ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

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

Τόμ. 14, Αρ. 1 (2025)

14ο Συνέδριο Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Συνόψεις

Η Διαφορετικότητα Βιολογίας και Φυσικής ως Διδακτικό Εργαλείο (και) στα Πλαίσια της STEM Διδασκαλίας

Κυριάκος Αθανασίου

doi: 10.12681/codiste.7727

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** ΕΚΤ | **Πρόσβαση:** 21/01/2026 05:28:32

Η Διαφορετικότητα Βιολογίας και Φυσικής ως Διδακτικό Εργαλείο (και) στα Πλαίσια της STEM Διδασκαλίας

Κυριάκος Αθανασίου[1]
[1]Ομότιμος Καθηγητής, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
kathanas@ecd.uoa.gr

Περίληψη

Η εισήγηση συνιστά προσπάθεια εποικοδομητικής χρήσης των διαφορών ανάμεσα στις λοιπές Φυσικές Επιστήμες (ΦΕ), με αιχμή του δόρατος τη Φυσική, και την Βιολογία (ΒΕ). Πιο συγκεκριμένα, ενθαρρύνεται το κοινό πλαίσιο της διδασκαλίας STEM ως διδακτικό εργαλείο για την διδασκαλία εννοιών σχετικών και με την επιστημολογία των δύο κλάδων, μέσω των επιστημολογικών διαφορών τους. Ως τέτοιες, προτείνονται: Η ύπαρξη ενοποιητικής θεωρίας στη διδασκαλία των ΒΕ καθώς και η απουσία «παγκόσμιων» νόμων ή ο ρόλος του πειράματος, των μαθηματικών και της Ιστορίας. Επιπλέον, συζητείται η κατανόηση των εννοιών «Κοινωνικές Προεκτάσεις» και «Κοινωνική Επιστήμη», καθώς και η ουσιοκρατία στη Φυσική, σε αντιδιαστολή με την μη-τυπολογική, «πληθυσμιακή οπτική», όπου τα συνεχή τυχαία λάθη και οι αποκλίσεις (μεταλλάξεις) στις ΒΕ συνιστούν τον κινητήριο μοχλό.

Λέξεις κλειδιά: Διαφορετικότητες, Φυσική, Βιολογία, διδακτικό, εργαλείο

Biology and Physics Diversity as a Teaching Tool in the Context of STEM Teaching

Kyriacos Athanasiou[1]
[1]Emeritus Professor, The National and Kapodestrian University of Athens
kathanas@ecd.uoa.gr

Abstract

The paper is an attempt to constructively use the differences between Science, led by Physics, on one hand and Biology on the other. More specifically, the common framework of STEM teaching is encouraged as a teaching tool for teaching concepts related to the epistemology of the two disciplines, through their epistemological differences. As such disparities, the following are proposed: The existence of a unifying theory in their teaching, and the absence of "universal" laws in Biology. Furthermore, the dissimilar roles played among them by the experiment, mathematics and history. In addition, it is commended the difference in the meanings of the concepts "Social Implications" and "Social Science", together with the meaning of the essentialism in Physics, as opposed to the non-typological "population perspective" in Biology, where the endless, random errors and deviations (mutations) are the universal driving force, that prevails behind all biological phenomena.

Keywords: Differences, Physics/Biology, didactics

Εισαγωγή-Θεωρητικό Υπόβαθρο

Τα τελευταία χρόνια διαφαίνεται μία ολοένα και περισσότερο επικρατής οπτική στη διδασκαλία των ΦΕ για να διδάσκονται οι τελευταίες κάτω από μια κοινή ομπρέλα, αυτή του STEM. Η ίδια οπτική είχε παλαιότερα προταθεί στα πλαίσια του προγράμματος «Project, 2061» της AAAS (1990). Η εισήγηση συνιστά μία πρόταση με τη οποία ενισχύεσαι μια τέτοια οπτική, υποστηρίζοντας πως η γνώση και κατανόηση των διαφορών ανάμεσα στις ΦΕ (κυρίως

Αναγνωριστικό ψηφιακής εργασίας: https://doi.org/10.12681/codiste.7727

τη Φυσική) και τις Βιολογικές Επιστήμες (ΒΕ) μπορεί να αποτελέσει εργαλείο κοινής συγκριτικής διδασκαλίας τους.

