ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Πανελλήνιο Συνέδριο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

(2023)

13ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση: Πρακτικά Εκτεταμένων Συνόψεων των Εργασιών

Η ομορφιά του λάθους στη Βιολογία: Το λάθος ως βιολογική και ως διδακτική διαδικασία

Κυριάκος Αθανασίου

doi: 10.12681/codiste.5286

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** ΕΚΤ | **Πρόσβαση:** 08/12/2025 05:17:27

Η ΟΜΟΡΦΙΑ ΤΟΥ ΛΑΘΟΥΣ ΣΤΗ ΒΙΟΛΟΓΙΑ: ΤΟ ΛΑΘΟΣ ΩΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Κυριάκος Αθανασίου

Καθηγητής ΠΤΔΕ ΕΚΠΑ

kathanas@ecd.uoa.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εισήγηση γίνεται προσπάθεια ανεύρεσης του σημείου συνάντησης της Γενετικής με την Διδασκαλία της Βιολογίας με σημείο καμπής την έννοια του λάθους. Σχολιάζεται: Α) Η σημασία του σφάλματος (μεταλλάξεων) ως κομβικού σημείου της Εξέλιξης μέσω Φυσικής Επιλογής (ΕμΦΕ). Β) Η σημασία των λαθών ως ΕΙ των μαθητών στη διδακτική των ΦΕ/Βιολογίας. Γ) Η σπουδαιότητα της Διδακτικής των ΦΕ ως σημείου συνάντησης δύο εκ διαμέτρου αντίθετων κόσμων: του κόσμου της Φυσικής, όπου ο Δημιουργός «δεν παίζει ζάρια», με εκείνον της Βιολογίας, στον οποίο είναι το αγαπημένο Του παιχνίδι.

Λέξεις κλειδιά: Λάθη/Μεταλλάξεις, Εξέλιξη, Λάθη, Διδακτική ΦΕ

THE ERROR AS BIOLOGICAL PROCEDURE AND AS A TEACHING TOOL

Kyriakos Athanasiou

Emeritus Professor NKUA

kathanas@ecd.uoa.gr

ABSTRACT

In the present work it is attempted to pin-point the cross-over between Genetics and the Teaching of Biology with the concept of error as their turning point. Commented: A) the importance of error (mutations) as a focal point of Evolution by Natural Selection. B) The importance of mistakes as Alternative Ideas in science teaching. C) The importance of Science Education as the meeting point of two diametrically opposed worlds: the world of Physics, where the Creator "does not play dice", with that of Biology, where it is His favorite game.

Keywords: Errors/Mutations, Evolution, Science teaching.

Στην εισήγηση γίνεται μία προσπάθεια να βρεθούν τα κοινά σημεία δύο διαφορετικών κόσμων στους οποίους το λάθος από αμαρτία και εκτροπή καθίσταται κανονικότητα και αρετή. Οι δύο αυτοί κόσμοι δεν είναι άλλος από τον κόσμο της βιολογίας και των βιολογικών φαινομένων, αφενός, και ο κόσμος της διδακτικής της βιολογίας ως μέρους της διδακτικής των ΦΕ, αφετέρου. Στον πρώτο, τον κόσμο των βιολογικών φαινομένων, τίποτε δεν έχει νόημα, όπως πολύ σωστά, αναφέρει ο Th. Dobzhansky, χωρίς την ΕΜΦΕ ως κινητήρια δύναμη δημιουργίας του κόσμου των ζωντανών οργανισμών. Φαίνεται πως δεν απέχει πολύ από την αλήθεια, αν προστεθεί, πως τίποτε δεν έχει νόημα στην ίδια την ΕΜΦΕ χωρίς τον κινητήριο μοχλό της που είναι οι μεταλλάξεις. Δηλ. το αποτέλεσμα των λαθών στο γενετικό υλικό των οργανισμών. Που είναι ένα φαινόμενο καθολικό, τυχαίο και συνεχές. Φυσικά, είναι έξω από τους σκοπούς της εισήγησης να αναφερθεί διεξοδικά στην έννοια των μεταλλάξεων, στις πολλαπλές μορφές που απαντούν και στους πολλούς παράγοντες που τις προκαλούν. Για το θέμα αυτό ο αναγνώστης μπορεί να συμβουλευτεί μία από τις πολλές ανασκοπήσεις που υπάρχουν στην βιβλιογραφία, όπως αυτό των Loewe και Hill (2010). Παρόλα αυτά, είναι απαραίτητη η αναφορά σε ένα συγκεκριμένο είδος μεταλλάξεων, που οφείλονται στον μηχανισμό του “error-prone repair”- βλέπε πιο κάτω-, για να καταδειχτεί το πόσο σημαντικό είναι το λάθος στο γενετικό υλικό για την ύπαρξη της ζωής και της ποικιλότητας στον πλανήτη.

