οποίο μεταβιβάζεται μόνο από τον πατέρα προς τα παιδιά. Όλοι όμως οι επιστήμονες εκείνης της εποχής γνώριζαν και αποδέχονταν ότι όλα τα είδη των ζωντανών οργανισμών παραμένουν σταθερά. Δηλαδή, πίστευαν ότι δεν είχε αλλάξει τίποτε από την εποχή της αρχαιότητας.

Η Χριστιανική σκέψη υιοθέτησε μια σχεδόν κατά γράμμα ερμηνεία της Βίβλου και της Γένεσης, δηλαδή της εξ αρχής δημιουργία όλων των μορφών της ζωής στη σημερινή τους μορφή. Ότι βλέπουμε γύρω μας αποτελούν συλλήψεις και έργα ενός υπερφυσικού όντος, του Δημιουργού (Θεωρία της Δημιουργίας). Οποιαδήποτε άποψη πέραν της βιβλικής περιγραφής της δημιουργίας της Γης και της Ζωής θεωρούνταν επαναστατικές και αιρετικές.

Όταν η βιολογική γνώση αυξήθηκε τον 18ο αιώνα, άρχισαν να παρουσιάζονται παρόμοιες ιδέες, αρχίζοντας με τον Πιερ Μοπερτουί το 1745, με τη συμβολή φυσικών φιλοσόφων όπως οι Έρασμος, Κάρολος Δαρβίνος (ζωολόγος , πάππους του γνωστού Κάρολου) και Λαμάρκ. Η θεωρία της εξέλιξης μέσω της φυσικής επιλογής προτάθηκε πρώτα από τον Κάρολο Δαρβίνο και τον Άλφρεντ Ράσελ Γουάλας. Το 1858 οι ίδιοι διατύπωσαν την θεωρία της εξέλιξης μέσω της φυσικής επιλογής με τις ανακοινώσεις τους Περί της τάσης των ειδών να δημιουργούν ομάδες και Περί της διαιώνισης των ειδών μέσω φυσικών μεθόδων επιλογής. Οι λεπτομέρειες όμως της θεωρίας αυτής και τα αναλυτικά επιχειρήματα καταγράφηκαν στο βιβλίο που έγραψε ο Δαρβίνος το 1859 "Περί της προέλευσης-καταγωγής των ειδών".

Η θεωρία της εξέλιξης έχει μια ιστορία 200 χρόνων, η οποία θεμελιώθηκε και βασίσθηκε αρχικά στη σύλληψη της έννοιας της “φυσικής επιλογής” από το Δαρβίνο (1809-1882) και κατόπιν εδραιώθηκε με τη συσσώρευση γνώσεων από τους κλάδους της Γενετικής, της Γενετικής Πληθυσμών της Οικολογίας και της Παλαιοντολογίας. Ο συνδυασμός όλων αυτών των γνωστικών πεδίων έχει οδηγήσει στη σύνθεση της σημερινής θεωρίας της εξέλιξης που είναι γνωστή ως Νέο-Δαρβινισμός ή Σύγχρονη Σύνθεση και θεωρείται σαν μια επιτυχημένη σύζευξη του Δαρβινισμού με στοιχεία Γενετικής. Στην Ελλάδα, Εξελικτικοί Βιολόγοι με αναγνωρισμένο κύρος και σημαντική συγγραφική παρουσία είναι οι καθηγητές Κωνσταντίνος Καστρίτσης, Κωνσταντίνος Κριμπάς και Ελευθέριος Ζούρος.

**Εξέλιξη και Κάρολος Δαρβίνος:**

Ήταν το 1831 όταν ο περίφημος βιολόγος θα ξεκινούσε την πεντάχρονη ερευνητική του περιπέτεια στον κόσμο που έμελλε να αλλάξει τις παραδεδομένες πίστεις για την καταγωγή των ειδών και την εξέλιξή τους. Μια σειρά από καλά ριζωμένες σήμερα απόψεις περί φυσικής επιλογής και εξέλιξης των ειδών χρωστούν στον θεμελιωτή τους τη θεωρητική τους επένδυση, μπολιάζοντας την επιστημονική σκέψη με νέα δεδομένα. Ο Δαρβίνος ήταν ένας από τους μεγάλους διανοητές που απομάγευσαν τον κόσμο, αποκαλύπτοντας τους φυσικούς μηχανισμούς και τα πρότυπα της εξέλιξης των ειδών. Η εκπληκτική ιδέα που συνέλαβε ο Δαρβίνος, χάρη στις προσωπικές παρατηρήσεις του κατά τη διάρκεια του ταξιδιού του με το Beagle, στη συναναστροφή του με γεωλόγους και φυσιοδίφες, αλλά και καλλιεργητές και κτηνοτρόφους, μέχρι και κοινωνιολόγους αποτελεί και σήμερα το βασικό άξονα της εξελικτικής επιστήμης. Τίποτα δεν θα ήταν το ίδιο μετά την έκδοση του μνημειώδους συγγράμματός του «Η Καταγωγή των Ειδών» (1859), που έδωσε στην επιστήμη τα κατάλληλα εννοιολογικά εργαλεία για να αντιπαρατεθεί αποφασιστικά με λαϊκές δοξασίες και θρησκευτικές ερμηνείες. Η θεωρία του Δαρβίνου κατάφερε να επιφέρει βαθιά τομή στην επιστημονική σκέψη σχετικά με την ανάπτυξη της ζωής και ως εκ τούτου να προκαλέσει μια μικρή φιλοσοφική επανάσταση.

**Ορισμός της Εξέλιξης στη Βιολογία:**

«**Στην επιστήμη της βιολογίας, με τον όρο εξέλιξη εννοείται η αλλαγή στις ιδιότητες ενός πληθυσμού οργανισμών στο πέρασμα του χρόνου, μεταξύ διαφορετικών γενεών.**»

**Η Θεωρία της Εξέλιξης Γενικά:**

Αν παρατηρήσουμε προσεκτικά τον κόσμο που μας περιβάλει, θα ανακαλύψουμε μια πολύ μεγάλη ποικιλομορφία οργανισμών. Ταυτόχρονα όμως θα ανακαλύψουμε ότι οι οργανισμοί εμφανίζουν και πολλές ομοιότητες μεταξύ τους και το γεγονός ότι όλοι παρουσιάζουν αυτά τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά της ζωής. Όσο μάλιστα περισσότερο εξερευνούμε τον κόσμο, τόσο περισσότερο εντυπωσιαζόμαστε από το πολυάριθμο των διαφορετικών ειδών. Στα μέσα του δεκάτου ένατου αιώνα οι φυσιοδίφες αναγνώριζαν μερικές δεκάδες χιλιάδες διαφορετικά είδη φυτών και ζώων. Στα μέσα του εικοστού αιώνα, που οι βιολόγοι έστρεψαν την προσοχή τους στις λιγότερο ευδιάκριτες μορφές ζωής, από τα έντομα ως τους μικροοργανισμούς, η εκτίμηση για το πλήθος των διαφορετικών ειδών ανέβηκε στα 1 ή 2 εκατομμύρια. Με τις έρευνες όμως στα τροπικά δάση, που αποτελούν το επίκεντρο της παγκόσμιας βιοποικιλότητας, η προηγούμενη εκτίμηση πολλαπλασιάστηκε τουλάχιστον δέκα φορές. Σήμερα στον πλανήτη μας υπάρχουν περίπου γύρω στα 1,2 εκατομμύρια διαφορετικά είδη ζώων καθώς και 1,3 εκατομμύρια είδη φυτών, δίχως να αναφερθούμε στους μονοκύτταρους οργανισμούς. Από τις μελέτες των απολιθωματικών καταγραφών υπολογίζεται ότι οι αριθμοί αυτοί αποτελούν μόνο το 10% όλων των ειδών που υπήρξαν στη γη. Η ζωή στη γη έχει συσσωρεύσει μεταλλαγές και τις έχει περάσει μέσω του φίλτρου της φυσικής επιλογής για 3.8 δισεκατομμύρια χρόνια αυτός είναι αρκετός χρόνος για τις εξελικτικές διαδικασίες για να δημιουργήσουν τη μεγάλη ιστορία της Ζωής. Είναι λοιπόν φυσικό να αναρωτηθούμε για το πώς εμφανίστηκαν όλες αυτές οι μορφές ζωής στη Γη, που οφείλονται οι ομοιότητες που μοιράζονται κου που οι διαφορές τους.

Οι επιστήμονες σήμερα υποστηρίζουν πως όλη αυτή η ποικιλότητα οφείλεται στην εξέλιξη. Σε μεγαλύτερη κλίμακα, η εξέλιξη μπορεί να θεωρηθεί η βαθμιαία εμφάνιση της βιολογικής ποικιλότητας. Η θεωρία της εξέλιξης είναι μια θεωρία μέσω της οποίας μπορούμε να κατανοήσουμε τόσο τους μηχανισμούς δημιουργίας των τόσων διαφορετικών μορφών φυτών και ζώων στον πλανήτη μας, όσο και τη σκοπιμότητα αυτής της ποικιλομορφίας. Η θεωρία της εξέλιξης των ειδών δεν μπορεί να εξετάζεται ως μεμονωμένο γεγονός, αλλά ως αποτέλεσμα της περιπλοκής και διαρκούς αλληλεπίδρασης διαφόρων στοιχείων. Δεν πρόκειται για μια μακρά αλυσίδα ανεξάρτητων γενετικών μεταλλάξεων, αλλά σχετίζεται με τις αλλαγές στο περιβάλλον. Το ότι οι διάφοροι οργανισμοί έχουν προέλθει από έναν κοινό πρόγονο δεν είναι μια θεωρία, αλλά ένα γεγονός, όπως π.χ. για τη φυσική ότι η γη γυρίζει γύρω από τον ήλιο. Είναι δηλαδή ένας ισχυρισμός ο οποίος έχει υποβεί όλα τα αυτά τα κοπιαστικά σταδία της επιστημονικής έρευνας και έχει επανεξετάσει και επιβεβαιωθεί πολλές φόρες και από πολλές απόψεις για να καταλήξει σε ένα τελικό, γενικό συμπέρασμα βασιζόμενο σε πάμπολλες πειραματικές μελέτες και στηριζόμενο στην επιστημονική κοινή λογική. Δεν είναι όμως απλά η θεωρία της εξέλιξης, αλλά αποτελεί τον συνδυασμό της εξέλιξης και του πολύπλοκου μηχανισμού της φυσικής επιλογής, δηλαδή πρακτικά η ισχυρή αυτή θεωρεία ονομάζεται **θεωρία της εξέλιξης μέσω της φυσικής επιλογής**. Συνεπώς, θα μπορούσαμε με βάση την παρατήρηση αύτη να βγάλουμε το συμπέρασμα πως η έννοια της εξέλιξης άπαντα στο ερώτημα γιατί υπάρχουν τόσα είδη οργανισμών, ενώ ο μηχανισμός της φυσικής επιλογής εξηγεί τον λόγο που υπάρχουν τόσες ομοιότητες μεταξύ τους, οι οποίες ερωτήσεις όμως αποτελούν μέρος μια ενιαίας οντολογικής απορίας.

Η θεωρία της εξέλιξης έχει τεκμηριωθεί περάν πάσης αμφιβολίας. Κανένας σύγχρονος βιολόγος δεν αμφισβητεί τη θεωρία της εξέλιξης όπως και κανένα σοβαρό επιχείρημα μέχρι στιγμής δεν έχει βρεθεί που να αντικρούει τη φυλογενετική προέλευση και διαδοχή των όντων. Αντιθέτως, «τίποτε στη βιολογία δεν έχει νόημα παρά μονό υπό το φως της εξέλιξης» (Θ. Ντομπαζάνσκυ). Η Θεωρία της Εξέλιξης των Ειδών αποτελεί μία από τις σημαντικότερες επιστημονικές θεωρίες, που επηρέασαν τον τρόπο σκέψης και αντιμετώπισης των επιστημονικών προβλημάτων στο δυτικό κόσμο και όχι μόνο. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο Κάρολος Δαρβίνος, ανακαλύπτοντας και προτείνοντας το μηχανισμό της Εξέλιξης, δεν τροποποίησε μόνο τον τρόπο σκέψης των σύγχρονων βιοεπιστημόνων, αλλά επηρέασε σημαντικά και την αντίληψη του «μέσου ανθρώπου» για το περιβάλλον του. Είναι γεγονός ότι η κατανόηση της Θεωρίας της Εξέλιξης μετατρέπει τη Βιολογία από μια στείρα περιγραφή φυτικών και ζωικών οργανισμών σε μια σύνθετη επιστήμη. Από τα παραπάνω συνάγεται ότι η Θεωρία της Εξέλιξης αποτελεί την κεντρική θεωρία στη Βιολογία, καθώς η διατύπωση της αποτέλεσε το βασικό ενωτικό ιστό ώστε η Βιολογία να «ενηλικιωθεί» ως επιστήμη βρίσκοντας ένα βασικό πρίσμα μέσω του οποίου είναι δυνατή η ολόπλευρη εξέταση του αντικειμένου της. Έτσι, προκύπτει ένα εντελώς νέο πρίσμα μέσω του οποίου εξετάζονται τα βιολογικά ζητήματα, με τις αντίστοιχες δυσκολίες που προκύπτουν στην αποδοχή του τόσο από το ευρύ κοινό όσο και από τους εκπαιδευτικούς των φυσικών επιστημών.

Στα εκατό και πλέον χρονιά που πέρασαν από την έκδοση της Προέλευσης των Ειδών του Δαρβίνου, η εξελικτική βιολογική επιστήμη έχει απαντήσει σε πολλά ερωτήματα και έχει δημιουργήσει ακόμη περισσότερα. Αν και οι νέες πληροφορίες συχνά υποχρεώνουν σε επανεξέταση ορισμένων απόψεων, όπως είναι, π.χ., οι ρυθμοί των εξελικτικών αλλαγών ή η ύπαρξη γενετικής ποικιλότητας μέσα στους πληθυσμούς, το κύριο σώμα της συνθετικής θεωρίας της εξέλιξης παραμένει σταθερά κατοχυρωμένο.

Το βασικό ερώτημα με το όποιο ασχολείται η θεωρία της εξέλιξης είναι:

«***Υπάρχει κάποιος συνδετικός κρίκος ο οποίος να μπορεί να εξηγήσει αυτή την τεράστια ποικιλομορφία καθώς και τη δυναμική της στο πέρασμα του χρόνου;***»

**Ανάλυση της Θεωρίας της Εξέλιξης των Ειδών:**

Η ιδέα της βιολογικής εξέλιξης σχετίζεται και με τα δύο αυτά βασικά ερωτήματα. Στην απάντηση που δίνει στο ερώτημα για τις ομοιότητες μεταξύ διαφορετικών οργανισμών, εξηγεί ότι τα εκατομμύρια διαφορετικά είδη φυτών, ζώων και μικροοργανισμών που ζουν σήμερα, έχουν προέλθει από κοινούς προγόνους, όπως συμβαίνει με τους μακρινούς εξαδέλφους. Δηλαδή ότι όλα τα είδη που μοιράζονται μορφολογικές και άλλες ομοιότητες διαθέτουν κοινή καταγωγή, προέρχονται από ένα κοινό προγονικό είδος. Οι οργανισμοί στη φύση παράγουν πολύ περισσότερους απογόνους απ’ όσους μπορούν να επιβιώσουν και να αναπαραχθούν κάτω από την περιορισμένη διαθεσιμότητα τροφής, χώρου και άλλων περιβαλλοντικών πόρων. Οι απόγονοι αυτοί συχνά διαφέρουν ο ένας από τον άλλο σε χαρακτηριστικά που μπορούν να μεταβιβαστούν κληρονομικά στους απογόνους τους. Αν οι ανταγωνιζόμενοι απόγονοι φέρουν χαρακτηριστικά που είναι ευνοϊκά για την επιβίωσή τους σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον, επιβιώνουν και συνεπώς περνούν τα ευνοϊκά χαρακτηριστικά τους στους δικούς τους απογόνους. Καθώς τα νέα αυτά χαρακτηριστικά συσσωρεύονται από γενιά σε γενιά, οι πληθυσμοί των οργανισμών αποκλίνουν όλο και περισσότερο από τους προγόνους τους. Κατά τη διάρκεια των δισεκατομμυρίων ετών οδήγησε τους πρώτους οργανισμούς να διαφοροποιηθούν σε όλα τα φυτά, τα ζώα και τους μικροοργανισμούς που υπάρχουν σήμερα. Έτσι ώστε οι άνθρωποι, τα ψάρια και τα βακτηρίδια που φαίνονται τόσο διαφορετικά ώστε να μην επιδέχονται συγκρίσεις, να μοιράζονται μερικά από τα χαρακτηριστικά των κοινών προγόνων τους. Ο Mayr εξηγώντας την εξέλιξη μέσω φυσικής επιλογής διακρίνει δύο βήματα, δύο επίπεδα. Το πρώτο βήμα είναι η δημιουργία ποικιλότητας σε επίπεδο πληθυσμού μέσω, κυρίως, της σεξουαλικής αναπαραγωγής (παραγωγή των γαμετών –ωαρίων και σπερματοζωαρίων– και ανασυνδυασμός –ανταλλαγή γενετικού υλικού κατά τη διάρκεια της παραγωγής γαμετών–), των τυχαίων μεταλλάξεων (τυχαίες αλλαγές της αλληλουχίας του DNA) και της ροής γονιδίων (μεταναστεύσεις από και προς τον πληθυσμό). Το δεύτερο βήμα περιλαμβάνει τη δράση της φυσικής επιλογής πάνω σε αυτήν την ποικιλότητα, η οποία αποτελεί το υπόστρωμα, συνεπώς, της πρώτης. Η εξέλιξη επίσης ερμηνεύει τη μεγάλη ποικιλία των σημερινών ειδών. Οι ζωντανοί οργανισμοί που υπάρχουν σήμερα προήρθαν από συνέχεις μεταβολές άλλων οργανισμών «ατελέστερων», που έζησαν σε παλαιότερες γεωλογικές εποχές. Οι πληθυσμοί των οργανισμών των οποίων τα χαρακτηριστικά τους καθιστούν ικανούς να καταλαμβάνουν θέσεις στο οικοσύστημα στο οποίο ζουν που δεν καταλαμβάνονται από άλλα παρόμοια είδη, έχουν μεγαλύτερες πιθανότητες επιβίωσης. Με το πέρασμα του χρόνου τα είδη διαφοροποιήθηκαν, ώστε να καταλαμβάνουν όλο και περισσότερες τέτοιες θέσεις και έτσι να αποκτούν πλεονέκτημα στην πρόσκτηση νέων φυσικών πόρων. Εξελικτικές λοιπόν, θεωρούνται ειδικά οι αλλαγές που μεταβιβάζονται μέσω του γενετικού υλικού από γενιά σε γενιά, συνεπώς συνιστούν μια πληθυσμιακή διαδικασία και διακρίνονται από άλλες, όπως η οντογένεση, ή γενικά η ανάπτυξη ενός οργανισμού ατομικά. Εξέλιξη με βάση αυτή τη θεωρεία ονομάζεται λοιπόν τη βαθμιαία αλλά αδιάκοπη διαδικασία μετάβασης των όντων από μια παλαιότερη και ατελέστερη σε μια νεότερη και τελειότερη μορφή.

**Βασικά συμπεράσματα της θεωρίας:**

1. Οι φυσικοί πληθυσμοί των ειδών εμπεριέχουν μεγάλη γενετική ποικιλομορφία που πηγάζει από τυχαίες διαδικασίες μεταλλαγής κατά τη διάρκεια δημιουργίας ενός οργανισμού. Η ποικιλομορφία δηλαδή δε δημιουργείται επειδή χρειάζεται αλλά είναι προϊόν « τυχαίων» ευνοϊκών μεταλλάξεων. Μάλιστα οι μεγάλες διαφορές μεταξύ των οργανικών όντων ανάγονται όλες στην προοδευτική συσσώρευση μικροαλαγών, που τελικά επέφεραν τεράστιες διαφοροποιήσεις κατά τις προσαρμογές των οργανισμών στα πιο ποικίλα φυσικά περιβάλλοντα. Η εξέλιξη λοιπόν είναι ένα διακλαδιζόμενο δένδρο και είναι θέμα τύχης ή ατυχίας αν ένας συγκεκριμένος κλάδος θα συνεχίσει ή όχι.
2. Οι αλλαγές που από γενιά σε γενιά λαμβάνουν χώρα, οφείλονται στις αλλαγές της συχνότητας των γονιδίων που περιέχει κάθε είδος. Οι αλλαγές αυτές οφείλονται με τη σειρά τους στην τυχαία παρέκκλιση γονιδίων μεταξύ των ειδών και κυρίως στη δράση της φυσικής επιλογής. Τα είδη δηλαδή χρωστούν μάλλον την ύπαρξη τους σε χαρακτήρες που ελέγχονται από ειδικά γονίδια.
3. Για να επιτευχθούν τέτοιες γενετικές τροποποιήσεις, λόγο της χαμηλής προσαρμοστικότητας των νέων αυτών τροποποιημένων οργανισμών και λόγο άλλων διαφόρων φυσικών μηχανισμών η διαδικασία για την προοδευτική εξέλιξη ενός είδους γίνεται συνήθως σε ένα εκτενές χρονικό διάστημα, κατά τη διάρκεια των γεωλογικών αιώνων . Λαμβάνει επίσης χώρα με διαφορετικούς ρυθμούς ανάλογα με το είδος και το περιβάλλον του.
4. Οι ίδιες αυτές εξελικτικές διαδικασίες, ανάλογα τα χρονικά διαστήματα στα οποία εκτείνονται προκαλούν αλλαγές τέτοιου μεγέθους ώστε να αιτιολογείται η εμφάνιση νέων γενών, ειδών και κατηγοριών οργανισμών . Αν και τέτοιου τύπου μεταβολές παρατηρούνται σε μικρή κλίμακα σε κάθε γενιά, μακροπρόθεσμα και αθροιστικά μπορούν να οδηγήσουν σε σημαντικές διαφοροποιήσεις.
5. Ένα χαρακτηριστικό που οφείλεται σε συγκεκριμένα γονίδια από μονό του δεν είναι συνήθως ικανό να θεωρηθεί θετικό ή αρνητικό για την επιβίωση ενός οργανισμού, αλλά πάντα σε σχέση με το περιβάλλον το οποίο ζει. Δηλαδή, ένας χαρακτήρας που είναι «ευεργετικός» σε ένα περιβάλλον ή σε μία χρονική στιγμή μπορεί να είναι «επιβλαβής» σε ένα άλλο περιβάλλον ή σε μια άλλη χρονική στιγμή. Για παράδειγμα το χαρακτηριστικό του αυξημένου λιπώδους ιστού στις πολικές αρκούδες δρα ως μόνωση από το κρύο, ενώ αν βρισκόταν σε ένα λιοντάρι θα ήταν επιβαρυντικό για την επιβίωση του.
6. Όλα τα είδη έχουν την τάση να αυξάνονται σε αριθμούς αλλά υπάρχουν δυνάμεις που διατηρούν τις ισορροπίες των αριθμών (πάλη για επιβίωση).
7. Τέλος, το ποιο σημαντικό δόγμα τις εξελικτικής βιολογίας είναι πως κάθε οργανισμός στη γη προήρθε από ένα αρχικό μονοκύτταρο οργανισμό πριν από περίπου 3,5 δισεκατομμύρια χρόνια. Έτσι, θέτοντας τις αρχές της ζωής και με βάση τους διαφόρους, χρονοβόρους εξελικτικούς μηχανισμούς προήρθε η ποικιλομορφία την οποία παρατηρούμε σήμερα. Δηλαδή, ανατρέχοντας στο γενετικό- γονιδιακό παρελθόν κάθε ζωντανού οργανισμού στη Γη είναι πολύ πιθανόν να καταλήξουμε σε ένα αρχικό οργανισμό.
8. Τίποτα στη κόσμο δεν είναι στάσιμο. Αυτή η αρχή ισχύει μέχρι και σε φυσικές παραδοχές όπως η ύπαρξη των ειδών. Κάθε είδος έχει 2 εξελικτικές δυνατότητες, να εξαφανιστεί ή να δώσει γένεση σε νέο είδος.
9. Κανένας οργανισμός δεν είναι 100% ίδιος με τους προγόνους ή τους απογόνους του. Διάφοροι γενετικοί παράγοντες κατά τη διαβίβαση των γενετικών πληροφοριών από τη μια γενιά στην άλλη δεν επιτρέπουν την κατά γράμμα μετάβαση τους και ελέγχουν την έκφραση ορισμένων μορφολογικών χαρακτηριστικών. Επιπλέον, το γεγονός συνδυασμού πληροφοριών από δυο είδη ανόμοιους γονείς κάνει κάτι τέτοιο ακόμα πιο απίθανο. Πλήρης ανέκφραστη γενετικών πληροφοριών γίνεται με τεχνίτες διαδικασίες στους κλώνους και με φυσικές στα ομοζυγωτικά αδέλφια.

**Παλαιές Εξελικτικές Θεωρίες:**

Παρόλο που οι θεωρίες αυτές έχουν εν μέρη ξεπεραστεί, ήταν όμως απαραίτητη η συνδρομή τους και οι αρχικές τους παρατηρήσεις οι οποίες δεν είναι κατ’ ανάγκη λάθος, αλλά θα χαρακτηρίζονταν ως ελλιπές. Αξιοσημείωτο είναι πως μέσα σε αυτές τις θεωρίες βρίσκεται και αυτή που πρωτοδιατύπωσε ο Κάρολος Δαρβίνος. Οι μορφές αυτών των θεωριών δεν έχουν διαψεύσει πλήρως, αλλά πολλά χαρακτηριστικά τους συνεχίζουν να υφίστανται ενσωματωμένα και ενοποιημένα σε πιο σύγχρονες, όπως τη σύνθετη θεωρία του Νεοδαρβινισμού.

1. **Λαμαρκισμός**. Εξελικτική θεωρία, που διατυπώθηκε από το φυσιοδίφη Λαμάρκ το 1809 στο έργο του Φιλοσοφική Ζωολογία. Κατά το Λαμάρκ, οι οργανισμοί αναπτύσσονται βαθμιαία και η σταθερότητα του είδους αποτελεί συνάρτηση της σταθερότητας του περιβάλλοντος. Τα είδη προέρχονται από άλλα είδη και από τα λιγότερο οργανωμένα προέρχονται τα περισσότερο οργανωμένα. Έτσι, η ζωντανή φύση σχηματίζει ανοδική κλίμακα των όντων. Επιπλέον οι χαρακτήρες που αποτυπωθήκαν υπό την επίδραση των περιβαλλοντικών συνθηκών μεταβιβάζονται στους απογόνους. Lamarck πίστευε ότι λαιμοί των καμηλοπαρδάλεων εξελίχθηκαν για να φθάνουν τα φύλλα των ψηλών δέντρων, ενώ στην πραγματικότητα οι καμηλοπαρδάλεις φτάνουν τα φύλλα των ψηλών δέντρων γιατί έχουν υποστεί διάφορες εξελικτικές διαδικασίες.

Λάθη:

* Ο μετασχηματισμός αυτός των οργανισμών είναι τυχαίος και πολλές φορές χωρίς χρησιμότητα.
* Όλες οι πειραματικές προσπάθειες που έγιναν για να αποδείξουν το κληρονομήσιμο των αλλαγών των σωματικών χαρακτηριστικών απέτυχαν. (έκοβαν ουρές σε σκύλους και γάτες).
* Δεν μπόρεσαν να εξηγήσουν επιστημονικά την ποικιλότητα των οργανισμών καθώς δεν προέβλεπε τη δημιουργία νέων ειδών.

1. **Δαρβινισμός** είναι η θεωρία της εξέλιξης και της διαδοχικής αλληλοπροέλευσης των μορφών του ενόργανου και του ζώντος κόσμου, όπως διατυπώθηκε από κοινού από τον Κάρολο Δαρβίνο και τον Άλφρεντ Ουάλας και αναπτύχθηκε αργότερα από το Δαρβίνο. Κατ' αυτόν τα άτομα ενός είδους εμφανίζουν ποικιλία, παράγονται δε κατά μέσο όρο περισσότεροι απόγονοι από όσους χρειάζεται για να αντικαταστήσουν τους γονείς. Πρέπει, επομένως, να υπάρχει συναγωνισμός για την επιβίωση και επιβιώνουν και αναπαράγουν οι περισσότερο προσαρμοσμένες (καταλληλότερες) παραλλαγές. Η εξέλιξη συμβαίνει μέσω της φυσικής επιλογής που δρα σε ατομική παραλλαγή και έχει ως αποτέλεσμα την επιβίωση των καταλληλότερων.