Διαφορετικότητα στον Τρόπο Διδασκαλίας: Η Ύπαρξη Ενοποιητικής Θεωρίας στη Βιολογία

Η Θεωρία της Εξέλιξης (ΘΕ) αποτελεί την *Ενοποιητική Θεωρία της Βιολογίας*. Είναι σχετική με κάθε πτυχή της επιστήμης της βιολογίας. Καταδεικνύει τις σχέσεις μεταξύ διαφορετικών λειτουργιών, δομών και κλάδων της βιολογίας, η οποίες διαφορετικά δεν θα έδειχναν καμία συσχέτιση μεταξύ τους. Έτσι, ενοποιεί την επιστήμη της βιολογίας και ορίζεται ως η κεντρική της ενοποιητική θεωρία διότι μπορεί να εξηγεί ταυτόχρονα και την ποικιλότητα και την ενότητα της ζωής. Σε προηγούμενη εργασία καταδείξαμε τα συμπεράσματα μετά την διδασκαλία της Βιολογίας με βάση την Εξέλιξη ως ενοποιητικής θεωρίας» και την χρησιμότητα μιας τέτοιας οπτικής (Αθανασίου, 2015). Η διαφορά με την Διδασκαλία λ.χ. της Φυσικής, έγκειται στο εξής: Οι θεωρητικοί φυσικοί δεν έχουν ακόμη διατυπώσει μια ευρέως αποδεκτή, συνεπή θεωρία που να συνδυάζει τη γενική σχετικότητα και την κβαντική μηχανική για να σχηματίσει μια θεωρία των πάντων. Η ασυμβατότητα των δύο θεωριών παραμένει ένα σημαντικό πρόβλημα στον τομέα της Φυσικής. Ακόμη, όμως, και αν επιτευχθεί κάτι τέτοιο, η διαφορά έγκειται πως στη μία περίπτωση είναι μια πρόταση εναλλακτικής διδασκαλίας, ενώ στην άλλη περίπτωση, αυτή των ΒΕ, ο τρόπος αυτός διδασκαλίας συνιστά μονόδρομο (National Association of Biology Teachers, 1995).

Η Ύπαρξη και η Ανυπαρξία Νόμων

Το μοντέλο της επιστημονικής μεθόδου που προέρχεται από τις ΦΕ, κυρίως τη Φυσική, αφήνει με την εντύπωση ότι ο στόχος της επιστήμης είναι να δημιουργήσει «νόμους» (π.χ., τις δηλώσεις των Νεύτωνα και Κέπλερ για τη γενική και την πλανητικής κίνηση, αντίστοιχα). Νόμοι υπό την έννοια αυτή είναι δηλώσεις για κάποιο γεγονός που έχει αποδειχθεί ότι περιλαμβάνει όλες τις γνωστές περιπτώσεις. Οι βιολόγοι έχουν κατά καιρούς υποφέρει από την επιθυμία να μιμηθούν τη Φυσική με τη θέσπιση νόμων (π.χ., Βιογενετικός νόμος του Ερνστ Χέκελ ότι «η Οντογένεση ανακεφαλαιώνει την φυλογένεση»). Εν τούτοις, το ιστορικό στοιχείο και η εγγενής μεταβλητότητα των βιολογικών συστημάτων κάνει τέτοιες καθολικές δηλώσεις αδύνατες. Η βιολογική επιστήμη προχωράει αναπτύσσοντας γενικές έννοιες που χρησιμοποιούνται για να καθοδηγήσουν την προσέγγισή μας στα συγκεκριμένο φαινόμενα. Η Φυσική Επιλογή είναι ένα παράδειγμα μιας τέτοιας έννοιας, και, ενώ κάποιοι έχουν συζητήσει την περίπτωση ενός νόμου είναι απλά μια τυπική γενίκευση σχετικά με τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ του περιβάλλοντος, των οργανισμών, και των γονοτύπων εκείνων των οργανισμών από την άποψη του αντίκτυπου αυτών των αλληλεπιδράσεων στις γονοτυπικές συχνότητες. Οι επίσημες γενικεύσεις της βιολογίας περιλαμβάνουν πάντα εξαιρέσεις που «επιβεβαιώνουν τον κανόνα» και οδηγούν στην τροποποίηση και το ξεκαθάρισμα των εννοιών με την πάροδο του χρόνου.

