

## ΓΙΑΤΙ ΕΙΝΑΙ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟ ΝΑ ΔΙΔΑΣΚΟΥΜΕ ΤΗΝ ΕΞΕΛΙΞΗ:

(Από το δικτυακό τόπο της Αμερικανικής Ακαδημίας Επιστημών  
<http://www.nap.edu/books/0309063647/html/1.html> )

Ίσως τελικά, πολλές ερωτήσεις στη βιολογία να μπορούν να απαντηθούν χωρίς να χρειαστεί κανείς να αναφερθεί στην εξέλιξη:

***Πώς τα πουλιά πετούν; Πώς μπορούν ορισμένα φυτά να αναπτύσσονται στην έρημο; Γιατί τα παιδιά μοιάζουν με τους γονείς τους;***

Κάθε μια από αυτές τις ερωτήσεις έχει μια άμεση απάντηση που περιλαμβάνει την αεροδυναμική, την αποθήκευση και τη χρησιμοποίηση του νερού από τα φυτά, ή τους μηχανισμούς της κληρονομικότητας.

Είναι σύνηθες οι μαθητές να υποβάλλουν τέτοια ερωτήματα. Οι απαντήσεις όμως σε αυτά τα ερωτήματα συχνά γεννούν νέα, ακόμη βαθύτερα:

***Τι συνέβηκε ώστε τα πράγματα να συμβαίνουν με τον τρόπο που γίνονται; Ποιό είναι το πλεονέκτημα που δίνει στα πουλιά το πέταγμα; Γιατί τα φυτά των ερήμων διαφέρουν από τα υπόλοιπα φυτά; Πώς κάθε οργανισμός έχει αποκτήσει δική του χαρακτηριστική γενετική σύνθεση;***

Η απάντηση σε τέτοια ερωτήματα χρειάζεται ένα ιστορικό πλαίσιο, το πλαίσιο μιας αντίληψης που αναγνωρίζει τη μεταβολή μέσω του χρόνου.

Οι άνθρωποι που μελετούν τη φύση πάντα έθεταν στους εαυτούς τους αυτά τα ερωτήματα. Κατά την διάρκεια των χρόνων δύο από αυτά αποδείχτηκαν ιδιαίτερος πολύπλοκα: Το παλαιότερο σχετίζεται με την ποικιλομορφία της ζωής:

***Γιατί υπάρχουν τόσα πολλά διαφορετικά είδη φυτών και ζώων;***

Όσο μάλιστα περισσότερο εξερευνούμε τον κόσμο, τόσο περισσότερο εντυπωσιαζόμαστε από το πολυάριθμο των διαφορετικών ειδών. Στα μέσα του δεκάτου ένατου αιώνα, όταν ο Charles Darwin συνέγραφε την προέλευση των ειδών, 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.

***Ποιά είναι η διαδικασία με την οποία δημιουργήθηκε αυτή η εξαιρετική ποικιλομορφία;***

Το δεύτερο ερώτημα αναφέρεται στο αντίθετο της ποικιλομορφίας της ζωής. Πώς μπορούν να εξηγηθούν οι ομοιότητες μεταξύ των διαφορετικών οργανισμών; Οι άνθρωποι πάντα παρατηρούσαν τις ομοιότητες μεταξύ των πολύ

σχετικών ειδών, αλλά με το χρόνο έγινε αντιληπτό ότι ακόμη και τα είδη που είναι λιγότερο συγγενικά μοιράζονται πολλά κοινά ανατομικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά:

- Τα οστά στα μπροστινά πτερύγια της φάλαινας διευθετούνται με τον ίδιο σχεδόν τρόπο που διευθετούνται τα οστά του βραχίονά μας.
- Τα έμβρυα των οργανισμών, που αναπτύσσονται από τα γονιμοποιημένα ωάρια τους, περνούν μέσω παρόμοιων αναπτυξιακών σταδίων.

Επιπλέον, καθώς οι παλαιοντολόγοι μελετούν το αρχείο των απολιθωμάτων ανακαλύπτουν πολλά εκλείψαντα ήδη που σχετίζονται σαφώς με τους οργανισμούς που υπάρχουν σήμερα.

Τα ερωτήματα αυτά γίνονται πειστικότερα όσο η σύγχρονη πειραματική βιολογία εστιάζει όλο και περισσότερο την έρευνα της στο κυτταρικό και μοριακό επίπεδο.