Λάθη:

* Η εμβέλεια της θεωρίας περιορίζεται κατά πολύ λόγο του γεγονότος ότι παρατηρείται και μια πλειονότητα αλλαγών οι οποίες δεν μεταβιβάζονται κληρονομικά.
* Η ευνοϊκή μεταβολή ορισμένες φορές ενδέχεται να αποτελέσει δυσμενής σε διαφορετικές κλιματολογικές καταστάσεις.
* Παρατηρείται η διατήρηση ενός μέσου προσαρμοστικού τύπου, με ταυτόχρονη εξαφάνιση των μειονεκτικών, των αδυνατών.
* Η δράση της φυσικής επιλογής είναι μάλλον ποσοτική, δηλαδή τονίζει ή περιορίζει την έκφραση ορισμένων χαρακτηριστικών.

1. **Μεταλλακτισμός**. Θεωρία, σύμφωνα με την οποία τα είδη εξελίσσονται με μεταλλάξεις. Ο Μεταλλακτισμός είναι εντελώς αντίθετη θεωρία από τη δαρβίνειο, γιατί διδάσκει την απότομη και με άλματα εξέλιξη, ενώ η δαρβίνειος θεωρία παραδέχεται τη συνεχή και βαθμιαία εξέλιξη των ειδών. Κατά τους εισηγητές της θεωρίας αυτής, στα χρωμοσώματα του πυρήνα των κυττάρων επέρχονται αιφνίδιες μεταβολές, που έχουν ως αποτέλεσμα την εμφάνιση στους απογόνους εντελώς νέων ιδιοτήτων. Ο Μεταλλακτισμός αποδίδει εξαιρετικό ρόλο στην τύχη και η μετάλλαξη είναι γεγονός τυχαίο. Δεν εξηγεί, όμως με ποιό τρόπο οι μεταλλάξεις συντελούν στην εξέλιξη κα γι αυτό δεν δίνει πλήρη εξήγηση του εξελικτικού μηχανισμού.

Λάθη:

* Όπως και οι άλλες εξελικτικές θεωρίες, δεν εξηγεί την τυπογένεση, δηλαδή την γένεση των μεγάλων ομάδων των ειδών, ούτε τα φαινόμενα προσαρμογής τους.
* Κατά τη διάρκεια της εξέλιξης εμφανίζονται νέοι γονιδιακοί χαρακτήρες, αυθεντικοί νεωτερισμοί, των οποίων, σε αντίθεση με τις προκαθορισμένες μεταλλάξεις, η γένεση παραμένει σκοτεινή.

**Σύγχρονες Εξελικτικές Θεωρίες:**

1. Η κλασική συνθετική θεωρία, μηχανιστική, ντετερμινιστική και αναγωγισμική, εξακολουθεί να αποτελεί το γενικά παραδεκτό πλαίσιο και τη μια από τις κυρίες κατευθύνσεις της επιστημονικής σκέψης στον τομέα της βιολογικής εξέλιξης.
2. Ένα νέο κίνημα ανανεωτών του νεοδαρβινισμού έχει μια λιγότερο μηχανιστική άποψη για την εξέλιξη, δίνει δηλαδή μεγαλύτερη έμφαση σε τυχαίους παράγοντες ειδογένεσης παρά την παντοδύναμη φυσική επιλογή.
3. Τέλος, το κίνημα των κοινωνιοβιολόγων ή συντηρητικών νεοδαρβινισμών παραμένει στο πλαίσιο του μαθηματικού μοντέλου της γενετικής των πληθυσμών, δηλαδή της επιβίωσης του ικανοτέρου και της εξέλιξης ως απλής προσαρμογής, και τα ανάγει στην πιο απολυτή έμφαση τους. Η τύχη δεν παίζει κανένα ρολό στην ειδογένεση.

**Δαρβινισμός ή Συνθετική θεωρία και γενετική :**

Όπως αναφέραμε προηγουμένως, μια σύγχρονη θεωρία για την εξέλιξη και καταγωγή των ειδών αποτελεί ο λεγόμενος Νεοδαρβινισμός ή Συνθετική θεωρία, η οποία χαίρει υποστήριξης από ένα μεγάλο μέρος της επιστημονικής κοινότητας. Είναι η ποιο πρόσφατη προσπάθεια εξήγησης αυτού του φαινομένου που για τόσους αιώνες προβληματίζει την ανθρωπότητα. Η θεωρία αυτή δεν είναι εξ’ ολοκλήρου πρωτότυπη και αναδιατυπωμένη αφού συμμερίζεται απόψεις που έχουν διατυπωθεί και στη Δαρβινική θεωρία. Θα μπορούσαμε να πούμε πως είναι ένα μείγμα, μια ενοποίηση παλιών και νέων θεωριών και ιδεών, αφού αναφέρεται και σε παλιούς μηχανισμούς, όπως η φυσική επιλογή, αλλά και σε νέους όπως οι μεταλλάξεις. Εδώ πρέπει να γίνει ξεκάθαρο πως, ως επί το πλείστο της, μια τέτοια θεωρία δεν αντιβαίνει στην ήδη υπάρχουσα θεωρία του Δαρβίνου, αλλά θα λέγαμε συμπορεύεται μαζί με τις κυριότερες έννοιες της και άπλα συμπληρώνει μερικά κενά τα οποία ήταν αδύνατο ο ίδιος ο Δαρβίνος στην εποχή του να διανοηθεί.

Έτσι άρχισε να ωριμάζει η Σύγχρονη Εξελικτική Θεωρία ενώνοντας στοιχεία γενετικής, οικολογίας, συστηματικής και παλαιοντολογίας. Οι σύγχρονοι εξελικτικοί βιολόγοι μελετούν την Εξέλιξη ως αλλαγή της γενετικής σύστασης των πληθυσμών. Σύμφωνα τώρα με τη συνθετική θεωρία της εξέλιξης ή «νεοδαρβινισμό», τα διάφορα είδη φυτικών και ζωικών οργανισμών που υπάρχουν σήμερα, προέκυψαν από απλούστερες προγονικές μορφές με σταδιακή διαφοροποίηση των χαρακτηριστικών τους. Αυτή η διαφοροποίηση οφείλεται σε προσθήκη γενετικής πληροφορίας στο DNA των προγονικών μορφών, η οποία προσθήκη υποτίθεται ότι συνέβη με διαδοχικές τροποποιήσεις του γενετικού υλικού μέσω ενός μεγάλου πλήθους αλλεπάλληλων ευνοϊκών μεταλλάξεων οι οποίες συνέβησαν εντελώς τυχαία. Όλη η εξέλιξη των όντων βασίζεται μόνο σε πλεονεκτικές μεταλλάξεις ή έστω σε μη μειονεκτικές μεταλλάξεις, εν σειρά προστιθέμενες ή τροποποιούμενες. Πολλές πλεονεκτικές μεταλλάξεις χάνονται από ατύχημα της 1ης γενεάς ή της 2ης κ.λπ. Επίσης πετυχημένα είδη εκατομμυρίων ετών χάνονται, λόγω εμφάνισης μεταλλαγμένου ανταγωνιστού ή λόγω αλλαγής περιβαλλοντικής. Με τη συσσώρευση όλων αυτών των μεταλλάξεων και με τη βοήθεια της φυσικής επιλογής, οι οργανισμοί απέκτησαν σταδιακά νέες ιδιότητες και εξελίχθηκαν σιγά σιγά σε ανώτερα είδη. Άρα, πηγή των εξελικτικών αλλαγών είναι οι μεταλλάξεις που μπορεί να συμβούν στο γενετικό υλικό (DNA). Στη συνέχεια, υπό την κατευθυντήρια δράση της φυσικής επιλογής, είναι δυνατόν σιγά σιγά να δημιουργηθεί ένα νέο είδος.

Το γενετικό υλικό (DNA)μπορεί να υποστεί αλλαγές με ποικίλους τρόπους. Οι αλλαγές στην αλληλουχία των «χημικών γραμμάτων» (αζωτούχων βάσεων) ονομάζονται μεταλλάξεις και συνήθως δημιουργούν έναν διαφορετικό φαινότυπο (δηλαδή αλλοιωμένα εξωτερικά χαρακτηριστικά του ατόμου), χωρίς όμως αυτό να συμβαίνει σε όλες τις περιπτώσεις μεταλλάξεων. Το αν θα προκύψει ή όχι ένας διαφορετικός φαινότυπος εξαρτάται από τον τρόπο με τον οποίο η αλλαγή που συνέβη επιδρά στον τρόπο κατασκευής των πρωτεϊνών. Για παράδειγμα, η αλλαγή ενός μόνο «χημικού γράμματος» μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένη κατασκευή της πρωτεΐνης αιμοσφαιρίνη με αποτέλεσμα τα ερυθρά αιμοσφαίρια στο αίμα να έχουν δρεπανοειδές σχήμα (δρεπανοκυτταρική αναιμία). Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις όπου μια μετάλλαξη μπορεί να έχει ελάχιστη ή και καμία επίδραση στην κατασκευή και τη λειτουργικότητα μιας πρωτεΐνης και το άτομο να μην παρουσιάζει καμία διαταραχή (ουδέτερες ή σιωπηλές μεταλλάξεις). Μεταλλάξεις μπορεί να συμβούν σε οποιοδήποτε κύτταρο του οργανισμού. Όμως μόνο οι μεταλλάξεις στα γεννητικά κύτταρα ή γαμέτες (ωάριο, σπερματοζωάριο) μεταβιβάζονται στους απογόνους, κι έτσι δημιουργούνται οι κληρονομικές ασθένειες. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι κληρονομική γέφυρα, δηλαδή το μονό σημείο μετάδοσης γενετικών πληροφοριών προς την επόμενη γενιά, είναι όταν οι δυο γαμέτες των δυο φύλων (το ωάριο και το σπερματοζωάριο) ενωθούν για να σχηματίσουν το ζυγωτό. Κατά αυτόν τον τρόπο γενετικές πληροφορίες, κατά το ήμισυ, και από τα δυο φύλα μεταφέρονται στο νέο οργανισμό καθορίζοντας με τυχαίο τρόπο το επικρατέστερο γονίδιο, συνεπώς και τα χαρακτηριστικά που τελικά θα εμφανίσει. Είναι πολύ σημαντικό να τονίσουμε ότι οι μεταλλάξεις στη συντριπτική πλειοψηφία τους είναι επιβλαβείς επειδή έχουν σοβαρές επιπτώσεις στον οργανισμό. Άλλωστε σε μεταλλάξεις οφείλονται και πολλές κληρονομικές ασθένειες και καρκίνοι.

Οι μεταλλάξεις μπορεί να συμβούν είτε με το λεγόμενο «αυτόματο» τρόπο, δηλαδή να εμφανιστούν ξαφνικά λόγω λαθών κατά την αντιγραφή του DNA ή κατά τη διαίρεση των χρωμοσωμάτων, είτε προκαλούνται από περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως διάφορες ακτινοβολίες. Βέβαια υπάρχουν ειδικά ένζυμα που επιδιορθώνουν τα λάθη που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της αντιγραφής του DNA, ώστε η πιθανότητα λάθους να περιορίζεται σε 1 στα 10 τρισεκατομμύρια (το ανθρώπινο γονιδίωμα αποτελείται από περίπου 6 δισεκατομμύρια «χημικά γράμματα»).

Επιπλέον, όσο αναφορά τη διαβίβαση τέτοιων πληροφοριών στις επόμενες γενιές, η φύση έχει εφεύρει και ένα ακόμα στάδιο για την αποφυγή τυχών ανεπιθύμητων μεταλλάξεων, στους ανδρικούς κυρίως γαμέτες, όπως είναι το ταξίδι ένωσης μέσα στη μήτρα των σπερματοζωαρίων με το ωάριο, στο όποιο διαλέγονται μονό τα καλύτερα προσαρμοσμένα. Κατά αυτόν τον τρόπο περιορίζονται αισθητά οι επιβλαβείς μεταλλάξεις στα κύτταρα του σώματος ποσό μάλλον στο ζυγωτό και διασφαλίζεται η ασφαλής μετάβαση κυρίως ουδετέρων και ευνοϊκών πληροφοριών.

Βέβαια μια τόσο σύνθετη θεωρία σαν αυτή της εξέλιξης, όπως και κάθε άλλη νέα, σύνθετη θεωρία, διαθέτει και τα αδύναμα σημεία της. Σημεία τα οποία δεν έχουν κατανοηθεί ή εξηγηθεί πλήρως και διατυπώνονται άπλες εικασίες για το τι βρίσκεται περάν από αυτό το «πέπλο του άγνωστου». Σε πολλές από αυτές τις περιπτώσεις ενδέχεται να λείπουν «κομμάτια» στα οποία δεν έχει δοθεί εξήγηση ακόμα και δίχως αυτά η θεωρία βουλιάζει. Όμως, όπως και η ιδία η θεωρία της εξέλιξης προβλέπει, ίσως θα πρέπει να περιμένουμε μέχρι οι γνώσεις μας να είναι αρκετά «εξελιγμένες» και ένα μυαλό υπό την «φυσική επιλογή της διανοητικότητας» να βρεθεί για να δώσει απάντηση.

**Προβλήματα ευστάθειας:**

* **Το Πρόβλημα των Πιθανοτήτων:**

Η συνθετική εξέλιξη πέφτει θύμα των πιθανοτήτων. Οι μεταλλάξεις είναι πολύ σπάνιες, περίπου 1 σε κάθε 10.000.000 (107) διπλασιασμούς ενός μορίου DNA. Θα μπορούσε βέβαια να πει κάποιος ότι αυτή η σπανιότητα δεν αποτελεί πρόβλημα όταν υπάρχουν πολλά κύτταρα (όπως για παράδειγμα στο σώμα μας το οποίο αποτελείται από περίπου 100 τρισεκατομμύρια (1014) κύτταρα. Έτσι θα μπορούσαμε να πούμε πως η γενετική εξέλιξη , όπως περιγράφεται στη συνθετική θεωρία, καταρρίπτεται από τις ίδιες ενδοκυτταρικές διαδικασίες που αποτρέπουν τις μεταλλάξεις, αφού η εξέλιξη με βάση τη θεωρία αυτή βασίζεται πρωτίστως σε αυτές. Το πρόβλημα όμως εντοπίζεται στο γεγονός ότι για να διαφοροποιηθεί ένας οργανισμός σε τέτοιο βαθμό ώστε να προκύψει ένα νέο είδος, απαιτείται ένας πολύ μεγάλος αριθμός μεταλλάξεων οι οποίες αφενός να μην είναι βλαπτικές, αφετέρου δε η κάθε επόμενη μετάλλαξη να «συνεχίζει» αυτό που προκάλεσε η προηγούμενή της. Υποθέτοντας ότι σε έναν οργανισμό συμβαίνουν αποκλειστικά μη βλαπτικές μεταλλάξεις (ενδεχόμενο εντελώς ουτοπικό), η πιθανότητα να συμβούν μόλις δύο μεταλλάξεις που η μία να συνεχίζει το έργο της προηγούμενής της, είναι 1 στα 1014 (100 τρισεκατομμύρια) και το αποτέλεσμα τους θα ήταν π.χ. απλώς το ζάρωμα των φτερών μιας μύγας. Η πιθανότητα να συμβούν μόλις τέσσερις τέτοιες μεταλλάξεις είναι 1 στα 1028 (10 οκτάκις εκατομμύρια). Η πραγματοποίηση μιας τέτοιας πιθανότητας απαιτεί έναν αριθμό κυττάρων που δεν χωρούν σε ολόκληρο τον πλανήτη μας. Επιπλέον, τέσσερις μόνο μεταλλάξεις απέχουν μακράν από το να διαφοροποιήσουν οποιονδήποτε οργανισμό σε τέτοιο βαθμό ώστε να προκύψει ένα νέο είδος. Άλλωστε το Σύμπαν περιέχει 1080 άτομα. Άρα ολόκληρο το Σύμπαν δεν είναι τόσο μεγάλο αλλά ούτε και το ηλιακό μας σύστημα τόσο παλαιό ώστε να καταστεί ποτέ εφικτό να εκπληρωθούν πιθανότητες τέτοιας τάξης μεγέθους! (π.χ. ο γνωστός εξελικτικός Julian Huxley υπολόγισε την πιθανότητα προέλευσης του αλόγου από εξέλιξη σε 1 στα 10300.000!!!).

* **Δεν υπάρχουν αμιγώς ευνοϊκές μεταλλάξεις:**

Δεν έχει βρεθεί μέχρι σήμερα καμία μετάλλαξη η οποία να είναι αμιγώς ευεργετική. Υπάρχουν απλώς μεμονωμένες περιπτώσεις μεταλλάξεων που προσδίδουν μεν ένα πλεονέκτημα επιβίωσης σε έναν οργανισμό αλλά αυτό το πλεονέκτημα έχει ισχύ μόνο κάτω από πολύ συγκεκριμένες συνθήκες περιβάλλοντος, καθώς υπάρχει εις βάρος κάποιας άλλης φυσιολογικής λειτουργίας η οποία έχει καταστραφεί λόγω της μετάλλαξης. Επομένως ένα πλεονέκτημα που πιθανόν προσδίδει μια μετάλλαξη δεν είναι απόλυτο αλλά σχετικό, καθώς ανάλογα με τις συνθήκες του περιβάλλοντος μπορεί να αποτελεί και μειονέκτημα.

* **Οι μεταλλάξεις οδηγούν σε υποβάθμιση:**

Όπως προαναφέραμε, η συντριπτική πλειοψηφία των μεταλλάξεων είναι βλαπτικές. Αυτό σημαίνει ότι δεν δημιουργούν κάποιο νέο χαρακτηριστικό αλλά αλλοιώνουν κάποιο υπάρχον. Έτσι, σε ένα υποθετικό σενάριο εξέλιξης μέσω συσσώρευσης μεταλλάξεων, η σπανιότητα εμφάνισης των ευνοϊκών μεταλλάξεων (αν υποθέσουμε ότι υπάρχουν τέτοιες) θα είχε ως συνολικό αποτέλεσμα την υποβάθμιση των λειτουργιών του οργανισμού (αν ήταν βιώσιμο το αποτέλεσμα) και σε καμία περίπτωση τη βελτίωσή του προς ένα ανώτερο νέο είδος. Άλλωστε, αυτός ακριβώς ο τρόπος με τον οποίο εμφανίζονται και δρουν οι μεταλλάξεις, δηλαδή η τυχαιότητα και η τάση για αποδιοργάνωση, αποκλείει τη δημιουργία μέσω μεταλλάξεων ενός νέου χαρακτηριστικού.

* **Προϋποθέτονται άλλες διαδικασίες:**

Το αντικείμενο στο οποίο επιδρούν οι μεταλλάξεις είναι η οργανωμένη γενετική πληροφορία που βρίσκεται στο DNA. Για να συμβούν λοιπόν μεταλλάξεις που θα προκαλέσουν εξέλιξη θα πρέπει να προϋπάρχει το γενετικό υλικό και η πληροφορία. Διότι οι μεταλλάξεις δεν μπορούν να δημιουργήσουν πληροφορία αλλά να τροποποιήσουν κάποια ήδη υπάρχουσα· δεν μπορούν να προσθέσουν πληροφορία αλλά να προκαλέσουν απώλεια πληροφορίας. Αυτό συμβαίνει επειδή οι μεταλλάξεις δρουν κατ’ αναλογία με τα τυπογραφικά λάθη: για να υπάρξουν τυπογραφικά λάθη σε ένα κείμενο θα πρέπει προφανώς να προϋπάρχει το κείμενο. Καλούμαστε λοιπόν προτού ακόμη θεωρήσουμε τις μεταλλάξεις ως μηχανισμό εξέλιξης, να απαντήσουμε στο θεμελιώδες ερώτημα ποιός δημιούργησε το DNA, πάνω στο οποίο αυτές δρουν. Το ερώτημα αυτό είναι μείζων όχι μονό για την κατανόηση της εξέλιξης της ζωής αλλά και για την ίδια τη δημιουργία της.

**Τρόποι παρακολούθησης της Eεξέλιξης:**

Η άμεση παρακολούθηση της εξέλιξης και η καταγραφή του σχηματισμού νέων ειδών φυτών και ζωών ή άλλων οργανισμών παρουσιάζει δυσκολίες, γιατί η εξέλιξη γίνεται με πολύ αργούς ρυθμούς. Οι επιστήμονες λοιπόν είναι αναγκασμένοι να βρίσκουν άλλους τρόπους για να συγκεντρώνουν στοιχειά για τις μεταβολές της ζωής πάνω στη Γη στην πορεία των αιώνων. Από τον καιρό του Δαρβίνου, η ποιο σημαντική μέθοδος ήταν η μελέτη πετρωμάτων και απολιθωμάτων. Περά από τα στοιχειά που μας παρέχουν τα απολιθώματα, οι επιστήμονες σήμερα έχουν στη διάθεση τους κάτι που όταν ο Δαρβίνος, όταν διατύπωνε την θεωρεία του δεν είχε και αυτό είναι ο τεράστιος όγκος πληροφοριών προερχόμενων από τα πλαίσια της ανάπτυξης της γενετικής βιολογίας και οικολογίας. Στις αρχές του 21ου αιώνα, πλέον, αποδείξεις για την εξέλιξη προέρχονται από κάθε τομέα της βιολογίας. Τα στοιχειά που αξιοποιούν οι σημερινοί επιστήμονες οι οποίοι προσπαθούν να καταγράψουν την ιστορία των οργανισμών πάνω στη Γη μπορούμε να τα διακρίνουμε σε δυο ομάδες:

* **Τα απολιθώματα.** Συνήθως μετά το θάνατο ενός ζώου το σώμα του αποσυντίθεται. Υπάρχουν ωστόσο φορές όπου τα οστά που θέλουν περισσότερο χρόνο για να αποσυντεθούν να ακολουθούσουν μια άλλη διαδικασία που ονομάζεται απολίθωση. Για παράδειγμα αν το ζώο καλυφτεί από ιζηματογενή προσχώσεις τότε υπάρχει η δυνατότητα κάποια από τα ανόργανα υλικά της λάσπης αυτής να αντικαταστήσουν τα οστά αφήνοντας ένα σκελετικό αποτύπωμα. Επειδή τα υλικά αυτά δεν φθείρονται εύκολα, παραμένουν αναλλοίωτα για εκατοντάδες, ακόμα και εκατομμύρια χρόνια, δίνοντας τα απολιθώματα. Η μελέτη των απολιθωμάτων μας επιτρέπει να ανακαλύψουμε την εξέλιξη ζώων και φυτών με το πέρασμα του χρόνου. Υπολογίζεται ότι ένα μόνο απολίθωμα έρχεται στο φως ανά 20.000 πάλαια εξαφανισμένα είδη.
* **Οι βιοχημικές αποδείξεις.** Περά από τα απολιθώματα, οι ερευνητές έχουν στη διάθεση τους και αλλά στοιχειά για να μελετήσουν την εξέλιξη των ειδών, όπως είναι κάποια βιοχημικά δεδομένα, Πιο συγκεκριμένα, μέσα από τη μελέτη των πρωτεϊνών μπορεί να διαπιστωθεί αν κάποια είδη βρίσκονται κοντά στην εξέλιξη ή όχι. Υπάρχουν πρωτεΐνες που επιτελούν την ίδια λειτουργιά σε διαφορετικά είδη. Όσο ποιο όμοιες είναι αυτές οι πρωτεΐνες τόσο πιο όμοια είναι η αλληλουχία των αμινοξέων τους, τόσο πιο συγγενικά είναι τα είδη. Συνεπώς έχουν ένα κοινό προγονό ο οποίος έζησε στο πρόσφατο παρελθόντων. Αν όμως οι πρωτεΐνες τους διαφέρουν κατά πολύ σημαίνει πως θα πρέπει να ανατρέξουμε αρκετά πίσω για να αναζητήσουμε τον κοινό τους πρόγονο.

**Κύρια χαρακτηριστικά της Εξελικτικής πορείας:**

* **Η αυξανομένη πολυπλοκότητα**. Αφότου πρωτοαναγνωρίστικαν και χρονολογήθηκαν τα απολιθώματα, παρατηρείται η ίδια προοδευτική πορεία: πρώτα εμφανίζονται απλουστέρα οντά και ακολούθου οργανισμοί όλο και ποιο πολύπλοκοι. Το φαινόμενα αυτό είναι καθολικό και σε γενικές γραμμές δεν παρουσιάζει εξωραΐσεις, δηλαδή με άπλα λόγια δεν γίνεται ένα πτηνό να εξελιχτεί σε ένα ερπετό (δεινόσαυρο).
* **Αύξηση αριθμού νέων ειδών**. Κατά το μεγαλύτερο διάστημα αφότου εμφανίστηκε ζωή στη Γη, ο αριθμός των ειδών τείνει, κατά μέσον όρο, να αυξάνεται λίγο κάθε χρόνο. Κάθε χρόνο εμφανίζονται κάποια νέα είδη και εξαφανίζονται κάποια παλαιά. Αλλά ο αριθμός των νέων ειδών είναι συνήθως λίγο μεγαλύτερος από τον αριθμό των ειδών που εξαφανίζονται. Έτσι, το σύνολο των ειδών σταδιακά αυξάνεται.
* **Οι συνθετικές πρωτόγονες μορφές**.Η εξελικτική ιστορία κάθε ομάδας παρουσιάζει την ίδια πορεία με την ιστορία κάθε ατόμου. Η ομάδα δημιουργείται (γεννιέται), Διαφοροποιείται (αναπτύσσεται), εξαφανίζεται (πεθαίνει). Το φαινόμενο αυτό παρουσιάζει τρεις φάσεις.
* Τη φάση προετοιμασίας:

Φάση κατά την οποία ένα είδος μεταπηδά και διαφοροποιείται από ένα άλλο. Στη φάση αυτή βρίσκεται ευάλωτο και χωρίς προηγμένα και πλήρως προσαρμοσμένα στο περιβάλλον του χαρακτηριστικά, σε μικρούς αριθμούς και περιορισμένο σε ένα μικρό, συγκεκριμένο φυσικό περιβάλλον.

* Τη φάση εξελικτικής κρίσης:

Αντιστοιχεί σε μια προοδευτική διαφοροποίηση , που σημειώνει το απόγειο της ανάπτυξης της ομάδας. Πλούσια σε ποικιλίες τύπων και σε αριθμό ατόμων, η ομάδα τείνει να καταλάβει τους οικότοπους που είναι συμβατοί με τη φυσιολογία της με αποτέλεσμα να εκτείνεται σε μεγάλο γεωγραφικό εύρος.

* Τη φάση γήρανσης:

Οπού χαρακτηρίζεται από διάφορα σημεία όπως την ελάττωση των αριθμών των ατόμων, αύξηση ατομικής μάζας και βραδύτητα της ανάπτυξης και αναπαραγωγή τους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το γένος να πέφτει θύμα της ίδια της πολυπλοκότητας του, κάνοντας το να μην μπορεί να ανταπεξέλθει αρκετά γρήγορα σε απότομες κλιματικές μεταβολές και να μπορεί να προσαρμοστεί σε αυτές. Παρόλα αυτά, μερικά χαρακτηριστικά παραδείγματα του γένους αυτού ενδέχεται να επιβιώσουν και να γίνουν αυτό που λεμέ ζωντανά απολιθώματα, μάρτυρες μιας παλαιάς εξελικτικής διαδικασίας, περιορισμένοι σε ένα πολύ μικρό κομμάτι της Γης.

* **Οι υποκαταστάσεις ειδών.** Ο εξελικτικός κύκλος των κύριων τύπων οργάνωσης προκαλεί την εξαφάνιση σχεδόν κάθε ομάδας και την αντικατάσταση της από μια άλλη. Αυτό οφείλεται στο ότι κατά τη διάρκεια της εξελικτικής δημιουργίας ενός νέου είδους και με βάση το πρώτο χαρακτηριστικό που αναφέρθηκε, λόγο της αυξημένης πολυπλοκότητας σε σχέση με το είδος που διαδοχικέ, το κάνει ποιο ευπροσάρμοστο στις ανάγκες του περιβάλλοντος, με αποτέλεσμα η όποια περίοδος ανταγωνιστικής συνύπαρξης να είναι μειωμένη. Ένα παράδειγμα παρόμοιας περίπτωσης είναι το φαινόμενο υποκατάστασης που παρατηρείται στα φυτά. Όπου η βλάστηση βασιζόμενη σε είδη συγγενικά της φτέρης και μερικών θάμνων αντικαθιστούνται από πυκνά Κωνοφόρα δάση και τα Κυκαδώδη με τα Γκινγοώδη σχεδόν εξαφανίζονται λόγο της εξάπλωσης των Αγγειόσπερμων.