Προτείνεται, πως κάτι ανάλογο συμβαίνει στον δεύτερο από τους δύο κόσμους αναφοράς: αυτόν της Διδακτικής της Βιολογίας ως αναπόσπαστου σκέλους της Διδακτικής των ΦΕ. Μέχρι την εμφάνιση και το μεσουράνημα του κινήματος του Εποικοδομητισμού τα λάθη των μαθητών αποτελούσαν τον κακό δαίμονα του κόσμου της μάθησης και της διδασκαλίας, που σε ακραίες παλαιότερες εποχές ήταν αιτία πόνου και βασάνων. Με την εμφάνιση του Εποικοδομητισμού, αυτό που εθεωρείτο ως αιτία καταδίκης και τιμωρίας, μετατράπηκε σε πολύτιμο διδακτικό εργαλείο, πάνω στο οποίο (οικο)δομείται η μάθηση και η διδασκαλία.

Έτσι, τα λάθη των μαθητών αλλάζουν όχι μόνο ονομασία, καθώς ονομάζονται πλέον Εναλλακτικές Ιδέες (ΕΙ) των μαθητών, αλλά και ουσία, καθώς μετουσιώνονται στο πιο χρήσιμο διδακτικό εργαλείο. Καθώς αποτελούν πλέον το υπόστρωμα πάνω στο οποίο οργανώνεται και δομείται η μάθηση και η διδασκαλία (Driver, 2000).

Α΄ΛΑΘΗ ΣΤΟ ΓΕΝΕΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΜΕΤΑΛΛΑΞΕΙΣ

Τα γονιδιώματα των οργανισμών δέχονται συνεχώς επιθέσεις από παράγοντες που τους προκαλούν διάφορα είδη βλαβών. Οι βλάβες αυτές όταν δεν επιδιορθωθούν μπορούν να οδηγήσουν στην εμφάνιση Μεταλλάξεων, οι οποίες ποικίλουν ως προς το είδος, τους παράγοντες που τις προκαλούν και το είδος των κυττάρων στα οποία εμφανίζονται. Είναι ο μηχανισμός στον οποίο οφείλουμε την ποικιλομορφία του κόσμου των ζωντανών οργανισμών μετά την πρώτη εμφάνισή του ζωντανού κυττάρου, μια και είναι η κινητήρια δύναμη πίσω από την Εξέλιξη μέσω Φυσικής Επιλογής (ΕμΦΕ).

Η περίπτωση του *Error-prone repair (*επιρρεπής σε σφάλματα επιδιόρθωση του DNA)

Οι ζωντανοί οργανισμοί, βασίζονται σε οδούς επιδιόρθωσης που σε μεγάλο βαθμό συνήθως οδηγούν σε ακριβή αποκατάσταση του γονιδιώματος. Ωστόσο, ακόμη και στους μηχανισμούς επιδιόρθωσης υφίσταται ένα μεταλλαξιογόνο δυναμικό, που φαίνεται πως συμβαίνει με εκπληκτική συχνότητα, και χρησιμεύει, ακόμη και αυτή, ως κινητήρια δύναμη της εξέλιξης του γονιδιώματος (Hanscom, et al., 2020). Δηλ. είναι τόσο ισχυρή η τάση των οργανισμών για αλλαγή, ούτως ώστε ακόμη και ο μηχανισμός της επιδιόρθωσης των λαθών, μετατρέπεται, συχνά, μέσω του συγκεκριμένου επιδιορθωτικού μηχανισμού, σε μηχανισμό παραγωγής λαθών.

Β΄ΛΑΘΗ ΣΤΗΝ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Λάθη στο Πρόγραμμα Σπουδών:

Ένα λάθος που κάνουμε σε σχέση με τη Διδασκαλία της Βιολογίας, αφορά σε **αυτά που δεν κάνουμε**: Όχι μόνο δεν χρησιμοποιούμε, συχνά, ως διδάσκοντες τη διδασκαλία της ΕμΦΕ ως το οργανωτικό κεφάλαιο της διδασκαλίας της Βιολογίας, αλλά για πολλά χρόνια δεν φτάναμε καν να τη διδάξουμε. Αντιθέτως, σε έρευνα που έγινε ανάμεσα στους φοιτητές/τριες που διδάχτηκαν με αυτόν τον τρόπο τη Βιολογία, η απάντησή τους στο ερώτημα *«σε ποιο βαθμό μπορεί να υπάρξει ένα πανεπιστημιακό ή άλλο μάθημα με τη θεωρία της ΕμΦΕ ως την κεντρική ενοποιητική θεωρία»* ήταν πολύ θετική, υποστηρίζοντας πάρα πολύ την ιδέα (Athanasiou, 2022).