- Από τα βακτηρίδια και τις ζύμες, ως τα ποντίκια και τον άνθρωπο, όλα τα έμβια όντα χρησιμοποιούν τον ίδιο βιοχημικό εξοπλισμό για να πραγματοποιήσουν τις βασικές διαδικασίες της ζωής.
- Πολλές από τις πρωτεΐνες που δομούν τα κύτταρα και καταλύουν τις χημικές αντιδράσεις στους οργανισμούς, είναι ουσιαστικά ίδιες στα διαφορετικά είδη. Ορισμένα ανθρώπινα γονίδια που κωδικοποιούν τη σύνθεση πρωτεϊνών, διαφέρουν ελάχιστα από τα αντίστοιχα γονίδια στις μύγες των φρούτων, τα ποντίκια και τα άλλα πρωτεύοντα.

**Από μια επιστημονική σκοπιά, υπάρχει μια ακαταμάχητη απάντηση στα ερωτήματα για τα κοινά χαρακτηριστικά των οργανισμών: Τα διαφορετικά είδη οργανισμών έχουν τόσα πολλά κοινά δομικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά γιατί είναι συγγενικά μεταξύ τους. Πώς όμως έχει συμβεί αυτό;**

### **Λύνοντας το Μυστήριο**

Η ιδέα της βιολογικής εξέλιξης σχετίζεται και με τα δύο 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. 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.

**Η κινητήρια δύναμη, που είναι φυσική συνέπεια του ανταγωνισμού των οργανισμών για τους περιορισμένους περιβαλλοντικούς πόρους, είναι υπεύθυνη για το πιο θαυμαστό γεγονός στην ιστορία της επιστήμης.**

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.

Η εξέλιξη επίσης ερμηνεύει τη μεγάλη ποικιλία των συγχρόνων ειδών. Οι πληθυσμοί των οργανισμών των οποίων τα χαρακτηριστικά τους καθιστούν ικανούς να καταλαμβάνουν οικολογικούς θώκους που δεν καταλαμβάνονται από άλλα παρόμοια είδη, έχουν μεγαλύτερες πιθανότητες επιβίωσης. Με το πέρασμα του χρόνου τα είδη διαφοροποιήθηκαν, ώστε να καταλαμβάνουν όλο και περισσότερους θώκους και έτσι να αποκτούν πλεονέκτημα στην πρόσκτηση νέων φυσικών πόρων.

Η εξέλιξη επίσης εξηγεί και κάτι άλλο. Στη διάρκεια των δισεκατομμυρίων ετών που υπάρχει ζωή στη γη, έπαιξε ένα αυξανόμενο σημαντικό ρόλο στη μεταβολή του φυσικού περιβάλλοντος του πλανήτη. Για παράδειγμα η σύνθεση της ατμόσφαιρας, κατά ένα μέρος είναι αποτέλεσμα της δράσης των εμβίων όντων. Κατά τη διάρκεια της φωτοσύνθεσης, που είναι ένα από τα προϊόντα της εξέλιξης, τα πράσινα φυτά απορροφούν διοξείδιο του άνθρακα και νερό και παράγουν οργανικές ενώσεις και απελευθερώνουν οξυγόνο. Με αυτή τη διαδικασία η ατμόσφαιρα απέκτησε και συνεχίζει να διατηρεί υψηλά ποσοστά οξυγόνου. Οι βιοκοινωνίες επίσης επηρεάζουν τον καιρό και τη μεταφορά του νερού μεταξύ των ωκεανών, της ατμόσφαιρας και του εδάφους. Ένα μεγάλο μέρος των βροχοπτώσεων στα δάση της δυτικής λεκάνης του Αμαζονίου αποτελείται από το νερό που έχει ήδη κάνει μια ή περισσότερες διελεύσεις από ένα ζωντανό φυτό. Επιπλέον, τα φυτά και οι μικροοργανισμοί του εδάφους ασκούν ένα σημαντικό έλεγχο στη θερμοκρασία του πλανήτη, απορροφώντας τα αέρια του «θερμοκηπίου» (όπως το διοξείδιο του άνθρακα και το μεθάνιο) που αυξάνουν την θερμοχωρητικότητα της γης.

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.

**Η διδασκαλία της εξέλιξης έχει μεγάλη πρακτική σημασία για τους μαθητές. Έμμεσα ή άμεσα, η εξελικτική βιολογία έχει μεγάλη συνεισφορά στην κοινωνία.**

- Η εξέλιξη εξηγεί γιατί οι παθογόνοι μικροοργανισμοί που απειλούν τον άνθρωπο έχουν αναπτύξει αντίσταση στα σύγχρονα αποτελεσματικά φάρμακα και επίσης προτείνει τρόπους αντιμετώπισης αυτού του σοβαρά αυξανόμενου προβλήματος.
- Η εξέλιξη έχει επίσης συμβάλλει σε πολλές σημαντικές βελτιώσεις στον τομέα των καλλιεργειών, εξηγώντας τις σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ των άγριων φυτικών και ζωικών ειδών και αυτών που χρησιμοποιεί ο άνθρωπος, καθώς και τις σχέσεις των ειδών αυτών με τους φυσικούς εχθρούς τους.