**Οι ρυθμοί Εξέλιξης:**

Οι μεταλλαγές γονιδίων οδηγούν σε εμφάνιση νέων γονίδιων, και είναι η πηγή ποικιλότητας μέσα στους πληθυσμούς. Οι μεταλλαγές γονιδίων είναι τελικά πίσω από τους άλλους μηχανισμούς που παρέχουν την ποικιλότητα. Ο ρυθμός μεταλλαγής ποικίλλει πολύ μεταξύ των ειδών και ακόμη και μεταξύ των γονιδίων ενός ατόμου. Η συχνότητα γενετικών μεταλλάξεων ή της κληρονομούμενης ποικιλότητας δεν καθορίζει και τους ρυθμούς εξέλιξης. Οι τελευταίοι αυτοί εξαρτώνται από την επίδραση που ασκεί σε πληθυσμούς με γενετική ποικιλία η δυναμική ή σταθεροποιητική φυσική επιλογή. Αυτό φαίνεται καθαρά από τη σύγκριση της μέσης εξελικτικής διάρκειας συγγενικών ομάδων, χερσαίων και θαλασσίων ζωών. Η μέση διάρκεια εξέλιξης μιας ομάδας ειδών, εκφρασμένη σε εκατομμύρια χρόνια είναι: 65 για τα θηλαστικά και 270 για τα ψάρια, 180 για έντομα και 410 για τα καρκινοειδή, 100 για τα χερσαία σαλιγκάρια.

Επίσης μια άλλη μέθοδος για τον καθορισμό του ρυθμού εξέλιξης, είναι ο υπολογισμός του αριθμού των γενών που εμφανίστηκαν ανά εκατομμύρια χρόνια. Για παράδειγμα ενώ ο αριθμός των ειδών που υπολογίζεται πως εμφανίστηκαν ανά ένα εκατομμύριο χρόνια, για τα θηλαστικά είναι 30, για τα ψάρια είναι μονό 6. Υπάρχουν δυο λόγοι για τις διαφορές στους ρυθμούς εξέλιξης ανάμεσα στα χερσαία και στα θαλασσιά είδη. Ο πρώτος είναι ότι οι αλλαγές στο θαλάσσιο περιβάλλον σε σχέση με το χερσαίο υπήρξαν πολύ μικρές και αργές, με αποτέλεσμα, αφενός να μην χρειάζεται να γίνονται απαραίτητες προσαρμοστικές τροποποιήσεις και αφετέρου να μην είναι τόσο απότομες και δραματικές στο να συμβάλουν στη δημιουργία ενός νέου είδους. Το δεύτερο είναι ότι τα νερά των ωκεανών είναι συνδεόμενα και με μεταξύ τους ρεύματα κάνοντας έτσι γίνεται ευκολότερη την ανάμειξη γονιδίων μέσα σε ένα είδος, αποθαρρύνοντας την γεωγραφική απομόνωση. Με βάση το φαινόμενο αυτό της χρονολογικής εξέλιξης είναι εύκολο να συμπεράνουμε πως και η κατηγορία ειδών η οποία έχει το μικρότερο χρόνο μετεξέλιξης, είναι και αυτή η οποία παρουσιάζει τη μεγαλύτερη πολυπλοκότητα και κυριαρχεί την περίοδο αυτή. Ο ρυθμός εξέλιξης επισκιάζεται επίσης και από οικολογικά πλεονεκτικά περιθώρια εκμετάλλευσης και από τη θέση που το ζώο κατέχει στη τροφική αλυσίδα.

**Εξελικτικοί Μηχανισμοί και Διαδικασίες:**

Τίποτε δεν δημιουργείται αυτόματα και από μόνο του, αλλά μέσα από μια πορεία διαδοχικών αλλαγών προσαρμογής. Όλες οι αλλαγές των οργανισμών οφείλονται στη γενετική τους ποικιλότητα, τις μικρές γονιδιακές διαφορές που έχει κάθε άτομο μέσα σε ένα πληθυσμό. Χωρίς γενετική ποικιλότητα μερικοί από τους βασικούς μηχανισμούς της εξελικτικής αλλαγής δεν μπορούν να λειτουργήσουν Οι κληρονομούμενες διαφοροποιήσεις θα είναι περισσότερο κοινές ή σπάνιες σε ένα πληθυσμό, γεγονός που εξαρτάται από πολλούς μηχανισμούς. Ένας από τους κυριότερους περιλαμβάνει τη φυσική επιλογή, μια διαδικασία σύμφωνα με την οποία οι οργανισμοί με ιδιότητες που οδηγούν σε μεγαλύτερη προσαρμοστικότητα αφήνουν περισσότερους απογόνους, συνεπώς οι ιδιότητες αυτές θα είναι περισσότερο κοινές. Έκτος από τη φυσική επιλογή, για την οποία έκανε λόγο ο Κάρολος Δαρβίνος κατά το 190 αιώνα, υπάρχουν και άλλοι εξελικτικοί μηχανισμοί που λειτουργούν σε μικρότερη κλίμακα. Πολυάριθμες διαδικασίες, όπως οι μεταλλαγές ή μεταλλάξεις, η γονιδιακή ροή ή μεταναστεύσεις με μεταφορά γονιδίων ανάμεσα στους πληθυσμούς, και ο γενετικός συνδυασμός, συμβάλλουν σε γενετικές αλλαγές και παρέχουν την παρατηρούμενη φαινοτυπική ποικιλότητα. Σημαντικό ρόλο διαδραματίζει επιπλέον η διαδικασία της γενετικής παρέκκλισης, δηλαδή της τυχαίας αλλαγής των γονιδιακών συχνοτήτων από μια γενιά στην επόμενη. Προκειμένου οι μηχανισμοί αυτοί να δράσουν και να έχουν αποτέλεσμα, είναι απαραίτητο να προηγηθούν γενετικές διαφοροποιήσεις-τροποποιήσεις, δηλαδή, στην αναλόγια των γονίδιων (αλληλόμορφων) στον πληθυσμό ενός ορισμένου τύπου, με το πέρασμα του χρόνου. Αυτές οι γενετικές διαφοροποιήσεις μπορούν να μεταβιβαστούν στις επόμενες γενιές μέσω μιας εδώ και καιρό παρατηρούμενης διαδικασίας της κληρονομικότητας, συμβάλλοντας με αυτόν τον τρόπο στην εξελικτική διαδικασία. Οι κανόνες της κληρονομικότητας περιγράφονται αναλυτικά και αποδίδονται στον πατερά της γενετικής Γκρέγκορ Μέντελ τον Αυστριακό μοναχό που διατύπωσε τους δυο Μεντελικούς νονούς της κληρονομικότητας.

Στην περίπτωση ενός περίπλοκου σχεδίου όπως ένας πολυκύτταρος οργανισμός υπάρχουν πάντα περισσότεροι τρόποι για να αλλάξει η ομαλή δημιουργία του προς το χειρότερο, πάρα να βελτιωθεί. Όμως με τον καιρό όσες σημαντικές μεταλλαγές γίνονται σε ένα είδος και είναι τόσο σημαντικές ώστε δίχως αυτές δεν είναι δυνατόν να ζήσει, τότε αυτές ανατάσσονται σε μια διαδικασία πριν της γέννηση όπου όσα λάθος εκφρασμένα γονίδια εμφανιστούν στα αναπαραγωγικά κύτταρα, αμέσως αποτρέπονται στο να φτάσουν στο στάδιο δημιουργίας ενός νέου οργανισμού. Έτσι τεχνουργήματα όπως η καρδιά και το μάτι διασφαλίζονται αρκετά καλά ώστε να μην αλλοιώνονται και αυτά με το πέρασμα των χρόνων. Όσα τώρα χαρακτηριστικά δεν υποκύπτουν στην περίπτωση αυτή πέφτουν στη σφαίρα επιρροής της φυσικής επιλογής και από αυτήν κρίνεται, αν είναι ευνοϊκά, να μεταβιβαστούν στην άλλη γενιά, αν όχι απλά εξαλείφονται με το θάνατο του φορέα τους.

**Μεταλλάξεις-Μεταλλαγές:**

Για να γίνουν οι παρακάτω μηχανισμοί θα πρέπει να γίνει μια αναφορά σε ένα πολύ καθοριστικό τομέα της εξέλιξης, ο οποίος με τον ένα ή με τον άλλο τρόπο λαμβάνει μέρος σε κάθε μια από αυτές. Οι μεταλλάξεις αποτελούν μέρος της σύγχρονης εξελικτικής θεωρίας. Ο Δαρβίνος μπόρεσε να αναλύσει το φαινόμενο της φυσικής επιλογής αλλά δεν μπόρεσε πότε στη ζωή του να εξηγήσει που οφείλεται η κληρονομικότητα. Οι μεταλλάξεις είναι το κομμάτι που συμπληρώνει το πάζλ και αποτελεί τη σημαντικότερη προϋπόθεση για τη φυσική επιλογή. Ο μηχανισμός των μεταλλάξεων οφείλεται στη πειραματικά αποδεδειγμένη παραδοχή ότι η διαδικασία της αντιγραφής όπως προαναφέραμε ενδέχεται να μην είναι πάντα τέλεια. Στη Βιολογία με τον όρο μετάλλαξη ή μεταλλαγή, χαρακτηρίζεται οποιαδήποτε μεταβολή που μπορεί να συμβεί στο γενετικό υλικό ενός οργανισμού, λόγο σφάλματος κατά τη διάρκεια αντιγραφής ή μείωσης του DNA. Στους πολυκύτταρους ευκαρυωτικούς οργανισμούς, αν η μεταβολή προσβάλλει κύτταρα γαμετών, χαρακτηρίζεται και καλείται μετάλλαξη γαμετοκυττάρων και μπορεί να κληρονομηθεί. Τότε ο απόγονος που έρχεται στη ζωή φέρει ένα αλλοιωμένο γονίδιο, που δεν το διέθετε κανένας από τους δυο γονείς. Αντίθετα, αν προσβληθούν σωματικά κύτταρα (μη φυλετικά), η μεταλλαγή αυτή ονομάζεται σωματική μεταλλαγή η οποία δεν κληρονομείται στον απόγονο . Μετάλλαξη μπορεί επίσης να προσβάλλει τον αριθμό των χρωμοσωμάτων, οπότε και παρατηρείται η χρωμοσωμική μετάλλαξη. Έκτος από το να σκεφτόμαστε την εξέλιξη ως σειρά αλλαγών στην εξωτερική εμφάνιση των ειδών, μπορούμε να τη δούμε και ως σειρά αλλαγών στη συχνότητα εμφάνισης των γονίδιων.

Η γενετική πληροφορία κωδικοποιείται με ένα χημικό μόριο το οποίο λέγεται DNA. Αποτελείται από τέσσερις διαφορετικές βάσεις, οι οποίες μπορούν να συνδυάζονται μεταξύ τους σε οποιουσδήποτε συνδυασμούς. Σε γενικές γραμμές περίπου 1000 τέτοιες βάσεις φτιάχνουν ένα γονίδιο. Τα δε γονίδια όταν μεταφράζονται μέσα στα κύτταρα φτιάχνουν τις πρωτεΐνες. Ο τρόπος που μεταφράζεται ένα γενετικό μήνυμα είναι ακριβώς ο ίδιος από τα βακτήρια μέχρι τον άνθρωπο. Όταν οι βάσεις αυτές πάθουν κάποια ζημιά, είτε τυχαία από αποτυχία αποκατάστασης γονιδιακής βλάβης κατά τη, αντιγραφή του DNA, είτε από εξωγενείς παράγοντες, (π.χ. χημικές ουσίες, ακτινοβολίες), τότε δημιουργείται μια μεταλλαγή. Ο πολυμορφισμός πρωτεϊνών στην αρχή επέτρεπε τις συγκρίσεις μεταξύ των ειδών και πληθυσμών. Αργότερα, διάφορες ανοσολογικές μέθοδοι καθώς και οι συγκρίσεις πρωτεϊνικών μορίων που κάνουν την ίδια λειτουργία σε πολλούς και διαφορετικούς οργανισμούς επέτρεπαν την παρακολούθηση της πορείας εξέλιξης των συγκεκριμένων μορίων. Μέσω εξελιγμένων βιολογικών τεχνικών, οι επιστήμονες μπορούν να παρακολουθήσουν την εξέλιξη των ειδών και να διαπιστώσουν πότε έλαβαν χώρα τυχών μεταλλάξεις ή διαφοροποιήσεις. Η ανάλυση του είδους χρησιμοποιείται για την ανασύσταση του γενεαλογικού δέντρου των ζώων. Οι μεταλλαγές γονιδίων παρέχουν τα νέα αλληλόμορφα γονίδια, κάνοντας αυτές τις μεταλλαγές την τελευταία πηγή ποικιλότητας.

Οι μεταλλάξεις συμβαίνουν με τυχαίο τρόπο, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν υπόκεινται στην επίδραση του περιβάλλοντος. Αν δεν υπήρχε μετάλλαξη, δεν θα υπήρχε εξέλιξη και φυσική επιλογή. Όλοι οι οργανισμοί θα ήταν πίστα αντίγραφα των γονιών τους και τα είδη θα ήταν σταθερά και αμετάβλητα. Μόνο χάρη στα περιστασιακά «λάθη» τα είδη μπορούν να αλλάζουν με το πέρασμα του χρόνου και να προσαρμόζονται στο μεταβαλλόμενο περιβάλλον. Ειδικότερα, είναι τυχαίες με την έννοια ότι η πιθανότητα να εμφανιστεί μια μεταλλαγή δε σχετίζεται με το βαθμό χρησιμότητάς που θα είχε. Ανάλογα με τη σημασία τους στην εξέλιξη, διακρίνονται σε ευνοϊκές, επιβλαβείς ή ουδέτερες. Εάν μια μεταλλαγή είναι καλή, ουδέτερη, ή επιβλαβής εξαρτάται από τον τρόπο με τον οποίο επηρεάζει την επιβίωση και την αναπαραγωγική επιτυχία. Οι ευνοϊκές μεταλλάξεις στο γονότυπο ενός οργανισμού είναι σπανιότερες και συνεπάγονται στη φυσική επιλογή. Συχνότερες είναι οι ουδέτερες, οι οποίες δεν επηρεάζουν τον φαινότυπο. Αν όλες οι μεταλλάξεις ήταν ουδέτερες, η φυσική επιλογή θα ήταν αδύνατη, αλλά όχι όμως και η εξέλιξη. Γονίδια που δεν επηρεάζουν την ικανότητα του οργανισμού να επιβιώσει και να αναπαράγεται θα μπορούσαν να εμφανίζονται λιγότερο ή περισσότερο στον πληθυσμό, ως απόρροια τυχαίων παραγόντων που όμως δεν έχουν άμεσα εμφανή αποτελέσματα σε κάθε γενιά ξεχωριστά. Οι επιβλαβείς μεταλλάξεις εξαλείφονται με το πέρασμα του χρόνου (λόγο όπως προαναφέραμε στη ισορροπητική δράση της φυσικής επιλογής), μπορούν όμως να επιζήσουν αν είναι υπολειπόμενες. Μεταλλαγές που προκαλούν το θάνατο ενός οργανισμού καλούνται θνησιγόνες. Από το γεγονός, της ύπαρξης τυχαίας παρέκκλισης, προκύπτει το συμπέρασμα πως η φυσική επιλογή δεν είναι η μονή κινητήρια δύναμη της εξέλιξης. Η συχνότητα των γονίδιων μπορεί να αλλάξει και για λογούς άλλους από τις επιπτώσεις που έχουν στην επιβίωση και την αναπαραγωγή.

1. **Φυσική Επιλογή:**

Πολλοί είναι αυτοί, όπως οι Δαρβινιστές, οι οποίοι υποστηρίζουν πως η φυσική επιλογή παίζει κυρίαρχο ρολό στο σκηνικό της εξέλιξης, άλλοι θεωρούν πως αποτελεί απλά ένα κομμάτι του πάζλ αυτής της πολύπλευρης διαδικασίας. Η έννοια της φυσικής επιλογής πρωτοσυλήφθηκε και διατυπώθηκε επίσημα το 1858 από το σπουδαίο μυαλό του Κάρολου Δαρβίνου. Μετά το διάβασμα μιας εργασίας του Thomas Malthus σχετικά με το γεγονός ότι οι ανθρώπινοι πληθυσμοί αυξάνονται πιο γρήγορα από ότι οι διαθέσιμες πηγές τροφής, ο Δαρβίνος αναγνώρισε τη σχέση μεταξύ της φυσικής επιλογής και της ικανότητας των πληθυσμών να υπεραναπαράγονται. Η βάση με την οποία αυτός ο μηχανισμός λειτούργει, τόσο στη φύση όσο και στα σύγχρονα καπιταλιστικά συστήματα είναι πως ο καλύτερα προετοιμασμένος και έξυπνος υπερτερεί των άλλων, δηλαδή στη φράση «ο καλύτερα προικισμένος νικά» . Στηρίζεται στην παρατήρηση πως ορισμένες διαφορές μεταξύ των ατόμων σε έναν πληθυσμό είναι κληρονομήσιμες. Έτσι, η θεωρία του Δαρβίνου προσέφερε μια απλή αλλά πειστική εξήγηση για την ποικιλία των ειδών στη Γη. Πολύ σημαντικό είναι πως ο ρυθμός εξέλιξης μέσω της φυσικής επιλογής εξαρτάται άμεσα από το μέγεθος του πληθυσμού ενός είδους και με το χρόνο που διαρκεί κάθε γενεά για να αναπαραχθεί.

Η φυσική επιλογή με βάση τις νεοδαρβινιστικές απόψεις ορίζει πως τα άτομα που επιβιώνουν έχουν κληρονομήσιμους χαρακτήρες που αυξάνουν την πιθανότητα επιβίωσης, τους όποιους και μεταβιβάζουν στους απογόνους τους αυξάνοντας τη συχνότητα επανεμφάνισης τους. Είναι δηλαδή, η διαδικασία εξέλιξης των ειδών μέσω της οποίας οι οργανισμοί που είναι καλύτερα προσαρμοσμένοι στο περιβάλλον αφήνουν περισσότερους απογόνους από εκείνους που είναι λιγότερο προσαρμοσμένοι. Δηλαδή, τα ευνοϊκά για την επιβίωση χαρακτηριστικά μεταβιβάζονται στην επόμενη γενιά με μεγαλύτερη συχνότητα από τα λιγότερο ευνοϊκά, καθώς οι φορείς τους επιβιώνουν και αφήνουν μεγαλύτερο αριθμό απογόνων από τους φορείς των λιγότερο ευνοϊκών χαρακτηριστικών. Έτσι, με την πάροδο του χρόνου, η συσσώρευση όλο και περισσότερων ευνοϊκών χαρακτηριστικών σε έναν πληθυσμό μπορεί να οδηγήσει στην εμφάνιση ενός νέου είδους και στη διαμόρφωση πολύπλοκων οργάνων. Επειδή διαφορετικές περιοχές έχουν διαφορετικές συνθήκες άρα και διαφορετικές ευκαιρίες επιβίωσης, διαφορετικοί οργανισμοί επιλέγονται από τη φυσική επιλογή ως οι πιο προσαρμοσμένοι στο συγκεκριμένο περιβάλλον. Πρέπει επίσης να τονιστεί ότι η δράση της φυσικής επιλογής είναι τοπικά και χρονικά προσδιορισμένη. Τα άτομα δεν εξελίσσονται. Οι πληθυσμοί εξελίσσονται. Συνεπώς ο πληθυσμός αντιπροσωπεύει τη μικρότερη δυνατή μονάδα που μπορεί να εξελιχθεί. Ακόμα, η φυσική επιλογή δουλεύει μόνο σε κληρονομικά χαρακτηριστικά. Τα επίκτητα χαρακτηριστικά δεν είναι κληρονομήσιμα και δεν υπόκεινται στη φυσική επιλογή. Η διαδικασία της αναπαραγωγής δεν είναι τέλεια, αντιθέτως τα σφάλματα που γίνονται κατά την αντιγραφή επηρεάζουν έντονα την ικανότητα του απογόνου να επιβιώσει και να αναπαραχθεί. Στην ουσία, γενετικές «ατέλειες» αποτελούν το υλικό με το οποίο η φυσική επιλογή «πλάθει» νέες μορφές ζωής. Εν τέλει, η φυσική επιλογή είναι ένας απλός μηχανισμός, όπως π.χ. η βαρύτητα, δεν μπορεί να προβλέψει ούτε να υπακούσει σε σκοπιμότητες, οραματισμούς ή ηθικές επιταγές. Η φυσική επιλογή πραγματοποιεί θαυμαστά πράγματα αλλά δεν τα προγραμματίζει. Συμπεριφορές που έχουν γενετικές συνιστώσες υπόκεινται στη φυσική επιλογή. Η συμπεριφορά διάφορων οργανισμών μπορεί επίσης να διαμορφωθεί από τη φυσική επιλογή.

Μερικές φορές είναι δύσκολο να ξέρουμε αν κάποιο χαρακτηριστικό είναι μια προσαρμογή σχεδιασμένη από τη φυσική επιλογή, ή απλώς είναι ένα δευτερογενές παράγωγο. Σε κάθε οργανισμό υπάρχουν χαρακτηριστικά που είναι υποπροϊόντα άλλων προσαρμογών. Στη σωστή απάντηση, για το αν κάποιο χαρακτηριστικό αποτελεί εξελικτική προσαρμογή ή δευτερογενές παράγωγο, μπορούμε να οδηγηθούμε χρησιμοποιώντας το κριτήριο της προσαρμοστικής πρόβλεψης. Η προσαρμοστική πρόβλεψη λειτούργει ως έξης. Αν υπάρχει μια θεωρία σχετικά με το πώς το εν λόγω χαρακτηριστικό βοηθά τους φορείς του να επιβιώσουν ή να αναχαραχτούν, και αυτή η θεωρία ταιριάζει με τα αποδεικτικά στοιχειά, ενισχύεται η άποψη ότι το χαρακτηριστικό είναι εξελικτική προσαρμογή που πρόεκυψε από την (συσωρευτική) διαδικασία της φυσικής επιλογής. Για παράδειγμα το λευκό χρώμα των οστών είναι απλώς τυχαίο συμπέρασμα του ότι τα οστά είναι φτιαγμένα από ασβέστιο. Η χρήση όμως του ασβεστίου για να φτιαχτούν τα οστά συνιστά εξελικτική προσαρμογή, αφού πρόκειται για υλικό σκληρό και ελαφρύ ταυτόχρονα, το όποιο βοήθησε τόσο τους οργανισμούς να κινούνται με ευκολία, όσο και να μπορούν να αναπαράγονται καλύτερα.

Επειδή η φυσική επιλογή μπορεί να δημιουργήσει καταπληκτικές προσαρμογές, είναι δελεαστικό να θεωρηθεί ως μία παντοδύναμη ισχύ, που ωθεί τους οργανισμούς προς τα επάνω, ωθώντας συνεχώς στην κατεύθυνση της προόδου. Κατ' αρχάς, η φυσική επιλογή δεν είναι παντοδύναμη, δεν παράγει την τελειότητα. Εάν τα γονίδιά σας είναι «αρκετά καλά», θα πάρετε κάποιο απόγονο στην επόμενη γενεά, δεν είναι απαραίτητο να είστε τέλειοι. Αυτό πρέπει να γίνει αρκετά σαφές ακριβώς εξετάζοντας τους πληθυσμούς γύρω μας: οι άνθρωποι μπορούν να έχουν γονίδια για γενετικές ασθένειες, τα φυτά μπορεί να μην έχουν γονίδια για να επιζήσουν μιας ξηρασίας, ένα αρπακτικό ζώο μπορεί να μην είναι αρκετά γρήγορο για να πιάσει το θήραμά του κάθε φορά που είναι πεινασμένο. Κανένας πληθυσμός ή οργανισμός δεν προσαρμόζεται τέλεια. ∆εύτερον, είναι ακριβέστερο να σκεφτείτε τη φυσική επιλογή ως μία διαδικασία παρά ως ένα χέρι καθοδήγησης. Η φυσική επιλογή είναι το απλό αποτέλεσμα της ποικιλότητας, της διαφοροποιημένης αναπαραγωγής, και της κληρονομικότητας, είναι απρόσεκτη και μηχανιστική. ∆εν έχει κανέναν στόχο. ∆εν προσπαθεί να παράγει «την πρόοδο» ή ένα ισορροπημένο οικοσύστημα.

**Παράδειγμα:**

Ένα πολύ γνωστό παράδειγμα δράσης της φυσικής επιλογής είναι η ιστορία ενός πληθυσμού νυχτοπεταλούδων-σκόρων, που θα μας βοηθήσει να κατανοήσουμε πως αυτή δρα στους οργανισμούς. Το παράδειγμα είναι αυτό του σκόρου γεωμέτρη (Biston betularia), ενός εντόμου που είναι πολύ διαδεδομένο στην Αγγλία και στη Σκωτία. Ο σκόρος αυτός συναντιέται σε δύο παραλλαγές που διαφέρουν ως προς το χρωματισμό τους. Η μία είναι ανοιχτόχρωμη και φέρει σκούρες κηλίδες στις πτέρυγές της, ενώ η άλλη είναι εξ ολοκλήρου μαύρη. Οι σκόροι δημιουργούν αντίγραφα τους, δηλαδή αποκτούν απόγονους που μοιάζουν με τους γονείς τους. Όμως κατά τη διαδικασία αναπαραγωγής νέων σκόρων δημιουργούνται κάποια γενετικά «λάθη» παρακλήσεις, με αποτέλεσμα οι απόγονοι αυτοί να έχουν μικρές διάφορες με τους γονείς τους. Οι μικρές αυτές διάφορες μεταξύ των απογόνων επηρεάζουν τις πιθανότητες να αναπαραχθούν αποτελεσματικά οι ίδιοι.

« Μια φόρα και έναν καιρό, πριν από τη Βιομηχανική Επανάσταση υπήρχε ένας πληθυσμός από σκόρους που ζούσε σε ένα δάσος της Αγγλίας. Πολυπληθέστεροι ήταν οι γκρίζοι σκόροι, ενώ οι μαύροι ήταν ελάχιστοι. Οι σκόροι αυτοί αναπαύονταν στα κλαδιά των δέντρων, που το χρώμα τους ήταν φυσικό ανοιχτό (ο σκόρος αυτός τρέφεται τη νύχτα και αναπαύεται την ημέρα). Το ανοιχτό γκρίζο χρώμα που επίσης διέθεταν οι σκόροι τους καμουφλάριζε όταν κάθονταν στα κλαδιά, με αποτέλεσμα οι θηρευτές τους, τα εντομοφάγα πούλια δεν μπορούσαν να τους διακρίνουν εύκολα . Οι σκόροι είναι λοιπόν ικανοί να ζήσουν, να επιβιώσουν αρκετό καιρό σπέρνοντας πολλούς απογόνους και μεταβιβάζοντας το γονίδιο του γκρίζου χρώματος σε αυτούς. Αντίθετα, όσοι ταυτόχρονα μαύροι σκόροι τύχαινε να γεννιούνται τρώγονταν αμέσως από τα πούλια μην προλαβαίνοντας να επιβιώσουν και να αφήσουν τους δικούς τους απογόνους.

Μια μέρα όμως ένας μεγαλοβιομήχανος έκτισε το εργοστάσιο του κοντά στο δάσος. Έτσι, κατά τη διάρκεια της Βιομηχανικής Επανάστασης τα πράγματα άλλαξαν ριζικά. Το περιβάλλον γύρω άλλαξε, τα κλαδιά των δέντρων έγιναν έντονα γκρίζα και μαύρα εξαιτίας της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Εδώ πλέον οι ρόλοι αντιστραφήκαν. Οι ανοιχτόχρωμοι- λευκοί σκόροι δεν μπορούσαν πια να κρυφτούν όταν κάθονταν στα κλαδιά και τα πούλια εύκολα τους εντόπισαν στο σκούρο γκρίζο φόντο και τους άρπαζαν. Ο συνολικός πληθυσμός των σκόρων άρχισε να συρρικνώνεται, καθώς ολοένα και περισσότεροι σκόροι καταβροχθίζονταν, άρα οι απόγονοι τους, αν προλάβαιναν να κάνουν καθόλου, δεν ζούσαν για πολύ. Τα πράγματα έμοιαζαν σαν να είχε έρθει το τέλος των σκόρων στο δάσος. Όμως αν και οι περισσότεροι απόγονοι τους ήταν ανοιχτόχρωμοι σαν τους γονείς τους, η αναπαραγωγή τους πότε δεν ήταν τέλεια. Που και που γεννιόταν ένας σκόρος με διαφορετικό χρώμα, (φυσικά δεν ήταν σκόρος όταν γεννιόταν αλλά προνύμφη, αργότερα μεταμορφωνόταν σε σκόρος). Κάποια από αυτά τα χρώματα έκαναν τους σκόρους ακόμα πιο ευδιάκριτους στο γκρίζο φόντο και τους έτρωγαν αμέσως τα πούλια πριν προλάβουν να αναχαραχτούν καν.