Λάθη που προκύπτουν λόγω άγνοιας: Ένα πολύ συνηθισμένο λάθος είναι η γνωστή άποψη ότι η ΕμΦΕ είναι «απλώς μια θεωρία» που φαίνεται να σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με το γεγονός ότι πολλοί άνθρωποι δεν είναι εξοικειωμένοι με τη *Φύση της Επιστήμης - NOS*. Θα παρουσιαστούν, όμως, ερευνητικά δεδομένα, σύμφωνα με τα οποία όταν οι φοιτητές και οι εκπαιδευτικοί, εξοικειωθούν με τη NOS, κατανοούν σε μεγάλο βαθμό γιατί η ΕμΦΕ δεν είναι «απλώς μια θεωρία» (Αντωνάτου και συν., 2022).

Λάθη στα σχολικά Εγχειρίδια: Το παράδειγμα των «Σπίνων του Δαρβίνου»: Η *Αποκλίνουσα Εξέλιξη* μέσω *Προσαρμοστικής Διάσπασης* φαίνεται να συνέβη στα ηφαιστειογενή νησιά Γκαλαπάγκος με τους σπίνους, με αποτέλεσμα τη δημιουργία 14 ειδών σπίνων από έναν μόνο πρόγονο. Τα περισσότερα εγχειρίδια όταν αναφέρουν το παράδειγμα της προσαρμοστικής διάσπασης την αποδίδουν στον Δαρβίνο. Η πραγματικότητα είναι ότι ο Δαρβίνος δεν ήταν ιδιαίτερα ικανός στην αναγνώριση ειδών πουλιών. Ήταν ο J. Gould, που χώρισε τα πουλιά που έφερε ο Δαρβίνος από τα Γκαλαπάγκος σε 12 συγγενικά είδη σπίνων (Gould, 1837). Η περίπτωση θα συζητηθεί για τη σημασία της για τη διδασκαλία, τονίζοντας το γεγονός, πως πολλές φορές η Ιστορία της Επιστήμης περιέχει μύθους, οι οποίοι δεν αφαιρούν τη σπουδαιότητα μιας επιστημονικής αλήθειας.

Όταν ο Τυπολογικός τρόπος σκέψης της Φυσικής εφαρμόζεται στη Βιολογία αντί για την Πληθυσμιακή οπτική:

Ο Einstein ήταν σίγουρος πως «ο Θεός δεν παίζει ζάρια». Με άλλα λόγια, στον κόσμο του δικού του Παραδείγματος, στον κόσμο της Φυσικής, τίποτε δεν είναι τυχαίο. Όλα είναι τέλεια σε ένα κόσμο *Ουσιοκρατίας* όπου επικρατεί ο *Τύπος* (*Ουσιοκρατία, τυπολογική* σκέψη). Για τον Αριστοτέλη <u>τα είδη είναι καλά ορισμένα, σταθερά, χωρίς αλλαγές, αιώνια</u>. Στη φύση υπάρχει τάξη, καθετί έχει το σκοπό του, ο άνθρωπος και τα γένη των ζώων και των φυτών ούτε δημιουργούνται ούτε καταστρέφονται (Mayr, 1982). Οι ιδέες αυτές είναι παντελώς ασύμβατες με την εξέλιξη και τον κόσμο των ζωντανών οργανισμών, τον κόσμο της Βιολογίας. Έχει ειπωθεί πως το μόνο σταθερό χαρακτηριστικό της ζωής είναι η αλλαγή (Pearson, 1995). Και απαραίτητη προϋπόθεση για την αποδοχή της εξελικτικής θεωρίας είναι η αντικατάσταση του «*τύπου*» που αντικατοπτρίζει την σταθερότητα, από τον *«πληθυσμό»* που αντικατοπτρίζει την ποικιλομορφία (Πληθυσμιακή οπτική).

Η περίπτωση των Αναλογιστών: Τα φυτά ως αντεστραμμένα ζώα

Η περίπτωση της θρέψης των φυτών και ο τρόπος με τον οποίο τα φυτά προσλαμβάνουν την τροφή τους ως ανεστραμμένα ζώα, έχει να κάνει σε μεγάλο βαθμό με κάποιους από τους κρυφούς λόγους που οδηγούν πολλούς μαθητές και εκπαιδευτικούς να απορρίπτουν την ΕμΦΕ, δηλαδή με τον *Ανθρωποκεντρισμό και* τις αριστοτελικές απόψεις για την *ιεραρχία* που υπάρχει στον κόσμο των ζωντανών οργανισμών. Στην εισήγηση θα γίνει προσπάθεια παρουσίασης των ιδεών των Αναλογιστών, την κατάρριψή τους με το πείραμα του Von

Helmont, καθώς και το γεγονός της επανάληψης των ιδεών αυτών από τους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς συνιστώντας μία άλλη κατηγορία ΕΙ (Αθανασίου, 2007).