- Η κατανόηση της εξέλιξης έχει αποβεί θεμελιώδης στην ανακάλυψη και χρησιμοποίηση φυσικών πηγών, όπως τα απολιθωμένα καύσιμα και θα αποβεί επιτακτική, στο βαθμό που οι ανθρώπινες κοινωνίες προσπαθούν να καθιερώσουν βιώσιμες σχέσεις με το φυσικό περιβάλλον.

Παραδείγματα σαν και αυτά υπάρχουν άφθονα. Η εξελικτική έρευνα αποτελεί ένα από τα πλέον δραστήρια πεδία στη σύγχρονη βιολογία και οι ανακαλύψεις της έχουν σε σταθερή βάση πολλές πρακτικές εφαρμογές.

Όσοι αντιτίθενται στη διδασκαλία της εξέλιξης στα δημόσια σχολεία μερικές φορές ζητούν να παρουσιάσουν οι εκπαιδευτικοί «τα στοιχεία ενάντια στη θεωρία της εξέλιξης». Όμως δεν υπάρχει καμιά αμφιβολία στην επιστημονική κοινότητα ότι η εξέλιξη συμβαίνει και κανένα στοιχείο ότι η εξέλιξη δεν έχει συμβεί. Μερικές από τις λεπτομέρειες για το πώς προχωρά η εξέλιξη διερευνώνται ακόμη. Όμως η συζήτηση που υπάρχει μεταξύ των επιστημόνων για αυτά τα θέματα δεν αφορά την εγκυρότητα της θεωρίας της εξέλιξης στην ερμηνεία της ιστορίας της ζωής, αλλά τους ιδιαίτερους μηχανισμούς που οδηγούν στην εξέλιξη.

### **Εξέλιξη και Φύση της Επιστήμης**

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 ορισμένες όρους στην επιστήμη είναι διαφορετική από αυτήν που δίδεται στην καθημερινή ζωή. Σκεφτείτε για παράδειγμα πώς χρησιμοποιούν συνήθως οι άνθρωποι τη λέξη «θεωρία» Κάποιος αφού αναφέρει μια ιδέα προσθέτει στη συνέχεια «*αλλά αυτό είναι μόνο μια θεωρία*» ή κάποιος άλλος πριν αναφέρει κάτι λέει «*Η θεωρία μου είναι...*». Στην καθημερινή χρήση της η λέξη θεωρία συχνά σημαίνει «υπόθεση» ή «εικολογία». Στην επιστήμη όμως η λέξη θεωρία σημαίνει κάτι αρκετά διαφορετικό. Η κυτταρική θεωρία υποστηρίζει ότι όλα τα έμβια όντα αποτελούνται από κύτταρα. Η ηλιοκεντρική θεωρία υποστηρίζει ότι η γη περιστρέφεται γύρω από τον ήλιο και όχι το αντίθετο. Αυτές όμως οι ιδέες υποστηρίζονται από τόσο άφθονες παρατηρήσεις και πειραματικά δεδομένα ώστε δεν υπάρχει πλέον καμιά αμφιβολία στην επιστήμη για την ορθότητά τους.

Μερικές φορές οι ίδιοι οι επιστήμονες χρησιμοποιούν τη λέξη «θεωρία» λιγότερο αυστηρά αναφερόμενοι σε ερμηνείες που ακόμη στερούνται μιας καλά θεμελιωμένης απόδειξης. Είναι όμως σημαντικό να διακριθεί αυτή η περιστασιακή χρήση της λέξης «θεωρία» από τη χρησιμοποίησή της σε ιδέες όπως η εξέλιξη που υποστηρίζονται από συντριπτικές αποδείξεις. Οι επιστήμονες θα επιθυμούσαν να είχαν μια άλλη λέξη από τη λέξη «θεωρία» για να ονομάζουν τόσο εμπειριστατώμενες ερμηνείες του φυσικού κόσμου, όπως η εξέλιξη, αλλά ο όρος είναι πάρα πολύ βαθιά ριζωμένος στην επιστήμη, για να απορριφθεί. Όπως και με όλη την επιστημονική γνώση, μια θεωρία μπορεί να τροποποιηθεί ή να αντικατασταθεί από μια άλλη εναλλακτική κάτω από το φως νέων αδιάσειστων στοιχείων. Για παράδειγμα η γεωκεντρική θεωρία που υποστήριζε ότι ο ήλιος περιστρέφεται γύρω από τη γη αντικαταστάθηκε από την ηλιοκε-

ντρική θεωρία που υποστηρίζει ότι η γη περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της και περιφέρεται γύρω από τον ήλιο. Ωστόσο οι διάφορες ιδέες στην επιστήμη δεν αναφέρονται ως «θεωρίες» παρά μόνο αν υποστηρίζονται από επιστημονικά στοιχεία που καθιστούν την απόρριψή τους πολύ απίθανη. Όταν μια θεωρία υποστηρίζεται από τόσες πολλές αποδείξεις, όπως συμβαίνει με τη θεωρία της εξέλιξης, απολαμβάνει ένα υψηλό βαθμό αξιοπιστίας.