Στο κρίσιμο σημείο αυτό οι άλλοτε υποτιμημένοι μαύροι σκόροι έρχονται σε μια τόσο δύσκολη κατάσταση να πάρουν τον ρόλο του διασώστη του είδους. Μια μέρα όμως γεννήθηκε ένας μαύρος σκόρος. Αυτός μπορούσε πλέον να καμουφλάρεται καλύτερα από τους υπολοίπους πάνω στα σκούρα γκρίζα κλαδιά, με αποτέλεσμα τα πούλια να μην μπορούν να τον εντοπίσουν τόσο εύκολα. Έτσι, οι σκόροι αυτοί έζησαν μέχρι τα βαθιά γεράματα, σε αντίθεση με τα ανοιχτόχρωμα ξαδέλφια τους και απέκτησαν πολλούς απόγονους με αποτέλεσμα ο πληθυσμός των σκόρων που είχαν μαύρο χρώμα ανέκαμψε. Οι περισσότεροι από αυτούς τους απόγονους κληρονομήσαν το γκρίζο χρώμα στους δικούς τους. Το προσαρμοστικό πλεονέκτημα το είχαν πλέον οι μαύροι σκόροι των όποιων ο πληθυσμός ανέκαμψε. Βαθμιαία αυτοί άρχισαν να επικρατούν αριθμητικά, καθώς επιβίωναν περισσότερο και μεταβίβαζαν με μεγαλύτερη συχνότητα το χρωματισμό τους στις επόμενες γενιές από τους ανοιχτόχρωμους. Έπειτα από μερικές γενιές, όλοι σχεδόν οι σκόροι σε αυτό το δάσος ήταν μαύροι, έτσι ώστε στις αρχές του 20ού αιώνα να αποτελούν αυτοί τη μοναδική σχεδόν παραλλαγή σκόρου σε πολλές βιομηχανικές περιοχές. » **Ο πληθυσμός είχε εξελιχτεί μέσω της φυσικής επιλογής**, Αυτή η ιστορία, αφενός μας δείχνει το ποσό σημαντική είναι η φυσική επιλογή ως διάτρητη, αλλά ως και διαμορφωτή νέων ειδών και αφετέρου, υποδύεται το πώς η φυσική επιλογή συμβάλει στην διατήρηση της ισορροπίας στη φύση.

Η ιστορία αυτή όμως είναι αληθινή. Ο πρώτος σκουρόχρωμος σκόρος παρατηρήθηκε το 1848 κοντά στο Μάντσεστερ. Έπειτα από έναν αιώνα, οι σκουρόχρωμοι σκόροι αντιστοιχούσαν στο 90% του πληθυσμού στις μολυσμένες περιοχές. Στις μη μολυσμένες περιοχές παρέμεναν αρκετά κοινοί οι ανοιχτόχρωμοι σκόροι. Συνεπώς δεν υπάρχουν μονό έγκυρα θεωρητικά επιχειρήματα υπέρ της φυσικής επιλογής αλλά και απτά στοιχειά. Πρέπει όμως στο σημείο αυτό να γίνει μια επισήμανση προκειμένου να αποφευχθούν πιθανές παρανοήσεις για το μηχανισμό με τον οποίο προχωρεί η εξέλιξη. Οι σκόροι δεν ανταποκρίθηκαν στη μεταβολή του περιβάλλοντος (μαύρισμα των κορμών των δέντρων) αναπτύσσοντας ένα γνώρισμα που δεν υπήρχε προηγουμένως (όπως θα μπορούσε να ισχυριστεί ένας οπαδός της θεωρίας του Λαμάρκ), καθώς η μαύρη παραλλαγή τους προϋπήρχε της Βιομηχανικής Επανάστασης. Απλώς η φυσική επιλογή έδρασε ευνοώντας από τα υπάρχοντα κληρονομήσιμα χαρακτηριστικά εκείνο που προσέδιδε μεγαλύτερες πιθανότητες επιβίωσης στο φορέα του (ανοιχτός χρωματισμός όταν οι κορμοί ήταν ανοιχτόχρωμοι, μαύρος χρωματισμός όταν οι κορμοί έγιναν σκούροι).

1. **Φυλετική επιλογή:**

Η φυσική επιλογή όσο διευκρινιστική και αν είναι είναι δύσκολο να εξηγήσει που οφείλονται μερικά παράξενα χαρακτηριστικά που διαθέτουν οι οργανισμοί όπως τα φτερά του παγωνιού, που καθαρά δεν παίζουν ρολό επιβίωσης και μάλιστα πολλές φορές την επιβαρύνουν. Όλη αυτή η φαντασμαγορικότητα των ειδών οφείλεται σε έναν παρόμοιο μηχανισμό με αυτόν της φυσικής επιλογής, που λέγεται φυλετική επιλογή. Όπως είναι γνωστό, για να επιτευχτεί η εξέλιξη χρειάζονται δυο πράγματα να εξασφαλιστούν, το ένα είναι η επιβίωση και το άλλο η αναπαραγωγή. Δίχως αναπαραγωγή μπορεί ένα ον να επιβιώσει αλλά δεν θα μπορεί να δώσει απογόνους και να συμβάλει στη διαιώνιση του είδους. Όταν μια επιλογή εξυπηρετεί τις ανάγκες αναπαραγωγής ενός οργανισμού (το φλερτ) οι βιολόγοι λένε ότι προέκυψε μέσω της φυλετικής επιλογής. Η φυλετική επιλογή είναι μια «ειδική περίπτωση» φυσικής επιλογής και δρα μόνο σε εξελιγμένα είδη που διασταυρώνονται αμφιγονικά. Επενεργεί στη δυνατότητα ενός οργανισμού να αποκτήσει (συχνά με οποιοδήποτε μέσο είναι απαραίτητο) ή να ζευγαρώσει επιτυχώς με έναν σύντροφο. Η φυλετική επιλογή μπορεί να οδηγήσει σε δυο βασικούς τύπους προσαρμογής. Ο ένας είναι η προσαρμογή «για ερωτοτροπία», όπως στην περίπτωση της ουράς του παγονιού. Αυτές οι προσαρμογές βοηθούν τα ζώα να προσελκύσουν το άλλο φύλο. Όμως, το να προσελκύει κανείς συντρόφους δεν είναι μόνο θέμα επιλογής. Μπορεί να συνδέεται και με την εξουδετέρωση των ανταγωνισμών όπως τα κέρατα στην περίπτωση των ελαφιών. Και τα δυο είδη προσαρμογής που βασίζονται στην φυλετική επιλογή απαντούν κυρίως στα αρσενικά. Άρα πολλές φορές οι περίεργες διαφορές που παρατηρούνται μεταξύ των δυο φυλών οφείλονται καθαρά στη δράση της φυλετικής επιλογής. Επισημαίνοντας, τα χαρακτηριστικά που κάνει τα αρσενικά ενός είδους να διαφέρουν από τα θηλυκά οφείλονται σε γονίδια που βρίσκονται αποθηκευμένα στο χρωμόσωμα Y. Η φυλετική επιλογή είναι τόσο ισχυρή που συχνά δημιουργεί χαρακτηριστικά γνωρίσματα επιβλαβή για την επιβίωση του ατόμου και μπορεί πολλές φορές να οδηγήσει σε μια διεργασία που είναι γνωστή ως «ανεξέλεγκτη». Αν, αντί να προτιμούν ουρές ενός συγκεκριμένου μεγέθους, τα θηλυκά παγόνια απλώς προτιμούν τις μεγαλύτερες που υπάρχουν, οι ουρές θα μεγαλώνουν ολοένα και περισσότερο από γενιά σε γενιά. Αργά η γρήγορα το πλεονέκτημα προσέλκυσης πολλών θηλυκών μετατρέπεται σε μειονέκτημα επιβίωσης καθιστώντας τες μη βιώσιμες. Συνεπώς, αν και η φυλετική επιλογή οφείλεται σε όλες αυτές τις θαυμαστές επιδείξεις, η φυσική επιλογή δεν μπορεί να την αφήσει ανεξέλεγκτη, καθώς οι οργανισμοί αναπτύσσουν χαρακτηριστικά που ευνοούν την αναπαραγωγή σε βαθμό που όμως επιτρέπεται η επιβίωση του ατόμου και η βιωσιμότητα του είδους από τις συνθήκες του περιβάλλοντος.

1. **Κατευθυνόμενη επιλογή:**

Η φυλετική επιλογή δεν είναι η μόνη αιτία της ανεξέλεγκτης εξέλιξης. Κάτι ανάλογο μπορεί να συμβεί όταν δυο είδη εμπλακούν σε έναν «εξοπλιστικό ανταγωνισμό». Για παράδειγμα τα είδη τα οποία το ένα είναι η αγαπημένη τροφή του άλλου. Αν το είδος θηρευτής έχει πολύ κοφτερά δόντια, τότε το είδος θήραμα θα εξελιχτεί για να αναπτύξει παχύτερο δέρμα ή σκληρότερο κέλυφος και το αντίστροφο. Αυτή η διαδικασία συνεχούς ανταγωνισμού για το ποιος είναι καλύτερα εξοπλισμένος θεωρητικά μπορεί να συνεχιστεί για πάντα, όμως και πάλι περιορίζεται σε βαθμό που το επιτρέπει η επιβίωση των οργανισμών αυτών στο περιβάλλον τους. Αν για παράδειγμα ένα είδος θηρευτή εξελίξει πολύ μεγάλα δόντια κάποια στιγμή αυτά λόγο του όγκου τους και του βάρους τους προσδίδουν πολλές πρακτικές δυσκολίες επιβίωσης όπως το μάσημα ή και ακόμα το ζευγάρωμα. Ο ανταγωνισμός των εξοπλισμών είναι ένα είδος συνεξέλιξης. Δηλαδή της παράλληλης εξέλιξης δυο ειδών με τις αλλαγές στο ένα να οδηγούν αλλαγές στο άλλο και το αντίστροφο. Η συνεξέλιξη δεν είναι απαραίτητα ανταγωνιστική αλλά και συμβιωτική όπως τα βακτήρια που ζουν στο πεπτικό μας σύστημα.

1. **Τεχνίτη επιλογή:**

Πολύ πριν από τον ∆αρβίνο και τον Wallace, κατά τη διάρκεια δεκαετιών, οι αγρότες και οι κτηνοτρόφοι χρησιμοποιούσαν την ιδέα της επιλογής για να προκαλέσουν σημαντικές αλλαγές στα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των φυτών και των ζώων τους. Η "τεχνητή επιλογή" όπως και η "φυσική επιλογή" μεταβάλλει τη γενετική δομή του πληθυσμού. Αν και πολλές φορές η δράση της φυσικής επιλογής είναι όμοια με τη δράση της τεχνητής επιλογής, η τεχνητή επιλογή εστιάζεται κυρίως σε ένα χαρακτήρα και όχι στο σύνολο της προσαρμογής. Επιπλέον καθοριστικό ρόλο για την επιβίωση του οργανισμού δεν παίζει η περιβαλλοντική προσαρμοστικότητα, αλλά ο ανθρώπινος παράγοντας, επειδή οι άνθρωποι (αντί της φύσης) επιλέγουν ποιοί οργανισμοί θα αναπαραχθούν Αν σε έναν πληθυσμό ορισμένα άτομα επιλεγούν για να χρησιμοποιηθούν ως γονείς της επομένης γενεάς, τότε έχουμε τεχνητή επιλογή. Εκεί οι άνθρωποι επιλεκτικά διασταυρώνουν οργανισμούς με επιθυμητά χαρακτηριστικά. Η τεχνητή επιλογή εφαρμόζεται από χιλιάδες χρόνια σε ορισμένους χαρακτήρες, όπως π.χ. στην εξημέρωση ζώων και φυτών.

1. **Γενετική Παρέκκλιση:**

Η γενετική παρέκκλιση -μαζί με τη φυσική επιλογή, τη μεταλλαγή, και τη μετανάστευση- είναι ένας από τους βασικούς μηχανισμούς της εξέλιξης. Η γενετική παρέκκλιση είναι αλλαγές στις συχνότητες αλληλόμορφων γονιδίων μιας δεξαμενής γονιδίων λόγω ευκαιριών ή τυχαίων γεγονότων. Αυτό μπορεί να εμφανιστεί σε μεγάλους ή μικρούς πληθυσμούς. Σε κάθε γενεά, μερικά άτομα, κατά τύχη ( και όχι μέσω καμίας επιλεκτικής διαδικασίας), μπορούν να αφήσουν πίσω λίγο περισσότερους απογόνους (και γονίδια, φυσικά) από άλλα άτομα. Η επίδραση των ιδρυτών των πληθυσμών είναι μια περίπτωση γενετικής παρέκκλισης στην οποία σπάνια αλληλόμορφα γονίδια, ή συνδυασμοί αλληλόμορφων γονιδίων, εμφανίζονται σε υψηλότερη συχνότητα σε έναν πληθυσμό απομονωμένο από το γενικό πληθυσμό. Τα γονίδια της επόμενης γενεάς θα είναι τα γονίδια των «τυχερών » ατόμων, όχι απαραιτήτως τα υγιέστερα ή τα «καλύτερα» άτομα. Αυτή, εν συντομία, είναι η γενετική παρέκκλιση. Συμβαίνει σε ΟΛΟΥΣ τους πληθυσμούς -δεν μπορεί να αποφευχθούν οι ιδιορρυθμίες της τύχης-.

Τα ιδρυόμενα άτομα περιέχουν ένα μέρος της συνολικής γενετικής ποικιλομορφίας της αρχικής γονιδιακής δεξαμενής. Τα αλληλόμορφα γονίδια που μεταφέρονται από τους ιδρυτές καθορίζονται μόνο από τύχη. Όταν ένας νέος πληθυσμός αρχίζει από ένα ή μερικά άτομα που χωρίζουν τυχαία από έναν μεγαλύτερο πληθυσμό, η τύχη μπορεί να υπαγορεύσει ότι οι συχνότητες αλληλόμορφων γονιδίων στο νέο πληθυσμό μπορούν να είναι πολύ διαφορετικές από εκείνες του αρχικού πληθυσμού. Πολλά είδη στα νησιά (όπως οι διάσημοι σπίνοι του ∆αρβίνου στα Galapagos) επιδεικνύουν την επίδραση των ιδρυτών. Τα είδη στα νησιά διαφέρουν από εκείνα της ηπειρωτικής χώρας, και μεταξύ τους από νησί σε νησί. Οι σπίνοι έκαναν τον ∆αρβίνο να καταλήξει στο συμπέρασμα πως είναι απόγονοι από έναν πρόγονο της ηπειρωτικής χώρας, τα νησιά επιτρέπουν στους απομονωμένους πληθυσμούς να εξελιχθούν ανεξάρτητα, και θα μπορούσαν τα σημερινά είδη να έχουν προκύψει από τις αλλαγές που παρατηρούνται σε κάθε απομονωμένο πληθυσμό.

Ένας μηχανισμός ο οποίος οδηγεί σε γενετική παρέκκλιση είναι η επίδραση του φαινομένου bottleneck. Μία επίδραση bottleneck είναι η γενετική παρέκκλιση στην οποία μια σφοδρή μείωση του μεγέθους του πληθυσμού προκύπτει από φυσική καταστροφή, ασθένεια, αρπακτικά ζώα, ή μείωση βιοτόπων. Αυτό οδηγεί σε μια σφοδρή μείωση της συνολικής γενετικής ποικιλομορφίας της αρχικής γονιδιακής δεξαμενής. Συνεπώς, το μη τυχαίο ζευγάρωμα περιλαμβάνει την ενδογαμία ατόμων και το εκλεκτικό ζευγάρωμα. Ενδογαμία μπορεί να εμφανιστεί εάν η διασπορά είναι τόσο χαμηλή που σύντροφοι είναι πιθανό να είναι συγγενείς και δεν αλλάζουν οι συχνότητες των αλληλόμορφων γονιδίων, δηλαδή εντελώς τυχαία και χωρίς καμία δράση από τη φυσική επιλογή αυξάνεται η αναλογία ατόμων που φέρουν παρόμοια γονίδια ενώ μειώνεται η αναλογία ποικιλόμορφων γονίδιων.

1. **Γονιδιακή-γενετική ροή:**

Η ροη γονίδιων -επίσης αποκαλούμενη μετανάστευση- είναι πρακτικά ο σταθεροποιητικός παράγοντας που αναφέραμε στην φυσική επιλογή, δηλαδή επιτρέπει στη διάχυση γονιδιακών πληροφοριών μεταξύ δυο απομακρυσμένων πληθυσμών οργανισμών και συμβάλει στην ανακατανομής και ανάμειξη των γονιδίων των δυο αυτών πληθυσμών. Σε αντίθεση, η εξέλιξη νέων ειδών ταυτίζεται με την ανάπτυξη γενετικών φραγμών στη ροή γονιδίων. Στη γενετική των πληθυσμών, ως γονιδιακή ροή ορίζεται η ανταλλαγή γονιδίων ανάμεσα σε γειτονικούς πληθυσμούς και προκύπτει κυρίως όταν δυο πληθυσμοί μοιράζονται αλληλόμορφα (διαφορετικές εκδοχές γονίδιων). Όταν για παράδειγμα ένας πληθυσμός καφέ σκαθαριών ενώνεται με έναν πληθυσμό πρασίνων σκαθαριών, ενδέχεται η συχνότητα των γονίδιων των καφέ σκαθαριών να αυξηθεί στα πράσινα άτομα. Η ροή λαμβάνει χώρα είτε με μετακίνηση ατόμων μεταξύ δύο διαφορετικών πληθυσμών με διαφορετικά χαρακτηριστικά, όπως μέσω της μετανάστευσης, είτε με μεταφορά γαμετών. Εάν γονίδια μεταφέρονται σε έναν πληθυσμό όπου τέτοια γονίδια προηγουμένως δεν υπήρχαν, η ροή γονιδίων μπορεί να είναι μια πολύ σημαντική πηγή γενετικής ποικιλότητας. Η ροή γονιδίων κινεί τα αλληλόμορφα γονίδια μεταξύ των πληθυσμών μέσω της διασταύρωσης καθώς επίσης και από τη μετανάστευση των ατόμων αναπαραγωγής. Γονιδιακή ροη μεταξύ δυο πληθυσμών διασφαλίζεται μονό μέχρι το σημείο όπου το στάδιο της αναμεταξύ τους αναπαραγωγής είναι ακόμα εφικτό. Αποτελεί συντηρητικό παράγοντα που αποτρέπει την απόκλιση μερικώς απομονωμένων πληθυσμών και συμβάλει σημαντικά στη σταθερότητα των διαδεδομένων ειδών και τη στάση των πολυπληθών ειδών. Διαφέρει ανάλογα με τον πληθυσμό και το είδος και μειώνει τις γενετικές διαφορές μεταξύ των ειδών. Η μείωση ή ο περιορισμός της ροής γονιδίων μεταξύ των πληθυσμών είναι ουσιαστικές για την ανάπτυξη νέων ειδών.

1. **Γενετική Απόκλιση:**

Η γενετική απόκλιση λαμβάνει τόπο σε πληθυσμιακό επίπεδο. Είναι ο διαχωρισμός των γονιδίων πληθυσμών από τις τοπικές συγκεντρώσεις γονιδίων άλλων πληθυσμών λόγω μετάλλαξης, γενετικής εκτροπής, και την επιλογή. Η γενετική απόκλιση από μόνη της, σε αντίθεση με την φυσική επιλογή πρόκειται για τυχαία διαδικασία, που δεν οδηγεί σε προσαρμογές. Παρουσιάζεται σε μικρούς πληθυσμούς κυρίως, οι όποιοι όταν απομονωθούν και τα γονίδια τους αλληλοσυνδιαστούν τότε ο πληθυσμός αυτός αναμορφώνεται με αφετηρία μια πιο περιορισμένη γενετική βάση. Η γενετική απόκλιση αναγκάζει τις δεξαμενές γονιδίων δύο απομονωμένων πληθυσμών να γίνουν ανόμοιες καθώς μερικά αλληλόμορφα γονίδια χάνονται και άλλα σταθεροποιούνται. Η συνεχιζόμενη απόκλιση μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία νέων ειδών.

1. **Γενετικός Ανασυνδυασμός:**

Ένας επιπλέον παράγοντας γενετικής διαφοροποίησης των οργανισμών είναι ο γενετικός ανασυνδυασμός. Είναι η ανταλλαγή γενετικού υλικού (γονιδίων) μεταξύ των ομόλογων χρωμοσωμάτων. Κατά τον ανασυνδυασμό γονιδίων, τμήμα ενός πατρικού χρωμοσώματος αλλάζει θέση με το αντίστοιχό τμήμα του μητρικού χρωμοσώματος. Ο ανασυνδυασμός γονιδίων πραγματοποιείται μέσω μιας βιολογικής πορείας που ονομάζεται διασκελισμός και συμβαίνει στην μειωτική διαίρεση. Συμβάλλει στην αύξηση της ποικιλομορφίας στην φύση και καθιστά αδύνατη την περίπτωση δύο άτομα του ίδιου είδους να είναι απόλυτα όμοια.

**Συμπέρασμα:**

Βάζοντας όλους του μηχανισμούς αυτούς κάτω από ένα γενικό πλαίσιο. Όλοι αυτοί οι μηχανισμοί μπορούν να προκαλέσουν αλλαγές στις συχνότητες των γονιδίων στους πληθυσμούς, και έτσι όλοι τους είναι μηχανισμοί εξελικτικής αλλαγής Η φυσική επιλογή δρα ως παράγοντας εξισορροπητικός, αποτρέποντας την έκφανση δυσμενών για την επιβίωση γονίδιων, αλλά και ως παράγοντας διαφοροποιητικός, επιτρέποντας με την πάροδο του χρόνου την διαφοροποίηση των ειδών και τον σχηματισμό εξελικτικών αριστουργημάτων και έχει να κάνει αυστηρά με την επιβίωση. Επιπλέον η τεχνίτη επιλογή είναι ο μηχανισμός παρόμοιος με τη φυσική, μονό που άνθρωπος συμβάλει στην επιβίωση των οργανισμών. Η γενετική παρέκκλιση αντίθετα με τη φυσική επιλογή είναι μια εξολοκλήρου τυχαία διαδικασία και δεν λειτουργεί για να παραγάγει προσαρμογές και η γενετική απόκλιση αν και παρόμοια λαμβάνει χωρά σε μικρότερους πληθυσμούς. Εντούτοις, η φυσική επιλογή και η γενετική παρέκκλιση δεν μπορούν να λειτουργήσουν εκτός και αν υπάρχει γενετική ποικιλότητα. Η φυλετική επιλογή δρα και αυτή ως διαφοροποιητικός παράγοντας προσδίδοντας τη φαντασμαγορικότητα στη φύση, αλλά έχει να κάνει με την ικανότητα αναπαραγωγή του οργανισμού αυτού. Η αναπαραγωγή και η επιβίωση είναι και οι δυο παράγοντες αλληλένδετοι που συμβάλουν στην εξέλιξη.H κατευθυνόμενη επιλογή υποκινείται από ανταγωνιστικούς παράγοντες ή και συμβιωτικούς και έχει ως αποτέλεσμα την εξέλιξη από κοινού των δυο οργανισμών (συνεξέλιξη). Όλες όμως οι παραπάνω διαδικασίες δεν θα ήταν εφικτές δίχως τις μεταλλάξεις και μάλιστα τις «ευνοϊκές». Σημαντική λοιπόν προϋπόθεση για την εξέλιξη των ειδών αποτελούν οι μεταλλάξεις που δρουν εντελώς τυχαία, σε αντίθεση με τις παραπάνω διαδικασίες της επιλογής οι όποιες δεν λειτουργούν έτσι, σε γενετικό επίπεδο ελέγχοντας τη δημιουργία των γονίδιων που προσδίδουν νέα χαρακτηριστικά στους οργανισμούς. Η γονιδιακή ροη συμβάλει στη διατήρηση της ομοιομορφίας των ειδών. Ο γενετικός ανασυνδυασμός οφείλετε στην ατομική γενετική διαφοροποίηση ενώ η γενετική απόκλιση στην πληθυσμιακή.

**Συνεξέλιξη:**

Όπως ήδη έχουμε αναφέρει συνεξέλιξη συνιστά ο εξοπλιστικός ανταγωνισμός μεταξύ δυο ειδών. Όμως συνεξέλιξη είναι μια ολόκληρη έννοια που εξηγεί το πώς η εξέλιξη δρα σε σχέση, όχι μόνο με το περιβάλλον, αλλά με βάση την αλληλεπίδραση διαφόρων ειδών που βρίσκονται σε αυτό. Συνεξέλιξη είναι ο όρος που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες για να περιγράψουν το φαινόμενο της ομαδικής εξέλιξης, δηλαδή περιπτώσεις όπου δύο (ή περισσότερα) είδη επηρεάζουν αμοιβαία το ένα την εξέλιξη του άλλου. Κανένα είδος δεν εξελίχτηκε από μόνο του αλλά, με το πέρασμα του χρόνου, δημιουργηθήκαν σχέσεις διαφόρων βαθμών και τύπων, που έφεραν ουσιαστικές αλλαγές στης εξελικτική πορεία. Προκειμένου να παρουσιαστεί η συνεξέλιξη, χρειαζόμαστε στοιχεία που προτείνουν ότι το θήραμα έχει εξελιχθεί σε συνδυασμό με το θηρευτή και ότι ο θηρευτής έχει εξελιχθεί σε συνδυασμό με το θήραμα. Από τις σχέσεις αυτές εξαρτώνται τόσο η διαδικασία της φυσικής επιλογής όσο και η προσαρμογή που υπέστη μέχρι τώρα κάθε είδος. Η Συνεξέλιξη είναι πιθανόν να συμβεί όταν διαφορετικά είδη έχουν στενές οικολογικές αλληλεπιδράσεις το ένα με το άλλο. Άξιο αναφοράς είναι το γεγονός, ότι συνεξέλιξη δεν συνιστά απλή συνύπαρξη δυο ειδών αλλά εξελικτικές μεταλλαγές οι οποίες ανταποκρίνονται στη μεταξύ τους σχέση.

Αν η εξέλιξη κάθε είδους ήταν μεμονωμένο γεγονός, δεν θα γινόταν λόγος για σχέσεις μεταξύ τους και συνεξέλιξη. Στην πραγματικότητα, στο πλαίσιο της μάχης για την επιβίωση, ορισμένα είδη αντιδρούν στις εξελικτικές αλλαγές κάποιων άλλων. Ο θηρευτής, για παράδειγμα, δυσκολεύεται στο κυνήγι αν το θήραμα αναπτύξει μεγαλύτερες ταχύτητες, γεγονός που έχει αποτέλεσμα στη δημογραφική ανισορροπία υπέρ του θηράματος. Η φύση λοιπόν, προνοεί, ώστε η ταχύτητα και των δυο να διαμορφώνεται παράλληλα, ανάλογα με την πίεση που ασκούν οι επιδόσεις του ενός στον άλλο. Στη φύση υπάρχουν σχέσεις διαφόρων ειδών, οι οποίες δεν είναι πάντα σαφείς ή ευδιάκριτες, με δεδομένη την περιπλοκότητα που μπορεί να αποκτήσουν κατά τη συνεξελικτική τους πορεία. Κυμαίνονται από την απουσία αλληλεπίδρασης ως τη διαρπαγή, από τη συνεργασία ως τον ανταγωνισμό και τον παρασιτισμό. Επιπλέον οι συνεξελικτικές διαδικασίες αυτές δεν είναι ανεξέλεγκτες αλλά διαμορφώνονται ανάλογα με τις προϋποθέσεις της φυσικής και φυλετικής επιλογής σε σημείο που δεν αποτελούν μεγαλύτερο πρόβλημα από αυτό που έλυσαν. Εδώ διακρίνονται μερικές κατηγορίες συνεξέλιξης των ειδών.

1. **Συσσιτισμός:**

Πρόκειται για σχέση μεταξύ διαφορετικών ειδών, από την οποία επωφελείται το ένα μέρος, ενώ το άλλο ούτε ωφελείται αλλά ούτε και ζημιώνεται. Υπάρχουν διάφοροι τύποι συσσιτισμού: η φόρηση, όταν το ένα είδος μεταφέρεται από το άλλο, και ο ενδοπαρασιτισμός όταν ο υλικός θάνατος του ενός αποτελεί πρακτικό όφελος του άλλου. Χαρακτηριστικό παράδειγμα και των δυο περιπτώσεων αποτελεί ο κάβουρας ερημίτης, όπου πολλές φορές για να προστατέψει τον εαυτό του από θηρευτές κουβαλήσει στο κέλυφος του μια θαλάσσια ανεμώνη, η οποία είναι δηλητηριώδης. Το χαρακτηριστικό του κάβουρα αυτού, δηλαδή ότι μένει σε κέλυφος ενός κοχυλιού αποτελεί ενδοπαρασιτικό συσσιτισμό, αφού το υπόλειμμα του θανάτου του οστρακοειδούς, δηλαδή το κοχύλι, εκμεταλλεύεται από τον κάβουρα για ατομική του προστασία. Πρέπει να τονιστεί ότι ούτε η θαλάσσια ανεμώνη, αλλά ούτε και το κοχύλι επωφελήθηκαν από την παρουσία του κάβουρα.