ΕΙ των μαθητών για την ΕμΦΕ: Οι (ΕΙ) στις ΦΕ (Driver, et al., 2000), φαίνεται πως, συχνά, διέρχονται από τα ίδια στάδια που πέρασαν οι ιδέες των επιστημόνων σε προηγούμενες εποχές. Ο μακρύς κατάλογος των ΕΙ στην ΕμΦΕ περιλαμβάνει την άποψη πως «Ο Δαρβίνος είναι ο εμπνευστής της θεωρίας της εξέλιξης», (κάτι που φυσικά δεν είναι αληθές), καθώς και μια σειρά από διάφορες υπο-Έννοιες της ΕμΦΕ *όπως η προσαρμογή και η αναπαραγωγή, η Ειδο-γένεση, η ύπαρξη πλατωνικών αντιλήψεων,* κλπ..

Σημασία της ύπαρξης παρανόησης για τον διδάσκοντα: Τέλος, θα γίνει συζήτηση για την αποκάλυψη της παρανόησης, ως το πρώτο βήμα που μπορεί να βοηθήσει τον διδάσκοντα στο να αποκτήσει σαφή εικόνα του πως σκέφτεται ο μαθητής περί μιας έννοιας ή ομάδας εννοιών και στο σχεδιασμό μιας στρατηγικής ενεργειών που θα βοηθήσουν το μαθητή στο να διασκευάσει το νοητικό του μοντέλο ή τον τρόπο εφαρμογής του. Θα συζητηθεί η σπουδαιότητα της Διδακτικής των ΦΕ ως σημείου συνάντησης των δύο εκ διαμέτρου αντίθετων κόσμων: του κόσμου της Φυσικής, όπου ο Δημιουργός «δεν παίζει ζάρια», με εκείνον της Βιολογίας, στον οποίο τα ζάρια φαίνεται να είναι το αγαπημένο Του παιχνίδι (Αθανασίου, 2007).

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Αθανασίου, (2007). «Τα φυτά τρέφονται από τις ρίζες τους» ή για τα λάθη των μαθητών στις Βιολογικές Επιστήμες. Πρακτικά Συνεδρίου «Τα Λάθη των Μαθητών: Δείκτες Αποτελεσματικότητας ή Κλειδιά για τη βελτίωση της Ποιότητας στην Εκπαίδευση;». ΚΕΝΤΡΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ. Αθήνα, 1-2 Νοεμβρίου, 2007. http://www.kee.gr/attachments/file/praktika/praktika_lathi.pdf

Αντωνάτου, Χ., Μαυρικάκη, Ε. & Αθανασίου, Κ. (2022). Επιστημονική επάρκεια και γνώση περιεχομένου στη Θεωρία της Εξέλιξης. Στο: Πρακτικά εργασιών 6ου Πανελλήνιου Συνεδρίου «Η Βιολογία στην Εκπαίδευση», (σσ. 70-72). Διαδικτυακό: Πανελλήνια Ένωση Βιοεπιστημόνων. ISBN: 978-61881159-8-9

Athanasiou, K. (2022). Teaching Evolution as the Unifying Theory of Biology via a University Course: ReCount of a Praxis. *Interdisciplinary Journal of Environmental and Science Education*, 18(4), e2275. https://doi.org/10.21601/ijese/11976

Driver, R., Rushworth, P., Squires, A. & Wood-Robinson, (2000). Στο Κόκκοτας, Π., (επιμ.). Οικο-Δομώντας τις Έννοιες των Φυσικών Επιστημών: Μια Παγκόσμια Σύνοψη των Ιδεών των Μαθητών, Αθήνα: Τυπωθήτω. ISBN: 960-7643-841-4

Gould, J. (1837). Mr. Darwin's collection of birds, a series of Ground Finches, *Proceedings of the Zoological Society of London,* 5: 4-7.

Hanscom, T, & McVey, M. (2020). Regulation of Error-Prone DNA Double-Strand Break Repair and Its Impact on Genome Evolution. *Cells,* 9(7):1657. DOI: 10.3390/cells9071657

Loewe, L, and Hill, W. G. (2010). The population genetics of mutations: good, bad and indifferent. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci. 2010 Apr 27;365(1544):1153-67. **https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0317**

Mayr, E. (1976). Evolution and the diversity of life: Selected essays, USA.

Mayr, E. (1982). The growth of biological thought, USA.

Pearson, L. (1995). Diversity and evolution of plants, USA.