Στην επιστήμη η λέξη «υπόθεση» αποδίδει το μη τελεσίδικο νόημα που έχει η λέξη «θεωρία» στην καθημερινή ζωή. Μια υπόθεση είναι μια δήλωση για το φυσικό κόσμο που μπορεί να ελεγχθεί πειραματικά. Με το πείραμα και την παρατήρηση μια υπόθεση μπορεί να γίνει αποδεκτή ή να απορριφθεί. Ως πρώιμο στάδιο στην κατανόηση οι υποθέσεις μπορούν να χρησιμεύσουν στην σύνθεση περισσότερων σύνθετων συμπερασμάτων και ερμηνειών.

Όπως και με τη λέξη «θεωρία» η λέξη «γεγονός» έχει διαφορετική σημασία στην επιστήμη από ότι στην καθημερινότητα. Ένα επιστημονικό γεγονός είναι μια παρατήρηση που έχει επιβεβαιωθεί επανειλημμένως. Ωστόσο οι παρατηρήσεις συλλέγονται από τις αισθήσεις μας, που ποτέ δεν μπορούμε να τις εμπιστευθούμε απολύτως. Οι παρατηρήσεις μπορούν να τροποποιηθούν χρησιμοποιώντας καλύτερη τεχνολογία ή καλύτερους τρόπους κοιτάγματος των δεδομένων. Για παράδειγμα, για πολλά χρόνια ήταν αποδεκτό ότι τα ανθρώπινα κύτταρα έχουν 24 ζευγάρια χρωμοσωμάτων, έως ότου με τις βελτιωμένες τεχνικές μικροσκοπίας αποκαλύφθηκε ότι έχουν 23 ζευγάρια χρωμοσωμάτων. Ειρωνικά μιλώντας, τα γεγονότα στην επιστήμη συχνά είναι περισσότερο επιδεκτικά μεταβολών, απ' ότι οι θεωρίες, και αυτός είναι ένας λόγος για τον οποίο η λέξη «γεγονός» δεν χρησιμοποιείται πολύ στην επιστήμη.

Τέλος οι «νόμοι» στην επιστήμη αποτελούν χαρακτηριστικές περιγραφές για το πώς ο φυσικός κόσμος συμπεριφέρεται κάτω από καθορισμένες συνθήκες. Π.χ. οι νόμοι της κίνησης περιγράφουν πώς τα αντικείμενα κινούνται, όταν τους ασκούνται δυνάμεις. Οι νόμοι μπορεί να είναι πολύ χρήσιμοι στην υποστήριξη των υποθέσεων και των θεωριών, αλλά όπως όλα τα στοιχεία στην επιστήμη, μπορούν να τροποποιηθούν υπό το φως των νέων πληροφοριών και παρατηρήσεων.

Αυτοί που αντιτίθενται στη διδασκαλία της εξέλιξης συχνά λένε ότι θα έπρεπε να διδάσκεται ως «θεωρία και όχι ως γεγονός». Αυτή η θέση συγχέει τη κοινή χρήση των δύο λέξεων, με την επιστημονική.

Στην επιστήμη οι θεωρίες δεν μετατρέπονται σε γεγονότα μέσω της συσσώρευσης δεδομένων. Μάλλον οι θεωρίες αποτελούν τα σημεία τερματισμού στην επιστήμη. Αποτελούν προτάσεις που αναπτύσσονται χάρη στην εκτενή παρατήρηση, τον πειραματισμό και το δημιουργικό στοχασμό. Οι θεωρίες ενοποιούν ένα μεγάλο σώμα από επιστημονικά γεγονότα, νόμους και ελεγμένες πειραματικά υποθέσεις. Με την έννοια αυτή η εξέλιξη είναι μια από τις πλέον εύρωστες και χρήσιμες επιστημονικές θεωρίες που έχουμε.

### **Εξέλιξη και 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.

**Το να αποδεχτούμε την πιθανότητα της μεταβολής και να αντιμετωπίσουμε τη μεταβολή ως ευκαιρία και να αντιμετωπίσουν τη μεταβολή ως ευκαιρία και όχι ως απειλή, είναι το κρυφό μήνυμα και η πρόκληση του μαθήματος της εξέλιξης.**

Μετάφραση  
Θ.Καψάλης