1. **Αμοιβαιότητα:**

Πρόκειται για σχέση μεταξύ διαφορετικών ειδών από την οποία επωφελούνται και τα δυο μέρη. Φαίνεται να πρόκειται για αμοιβαία συμφωνία, αλλά στην πραγματικότητα είναι το αποτέλεσμα μια μακράς περιπλοκής διαδικασίας εξέλιξης και προσαρμογής. Υπάρχουν πολλές περιπτώσεις αμοιβαιότητας. Η γνωστότερη είναι αυτή των ψαριών πιλότων, όπου συνοδεύουν μεγάλα θαλάσσια κοίτη και ξεφορτώνονται τα παράσιτα που φέρουν.

1. **Παρασιτισμός:**

Ορίζεται ως ασύμμετρη σχέση κατά την οποία το ένα από τα δυο μέρη (το παράσιτο) απολαμβάνει όλα τα οφέλη, ενώ ο ξενιστής (το ζώο που προσβλήθηκε από αυτό) αντιμετωπίζει σοβαρά μειονεκτήματα και τίθεται απειλή για την επιβίωση του. Πρόκειται για ακραία περίπτωση, που μπορεί να επιφέρει βαθιές αλλαγές, οι οποίες επιτρέπουν στο παράσιτο να εισβάλει μέσω διαφόρων οδών στο σώμα του ξενιστή. Τα παράσιτα που βρίσκονται στα βράγχια των θαλάσσιων κοιτών αυτόν είναι μια τέτοια χαρακτηριστική περίπτωση. Πολλές φορές μάλιστα ενδέχεται ο παρασιτισμός να μεταβεί σε αρπαγή όταν και ο ίδιος ο ξενιστής παράλληλα με το παράσιτο εξελίσσουν μεθόδους για να επωφεληθούν.

1. **Αρπαγή:**

Πρόκειται για σχέση μεταξύ διαφορετικών ειδών, στην οποία το ένα είδος κυνηγά και τρέφεται από το άλλο. Πρέπει να επισημάνουμε ότι και τα δυο είδη εξελίσσονται και σπρώχνουν τον αντίπαλο στα όρια των δυνατοτήτων του. Υπάρχουν θηρευτές που κυνηγούν μόνο ένα είδος, αλλά και άλλοι που τρέφονται με πολλά και διαφορετικά είδη. Ο βαθμός προσαρμογής εξαρτάται άμεσα από την ποικιλία των θηραμάτων. Εδώ ανήκει και η κατηγορία της εξοπλιστικής εξέλιξης που το ένα είδος εξελίσσεται για την επιβιώσει του από τους θηρευτές, ενώ το άλλο εξελίσσεται για μπορέσει να επωφεληθεί από το θήραμα του.

1. **Ανταγωνισμός:**

Ο ανταγωνισμός προκύπτει όταν η επιβίωση δυο ή περισσότερων οργανισμών εξαρτάται από περιορισμένους πόρους. Είναι μια από τις σχέσεις με τη μεγαλύτερη συχνότητα στην διαδικασία της φυσικής επιλογής και στο πλαίσιο της εξέλιξης γενικότερα. Διακρίνονται δυο τύποι ανταγωνιστικής σχέσης: η παρεμβατική, όταν ένα γεγονός περιορίζει την ανάπτυξη του άλλου. Για παράδειγμα όταν, οι ρίζες ενός φυτού εκκρίνουν ουσίες οι οποίες καθιστάν τη γύρω περιοχή μη βιώσιμη για αλλά φυτά. Ακόμα είναι η σχέση εκμετάλλευσης χαρακτηριστική μεταξύ θηρευτών, που τρέφονται με το ίδιο είδος, όπως συμβαίνει μεταξύ λιονταριών, υαινών, τσίτα, ιαγουάρων και αγριόσκυλων στις σαβάνες της Αφρικής. Στη δεύτερη περίπτωση εφαρμόζεται μια αρχή ανταγωνιστικού και γεωγραφικού αποκλεισμού, μιας και κάθε είδος τείνει να εξοντώσει ή να κερδίσει ένα εξελικτικό προβάδισμα σε σχέση με τον ανταγωνιστή του.

**Μικροεξέλιξη:**

Μικροεξέλιξη είναι η συσσώρευση των μικρών αλλαγών σε μια δεξαμενή γονιδίων μέσα σε έναν μόνο πληθυσμό κατά τη διάρκεια μιας σχετικά μικρής χρονικής περιόδου. Αυτό σημαίνει ότι περιορίζουμε το πεδίο εστίασής μας σε έναν μόνο κλάδο του δέντρου της ζωής. Εάν θα μπορούσατε να μεγεθύνετε την κλίμακα μέσα σε έναν κλάδο του δέντρου της ζωής -τα έντομα, για παράδειγμα- θα βλέπατε μια άλλη φυλογένεια σχετική με όλες τις διαφορετικές γενεαλογικές σειρές των εντόμων. Οι βιολόγοι που μελετούν την εξέλιξη σε αυτό το επίπεδο καθορίζουν την εξέλιξη ως αλλαγή στη συχνότητα γονιδίων μέσα σε έναν πληθυσμό. Υπάρχουν μερικοί βασικοί τρόποι με τους οποίους συμβαίνει η μικροεξελικτική αλλαγή. Η μεταλλαγή, η μετανάστευση, η γενετική παρέκκλιση, και η φυσική επιλογή είναι όλες διαδικασίες που μπορούν να επηρεάσουν άμεσα τις συχνότητες των γονιδίων σε έναν πληθυσμό και έχουν προαναφερθεί παραπάνω. **Μακροεξέλιξη:**

Η Μακροεξέλιξη είναι εξέλιξη σε μεγάλη κλίμακα δηλαδή τι βλέπουμε όταν εξετάζουμε την ιστορία της ζωής που μας περιβάλλει. Αναφέρεται στην εξέλιξη ομάδων μεγαλύτερων από ένα μεμονωμένο είδος. Τέτοιοι παράγοντες που προσπίπτουν στην μακροεξέλιξη είναι σταθερότητα και η αλλαγή των ειδών, η εμφάνιση προκυπτουσών γενεαλογικών σειρών και η εξαφάνιση. Εδώ, μπορείτε να εξετάσετε μοτίβα μακροεξέλιξης στην εξελικτική ιστορία και να ανακαλύψετε πώς οι επιστήμονες εξερευνούν τη ιστορία εξέλιξης των ειδών σε βάθος. Η Μακροεξέλιξη αναφέρεται γενικά στην εξέλιξη επάνω από το επίπεδο των ειδών. Έτσι αντί να εστιάζουμε σε ένα μεμονωμένο είδος ένας μακροεξελικτικός φακός θα μπορούσε να χρειαστεί να μεγεθύνει ως το δέντρο της ζωής, για να αξιολογηθεί η ποικιλομορφία ολόκληρου του κλάδου και τη θέση του στο δέντρο. Μακροεξελικτικό μοτίβο είναι γενικά αυτό που βλέπουμε όταν εξετάζουμε τη μεγάλης κλίμακας ιστορία της ζωής. Η Μακροεξέλιξη περικλείει τις μεγαλύτερες τάσεις και μετασχηματισμούς στην εξέλιξη, όπως η προέλευση των θηλαστικών. Ακριβώς όπως και στη μικροεξέλιξη, οι βασικοί εξελικτικοί μηχανισμοί όπως η μεταλλαγή, η μετανάστευση, η γενετική παρέκκλιση, και η φυσική επιλογή είναι σε δουλειά και εάν τους δοθεί αρκετός χρόνος μπορούν να βοηθήσουν στην εξήγηση πολλών μοτίβων μεγάλης κλίμακας στην ιστορία της ζωής. Όλες οι αλλαγές, οι διαφοροποιήσεις, και οι εξαφανίσεις που συνέβησαν κατά τη διάρκεια της ιστορίας της ζωής, είναι τα μοτίβα της μακροεξέλιξης.

**Το Φυλογενετικό Δέντρο της Εξέλιξης:**

Η ζωή στη Γη ακόλουθη εξελικτική πορεία. Στο χρόνο και στο χώρο, οι ζωντανοί οργανισμοί μοιράζονται χαρακτηριστικά που τους κάνουν να μοιάζουν λιγότερο ή περισσότερο. Συνεπώς, είμαστε όλοι κλαδιά του ίδιου δέντρου. Στη βιολογία η επίσημη ονομασία που δίνεται στη μελέτη των κοινών μοτίβων των οργανισμών και της εξελικτικής ιστορίας των ειδών είναι η φυλογενετική συστηματοποίηση. Άμεσο προϊών της διαδικασίας της μακροεξέλιξης και της συνεχούς διαφοροποίησης των ειδών αποτελεί ένα διάγραμμα όπου με βάση το χρόνο, από την στιγμή που πρωτοεμφανίστηκε ζωή στη γη, απεικονίζει την πορεία της εξέλιξης και τη συνεχής διακλάδωση της μέχρι σήμερα. Για τον λόγο αυτό και αυτό το διάγραμμα σχηματίζει τη δομή ενός τεράστιου δέντρου με αμέτρητα κλαδιά όπου εκεί βρίσκεται κάθε είδος που υπάρχει και υπήρξε στη γη. Το κλαδόγραμμα αυτό γνωστό και ως δέντρο της ζωής και το εισήγαγε, τη δεκαετία του πενήντα ο Γερμανός εντομολόγος Βίλι Χένιγκ, ο οποίος κατάλαβε ότι η εξέλιξη δεν γίνεται κατά τρόπο συνεχή, αλλά γίνεται με την έννοια κλαδιών, διακλαδίζεται, κάπου μερικά απ' αυτά σταματούν και κάπου συνεχίζονται. Ήταν ο πρώτος που φανταστικέ την εξέλιξη των ειδών να λαμβάνει τόπο σε μια τόσο πολύπλοκη και γιγαντιαία δομή, στην οποία, όποιο κάθε οργανισμός ανατρέχοντας πίσω στο χρόνο καταλήγει σε μια κοινή βάση, τον κορμό του δέντρου, τον πρώτο οργανισμό που φέρει τα σημάδια της ζωής. Δηλαδή, η εξέλιξη προκύπτει σαν τα κλαδιά ενός δένδρου. Υπολογίζεται πως το κλαδόγραμμα αυτό είναι φορέας περίπου 10.000.000 ειδών περιλαμβανομένων και περίπου 5.000 ειδών θηλαστικών. Κάθε παρακλάδι είναι ένα νέο υποείδος, ενός είδους το οποίο απομακρύνεται συνεχώς και περισσότερο γενετικά από το αρχικό με διακλαδώσεις συνεχών «πλεονεκτικών» μεταλλάξεων. Η κλαδιστική είναι η μέθοδος ταξινόμησης που χρησιμοποιείται συνηθέστερα για την εξήγηση αυτής της συγγενείας. Για τις κλαδιστικές αναλύσεις, λαμβάνονται υπόψη, τόσο οι παλαιοντολογικές έρευνες, όσο και η μελέτη των οργανισμών σε δομικό και μοριακό επίπεδο. Το σταμάτημα της εξέλιξης κάποιων ειδών και η εξαφάνιση τους, απεικονίζεται με το τέλος ανάπτυξης ενός κλάδου. Το απολυτά συνδεδεμένο αυτό οικοδόμημα είναι φορέας όλων των ειδών, απολυτά κατηγοριοποιημένα και αποτελεί μαρτυρία όλων των εξελικτικών διαδικασιών, καθώς και των μαζικών εξαφανίσεων, οι οποίες αν και κατάφεραν να πετσοκόψουν ανά τα χρόνια μεγάλα κομμάτια του δέντρου, αυτό συνεχίζει ακάθεκτο να μεγαλώνει να εξελίσσεται, να ξεφυτρώνει συνεχώς νέα κλαδιά και παρακλάδια.

**Αμφισβητήσεις:**

Η ερμηνεία όμως των εξελικτικών φαινομένων και η ανακάλυψη των βασικών μηχανισμών που τα διέπουν, αποτελούν αντικείμενο θεωριών και υποθέσεων για τις οποίες η αποδοχή των βιολόγων πολύ απέχει από το να είναι ομόφωνη. Κατά τα τέλη της δεκαετίας του 60 φαινόταν ότι η συνθετική θεωρία της εξέλιξης ή αλλιώς Νεοδαρβινισμός είχε επικρατήσει στην επιστημονική κοινότητα. Προϊόν συνεργασίας και σύγκλησης απόψεων, μεταξύ παλαιοντολόγων, συστηματικών οικολόγων και γενετιστών, η συνθετική αυτή θεωρία αποδέχεται, ως μοναδική πρώτη υλη της εξέλιξης, τις μεταλλάξεις, εντελώς τυχαίες, δηλαδή κληρονομικές μικρομεταβολές οπού αθροιστικά και υπό την πάροδο των χρόνων διαμορφώνουν την ποικιλότητα και γενετική ετερογένεια των πληθυσμών ενός είδους. Οι υπέρμαχοι της κλασικής συνθετικής θεωρίας υποστηρίζουν ότι με τον ίδιο ακριβώς τρόπο λειτούργει και η μακροεξέλιξη, δηλαδή η εμφάνιση νέων ειδών, που διαφοροποιούνται όλο και περισσότερο, σχηματίζοντας ανώτερες ταξινομικές κατηγορίες. Ακόμη και οι πολέμιοι της κλασικής συνθετικής θεωρίας αναγνωρίζουν ότι πρόκειται για μια απλή, κάμψη, αλλά απολύτως μέσα στο πλαίσιο της ερμηνείας των εξελικτικών φαινομένων.

Τα επιχειρήματα που πολλοί προτείνουν για να διαψεύσουν μια τέτοια θεωρία δεν είναι παρά μόνο δυο. Αρχικά. όπως και ίδιος ο Κάρολος Δαρβίνος ισχυρίστηκε, είναι ακόμα αδιανόητο και προβληματικό το πώς ένας τόσο περίπλοκος βιολογικός μηχανισμός όπως το μάτι κατάφερε να διαμορφωθεί με βάση μια τόσο απλή θεωρία. Σίγουρα θα πρέπει να υπάρχει και ένα επιπλέον εύρος μικρομηχανισμών, πιθανώς στο μικροσκοπικό επίπεδο, που παίζουν ρολό στον σχηματισμό αυτό*. [Το δεύτερο και βασικότερο επιχείρημα υπονόμευσης των νεοδαρβινιστικών απόψεων είναι, ότι παρά το γεγονός ότι οι μεταλλάξεις που συμβαίνουν στους οργανισμούς είναι τυχαίες, όλες τους συνολικά όμως τείνουν να αποτελούν ευνοϊκές ή ουδέτερες ως προς τις επιπτώσεις τους, ενώ σε ένα τόσο πολύπλοκο σύστημα, όπως ένας πολυκύτταρος οργανισμός θα έπρεπε να υπάρχουν και αρκετές, αν όχι ισάριθμες από αυτές τις μεταλλάξεις, που να συμβάλουν στη δημιουργία «ελαττωματικών» οργανισμών στη φύση. Δηλαδή, πως και αφού οι μεταλλάξεις είναι τυχαίες δεν παρατηρείται αυξανόμενο ποσοστό ελαττωμάτων, που ακόμα δεν έχουν προλάβει να αποβούν στους κανόνες τις φυσικής επιλογής, αφού για να επιτευχτεί κάτι ευνοϊκό μπορούν να χρειαστούν άπειρα λάθη*.] Βέβαια, σημαντικό περιοριστικό παράγοντα του προαναφερθέντος φαινόμενου αποτελούν τα προγεννητικά και προαναπτηξιακά στάδια του οργανισμού, οπού εκεί τουλάχιστον προλαμβάνονται πολλές από τις σοβαρές μεταλλάξεις. Αυτά τα δυο επιχειρήματα, μερικοί ίσως θεωρούν πως μπορούν να μας υποδείξουν, όχι ότι οι παρόντες μηχανισμοί είναι λανθασμένοι, αλλά ότι μάλλον θα υπάρχουν και άλλοι τέτοιοι μηχανισμοί που συμβάλουν στο τελικό αποτέλεσμα που αποκαλούμε εξέλιξη των ειδών

Συνοψίζοντας, τις αλληλοσυμπληρούμενες ή αλληλοσυγκρουόμενες πρόσφατες θεωρίες και υποθέσεις για την ερμηνεία της βιολογικής εξέλιξης, διαπιστώνουμε ότι η μονολιθικότητα του κλασικού νεοδαρβινισμού και η μοναδικότητα της φυσικής επιλογής δεν είναι πια αποδέκτες από ολόκληρη την επιστημονική κοινότητα. Ενδεχόμενος, μια νέα γενικευμένη θεωρία να αποτελέσει την επικρατούσα λύση στο ανεπίλυτο ακόμη πρόβλημα του μηχανισμού της εξέλιξης. Αυτό που είναι σίγουρο όμως, είναι ότι εξέλιξη υφίσταται, όπως και η διαφοροποίηση των ειδών, αλλά επίσης και το γεγονός ότι απέχουμε ακόμα πολύ από την κατάληξη σε ένα τελικό συμπέρασμα, που θα εξηγεί πλήρως και σε βάθος την πολύπλοκη αυτή έννοια της εξέλιξης. Ίσως σε μια εποχή όπου οι υπολογιστικές ικανότητες θα φτάσουν ένα σημείο καμπής θα μπορούμε να παρατηρήσουμε κάθε όψη της εξέλιξης.

**Αποδείξεις υπέρ της εξελικτικής πορείας των ειδών:**

Η βιολογική εξέλιξη διαρκεί εδώ και 3 δισεκατομμύρια χρόνια. Ο ίδιος ο Κ. Δαρβίνος ποτέ δεν ισχυρίστηκε ότι είχε αποδείξεις για την εξέλιξη ή την καταγωγή των ειδών. Είπε απλώς ότι αν η εξέλιξη ήταν γεγονός, θα μπορούσαν να εξηγηθούν πολλά φαινόμενα που, διαφορετικά, θα παρέμεναν ανεξήγητα. Με την πάροδο των χρονών, όλο και περισσότερα άτομα της επιστημονικής κοινότητας ασπαστήκαν τις ιδέες του και με την είσοδο της γενετικής στο παιχνίδι, πλέον υπάρχουν χειροπιαστές αποδείξεις για την εξέλιξη των ειδών. Μερικά από τα πιο τρανταχτά επιχειρήματα που επιστήμονες εδώ και καιρό, πριν την εμφάνιση της γενετικής, χρησιμοποιούσαν είναι…

1. Η ύπαρξη απολιθωμάτων δεν συνιστά από μόνη της αποδεικτικό στοιχειό υπέρ της εξέλιξης των ειδών. Μέσω της σύγκριση όμως, των απολιθωμάτων που έχουν βρεθεί, γίνεται αμέσως φανερό το εξελικτικό σχήμα. Πολλά απολιθώματα μπορούν να ενταθούν σε χρονολογικές σειρές που συνδέουν τα παλαιοτέρα απολιθώματα με τα νεότερα. Μάλιστα, η χρονολόγηση με ραδιενεργό άνθρακα δείχνει ότι η αλληλουχία των απολιθωμάτων αυτών, όπως ανασυντίθεται με βάση τη μορφή τους, είναι ίδια με την χρονολογική τους σειρά. Οι ομοιότητες που παρατηρούνται μεταξύ των απολιθωμάτων μονό σε ένα συμπέρασμα μπορούν να οδηγήσουν και αυτό είναι ότι συγκροτείται ένα εξελικτικό σχήμα στο όποιο όλα τα απολιθωμένα είδη είναι συγγενικά .
2. Το γεγονός ότι υπάρχουν πάνω από 250.000 είδη ανθοφόρων φυτών και όλα παρά τις εμφανισιακές διαφορές τους παρουσιάζουν τις ίδιες εξελιγμένες δομές φύλλων τα πέταλα και τα σέπαλα, τους στήμονες και τους υπέρους τα οποία είναι παρόντα σε κάθε άνθος. Η ομοιότητα αυτής της δομής εξηγείται εύκολα αν όλα αυτά τα φυτά κατάγονται από έναν κοινό πρόγονο και παρουσιάζουν ομόλογες τροποποιήσεις κατά τη διάρκεια της εξέλιξης τους.
3. Άλλες μαρτυρίες προσφέρει η εμβρυολογία, η επιστήμη που αφορά τη μελέτη νεογνών σε διαφορά στάδια της ανάπτυξης τους. Προς την έκπληξη πολλών παρουσιάζονται φαινόμενα μετασχηματισμού οργάνων, δηλαδή δομών που άλλαξαν μορφή και λειτουργιά κατά την διάρκεια της εξέλιξης μέσα στη μήτρα. Για παράδειγμα το έμβρυο του ανθρώπου στα πρωταρχικά στάδια ανάπτυξης του μοιάζει πολύ με αυτό που βρίσκεται μέσα σε ένα αβγό ψαριού.
4. Επιπλέον είναι το φαινόμενο ύπαρξης οργάνων ή μελών σε οργανισμούς τα οποία δεν είναι απαραίτητα για την επιβίωση τους και δεν έχουν κανένα σημαντικό ρόλο. Για την ύπαρξη αυτών των υποτυπωδών ή εκφυλισμένων οργάνων οφείλεται ως εξήγηση μονό η εξέλιξη. Δηλαδή, η χρήση τέτοιων οργάνων θα πρέπει να ήταν απαραίτητη στο είδος από το οποίο προήρθε το επόμενο και έμειναν αχρείαστα, καθαρό παράδειγμα που μαρτυρεί τη συσχέτιση μεταξύ δυο διαφορετικών ειδών. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα παρόμοιας περίπτωσης είναι η στρουθοκάμηλος, η οποία διαθέτει φτερά που δεν τις επιτρέπουν την πτήση.
5. Η ηθολογία, δηλαδή η μελέτη της συμπεριφοράς διαφόρων οργανισμών, αποκαλύπτει ομοιότητες ανάμεσα σε διαφορετικά είδη οι οποίες επιβεβαιώνουν την κοινή καταγωγή. Για παράδειγμα, τα κοινά ένστικτα και συμπεριφορές που μοιράζονται πολλά ζώα όπως η κατασκευή φωλιών στα πουλιά.
6. Επιπλέον, η μελέτη των διαφόρων βιοχημικών συστατικών των οργανισμών έχει πρόσφατα ρίξει φως στη συγγένεια μεταξύ πολλών ειδών. Η μελέτη του αίματος, συστατικό που διαθέτει ένα μεγάλο μέρος των πολυκύτταρων οργανισμών, μπορεί να ένδειξη το ποσό κοντά η μακριά, χρονολογικά βρίσκεται η περίοδος διαχωρισμού ενός είδους από ένα άλλο, άπλα κοιτώντας τα συστατικά του και πως συμπεριφέρονται. Ακόμα ένα παράδειγμα ομοιότητας ανάμεσα στα είδη είναι η δομή της παγκρεατικής ορμόνης, γνωστής ως ινσουλίνη. Η πρωτεΐνη αυτή που αποτελείται από 51 αμινοξέα και τη διαθέτουν αρκετοί οργανισμοί, παρουσιάζει μικρές διαφορές στη αλληλουχία των αμινοξέων σε ορισμένα συγγενικά είδη, όμως η ομοιότητα των κατηγοριών παραμένει γενική.
7. Το γεγονός πως ο γενετικός κώδικας είναι καθολικός και εφαρμόζεται σε κάθε οργανισμό ανεξαιρέτως, που υπάρχει στη γη. Ο γενετικός κώδικας είναι με άπλα λόγια, η αλληλουχία των νουκλεοτιδικών τριάδων, που στο RNA φέρουν τη πληροφορία η οποία αποκρυπτογραφείται μέσω της ενδοκυτταρικής διαδικασίας της μετάφρασης για να σχηματιστούν από τα αμινοξέα, σύνθετα βιολογικά μακρηγορία οι πρωτεΐνες, το βασικότερο συστατικό των οργανισμών. Μέχρι στιγμή δεν έχει βρεθεί οργανισμός ο όποιος να χρησιμοποιεί διαφορετικό κώδικα, πράγμα που μαρτυρεί την παγκοσμιότητα του. Είναι ένα από τα ισχυρότερα επιχειρήματα υπέρ της κοινής καταγωγής των οργανισμών.

**Τι είναι Είδος:**

**Βιολογικός ορισμός:**

**“Είδος είναι μία ομάδα πληθυσμών που διασταυρώνονται ή που μπορούν να διασταυρωθούν, και η οποία ομάδα είναι αναπαραγωγικά απομονωμένη από άλλες τέτοιες ομάδες”.**

Ο αντίστοιχος αγγλικός όρος species σημαίνει στα ελληνικά «είδος», «τύπος» ή «εμφάνιση». Στην καθημερινή ζωή διακρίνουμε συχνά διάφορα «είδη» ή «τύπους» οργανισμών, π.χ. σκύλους και γάτες, με βάση διαφορές στην εμφάνισή τους. Με τον όρο «είδος», παίρνοντας υπόψη μας τον –ευρύτερα αποδεκτό- βιολογικό ορισμό, αναφερόμαστε σε ένα σύνολο ατόμων που έχουν τη δυνατότητα σύζευξης κάτω από φυσικές συνθήκες, και με τον τρόπο αυτό να συνεισφέρουν γονίδια σε άτομα της επόμενης γενεάς. Με άπλα λόγια, είδος είναι μια πολυπληθής ομάδα οργανισμών, που φέρουν χαρακτηριστικές ομοιότητες, δεν μπορούν, λόγο γεωγραφικών, είτε άλλων συνθηκών να αναχαραχτούν με άλλες ομάδες και αναπαράγονται αναμεταξύ τους αμφιγονία, διασταυρώνοντας έτσι τις γενετικές τους πληροφορίες . Ένα πλεονέκτημα που έχει ο βιολογικός ορισμός του είδους είναι ότι στρέφει την προσοχή μας στον τρόπο με τον οποίο γίνεται η ειδογένεση: μέσω εξέλιξης της αναπαραγωγικής απομόνωσης. Ωστόσο, σε πολλές περιπτώσεις ο ορισμός δεν μπορεί να μας φανεί χρήσιμος. Λόγου χάρη, δεν μπορεί να εφαρμοστεί στην περίπτωση των απολιθωμάτων, αφού είναι αδύνατο να υπολογίσουμε με κάποιον τρόπο τον βαθμό της αναπαραγωγικής τους απομόνωσης. Ο όρος αυτός συχνά χρησιμοποιείται από τους επιστήμονες και ως μια ταξινομική μονάδα, η οποία όμως δεν ταυτίζεται όμως πάντοτε με τη βιολογική έννοια του είδους. Πολλοί είναι οι οργανισμοί οι όποιοι, παρά τις διαφορές που διαθέτουν σε σχέση με άλλους δεν συμπίπτουν στον συγκεκριμένο ορισμό και αποτελούν εξαιρέσεις. Ο ορισμός της έννοιας των διαφόρων κατηγοριών της συστηματικής κατάταξης (γένη, οικογένειες κλπ.) είναι λοιπόν σε γενικές γραμμές αρκετά αυθαίρετος.

Ακόμα και σήμερα πολλοί βιολόγοι δυσκολεύονται να τραβήξουν τη γραμμή μου να ξεχωρίζει ένα είδος από ένα άλλο. Αρχικά, οι ζωολόγοι βασιζόμενοι στο βαθμό μορφολογικής ομοιότητας των οργανισμών, πρωτοέθεσαν τον ορισμό του είδους. Σύμφωνα **με τον μορφολογικό ορισμό του είδους,** κάθε είδος χαρακτηρίζεται με βάση το σχήμα του σώματος και άλλα δομικά γνωρίσματα. Είναι δηλαδή, μια ομάδα οργανισμών οι όποιοι διαθέτουν ευδιάκριτες διαφορές σε σχέση με άλλους. Για παράδειγμα, είναι ξεκάθαρο να συμπεράνει κανείς πως μια καμηλοπάρδαλη αποτελεί ξεχωριστό είδος από μια σαύρα. Όμως υπάρχουν ορισμένες περιπτώσεις στη φύση οπού, παρά τις διαφορές που έχουν δυο οργανισμοί θεωρούνται το ίδιο είδος. Το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι οι διάφορες ράτσες σκύλων.

Για τον λόγο αυτό και αργότερα ο ορισμός του είδους εξελίχτηκε για να περιλαμβάνει όλους τους οργανισμούς που μπορούν να αναχαραχτούν και να αποκτήσουν κανονικούς βιώσιμους απογόνους. Βασιζόμενο στη δυνατότητα ανταλλαγής γενετικού υλικού, το κριτήριο αυτό οδήγησε στην ευρεία αποδοχή της έννοιας του βιολογικού είδους που διατυπώθηκε από το Mayr (1942): **Σύμφωνα με τον αναπαραγωγικό ορισμό του είδους**, είδος είναι μια ομάδα πληθυσμών που τα μέλη τους έχουν την ικανότητα να διασταυρώνονται στη φύση και να δίνουν βιώσιμους και γόνιμους απογόνους, ενώ η διασταύρωσή τους με μέλη άλλων τέτοιων ομάδων δεν δίνει γόνιμους και βιώσιμους απογόνους. Αυτός ο ορισμός του είδους φαίνεται στερεότυπος, αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις ούτε αυτός είναι αρκετός για να περιγράψει τις διαφορές μεταξύ των ειδών.

Στη φύση, υπάρχουν πολλές περιπτώσεις όπου είναι δύσκολο να εφαρμοστεί αυτός ο ορισμός. Παραδείγματος χάριν, πολλά βακτήρια αναπαράγονται κυρίως χωρίς φύλο με απλή διάσπαση. Συνεπώς, ο ορισμός ενός είδους ως ομάδα διασταύρωσης των ατόμων δεν μπορεί να εφαρμοστεί εύκολα στους οργανισμούς που αναπαράγονται μόνο, ή κυρίως αφυλετικά. Αυτό δημιουργεί μεγάλο πρόβλημα, διότι αυτοί οι οργανισμοί δεν ανήκουν σε αυτούς που διασταυρώνουν τις γενετικές τους πληροφορίες, αλλά όπως όλοι οι μονοκύτταροι, αυτοί οργανισμοί άπλα αυτοδιπλασιάζονται. Για να ικανοποιηθεί και αυτή η άποψη προτάθηκε ένας ακόμα πιο αυστηρός ορισμός από τους βιολόγους : Με τον όρο «είδος», παίρνοντας υπόψη μας **τον γενετικό ορισμό**, αναφερόμαστε σε ένα σύνολο ατόμων που κάτω από φυσικές συνθήκες μεταβιβάζουν τις γενετικές τους πληροφορίες σε άτομα της επόμενης γενεάς.

Οι μορφολογικές και γονιδιακές όμως διαφορές δεν αποτελούν πάντα αιτίες αναπαραγωγικής απομόνωσης. Υπάρχουν και περιπτώσεις όπως αυτές στα διαφορά υποείδη όπου, αν και σχεδόν όμοια μεταξύ τους, δυο τέτοια υποείδη παράγουν γονίμους απογόνους και μεταβιβάζουν όλα τα γονίδια τους από την μια γενιά στη άλλη, απλά δεν το κάνουν. Το γεγονός, ότι ίσως τα υποείδη αυτά να βρίσκονται απομονωμένα το ένα με το άλλο, να έχουν διαφορετικές συμπεριφορές και συνήθεις είναι ικανό να τα κάνει αρκετά διαφορετικά, ώστε να αποτελέσουν κατά κάποιους ξεχωριστό υποείδος μιας ευρείας εννοίας του πατρικού είδους. **Ο οικολογικός ορισμός του είδους** λοιπόν εξετάζει το είδος ως προς την οικολογική γονιδιακή θέση του (θώκος), δηλαδή δίνει έμφαση στο σύνολο των αλληλεπιδράσεων των μελών του με τα βιοτικά και τα αβιοτικά συστατικά του περιβάλλοντος. Λόγου χάρη, δύο είδη αμφιβίων μπορεί να μοιάζουν στην εμφάνιση αλλά να διαφέρουν ως προς την τροφή που καταναλώνουν ή την ικανότητά τους να αντέχουν σε συνθήκες ξηρασίας. Μερικές φορές, οι αλλαγές στη συμπεριφορά μπορεί να διαθέτουν και γονιδιακές ρίζες απλά να μην έχουν προλάβει να εκφραστούν μορφολογικά. Αυτοί οι διαφορετικοί οργανισμοί είναι πολύ πιθανόν να έχουν ένα άμεσο κοινό πρόγονο, αλλά για διάφορους λόγους να αποσχιστήκαν, ζουν πλέον χώρια, και μέσω της επίδρασης της φυσικής επιλογής, οι διαφορές εντάθηκαν και μετατράπηκαν και σε ορατές , σηματοδοτώντας τη γένεση ενός νέου είδους.

Ακόμα σύμφωνα **με τον φυλογενετικό ορισμό του είδους**, ως είδος ορίζεται η μικρότερη ομάδα ατόμων με κοινό πρόγονο, η οποία αντιστοιχεί σε έναν κλάδο του δένδρου της ζωής. Μπορούμε να παρακολουθήσουμε τη φυλογενετική ιστορία ενός είδους συγκρίνοντας διάφορα χαρακτηριστικά του, όπως τη μορφολογία ή τις μοριακές αλληλουχίες του, με εκείνα άλλων οργανισμών.

Επίσης, πολλά φυτά, και μερικά ζώα, παρουσιάζονται υπό μορφή υβριδίων στη φύση, ένα μεγάλο ποσοστό αναπαράγεται μέσα στην ομάδα τους, αλλά σε μερικές περιοχές, παράγουν υβρίδια. Θα έπρεπε να θεωρηθούν τα ίδια είδη ή χωριστά είδη; Για παράδειγμα, το μουλάρι θεωρείται ως ξεχωριστό είδος; Πολλοί θεωρούν πως όχι αφού, αφενός είναι στείρο, δεν μπορεί δηλαδή να παράγει απογόνους και αφετέρου τα δυο αρχικά είδη, το άλογο και ο γάιδαρος δεν βρίσκονταν στο εύδιο μέρος και δεν τείνουν να αναπαράγονται με τη επιθυμία τους.

Πολλοί πιστεύουν ότι δεν έχει έννοια το να δοθεί απάντηση στο ερώτημα «πόσο μεγάλη πρέπει να είναι η γενετική διαφορά ώστε να προκύψει ένα νέο είδος». Ο Mayr πιστεύει πως οι διαφορές των ειδών δεν μπορεί να εκφράζονται ως διαφορές νουκλεοτιδικών αλληλουχιών του DNA, τονίζοντας ότι είναι σαν να προσπαθούμε να εκφράσουμε τις διαφορές ανάμεσα στη Βίβλο και τη Θεία Κωμωδία του Δάντη ανάλογα με τις διαφορές στη συχνότητα των γραμμάτων του αλφαβήτου που χρησιμοποιήθηκαν στα δύο αυτά κείμενα.

**\*Διευκρίνηση:**

Για να γίνουν απολυτά κατανοητά τα παρακάτω είναι απαραίτητη η αναφορά και διασαφήνιση μερικών βιολογικών εννοιών και ορισμών..

* **Πληθυσμός:** Ένας πληθυσμός είναι μια ομάδα δυνητικά διασταυρούμενων οργανισμών του ιδίου είδους που καταλαμβάνουν μια ορισμένη γεωγραφική περιοχή.
* **Δεξαμενή γονίδιων:** Τα άτομα ενός πληθυσμού μοιράζονται μια κοινή δεξαμενή γονιδίων που είναι το άθροισμα όλων των γενετικών πληροφοριών που φέρουν τα μέλη ενός πληθυσμού.
* **Οικολογικός θώκος:** Ο ρόλος ενός οργανισμού στο οικοσύστημα. Περιλαμβάνει όλες τις φυσικές, χημικές και βιολογικές συνθήκες που χρειάζεται ένα είδος για να ζήσει και να αναπαραχθεί καθώς και τις αλληλεπιδράσεις με το ενδιαίτημά του και τους άλλους οργανισμούς.
* **Φαινότυπος:** είναι όλα τα μορφολογικά και άλλα χαρακτηριστικά που εκδηλώνει ένας οργανισμός σε μία δεδομένη στιγμή, δηλαδή το μέρος του γονοτύπου- γονηδιώματος-γενετικού υλικού του οργανισμού το οποίο μπορούμε (άμεσα ή έμμεσα) να παρατηρήσουμε.
* **Αλληλόμορφο:** Τα αλληλόμορφα γονίδια είναι γονίδια που δρουν για το ίδιο γνώρισμα αλλά με διαφορετικό τρόπο. Βρίσκονται σε ζεύγη επικρατέστερων και μη. Το ζευγάρι των αλληλόμορφων συνιστά τον γονότυπο ενώ η έκφραση τους συνιστά τον φαινότυπο.

**Ειδογένεση:**

**Ορισμός:**

**“Η Ειδογένεση είναι ένα γεγονός που παράγει δύο ή περισσότερα χωριστά είδη.”**

H ειδογένεση ευθύνεται για την τεράστια ποικιλότητα των έμβιων όντων, δημιουργώντας συνεχώς νέα είδη, διαφορετικά από τα ήδη υπάρχοντα. Η αναπαραγωγική συμβατότητα αποτελεί το κριτήριο με την μεγαλύτερη επιστημονικά αποδοχή για τη μελέτη της δημιουργίας νέων ειδών. Η ειδογένεση εξηγεί όχι μόνο τις διαφορές μεταξύ ειδών, αλλά και τις μεταξύ τους ομοιότητες (την ενότητα που υπάρχει ανάμεσα στα έμβια όντα). Κινηθείτε προς τα κάτω στο φυλογενετικό δέντρο εκεί όπου ο κλαδίσκος ενός είδους συνδέεται με το υπόλοιπο του δέντρου. Εκείνο το διακλαδισμένο σημείο, και κάθε άλλο διακλαδισμένο σημείο στο δέντρο, είναι ένα σημείο ειδογένεσης. Σε εκείνο το σημείο οι γενετικές αλλαγές οδήγησαν σε δύο χωριστά είδη, εκεί όπου προηγουμένως υπήρχε ακριβώς ένα είδος. Με τον όρο αυτό, περιγράφεται η εξελικτική διαδικασία με την οποία νέα βιολογικά είδη δημιουργούνται από ένα μοναδικό πατρικό είδος. Δηλαδή, το σύνολο των διεργασιών κατά τις οποίες από ένα είδος προκύπτουν ένα ή περισσότερα άλλα είδη. Κατά την ειδογένεση, στα ευκαριωτικά είδη, πραγματοποιείται διαχωρισμός μιας γενετικής δεξαμενής σε δύο ή περισσότερες, καθώς και διαφοροποίηση ενός φαινότυπου σε περισσότερους. Για την ειδογένεση απαιτείται τα δύο αρχικά είδη να είναι ανίκανα να παράγουν μαζί βιώσιμο απόγονο, ή να αποφεύγουν να ζευγαρώσουν με τα μέλη της άλλης ομάδας.

Η εξέλιξη νέων ειδών ταυτίζεται με την ανάπτυξη γενετικών φραγμών στη ροή των γόνων μεταξύ των πληθυσμών. Η απόκλιση δυο πληθυσμών οφείλεται, είτε όταν ένας χαρακτήρας, όπως είναι η συμπεριφορά και προτιμήσεις σε θέματα βιοτικά και αναπαραγωγικά, διαφοροποιείται σε σημείο που είναι αδύνατη η διασταύρωση μεταξύ δύο πληθυσμών, είτε η προσαρμοστικότητα των υβριδίων που προκύπτουν είναι τόσο χαμηλή ώστε να παρεμποδίζεται η άμεση γονιδιακή ροή μεταξύ τους. Κατά τους Patterson και Throckmorton κύριες αιτίες ειδογένεσης αποτελούν δύο μηχανισμοί απομόνωσης, η γεωγραφική και η αναπαραγωγική απομόνωση. Το πρότυπο της εστιγμένης ισορροπίας υποδεικνύει ότι, από τη στιγμή που θα ξεκινήσει, η διαδικασία της ειδογένεσης ολοκληρώνεται σχετικά γρήγορα, κάτι που επιβεβαιώνουν όλο και περισσότερες μελέτες.

Η κατάτμηση του προγονικού είδους σε μικρούς πληθυσμούς και ο χαμηλός ρυθμός γονιδιακής ροής φαίνεται να διευκολύνουν την ειδογένεση. Τοπικοί πληθυσμοί μπορούν ν’ ανταποκριθούν στην ειδογένεση ταχύτερα απ’ ότι ένας πληθυσμός με ευρεία γεωγραφική εξάπλωση. Η ειδογένεση, δίνοντας στους πληθυσμούς τη δυνατότητα να διαφυλάξουν τα εξελικτικά τους πλεονεκτήματα, μπορεί να συμβάλλει στη μακροπρόθεσμη εξελικτική πορεία. Αφού, είναι προτιμότερο ένα εξέλικτρο κατόρθωμα να βρίσκεται κωδικοποιημένο στο γενετικό υλικό πολλών ειδών, διότι έτσι εξασφαλίζεται η διαιώνιση του σε περίπτωση εξαφάνισης του αρχικού είδους, λόγο ανικανότητας ανταπόκρισης σε συνθήκες στις όποιες τα μεταγενέστερα του είδη αντιμετωπίζουν καλύτερα.

Χαρακτηριστικά: «**Η ειδογένεση, η παραγωγή νέων γονιδιακών συνδυασμών ικανών για νέες προσαρμοστικές αλλαγές, είναι η μέθοδος με την οποία προοδεύει η εξέλιξη. Χωρίς την ειδογένεση δεν θα υπήρχε διαφοροποίηση του οργανικού κόσμου, ούτε ακτινωτή προσαρμογή και κατά συνέπεια η εξελικτική πρόοδος θα ήταν πολύ περιορισμένη. Επομένως, το είδος είναι το κλειδί της εξέλιξης**»

Πόσο γρήγορη είναι η διαδικασία της ειδογένεσης; Η απάντηση διαφέρει ανάλογα με το είδος του οργανισμού και τη δομή του πληθυσμού στον οποίο αναφερόμαστε. φυσικά, είναι δύσκολο για μας να έχουμε μία μαρτυρία ενός φυσικού γεγονότος ειδογένεσης, δεδομένου ότι τα περισσότερα από αυτά τα γεγονότα συνέβησαν στο απόμακρο παρελθόν. Υπάρχουν ακραίες περιπτώσεις που πληθυσμοί οι οποίοι έχουν απομονωθεί εκατομμύρια χρόνια έχουν υποστεί ελάχιστη μορφολογική διαφοροποίηση και διατηρούν την αναπαραγωγική τους συμβατότητα. Έτσι, για παράδειγμα, τα Αμερικανικά και Ευρασιατικά είδη πλατάνου, έχουν απομονωθεί 20 εκατομμύρια χρόνια πριν αλλά μπορούν να δώσουν γόνιμα υβρίδια. Γι΄ αυτό είναι μάλλον πιθανό ότι όταν ένας φραγμός χωρίζει στα δύο ένα είδος που έχει μεγάλη γεωγραφική εξάπλωση και δεν είναι οικολογικά εξειδικευμένο, η μέση δύναμη επιλογής εκατέρωθεν του φραγμού είναι παρόμοια και επομένως δεν προωθεί τη διαφοροποίηση. Από την άλλη πλευρά, η ειδογένεση μπορεί σε μερικές περιπτώσεις να είναι αρκετά γρήγορη. Πολλά είδη ψαριών της οικογένειας των κηχλίδων είναι ενδημικά στη λίμνη Nabugabo η οποία διαχωρίστηκε από τη λίμνη Βικτώρια της Αφρικής με μια στενή λωρίδα γης πριν από μόλις 4000 χρόνια. Το γεγονός ότι άλλα γένη αποτελούνται από πολλά και άλλα από λίγα είδη δεν σημαίνει ότι διαφέρουν ως προς το ρυθμό ανάπτυξης των απομονωτικών μηχανισμών, αφού σε τελική ανάλυση ο αριθμός των ειδών ενός γένους επηρεάζεται τόσο από το ρυθμό εμφάνισης όσο και από το ρυθμό εξαφάνισης των ειδών.

Μερικές από τις σημαντικότερες αιτίες ειδογένεσης είναι η ανάπτυξη εσωτερικού ή εξωτερικού φράγματος στην ανταλλαγή γενετικού υλικού μεταξύ δυο πληθυσμών του ίδιου είδους. Αυτό μπορεί να επιτευχτεί με πολλούς τρόπους…

**Γεωγραφική Απομόνωση:**

Το φαινόμενο της απομόνωσης ενός ή περισσότερων πληθυσμών, φυτικών ή ζωικών ειδών, σε μια περιοχή, λόγω της παρουσίας πρακτικά αδιάβατων γεωγραφικών εμποδίων (υψηλές οροσειρές, μεγάλες θαλάσσιες εκτάσεις κλπ.). Η διαδικασία αυτή, εμποδίζοντας την επαφή των απομονωμένων πληθυσμών με την πανίδα και τη χλωρίδα άλλων περιοχών, μπορεί να αποτελέσει το έναυσμα για τη δημιουργία νέων ειδών, συμβάλλοντας στην εξέλιξη. Η απομόνωση πληθυσμών σε μεγάλη κλίμακα είναι δυνατόν να οφείλεται σε κλιματικά ή γεωλογικά φαινόμενα, όπως η εξάπλωση των παγετώνων, ο κατατεμαχισμός και η μετακίνηση ή η βύθιση μεγάλων τμημάτων της ξηράς. Η ανομοιόμορφη βύθιση της Αιγηίδας, για παράδειγμα, κατά την προϊστορική εποχή δημιούργησε τα πολυάριθμα νησιά του Αιγαίου, η χλωρίδα των οποίων αναπτύχθηκε σταδιακά χωρίς να έρθει σε επαφή με τα φυτά της υπόλοιπης Ελλάδας. Αυτό εξηγεί γιατί στα νησιά αυτά υπάρχουν πολλά ενδημικά είδη φυτών, δηλαδή φυτά που δεν φύονται πουθενά αλλού (π.χ. δίκταμο της Κρήτης). Χαρακτηριστικό παράδειγμα των συνεπειών της γεωγραφικής απομόνωσης αποτελεί και η Αυστραλία. Το νησί αυτό αποσπάστηκε πριν από εκατομμύρια χρόνια και η πανίδα του εξελίχθηκε χωριστά από αυτήν των άλλων ηπείρων. Έτσι, εμφανίζει ομάδες ζώων οι οποίες απουσιάζουν από άλλες ηπείρους (π.χ. καγκουρό). Ένα ιδιόμορφο είδος γεωγραφικής απομόνωσης είναι πιθανόν να προκαλέσουν και οι άνθρωποι. Το Άγιον Όρος, για παράδειγμα, είναι εξαιρετικά πλούσιο σε ενδημικά φυτά, γιατί ο επί αιώνες περιορισμός των επισκέψεων στο εσωτερικό του επέτρεψε την αδιατάρακτη εξέλιξη της χλωρίδας του χωρίς την ανθρώπινη παρέμβαση. Η γεωγραφική απομόνωση μπορεί να συμβεί με δύο τρόπους:

* Γεωγραφική απομόνωση μέσω διάσπασης του εύρους της περιοχής διαβίωσης ενός πληθυσμού σε 2 ή περισσότερες περιοχές με την εμφάνιση κάποιου φυσικού φραγμού.
* Γεωγραφική απομόνωση μέσω εξάπλωσης και αποικισμού.

**Αναπαραγωγική Απομόνωση:**

Η αναπαραγωγική απομόνωση οφείλεται σε αναπαραγωγικούς φραγμούς που εμποδίζουν τα είδη να αναπαραχθούν μεταξύ τους και συνήθως αναπτύσσονται σταδιακά. Η αναπαραγωγική απομόνωση είναι η σημαντικότερη αιτία αποκλίνουσας ειδογένεσης. Η αναπαραγωγική απομόνωση σε συνδυασμό με τη δράση της φυσικής επιλογής και της γενετικής παρέκκλισης δημιουργεί και διευρύνει τις μορφολογικές διαφορές μεταξύ των ειδών. Συνήθως, παρόλο που η απόκλιση είναι μια συνεχής διαδικασία, η διαφοροποίηση γίνεται εμφανής αφού επιτευχθεί η αναπαραγωγική απομόνωση. Η αναπαραγωγική απομόνωση μεταξύ στενά συγγενικών ειδών οφείλεται συνήθως όχι σε ένα αλλά σε διάφορα σημεία του γονηδιώματος και η ειδογένεση είναι μάλλον μια συνεχής διαδικασία, καθώς φραγμοί στη γονιδιακή ροή που αρχικά δεν ήταν πλήρεις γίνονται προοδευτικά αποτελεσματικότεροι. Όταν ανάμεσα στα άτομα ενός πληθυσμού υπάρχει συνεχής και απρόσκοπτη ροή γενετικού υλικού τότε είναι αδύνατο να υπάρξει διαφοροποίηση σε δύο ή περισσότερες μορφές. Εάν τα εσωτερικά εμπόδια στη ροή γονιδίων δεν εξελίσσονται, τα άτομα από τα δύο μέρη του πληθυσμού θα διασταυρωθούν ελεύθερα εάν έρθουν και πάλι σε επαφή. Οποιεσδήποτε γενετικές διαφορές μπορεί να είχαν εξελιχθεί θα εξαφανιστούν καθώς τα γονίδιά τους αναμιγνύονται και πάλι. Οι μηχανισμοί που οδηγούν στην αναπαραγωγική απομόνωση είναι οι…

**Προγαμικοί ή προσυζευτικοί :** Μηχανισμοί που αποτρέπουν τη γενετική επαφή και οι μεταγαμικοί μηχανισμοί απομόνωσης, μηχανισμοί που δρώντας μετά την γενετική επαφή εμποδίζουν τη δημιουργία γόνιμων απογόνων.

* Χρονική απομόνωση (οι διασταυρώσεις γίνονται σε διαφορετικό χρόνο)
* Οικολογική απομόνωση (οι πληθυσμοί κατέχουν καλά καθορισμένη θέση με καθορισμένους ρόλους μέσα σε ένα οικοσύστημα)
* Ηθολογική απομόνωση (διαφορετική συμπεριφορά στο ζευγάρωμα, διαφορετικές προτιμήσεις)
* Μηχανική απομόνωση (αδυναμία διασταύρωσης λόγο πρακτικών αναπαραγωγικών επιπλοκών)
* Ασυμβατότητα των γαμετών (αναφέρεται στις περιπτώσεις κατά τις οποίες δεν υπάρχει συμβατότητα μεταξύ αρρένων και θηλυκών γαμετών )

**Μεταγαμικοί ή μετασυζευτικοί:** Μηχανισμοί που δρώντας μετά την γενετική επαφή εμποδίζουν τη δημιουργία γόνιμων απογόνων.

* Θνησιγενή υβρίδια (θάνατος κατά, πριν ή μετά τη γέννα)
* Στείρα υβρίδια (π.χ. μουλάρι)
* Γόνιμα υβρίδια, (όχι καλά προσαρμοσμένα, που τελικά λόγω ανταγωνισμού εξαφανίζονται)

**Κατηγορίες ειδογένεσης:**

* **Ειδογένεση με προοδευτική απόκλιση:**

Όταν δυο πληθυσμοί έχουν αποκλίνει ως προς τη γενετική τους σύνθεση σαν αποτέλεσμα της προσαρμογής τους σε διαφορετικά περιβάλλοντα, είναι δυνατό κάποιες από τις γενετικές διαφορές τους να προκαλέσουν παρεμπιπτόντως αναπαραγωγική απομόνωση, όταν οι πληθυσμοί ξανασυναντηθούν. Η βαθμιαία γενετική απόκλιση μπορεί ακόμα να δημιουργήσει γενετική ασυμβατότητα, με αποτέλεσμα τη στειρότητα ή τη θνησιμότητα των υβριδίων. Ο Δαρβίνος εξήγησε λοιπόν ότι πολλά από τα δευτερογενή φυλετικά χαρακτηριστικά του αρσενικού (τα κέρατα των ελαφιών, η ουρά του παγωνιού) είναι χαρακτήρες που δίνουν τη δυνατότητα στους φορείς τους να αποκτήσουν περισσότερους απογόνους.

* **Αλλοπατρική ειδογένεση:**

Σύμφωνα μ’ αυτό, είναι πολύ πιθανό να συμβεί ειδογένεση όταν η γονιδιακή ροή διακόπτεται όταν ένας πληθυσμός χωριστεί σε γεωγραφικά απομονωμένους υποπληθυσμούς. Η αλλοπάτρια ειδογένεση, είναι ο μοναδικός τύπος που εμφανίζεται στα θηλαστικά και στα πτηνά, βασίζεται στο γεγονός πως όλοι οι πληθυσμοί μιας τάξης δεν βρίσκονται σε επαφή μεταξύ τους αλλά ενδέχεται να είναι γεωγραφικά απομονωμένοι, όπως λόγω φραγμών που οφείλονται στην ιδιαίτερη μορφολογία του εδάφους. Κατά αυτό τον τρόπο, εμποδίζεται η γονιδιακή ροή και επιτρέπεται σε ένα είδος να εξελίσσεται ανεξάρτητα από το πατρικό είδος ώστε βαθμιαία να καταστεί γενετικά διαφοροποιημένο, τόσο ώστε να θεωρηθεί τελικά διαφορετικό είδος. Η ειδογένεση στους περιφερειακούς πληθυσμούς μπορεί να επιταχυνθεί όταν η επιλογή για τη απόκλιση αυτή είναι έντονη και η ανταλλαγή γονιδίων με το αρχικό είδος χαμηλή. Έτσι, αφότου επέλθει γεωγραφική απομόνωση, διάφοροι μηχανισμοί διαφοροποιούν τις χωριστές πλέον γονιδιακές δεξαμενές των πληθυσμών που δημιουργήθηκαν. Οι γενετικές διαφορές μεταξύ των ειδών εντοπίζονται ακριβώς στους χαρακτήρες εκείνους που μπορούν να αποκλείσουν την ανταλλαγή γονιδίων. Όσο πιο γεωγραφικά απομακρυσμένοι είναι δύο πληθυσμοί, τόσο εντονότερη είναι η αναπαραγωγική τους απομόνωση λόγω στειρότητας ή ηθολογικών διαφορών. Η διαδικασία αυτή διαφέρει από τη φυλετική εξέλιξη, κατά την οποία δεν έχουμε αύξηση του αριθμού των ειδών.

Προσεκτικές γενετικές μελέτες που έγιναν έδειξαν πως είναι δυνατό οι πληθυσμοί να αποκλίνουν μεταξύ τους ακόμα κι αν παραμένουν σε φυσική επαφή. Η επιλογή που ευνοεί την απόκλιση να είναι ισχυρή, και η επιλογή ατόμου για σύζευξη να σχετίζεται με τον παράγοντα που συμβάλλει στην απόκλιση αυτή.

* **Συμπάτρια ειδογένεση:**

Η συμπάτρια ειδογένεση είναι το είδος της ειδογένεσης που λαμβάνει χώρα σε πληθυσμούς οι οποίοι ζουν στην ίδια γεωγραφική περιοχή. Η ειδογένεση χαρακτηρίζεται συμπάτρια όταν ο μηχανισμός της αναπαραγωγικής απομόνωσης προκύπτει μέσα σε έναν αρχικό πληθυσμό χωρίς τοπικό φραγμό μεταξύ των εν τη γενέσει ειδών. Οι προϋποθέσεις για συμπάτρια ειδογένεση δεν είναι συνηθισμένες καταστάσεις στη φύση, ενώ τα περισσότερα μοντέλα αυτού του τύπου αμφισβητούνται. Υπάρχουν ωστόσο ενδείξεις υπέρ της συμπάτριας ειδογένεσης σε φυτά ή σε περιπτώσεις ιχθύων του γλυκού νερού. Τα άτομα ενός είδους εξειδικεύονται στη χρησιμοποίηση διαφορετικών συστατικών του περιβάλλοντος που εν τέλει καταλήγει στη ανάπτυξη αναπαραγωγικών φραγμών. Ωστόσο, πώς μπορούν να προκύψουν αναπαραγωγικοί φραγμοί ανάμεσα σε συμπάτριους πληθυσμούς, των οποίων τα μέλη εξακολουθούν να βρίσκονται σε επαφή; Λόγω αυτής της επαφής των γονιδίων των πληθυσμών, η συμπάτρια ειδογένεση είναι λιγότερο συχνή από την αλλοπάτρια και χωρίζεται σε δυο περιπτώσειςτη φυλετική επιλογή (επιθυμίες ζευγαρώματος) και τη πολυπλοειδία (χρωμοσωμικές μεταλλάξεις).

* **Παραπατρική ειδογένεση:**

Θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως γεωγραφικά ενδιάμεση μεταξύ της αλλοπάτριας και συμπάτριας

ειδογένεσης. Η παραπατρική ειδογένεση είναι ένας άλλος κύριος τύπος απόκλισης ο οποίος δεν απαιτεί φυσική απομόνωση των πληθυσμών. Περιλαμβάνει δύο συγγενικά είδη των οποίων τα γεωγραφικά όρια δεν επικαλύπτονται, αλλά είναι σε άμεση επαφή. Η παραπάτρια ειδογένεση προκαλείται από το μερικό διαχωρισμό ενός είδους σε πληθυσμούς λόγω οικολογικών φραγμών. Αν η επιλογή, λοιπόν, ευνοεί διαφορετικά αλληλόμορφα σε δύο παρακείμενους πληθυσμούς, δημιουργείται μια σταδιακή τοπική διαφοροποίηση στη συχνότητα των γονιδίων. Οι πληθυσμοί μπορούν να διαφοροποιηθούν σε αναπαραγωγικά απομονωμένα είδη, αν υπάρχει ισχυρή επιλογή για ένα ή περισσότερα γονίδια που ελέγχουν κάποια μορφή αναπαραγωγικής απομόνωσης.

* **Περιπατρική ειδογένεση:**

Ή αλλιώς Φαινόμενο ιδρυτή που συμβαίνει όταν ένα μικρός αριθμός ατόμων διασπείρονται σε ένα απόμακρο μέρος στο οποίο δεν υπάρχουν αντιπρόσωποι του είδους. Έχει εδώ και καιρό παρατηρήσει ότι τοπικοί και απομονωμένοι πληθυσμοί, που συνήθως βρίσκονται στην περιφέρεια της βασικής εξάπλωσης ενός είδους, παρουσιάζουν συχνά πολλές διαφορές μεταξύ τους καθώς και με τον κύριο πληθυσμό. Για να το εξηγηθεί αυτό προτάθηκε, πως σε μικρούς πληθυσμούς που ιδρύονται από λίγα άτομα και αποκόπτονται από το κυρίως σώμα του είδους, η γενετική διαφοροποίηση μπορεί να είναι εξαιρετικά γρήγορη και να επηρεάζει όλο το γονιδίωμα. Υποστηρίζεται ότι ναι μεν η γενετική αλλαγή σε έναν πληθυσμό με μεγάλη γεωγραφική εξάπλωση είναι μια βραδεία διαδικασία, όμως η εξέλιξη νεοϊδρυθεισών αποικιών μπορεί να είναι τόσο γρήγορη και να επιφέρει αλλαγές τέτοιου μεγέθους έτσι ώστε να σημαδεύσουν την προέλευση όχι μόνο νέων ειδών, αλλά και νέων γενών.

* **Στασιπατρική ειδογένεση:**

Ένα μοντέλο παραπατρικής ειδογένεσης αποτελεί η στασιπατρική ειδογένεση. Αυτός παρατήρησε ότι ανάμεσα στους γεωγραφικούς πληθυσμούς οι χρωμοσωμικές μεταβολές δρουν ως απομονωτικοί μηχανισμοί διότι μειώνουν τη γονιμότητα των απογόνων τους, με αποτέλεσμα ένας πληθυσμός να είναι κάποια στιγμή πλήρως απομονωμένος από κάποιο μεγαλύτερο που τον περιβάλλει.

**Χαρακτηριστικό Παράδειγμα:**

Το παράδειγμα αυτό είναι μια χαρακτηριστική, φανταστική υπόθεση στην οποία διαφαίνονται πολλοί από τους μηχανισμούς ειδογένεσης καθώς και οι παράγοντες που τους προκαλούν. Το γεγονός ότι το παράδειγμα αυτό δεν έχει παρατηρηθεί αυτό κάθε αυτό, δεν το καθιστά αδύνατο, αφού βασίζεται πάνω σε επιστημονικά δεδομένα και περιστάσεις στις οποίες έχουν παρατηρηθεί τέτοια μεμονωμένα φαινόμενα. Στις περισσότερες πραγματικές περιπτώσεις, μπορούμε μόνο να βάλουμε μαζί μέρος της ιστορίας από τα διαθέσιμα στοιχεία. Εντούτοις, τα στοιχεία ότι αυτό το είδος της διαδικασίας συμβαίνει είναι ισχυρά.

Αρχικά, στο εξελικτικό αυτό σκηνικό έχουμε έναν πληθυσμό αγρίων σαυρών. Ο πληθυσμός αυτός, αν και μικρός, διαθέτει αναμεταξύ των ατόμων του όλα τα χαρακτηριστικά που τον κάνουν ένα μεμονωμένο είδος. Δηλαδή, έχει ευδιάκριτες διαφορές σε σχέση με τα αλλά είδη που βρίσκονται στο ίδιο περιβάλλον. Κάθε σαύρα μπορεί να αναχαραχτεί ζευγαρώνοντας με μια άλλη σαύρα του ίδιου είδους και να γεννηθούν βιώσιμοι απόγονοι, οι οποίοι και αυτοί με τη σειρά τους αναπαράγονται και μεταβιβάζουν τις γενετικές τους πληροφορίες στους δικούς τους απογόνους. Από αυτό συμπεραίνουμε πως κάθε σαύρα κατάγεται από έναν κοινό πρόγονο που διαφοροποιήθηκε από τις άλλες στο μακρινό παρελθόν. Επιπλέον, ο πληθυσμός αυτός καταλαμβάνει μια συγκεκριμένη θέση στο οικοσύστημα της περιοχής καθώς, αλληλεπιδρώντας με αυτό συμβάλει στον έλεγχο του πληθυσμού των εντόμων .

Παρόλα αυτά, ελάχιστες διαφοροποιήσεις λόγο του φαινομένου της γενετικής παρέκκλισης εμφανίζονται που και που στο γονιδίωμα της σαύρας, όμως διάφοροι περιβαλλοντικοί παράγοντες και μηχανισμοί όπως αυτοί της φυσικής επιλογής διατηρούν μια γονιδιακή σταθερότητα εξαλείφοντας τα νέα, μη συμβατά με τις εκεί συνθήκες γονίδια ή μέσω της γονιδιακής ροής αναμεταξύ των υποπλυθισμών και σύμφωνα με τους νόμους τις κληρονομικότητας παραμένουν ως υπολειπόμενα και «άχρηστα». Οι μηχανισμοί σε αυτήν την περίπτωση αποτελούν συντηρητικό παράγοντα που αποτρέπει την απόκλιση μερικώς απομονωμένων πληθυσμών σαυρών και συμβάλει σημαντικά στη σταθερότητα και τη στάση του πολυπληθέστερου είδους. Με λίγα λόγια, η εμφάνιση ενός χαρακτηριστικού σε μερικές σαύρες που δεν τους προσδίδει κανένα πλεονέκτημα περιβαλλοντικό ή ανάμεσα στις άλλες σαύρες, καταλήγει να περιορίζεται αν είναι μειονεκτικό από τη φυσική επιλογή, ενώ αν είναι ουδέτερο ανασυνδιαζόμενο με το DNA άλλων σαυρών, καταλήγει να δίνει τη θέση του σε πιο ωφέλιμα χαρακτηριστικά και να μένει υπολειπόμενο, ουσιαστικά άχρηστο. Όλοι αυτοί οι σταθεροποιητικοί παράγοντες μπορούν και συντελούν στη διαμόρφωση μιας τοπικής και χρονικής σταθερής συγκέντρωσης από πληθυσμιακά γονίδια. Αυτή η συγκέντρωση ονομάζεται γονιδιακή δεξαμενή και περιλαμβάνει κάθε γονίδιο που διαθέτει κάθε σαύρα στον πληθυσμό αυτό και κάθε σαύρα που γεννιέται παίρνει ένα μέρος από τις γενετικής πληροφορίες της δεξαμενής τις οποίες μόνο ένα μέρος καταφέρνει και εκφράζεται στα χαρακτηριστικά της, κάνοντας την όμοια ή ελάχιστα διαφορετική από τις άλλες.

Έρχεται όμως η καταστροφή. Ένας τυφώνας παρασέρνει τις σαύρες μέσα στο ποτάμι και μετά στη θάλασσα. Επιβαίνοντας πάνω σε επιπλέοντα ξύλα κάποιες από τις σαύρες καταφέρνουν και φτάνουν στην στεριά. Το ξύλο αυτό μαζί τους λαθρεπιβάτες ξεπλένεται σε ένα απόμακρο νησί. Με τον τρόπο αυτό οι συγκεκριμένες σαύρες κατάφεραν με έναν εντελώς τυχαίο τρόπο να βρεθούν μακριά από τους γονείς τους και από κάθε άλλη σαύρα του είδους τους προσδίδοντας έτσι την απαραίτητη γεωγραφική απομόνωση η οποία τις περισσότερες φορές σηματοδοτεί την έναρξη της ειδογένεσης. Οι δύο μερίδες του πληθυσμού, της ηπειρωτικής χώρας και του νησιού, βρίσκονται τώρα πάρα πολύ μακριά και χωριστά ο ένας από τον άλλο ώστε να παύσει να υπάρχει κοινή ροή γονιδίων που διατηρούσε υπό έλεγχο τυχών διαφοροποιήσεις. Στη φάση αυτή η ειδογένεση δεν έχει εμφανιστεί ακόμα. Οποιεσδήποτε σαύρες που επέστρεφαν στην ηπειρωτική χώρα θα μπορούσαν να ζευγαρώσουν και ζευγαρώνοντας να δώσουν ένα υγιή απόγονο

Εδώ πρέπει να γίνει ξεκάθαρο πως αυτή η κατάληξη αποτελεί καθαρά θέμα πιθανοτήτων καθώς οι πιθανότητες να επιβιώσει μια σαύρα, πόσο μάλλον δυο και περισσότερες, το ταξίδι αυτό, καθώς ενδέχεται να πνιγούν πριν φτάσουν ή να μην βρουν καθόλου στεριά. Οι πιθανότητες όμως γίνονται ακόμα πιο μικρές για να μπορέσουν οι σαύρες αυτές να επιβιώσουν και να αναχαραχτούν στο νέο αυτό περιβάλλον, γιατί μπορεί να μην είναι ικανές να προσαρμοστούν αρκετά γρήγορα στις αλλαγές του περιβάλλοντος, οι οποίες ενδέχεται να είναι και αδύνατες για την φιλοξενία ζωής, ή ακόμα και η πιθανότητα να επιβιώσουν μόνο σαύρες ενός φύλου ώστε να μη μπορούν να αναχαραχτούν.

Στο νέο αυτό περιβάλλον τα δεδομένα έχουν πια αλλάξει. Τίποτα από όλα τα πλεονεκτικά χαρακτηριστικά που διέθεταν αρχικά οι σαύρες δεν τους εγγυάται την επιβίωση τους. Οι οικολογικοί παράγοντες είναι ελαφρώς διαφορετικοί στο νησί, και ο πληθυσμός νησιών εξελίσσεται κάτω από τις διαφορετικές επιλεκτικές πιέσεις και τα διαφορετικά τυχαία γεγονότα από ότι πληθυσμός ηπειρωτικών χωρών. Λόγο του ότι οι σαύρες μπορούν και αναπαράγονται σχετικά γρήγορα και παράγουν ταυτόχρονα πολλούς απογόνους αυξάνει το ποσοστό επιβίωσης ενός μέρους του αρχικού πληθυσμού. Ο σημαντικότερος παράγοντας που συμβάλει στην αρχική διαφοροποίηση των σαυρών, είναι το λεγόμενο φαινόμενο του ιδρυτή. Κάθε σαύρα που πρωτοέφτασε, όπως προαναφέραμε, φέρει παρόμοιες γενετικές πληροφορίες με αυτές των προγόνων της στην ήπειρο, όμως όχι ίδιες. Διαθέτει μόνο ένα κομμάτι από τις πληροφορίες της αρχικής γονιδιακής δεξαμενής. Έτσι, ένα μέρος από τις αρχικές γενετικές πληροφορίες του πληθυσμού χάθηκε και δεν πρόκειται να ξαναεμφανιστεί τουλάχιστον στον πληθυσμό αυτό. Ανάλογα τώρα με τις παρούσες συνθήκες θα επανακαθοριστεί και η σημασία των γονιδίων για την επιβίωση των σαυρών. Επομένως, δεν είναι η σημασία των γονιδίων που καθορίζει την έκφραση τους στις σαύρες, αλλά οι πάγιες περιβαλλοντικές συνθήκες. Ενδέχεται ένα υπολειπόμενο και σπάνια εμφανιζόμενο χαρακτηριστικό που τύχαινε και κουβαλούσε μαζί τις μια σαύρα να επανεμφανιστεί τυχαία σε μια άλλη γενιά και να αποβεί χρήσιμο στις νέες αυτές περιστάσεις. Στο νέο μέρος αυτό, σε αντίθεση με αυτό που ζούσε ο αρχικός πληθυσμός είναι πολύ διαφορετικό. Η μορφολογία του εδάφους, το κλίμα, οι πηγές τροφής, ο ανταγωνισμός από αλλά είδη είναι όλοι παράγοντες που απειλούν την επιβίωση του είδους. Μιας και δεν γίνεται να αλλάξουν οι παράγοντες αυτοί έρχεται και παίρνει ρόλο η διαφοροποιητική εξέλιξη μέσω της φυσικής επιλογής η οποία μπορεί και τροποποιεί τα γονίδια των σαυρών στο νησί.

Κανένας πληθυσμός ή οργανισμός δεν προσαρμόζεται τέλεια. Το ίδιο ισχύει και για τις σαύρες που βρέθηκαν στο νησί αυτό. Επειδή διαφορετικές περιοχές έχουν διαφορετικές συνθήκες άρα και διαφορετικές ευκαιρίες επιβίωσης, διαφορετικά γονίδια καταλήγουν μέσα από τη φυσική επιλογή να εκφράζονται στις σαύρες, τα οποία τις καθιστούν καλλίτερα προσαρμοσμένες στο συγκεκριμένο περιβάλλον. Διευκρινίζοντας, δεν είναι ολόκληρο το γονιδίωμα της σαύρας που σταδιακά θα αλλάξει, αλλά ένα πολύ ελάχιστο μέρος του. Μιας και μιλάμε για μικροεξέλιξη δεν είναι δυνατό τόσο απότομα να παρατηρηθούν μεταβολές που θα αλλάξουν την βασική δομή της σαύρας δίχως να φέρουν σε κίνδυνο την υγεία της, δηλαδή δεν πρόκειται ξαφνικά οι σαύρες να βγάλουν φτερά και να πετάξουν, διότι αυτό είναι περιστατικό, που υπό τις παρούσες συνθήκες και εξελικτικούς μηχανισμούς λαμβάνει χρόνο μόνο στην μακροεξέλιξη. Άρα, η σωματική Δύμη της σαύρας και τα περισσότερα χαρακτηριστικά της θα παραμείνουν αναλλοίωτα, αφού τα γονίδια στα οποία εκφράζονται έχουν υπομείνει και ανταποκριθεί σε πολλές τέτοιες καταστάσεις στο παρελθόν, προσδίδοντας έτσι μια βάση πάνω στην οποία τα νεότερα αποκτηθείσα χαρακτηριστικά θα επανεξετάσουν και θα προκύψουν νέα, που θα διαφοροποιούν μέρος της σαύρας, αλλά όχι όλο από την αρχή.

Στο σημείο αυτό μπαίνουν στο παιχνίδι οι διάφοροι αυτοί εξελικτικοί μηχανισμοί. Αυτός που θα επιφέρει το γρηγορότερο θεμιτό αποτέλεσμα είναι και αυτός που θα κυριαρχήσει στη μετάβαση αυτή, δίχως να ακυρώνει τη συμμέτοχη και των υπολοίπων. Σε αντίθεση με τον πληθυσμό των σαυρών στην ήπειρο, στην προκείμενη περίπτωση, οι μηχανισμοί όπως αυτοί της εξέλιξης και της γονιδιακής ροής διαδραματίζουν τον ακριβώς αντίθετο ρόλο. Η γονιδιακή ροη από τη μία σταμάτα να φέρνει σε επαφή σαύρες που ζουν στα ηπειρώτικα με αυτές που ζουν στα νησιά έχοντας ως αποτέλεσμα να αρχίσουν να συσσωρεύονται περισσότερες γενετικές διαφορές μεταξύ των ειδών. Ενώ από την άλλη, η φυσική επιλογή οργιάζει και προκαλεί τυχαίες διαφοροποιήσεις από εδώ και από εκεί. Θα παραμένουν όμως να έχουν διατηρητικό ρόλο σε πάλαια εμφανισθέντα χαρακτηριστικά που ούτε σε αυτές τις περιστάσεις πρέπει να αλλάξουν, γιατί απειλείται η επιβίωση του οργανισμού. Όταν σε έναν οργανισμό όπως οι σαύρες του στερηθεί το αρχικό υπόβαθρο που διέθετε για την επιβίωση του, τότε η εξέλιξη και η επιλογή θα κάνει τα πάντα για να διατηρηθεί να επιβίωση και να αναχαραχτεί αυτός ο οργανισμός και να επαναφερθεί στη σταθερότητα, ακόμα, και αν αυτό απαιτεί την αλλαγή στη διαμόρφωση του είδους. Είναι σαν ένας άνθρωπος από εκεί που ζούσε κανονικά στη ξηρά να βρεθεί απότομα μέσα στη θήλασα, τότε ο άνθρωπος αυτός θα κάνει τα πάντα μέσα από τυχαίες κινήσεις και αν χρειαστεί ακόμα και μέσω ακραίων επίλογων να κρατηθεί στη ζωή και αναδυθεί στην επιφάνια.

Η διαφοροποίηση αυτή που σταδιακά γίνεται ηχεί ως βασικότερο υπόβαθρο τις τυχαίες μεταλλάξεις που συμβαίνουν στο DNA της κάθε σαύρας. Όπως και κάθε άλλος οργανισμός στα κύτταρα της σαύρας από διαφορές κυτταρικές παραλήψεις, των διάφορων κυτταρικών διεργασιών προκύπτουν τυχαίες μεταλλάξεις. Οι μεταλλάξεις αυτές, οι οποίες όμως λαμβάνουν χώρα μόνο στα αναπαραγωγικά κύτταρα της σαύρας, θα κριθούν αν είναι επαρκώς ανταποκρίνουσες στις παρούσες συνθήκες και σε συνδυασμό με την επανεμφάνιση τυχόν υπολειπόμενων γονιδίων θα συντελέσουν στη δημιουργία ενός εντελώς νέου χαρακτηριστικού. Για παράδειγμα μπορεί αυτές οι σαύρες να είναι εκτεθειμένες σε ένα περιβάλλον με έντονη έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία και μαύρου εδάφους λόγο γεωλογικών δραστηριοτήτων, όπως τα ηφαίστεια. Μιας και στο αρχικό τόπο απ’ όπου προήρθαν οι σαύρες δεν υπήρχαν τέτοιες συνθήκες όπως πολύ ακτινοβολία ή ηφαίστεια, δεν υπήρχε λόγος να αναπτυχτούν νέες μέθοδοι αντιμετώπισης, με αποτέλεσμα αν και τυχόν τυχαία προκύψουν τέτοια χαρακτηριστικά να χαρακτηριστούν ουδέτερα και να χαθούν ή να χαρακτηριστούν υπολειπόμενα. Τώρα όμως που τίθεται άμεσο ζήτημα επιβίωσης τέτοια χαρακτηριστικά μπορεί να φάνουν χρήσιμα στις σαύρες και έτσι μέσω της φυσικής επιλογής σταδιακά να αναπτύξουν και αυτές μαύρο χρώμα δέρματος ώστε να έχουν καλύτερη κάλυψη και προστασία από τον ήλιο.

Έτσι, οι σαύρες κατάφεραν να επιβιώσουν τις αρχικές αντίξοες συνθήκες. Όμως κάτι που δεν λήφθηκε υπόψη, είναι η επίδραση των σαυρών στο νησί με τα βιοτικά μέρη του περιβάλλοντος. Όπως παρατηρείται οι οργανισμοί δεν αλληλεπιδρούν μόνο με τα αβιοτικά στοιχειά αλλά με τα έμβια σχηματίζοντας νέους δεσμούς με αυτά που καθορίζουν η επιβίωση τους. Οι σαύρες στην προκειμένη περίπτωση μπορεί να μην βρίσκονται σε θέση να κυνηγούν τα έντομα που κυνηγούσαν πριν, αλλά να αναγκαστούν για να επιβιώσουν κυνηγώντας ένα άλλο είδος εντόμου που συμπεριφέρεται διαφορετικά, προκαλώντας έτσι, μέσω της επιλογής, να εξελιχτούν σαύρες που να διαθέτουν μια μακρύτερη γλωσσά για να φτάσουν μακρινά έντομα πριν τις αντιληφτούν. Ενδέχεται όμως εκεί που βρέθηκαν να προϋπήρχε ένα άλλο είδος σαύρας το οποίο ήταν πιο προσαρμοσμένος κυνηγός, έτσι λόγο του ανταγωνισμού που αντιλαμβάνεται, οι σαύρες να μπορούν να αναπτύξουν την συμπεριφορά να πηδούν ψηλότερα αυξάνοντας τις πιθανότητες επιτυχίας και ξεκινώντας μια αλυσιδωτή διαδικασία συνεξέλιξης των δυο ειδών σαυρών. Στην ίδια περίπτωση εντάσσεται και αυτή, όπου οι σαύρες μπορεί να αποτελέσουν τη νέα επιλογή γεύματος ενός παραβρισκόμενου θηρευτή η οποία θα πυροδοτήσει και αυτή από μέρους της έναν συνεξελικτικό αγώνα επιβίωσης, όπου για παράδειγμα στις σαύρες να αναπτυχτούν περισσότερα αγκάθια και στους θηρευτές όπως το γεράκι πιο γαμψά νυχιά.

Όμως πλέον που βρίσκονται απομονωμένες, ένας μικρός πληθυσμός σε ένα νησί είναι ευκολότερο να αναπτυχτούν και νέες μέθοδοι και σε τρόπους αναπαραγωγής. Αφού, πλέον είναι πιθανότερο μια σαύρα να εμφανίσει ξαφνικά την επιθυμία να θέλει να ζευγαρώσει με αυτή με τα μεγαλύτερα πόδια, κάνοντας τους πιθανούς εραστές της να θέλουν και αυτοί, για να διαιωνιστεί το είδος, μέσω αύτη τη φόρα της φυλετικής επιλογής, σιγά σιγά να επιμηκύνουν το μήκος των ποδιών τους. Το γεγονός της εισαγωγής του ξένου είδους σαύρας μπορεί να φέρει και αρκετά πλεονεκτήματα σε οικολογικό επίπεδο, αφού έως πρότινος ενδέχεται το οικολογικό αυτό σύστημα να του λείπετε ένα στοιχειό που θα του προσδώσει καλύτερο έλεγχο και σταθερότητα. Με τον τρόπο αυτό, οι σαύρες με το που βρεθήκαν στο νέο αυτό νησί εκμεταλλεύτηκαν τυχών κενά στην τροφική αλυσίδα συμπληρώνοντας έναν ακόμα παράγοντα στο οικοσύστημα και τη βιοποικιλότητα του νησιού, αυξάνοντας την πολυπλοκότητα και εξειδίκευση και επιφέροντας μεγαλύτερη σταθερότητα. Αυτό το γεγονός επωφελή τόσο το ίδιο το τοπικό οικοσύστημα όσο και την επιβίωση του πληθυσμού της σαύρας, αφού πλέον καταλαμβάνει μια μόνιμη θέση (θώκο) στο τοπικό οικοσύστημα.

Μέσω λοιπόν του εκτενούς εξελικτικού ταξιδιού αυτού, που ενδέχεται να διήρκεσε πολλές χιλιάδες χρόνια, βρισκόμαστε σε σημείο όπου οι σαύρες των νησιών άλλαξαν χρώμα και δομή δέρματος, επιμήκυναν τη γλωσσά τους, εμφάνισαν αγκαθωτή ράχη και εξέλιξαν μεγαλύτερα και ικανότερα στα άλματα πόδια. Έτσι, συναντιόμαστε πάλι: Όταν μια άλλη θύελλα επανεισάγει τις σαύρες των νησιών στην ηπειρωτική χώρα, δεν θα ζευγαρώσουν εύκολα με αυτές των ηπειρωτικών χωρών δεδομένου ότι έχουν εξελίξει τις διαφορετικές συμπεριφορές ερωτοτροπίας και συνήθεις. Μπορεί οι θηλυκές της ηπείρου που έχουν μάθει στο να αναπαράγονται με κανονικές σαύρες να μην τους αρέσει να επιλέξουν αυτές των νησιών με τα μεγάλα πόδια σαν να εκφράζουν ένα υποσυνείδητο είδος φυλετικού ρατσισμού. Λίγες είναι οι σαύρες που ζευγαρώνουν με αυτές των ηπειρωτικών χωρών και ακόμα λιγότερες οι πιθανότητες να πραχτούν βιώσιμοι απογώνοι. Επιπλέον, ενδέχεται οι μεταβολές και μεταλλάξεις που υπέστησαν, τόσο οι σαύρες στα νησιά όσο και άσιτες στην ήπειρο, -αφού η εξέλιξη κατά όλο το χρονικό αυτό διάστημα δεν σταμάτησε ούτε εκεί να δρα- να καθιστούν τους γαμέτες τους τόσο διαφορετικούς έτσι ώστε όταν επαναφερθεί η γονιδιακή ροη και ξανασυνδιαστούν να δημιουργήσουν στείρους απογόνους ή και μη βιώσιμα αυγά. Εδώ έχουμε μια χαρακτηριστική περίπτωση ειδογένεσης που από φαινομενικά αδιαφανής διαδικασίες προκύπτει ένα νέο είδος από ένα αρχικό, και μάλιστα καταλήγουν ορισμένες φορές να συμβιώνουν στον ίδιο χώρο. Το χαρακτηριστικό αυτό παράδειγμα αποτελεί μια πρακτική εφαρμογή παραπάνω από μιας μεθόδου απομόνωσης, συνδυάζοντας ειδογένεση με προοδευτική απόκλιση, αλλοπατρική, περιμετρική και στασιπατρική ειδογένεση.

Τώρα όσον αναφορά τις σαύρες του που βρίσκονται πάλι στο νησί μπορεί λόγο μιας ξαφνικής έκρηξης του ηφαιστείου να εξαφανιστούν, αλλά αυτές που κατάφεραν και έφτασαν πίσω στην ήπειρο να συνεχίσουν να επιβιώνουν και να εξελίσσονται δίνοντας μας την ψευδαίσθηση ότι τα δυο είδη εξελιχτήκαν μαζί ταυτόχρονα. Από την άλλη, τέτοιο μοντέλο διαφοροποίησης ενός είδους από ένα άλλο μπορεί να γίνει εφαρμοστό ακόμα και στο ίδιο το νησί στο οποίο ζουν οι σαύρες. Αφού εδραιώθηκε ένα ξεχωριστό είδος σαύρας στο νησί και επικράτησε σταθερότητα, μερικοί άλλοι παράγοντες ενδέχεται να πάρουν τον ρόλο και να ανακατέψουν περισσότερο την κατάσταση. Για παράδειγμα, μπορεί και λόγο της λεγόμενης και φαινομενικής μάχης των διάφορων γονιδίων για επικρατεί, να πυροδοτηθεί μια διαδικασία απότομης διαφοροποίησης σε σχέση με διαφορές λειτουργείς στο περιβάλλον που καταλάμβανε ο αρχικός πληθυσμός. Κατά τον τρόπο αυτό, οι σαύρες μπορεί ξαφνικά από ένα γενικό ρόλο που διέθεταν, όπως τον έλεγχο του πληθυσμού των εντόμων του νησιού, να αποκτήσουν -αν και οι συνθήκες τους το επιτρέπουν- έναν πιο εξειδικευμένο ρόλο και έτσι να εμφανιστεί ένα είδος σαύρας που θα εξελιχτεί με βάση στο να κυνηγά έντομα του εδάφους, ενώ ένα άλλο είδος στο να τρώει έντομα που πετούν. Η συνεχόμενη αυτή διαφοροποίηση στις σαύρες του νησιού αυτού μπορεί να διασφαλιστεί καλύτερα αν οι διαφορές αυτές που θα προκύψουν συνδεθούν ηθολογικά με τις αναπαραγωγικές προτιμήσεις κάθε υποείδους σαύρας. Όπως για παράδειγμα η ικανότητα πηδά πιο ψηλά το ένα είδος για να φτάνει τα έντομα που πετούν να υποκινήσει το φυλετικό ενδιαφέρον των θηλυκών σαυρών ώστε να προτιμούν αυτές με τα μεγαλύτερα πόδια, αποτρέποντας τις επιγαμίες με σαύρες που έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά. Εδώ έχουμε μια περίπτωση στην οποία δεν παρατηρήθηκε κανένας παρατήρησης φραγμός στη ροη γονιδίων και όμως κατάφεραν να προκύψουν διαφορετικά είδη αναμιγμένα στο ίδιο περιβάλλον και χώρο μέσω των διαδικασιών της συμπάτριας και παραπάτριας ειδογένεσης.

**Η Ιστορία της Εξέλιξης στη Γη:**

Πρώτα δημιουργείται η γη. Η γη σύμφωνα με όλα τα δεδομένα που έχουμε είναι ηλικίας περίπου 4,6 δισεκατομμύρια χρόνια. Προ 3,8 δισεκατομμύρια χρόνια δημιουργούνται οι πρώτοι ποταμοί λίμνες και θάλασσες, αλλά δεν υπάρχει ένδειξη ζωής. Η δημιουργία των κατάλληλων συνθηκών για τη δημιουργία ζωής έγινε μέσα από τον περίφημο χυλό των αμινοξέων, βάσεων. Η πρώτη συστάδα βιολογικών μορίων που εκδήλωσαν τα βασικά σημάδια ζωής προέκυψαν από τον λεγόμενο και αμφιλεγόμενο χηλό των αμινοξέων, εντελώς από τυχαίους συνδυασμούς μέσω μιας χρονοβόρας διαδικασίας που προσπίπτει στη χημική εξέλιξη ή αβιογένεση. Φτάνουμε στα 3,5 δισεκατομμύρια χρόνια πριν από σήμερα η λεγομένη προκάμβρια εποχή ξεκινά. Μέσα από απολιθώματα τους στρωματόλιθους στη νότια Αφρική εμφανίζονται οι πρώτες μορφές ζωής. Οι πρώτες μορφές ζωής είναι μονοκύτταροι οργανισμοί, είναι τα φωτοσυνθέτοντα κυανοβακτήρια. Επομένως, η διάρκεια της εξέλιξης από τη στιγμή που αρχίζουν και φτιάχνονται τα πρώτα μόρια (ο χυλός) μέχρι να φτιαχτεί ο πρώτος μονοκύτταρος οργανισμός, είναι περίπου πεντακόσια εκατομμύρια χρόνια. Η προβιοτική περίοδος χαρακτηρίζεται από την έλλειψη οξυγόνου και ακριβώς επειδή δεν υπάρχει οξυγόνο και δεν έχει φτιαχτεί γύρω από τη στρατόσφαιρα το όζον, οι υπεριώδεις ακτινοβολίες περνούν σε τεράστια ποσά, (αυτά θα ήταν σήμερα θανατηφόρα για κάθε οργανισμό) και επιτρέπουν μια πάρα πολύ αυξημένη μεταλλακτική δράση. Ως γνωστόν, οι υπεριώδεις ακτίνες αλλάζουν το DNA και προκαλούν μεγάλες αλλαγές σ' αυτό (τις μεταλλαγές). Επί δύο δισεκατομμύρια χρόνια όλοι οι οργανισμοί που δημιουργούνται είναι μονοκύτταροι σαν τα σημερινά βακτήρια. Όλοι τους είναι αναερόβιοι (δηλαδή, δεν ξέρουν τι σημαίνει το οξυγόνο) και καταναλώνουν συνεχώς το χυλό που έχει δημιουργηθεί. Η ατμόσφαιρα τότε είχε πολύ μικρή συγκέντρωση οξυγόνου και αποτελούταν κυρίως από ένα μείγμα υδρατμών, αμμωνίας, διοξειδίου του άνθρακα, μεθανίου και υδρογόνου. Ώσπου τα φωτοσυνθέτοντα βακτήρια δημιουργούν σιγά-σιγά μια οξειδωτική ατμόσφαιρα, η οποία πλέον είναι δηλητηριώδης για όλους τους αναερόβιους οργανισμούς. Όλες οι παλαιοντολογικές ενδείξεις δείχνουν ότι η έντονη αυτή οξείδωση (αυξημένη η παρουσία του οξυγόνου) ξεκίνησε μεταξύ 2,2 δισεκατομμύρια χρόνια πριν από σήμερα έως και 1,9 δισεκατομμύρια χρόνια. Η φάση αυτή ήταν τόσο κρίσιμη, που ο πλανήτης μας θα μπορούσε να είχε οδηγηθεί στην αφάνεια, δηλαδή θα μπορούσαν να είχαν εξαφανιστεί όλοι οι οργανισμοί, να είχαν πεθάνει από αυτό το ίδιο το προϊόν που παρήγαγαν και σήμερα θεωρείται το αναγκαίο για τη ζωή, το οξυγόνο. Ήταν πραγματικά μια ευτυχής συγκυρία ότι στην ίδια ακριβώς εποχή έχουμε μια παράλληλη εξέλιξη και δημιουργούνται οι πρώτοι οργανισμοί, οι οποίοι έχουν τη δυνατότητα εκτός από τη φωτοσύνθεση να χρησιμοποιούν και το οξυγόνο, δηλαδή, να μπορούν ν' αναπνέουν. Επί 2,7 δισεκατομμύρια έτη (3,5-0,8 δισεκατομμύρια) υπάρχει μια πλήρης επικράτηση των προκαριωτικών αρχαίων βακτηρίων στη γη. Μόλις προ 1,5-1,4 δισεκατομμύρια χρόνια κάνουν την εμφάνιση τους οι πρώτοι ευκαρυωτικοί οργανισμοί, με τη μορφή των χλωροφύτων. Τι σημαίνει αυτό πρακτικά; Σημαίνει ότι τώρα πια, το DNA, αυτό το πολύτιμο γενετικό υλικό, αντί να βρίσκεται διάχυτο στο κυτταρόπλασμα, κρύβεται μέσα σ' έναν πυρήνα, προστατεύεται από πρωτεϊνικά μόρια (χρωματίνη) και η έκφραση του ρυθμίζεται σιγά-σιγά με νέους διαφορετικούς τρόπους. Είναι η αρχή πλέον δημιουργίας νέων μορφών οργανισμών και ταχύτερης εξέλιξης της ζωής. Χαρακτηριστικό γνώρισμα τώρα των ευκαρυωτικών πολυκύτταρων οργανισμών, είναι δύο διαφορετικών φύλων, αρσενικού και θηλυκού. Αρχίζει ο εγγενής πολλαπλασιασμός ο οποίος επιτρέπει ατελείωτους συνδυασμούς μέσω των επιχιασμών στα χρωμοσώματα (δηλαδή ανακατεύεται συνέχεια το γενετικό υλικό), οπότε πλέον η εξέλιξη καλπάζει.

Έτσι κάπως ξεκινούμε αρχικά από έναν αρχέγονο προκαρυωτικό τύπο κυττάρου και καταλήγουμε σε κάποιον ο οποίος έχει τη δυνατότητα αναπνοής, ενώ παράλληλα, αλλά ανεξάρτητα, δημιουργούνται και κυτταρικοί οργανισμοί που εγκλείουν το γενετικό τους υλικό μέσα σε μεμβράνες και πυρήνες . Η σύντηξη ή εγκόλπωση των δύο διαφορετικών τύπων βακτηρίων σε ένα οδηγεί πλέον στα αρχικά προγονικά ευκαρυωτικά κύτταρα από τα οποία δημιουργούνται τα φυτά ή τα ζώα. Τα κύτταρα αυτά πλέον περιέχουν οργανίδια στα οποία γίνεται η αναπνοή, χλωροπλάστες (για τα φυτά) και μιτοχόνδρια (ζώα). Μια πιθανή εξήγηση για το πώς πρόεκυψαν οι ευκαρυωτικοί οργανισμοί με τα μιτοχόνδρια και τους χλωροπλάστες, είναι η σταδιακή ενσωμάτωση δυο αρχαίων μικροοργανισμών, ενός υπό σχηματισμού ευκαριωτικού και ενός ημιαυτόνομου, πιθανώς αερόβιου μικροοργανισμού πολύ μικρότερου που ζούσε εκμεταλλευόμενος τον χημικό αυτό πολτό και έμοιαζε πολύ με τα σημερινά μιτοχόνδρια και τους χλωροπλάστες. Στοιχειά που υποστηρίζουν αυτή τη θεωρία είναι το γεγονός παρουσίας γενετικού υλικού έκτος της πυρηνικής μεμβράνης καθιστά τα οργανίδια αυτά ημιαυτόματα και κάπως ανεξάρτητα που με τον καιρό και λόγο της εξάντλησης εύκολης τροφής βολευτήκαν στο να ενσωματωθούν σε μερικούς ευκαρυωτικούς και να συμβιώσουν παράλληλα με αυτούς εγκλεισμένοι στο κυτταρόπλασμα. Μάλιστα η ανάγκη διαχωρισμού του γενετικού υλικού των οργανιδίων από αυτό που βρισκόταν στο κυτταρόπλασμα μπορεί να οδήγησε στη δημιουργία πυρηνικού τοιχώματος. Τα ζωικά κύτταρα προήρθαν από την ένωση ενός ευκαριωτικού κυττάρου με ένα αερόβιο βακτήριο και τα φυτικά με την αντίστοιχη επιπλέον ένωση με ένα φωτοσυνθετικό.

Υπάρχουν σημαντικές αποδείξεις από γεωλογικά δεδομένα ότι προ 800 εκατ. ετών έγιναν τεράστιες τεκτονικές και περιβαλλοντικές αλλαγές με μεγάλη αύξηση των επιπέδων οξυγόνου, γεγονός που άνοιξε τις πόρτες για τη δημιουργία μεγάλων ζώων στη συνέχεια. Ακριβώς στο τέλος αυτής της περιόδου (800-750 εκατ. χρόνια προ της σημερινής εποχής) δημιουργούνται με σαφήνεια τα δύο φύλα, αρσενικό θηλυκό, στους διάφορους οργανισμούς προσδίδοντας τους τεράστια προσαρμοστικά πλεονεκτήματα. Ταυτόχρονα, από τα 800-750 εκατ. χρόνια πριν από σήμερα δημιουργούνται τα πολυκύτταρα φύκη και σιγά-σιγά τα κύτταρα αρχίζουν να διαφοροποιούνται τόσο ως προς το σχήμα, τη μορφή και το μήκος τους, όσο και ως προς την εξειδίκευση της λειτουργίας τους. Στο Κάμβριο (570 εκατ. χρόνια) εμφανίζονται όλα τα ζωικά φύλα εντός 60 εκατομμυρίων ετών. Σε αντίθεση με την προηγούμενη ανάπτυξη της μικροβιακής ζωής, η μεγάλη εξελικτική έκρηξη που παρατηρείται κατά το Κάμβριο επέτρεψε την εξέλιξη ποικίλων πολυκύτταρων οργανισμών (μαλάκια, τριλοβίτες, βραγχιόποδα, εχινόδερμα, σφουγγάρια, κοράλλια, χορδωτά) όλα προστατευμένα από εξωσκελετό ή όστρακο. Οι τότε ζωντανοί οργανισμοί αρχίζουν να προσαρμόζονται στις νέες συνθήκες που δημιουργούνται, όπως υψηλές συγκεντρώσεις καδμίου, οπότε και αυξάνεται σημαντικά η ποικιλομορφία τους. Τη εποχή εκείνη εμφανίζονται και τα πρώτα είδη που φέρουν μια υποτυπώδη σπονδυλική στήλη. Αυτή η ποικιλομορφία μπορεί να λειτουργεί είτε προς όφελος είτε προς ζημία κάποιων οργανισμών που οδηγούνται εν τέλη σε εξαφάνιση. Η περίοδος αυτή είχε προκαλέσει στο παρελθόν μεγάλη συζήτηση δεδομένου ότι οι παλαιοντολογικές ενδείξεις δεν συμφωνούσαν με τις μοριακές ενδείξεις ως προς τη χρονική κλίμακα των συμβάντων. Στη συνέχεια, στην εποχή του Σιλουρίου (440 εκατ.) κατά τη διάρκεια της οποίας εμφανίζονται τα πρώτα είδη πάνω στο στερεό φλοιό της Γης. Τα φυτά κυριεύουν τις πρώτες ιζηματογενής περιοχές και τα καρκινοειδή βγαίνουν από το νερό για να σχηματίσουν τα έντομα. Γίνεται δηλαδή η εποίκηση της ξηράς από τραχειόφυτα και αρθρόποδα. Στο Δεβόνιο (410 εκατ.) εμφανίζονται οι οστεοϊχθείς και χονδριχθείς, τριλοβίτες και αμφίβια έντομα. Υπάρχουν μαζικές εξαφανίσεις ειδών στο τέλος αυτής της περιόδου που οδηγούν στην εξαφάνιση του 95% των τότε ειδών. Στο Λιθανθρακοφόρο (360 εκατ.) δημιουργούνται εκτεταμένα δάση αρχαϊκών αγγειοσπέρμων πτεριδόφυτων. Γεννιούνται διάφοροι αμφίβιοι οργανισμοί και τα πρώτα ερπετά. Χαρακτηριστικά εκείνης της εποχής υπήρξαν η σύγκρουση των ηπειρώτικων μαζών και η εμφάνιση των πρώτων ψαριών του γλυκού νερού και των αμφίβιων, τα οποία ξεχώρισαν, καθώς ήταν αυτά που κατάφεραν να κατακτήσουν πρώτα την ξηρά πριν από 360 εκατομμύρια χρονιά περίπου. Για να γίνει αυτό, συνέβαλαν διάφοροι προσαρμοστικοί μηχανισμοί, από την ανάπτυξη αγγείων στα φυτά και την αλλαγή της δομής οστών και μυών μέχρι τη δημιουργία νέων συστημάτων αναπαραγωγής και την ανάπτυξη γνάθου για καλύτερη διαχείριση και πρόσληψη τροφής. Η εμφάνιση ερπετών και του αμνιακού σάκου, σήμανε την οριστική αποίκιση της ξηράς από τα σπονδυλωτά. Η εξέλιξη των εντόμων γίνεται ακτινωτά, (δηλαδή με μεγάλη δραστηριότητα). Στο Πέρμιο (290 εκατ.) δημιουργούνται τα ερπετά πρόγονοι των θηλαστικών, και ξεκινάει λοιπόν η έννοια των θηλαστικών.

Βασιζόμενοι στα άφθονα απολιθωμένα ευρήματα, οι επιστήμονες κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι δεινόσαυροι ήταν το κυρίαρχο είδος ζωής στην ξηρά κατά τη διάρκεια του Μεσοζωικού αιώνα. Τα είδη των δεινοσαύρων υπέστησαν πολλές αλλαγές. Τα πόδια τους, σε αντίθεση με τα σημερινά ερπετά, δεν βρίσκονται στα πλευρά αλλά κάτω από το σώμα, γεγονός που, μαζί με τη σκελετική τους δομή, διευκόλυνε σημαντικά τη μετακίνηση. Στο Τριασικό (250 εκατ.), εμφανίζονται οι αρχαϊκοί δεινόσαυροι, τα πρώτα θηλαστικά και τα γυμνόσπερμα. Σχηματίζεται η υπερήπειρος Παγγαία. Η μετακίνηση ηπείρων προκαλεί τη μαζική εξαφάνιση αμφιβίων αλλά και πολλών άλλων ζώων στο τέλος αυτής της περιόδου. Στο Ιουρασικό (210 εκατ.) κυριαρχούν οι δεινόσαυροι ενώ εμφανίζονται τα πρώτα πουλιά και τα αρχαϊκά θηλαστικά. Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας είχε ως αποτέλεσμα να πλημυρίσουν περιοχές της ξηράς και να δημιουργηθούν θερμότερα περιβάλλοντα με υψηλά επίπεδα υγρασίας που ευνοούσαν τη δημιουργία ζωής. Τα ερπετά προσαρμοστήκαν σε διάφορα περιβάλλοντα και οι δεινόσαυροι κατάφεραν να εξαπλωθούν. Μικρά και μεγάλα ερπετά κατέκτησαν κάθε γήινο περιβάλλον από τον ουρανό μέχρι τη θάλασσα. Έχουμε ακτινωτή εξέλιξη των αμμωνιτών και συνεχείς μετακινήσεις ηπείρων. Στο Κρητιδικό (145 εκατ.), τα αγγειόσπερμα και τα θηλαστικά αρχίζουν τη διαφοροποίηση τους, ενώ η εξέλιξη των δεινοσαύρων εντείνεται, διαχωρίζονται οι ήπειροι και ακολουθούν μαζικές εξαφανίσεις ειδών στο τέλος της περιόδου. Η επικρατέστερη εκδοχή αποδίδει τη μεγάλη αυτή αλλαγή στο κλίμα και στις συνθήκες της εποχής σε μια πιθανή σύγκρουση αστεροειδούς ή κομήτη στη επιφάνια της γης κοντά στη χερσόνησο του Γιουκατάν. Μετά την εξαφάνιση των δεινόσαυρων, στα τέλη του Μεσοζωικού αιώνα, δόθηκε επιτέλους η ευκαιρία στα θηλαστικά να πάρουν πρωταγωνιστικό εξελικτικό ρόλο και να κυριαρχήσουν στη Γη μέχρι σήμερα. Ο Καινοζωικός αιώνας, που ξεκίνησε πριν από 65,5 εκατομμύρια χρονιά λοιπόν σημαδεύεται από την επικράτηση των θηλαστικών και την εξάπλωση των φυτών. Στο Τριτογενές (65 εκατ.), τα αγγειόσπερμα αρχίζουν την έντονη διαφοροποίηση τους, ενώ η εξέλιξη των θηλαστικών, πτηνών και εντόμων απογειώνεται. Δημιουργείται μια τάση ξήρανσης της επιφάνειας της γης και οι ήπειροι αρχίζουν να παίρνουν τη σημερινή τους θέση. Τέλος, στο Τεταρτογενές (2.0-0.1 εκατ.) έχουμε τις 4 περιόδους παγετώνων, την εξαφάνιση των περισσοτέρων μεγάλων θηλαστικών και αρχίζει η εξέλιξη του ανθρώπου και διακλάδωση των προτέυοντων σε διαφορετικά υποείδη με ανεπτυγμένες εγκεφαλικές ικανότητες λεγόμενες ανθρωπίδες. Σε μια από τις απειροελάχιστες στιγμές στην ιστορία της ζωής στον πλανήτη, πριν από 100.000 χρονιά περίπου έχουμε την εμφάνιση του πρώτου Homo Sapiens και την δημιουργία πολιτισμών.

**Αντιπαραθέσεις:**

Η ιδέα της εξέλιξης της ζωής από παλιά μέχρι και σήμερα αποτελεί ένα έντονο πεδίο αμφισβήτησης. Ο Δαρβίνος, με τη δημοσίευση του διάσημου βιβλίου του “Η Καταγωγή των Ειδών”, δεν προκάλεσε αντιδράσεις με την εισαγωγή της έννοιας της εξέλιξης των ειδών, διότι από τις αρχές του 19ου αιώνα, η πλατωνική θεώρηση ενός στατικού κόσμου πρότυπων μορφών, είχε ήδη αρχίσει να υποχωρεί λόγω των νέων δεδομένων από επιστημονικούς κλάδους όπως η γεωλογία. Εκείνο, αντίθετα, που εξέπληξε στην παρουσίαση των ιδεών του στο περίφημο βιβλίο του, ήταν η περιγραφή ενός σχετικά ακριβούς, ικανοποιητικού και λογικού μηχανισμού παραγωγής της εξελικτικής διαδικασίας, της φυσικής επιλογής απολύτως με φυσικές διαδικασίες και δίχως την απαραίτητη παρουσία του Δημιουργού, του προμελετητή και υποκινητή της δημιουργίας του κόσμου και των ζωντανών οργανισμών. Ακόμα και πριν τις διατυπωμένες απόψεις που εξέφρασε ο Κάρολος Δαρβίνος περί της εξέλιξης των ειδών μέσω της φυσικής επιλογής, είχε επικρατήσει στη Δύση ένα κυρίαρχο κίνημα βιολογικής επιστήμης πάνω στο θέμα της παρουσίας των διαφορετικών ειδών στη Γη. Το κίνημα αυτό επ’ ονόματι Δημιουργισμός, είναι μια επίσημη φιλοσοφική-θεολογική θεωρία δημιουργίας των ειδών στη Γη και του άνθρωπου, η οποία βασίζεται εξολοκλήρου στις ρήσεις της παλαιάς κυρίως διαθήκης και είναι, ως επί το πλείστον διαμορφωμένη από κληρικούς της εποχής του διαφωτισμού και είχε αρκετούς υποστηρικτές μεταξύ των οποίων και πολλοί σπουδαίοι επιστήμονες της εποχής. Το κίνημα αυτό έγινε ακόμα πιο έντονο μετά την έκδοση του βιβλίου του Δαρβίνου για την προέλευση των ειδών, αλλά δεν κράτησε για πολύ, αφού δεν ήταν αργά που ένα μεγάλο μέρος της επιστημονικής κοινότητας συμμερίστηκε τις απόψεις που διατύπωσε ο Δαρβίνος και κτίζοντας πάνω στη θεωρία αυτή με τα χρονιά και με συνεχώς νέες ανακαλύψεις σε πολλούς επιστημονικούς κλάδους διαμόρφωσαν μια αρκετά καλά θωρακισμένη, από θρησκευτικές διαψεύσεις, θεωρία. Ωστόσο, μέχρι και σήμερα υπάρχει το λεγόμενο αυτό κίνημα του Δημιουργισμού, κυρίως σε έντονα θρησκευόμενες χώρες, μεταξύ των οποίων και οι ηνωμένες πολιτείες της Αμερικής. Η ακαδημία επιστημών των Η.Π.Α., πολύ αργότερα διατύπωσε ότι ο Δημιουργισμός, σαφώς, δεν αποτελεί επιστήμη. Θεωρώντας ότι οι απόψεις αυτών των ανθρώπων επηρεάζουν και καμιά φορά ίσως διαμορφώνουν την πολιτική προσέγγισης του γνωστικού αντικειμένου της Εξελικτικής Βιολογίας στην εκπαίδευση.

Η εξέλιξη ακόμη και σήμερα αποτελεί πεδίο αντιπαλότητας, αλλά όχι σχετικά με το επιστημονικό κομμάτι. Εκτός των ορίων της μάλλον κλειστής επιστημονικής κοινότητας οι αντιδράσεις ποικίλουν και κορυφώνονται σε εξωφρενικά επίπεδα μέχρι και σήμερα, διατηρώντας επίκαιρη τη διαμάχη μεταξύ επιστημόνων και εξελικτικών από τη μία και, κυρίως, θρησκευτικών παραγόντων από την άλλη. Οι διαφωνίες περιστρέφονται κυρίως γύρω από τις φιλοσοφικές, κοινωνικές και θρησκευτικές προεκτάσεις της θεωρίας της εξέλιξης. Η πρόταση ότι η βιολογική εξέλιξη λαμβάνει χώρα μέσω του μηχανισμού της φυσικής επιλογής δεν αμφισβητείται ουσιαστικά από κανέναν στον επιστημονικό χώρο. Παρόλα τα παραπάνω, η διαμάχη γύρω από τη Θεωρία της Εξέλιξης μαίνεται ακόμα, τόσο στην επιστημονική κοινότητα των μη βιοεπιστημόνων όσο και στο εκπαιδευτικό σύστημα, όχι μόνο στα κράτη της αποκαλούμενης «Βιβλικής ζώνης», αλλά και σε τόπους όπου κανείς δεν θα περίμενε θρησκευτικό δογματισμό. Πολλοί θρησκευόμενοι αποδέχονται πλέον την εξέλιξη όπως και άλλες επιστημονικές θεωρίες, καθώς η θεολογική σκέψη έχει και αυτή εξελιχθεί, άλλοι πάλι πιστεύουν ότι η εξέλιξη αντιτίθεται στην πίστη τους στο Θείο.

**Λάθος χρήση:**

Η εξελικτική Βιολογία έχει δημιουργήσει τις μεγαλύτερες διαφωνίες και αντιδράσεις. Η εξέλιξη, επίσης, κατά καιρούς θεωρήθηκε ότι προώθησε φιλοσοφικές θέσεις που υποστηρίζουν διακρίσεις και ρατσισμό. Για παράδειγμα, οι ιδέες περί ευγονικής του Francis Galton διαφοροποιήθηκαν σε επιχειρήματα που υποστήριζαν την βελτίωση της ανθρώπινης δεξαμενής γονιδίων μέσα από μια πολιτική επιλεκτικής αναπαραγωγής. Η ευγονική και επιλεκτική αναπαραγωγή του ανθρώπινου είδους αποτέλεσαν βασικό ιδεολογικό πυλώνα της ναζιστικής ιδεολογίας στη Γερμανία και οδήγησαν στην υποχρεωτική στείρωση και τη θανάτωση εκατοντάδων χιλιάδων ανθρώπων που θεωρήθηκαν ως "γενετικά κατώτερα είδη". Ένα άλλο παράδειγμα όπου η εξέλιξη χρησιμοποιήθηκε λανθασμένα είναι ο "Κοινωνικός Δαρβινισμός", ένας όρος που εκφράζει τις θέσεις ενός Βρετανικού κινήματος του 19ου αιώνα για την "επιβίωση του καλύτερα προσαρμοσμένου" στο εμπόριο και τις ανθρώπινες κοινωνίες και χρησιμοποιήθηκε και από άλλους για να δικαιολογήσει τις κοινωνικές ανισότητες, τον ρατσισμό και τον ιμπεριαλισμό. Οι σύγχρονοι επιστήμονες και φιλόσοφοι θεωρούν ότι αυτές οι ιδέες ούτε επιβάλλονται από την θεωρία της εξέλιξης ούτε υποστηρίζονται από δεδομένα. Οι περιπτώσεις αυτές όπως και με την περίπτωση του κινήματος του δημιουργισμού δεν υπάγονται ούτε στηρίζονται στη θεωρία της εξέλιξης, αποτελούν απλά παραφράσεις της, παρερμηνείες με αρκετές παραλήψεις και λάθη χρησιμοποιώντας την επιστημονική έννοια σαν συγκάλυψη πολιτικών και κερδοσκοπικών βλέψεων.

**Γιατί είναι σημαντικό να διδάσκουμε την εξέλιξη;**

Συνοψίζοντας, η εξέλιξη ερμηνεύει τρία από τα πλέον θεμελιώδη χαρακτηριστικά του κόσμου που μας περιβάλλει: Την ομοιότητα μεταξύ των εμβίων όντων, την ποικιλομορφία της ζωής, και πολλά χαρακτηριστικά του πλανήτη που κατοικούμε. Οι ερμηνείες αυτών των φαινομένων με εξελικτικούς όρους αντλούν δεδομένα από τη φυσική, τη χημεία, τη γεωλογία, άλλους τομείς της βιολογίας και από άλλες επιστήμες. Έτσι η εξέλιξη αποτελεί την κεντρική ενοποιητική αρχή που χρησιμοποιούν οι βιολόγοι για να εξηγήσουν τον κόσμο. Το να διδάσκει κανείς βιολογία χωρίς να εξηγεί την εξέλιξη, αποστερεί τους μαθητές από μια δυναμική ιδέα που συγκροτεί και συμπυκνώνει την κατανόησή μας για τη ζωή στη Γη.

Η διδασκαλία της εξέλιξης έχει και μια ακόμη σπουδαία σημασία. Επειδή μερικοί άνθρωποι θεωρούν ότι η εξέλιξη έρχεται σε σύγκρουση με ευρέως διαδεδομένες πεποιθήσεις, η διδασκαλία της προσφέρει στους εκπαιδευτικούς μια θαυμάσια ευκαιρία να φωτιστεί η φύση της επιστήμης και να διαφοροποιηθεί από άλλες μορφές της ανθρώπινης δραστηριότητας και κατανόησης. Είναι ωστόσο σημαντικό να ξεκαθαριστεί από την αρχή ότι η έννοια που δίδεται σε ορισμένους όρους στην επιστήμη είναι διαφορετική από αυτήν που δίδεται στην καθημερινή ζωή.

Η ιδέα της εξέλιξης έχει μια σημασία στην εκπαίδευση που υπερβαίνει την ισχύ της ως επιστημονική εξήγηση. Όλοι μας ζούμε σε ένα κόσμο που μεταβάλλεται ταχύτατα. Τα σημερινά παιδιά θα γνωρίσουν εμπειρίες και θα αντιμετωπίσουν καταστάσεις διαφορετικές από αυτές των γονιών τους. Η θεωρία της εξέλιξης είναι ένα κεφάλαιο-ίσως το πιο σημαντικό-, στην επανάσταση της επιστήμης των τελευταίων τεσσάρων αιώνων. Το κεντρικό χαρακτηριστικό αυτής της επανάστασης είναι η εγκατάλειψη της μιας ιδέας για το αμετάβλητο, μετά την άλλη: ότι η γη είναι το κέντρο του κόσμου, ότι τα έμβια όντα είναι αμετάβλητα, ότι οι ήπειροι είναι αμετακίνητο στις θέσεις τους. Οι έννοιες της ρευστότητας και της διαδοχής έχουν γίνει κεντρικές στην κατανόηση του κόσμου που μας περιβάλλει.

«Αυτό το μάθημα βιολογικής αυτογνωσίας μπορεί να κάνει τον νέο μας ικανό να απολαμβάνει και να σέβεται περισσότερο το αγαθό της ζωής, σε όποια μορφή και αν εκδηλώνεται. Αυτό το μάθημα μπορεί να κάνει τον νέο μας περισσότερο υπεύθυνο ως πολίτη σε έναν κόσμο του οποίου οι ραγδαίες μεταβολές δεν είναι απειλή αλλά προκλήσεις για ατομικές και συλλογικές αποφάσεις που θα τον καταστήσουν περισσότερο δίκαιο, περισσότερο βιώσιμο και ευτυχή».

Όλα τα παραπάνω συγκροτούν ένα θεμελιώδες επιχείρημα για την ένταξη της Εξελικτικής Θεωρίας στα αναλυτικά προγράμματα σπουδών των σχολείων και την εκτενή διδασκαλία της στο μαθητικό πληθυσμό όλων των χωρών που επιθυμούν τη μόρφωση και κατάρτιση των μαθητών/-τριών τους στις βιολογικές επιστήμες.

**Τέλος Εργασίας**