Ο Ρόλος του Πειράματος. Ομοιότητες-διαφορές

Το πείραμα παίζει πολλούς ρόλους στην επιστήμη. Ένας από τους σημαντικούς ρόλους του είναι να ελέγχει θεωρίες, αλλά μπορεί επίσης να είναι μέρος της αναζήτησης μιας νέας θεωρίας, μπορεί επίσης να παρέχει υποδείξεις προς τη δομή ή τη μαθηματική μορφή μιας θεωρίας. Μπορεί επίσης να παρέχει αποδείξεις για την ύπαρξη των οντοτήτων που εμπλέκονται στις θεωρίες μας (Franklin, 1999). Τί σημασία όμως μπορεί να έχουν όλα αυτά, όταν στον κόσμο της Βιολογίας η μοναδική, ίσως θεωρία που έχουμε είναι η Θεωρία της Εξέλιξης μέσω Φυσικής Επιλογής (ΘΕμΦΕ) (Gould, 1981). Και τί υποδείξεις για τη μαθηματική μορφή μιας θεωρίας να κάνει ένα πείραμα, όταν το όλο οικοδόμημα της ΘΕμΦΕ είναι δομημένο πάνω στην Ιστορική Επιστήμη της μελέτης των απολιθωμάτων; Όσο γι΄

αυτούς που υποστηρίζουν πως υπάρχει και η Κυτταρική Θεωρία (ΚΘ), θα πρέπει να ειπωθεί πως πολλοί επιστήμονες δεν την θεωρούν "θεωρία" με την αυστηρή έννοια του όρου για διάφορους λόγους. Ο S. Gould, διατύπωσε τη θέση ότι «...τα δεδομένα και οι θεωρίες είναι διαφορετικά πράγματα, όχι βαθμίδες σε μια ιεραρχία αυξανόμενης βεβαιότητας. Τα [επιστημονικά] δεδομένα είναι η πληροφορία του κόσμου. Οι θεωρίες είναι δομές ιδεών που εξηγούν και ερμηνεύουν τα δεδομένα» (από Sosa, et al., 2008).

Φυσικές Επιστήμες, Βιολογία και Μαθηματικά

Στο παρελθόν επιστημονικό εθεωρείτο μόνο ότι εμπεριείχε μαθηματικές ερμηνείες, ενώ η επιστημονικότητα των ερευνητικών πρακτικών αξιολογείτο με βάση το βαθμό συγγένειας με τη γλώσσα των μαθηματικών. Ο Mayr (1976, 2004) αναφέρεται στον μαθηματικό Jacob Bronowski ως εισηγητή της άποψης πως με βάση το περιεχόμενο σε μαθηματικά, "αληθινή επιστήμη είναι η Φυσική, ακολουθεί η Χημεία, μετά η Βιολογία, έπονται τα Οικονομικά και μετά οι Κοινωνικές Επιστήμες". Η εισαγωγή της μαθηματικής λογικής σε συνδυασμό με την πειραματική πρακτική ήταν οι κύριοι παράγοντες που οδήγησαν στην ανακάλυψη και τη διατύπωση των νόμων της Φυσικής. Των παγκόσμιων δηλ. αρχών που διέπουν τη λειτουργία του κόσμου. Σύμφωνα με τον Γαλιλαίο, «το βιβλίο της φύσης είναι γραμμένο στη γλώσσα των μαθηματικών». Μια γλώσσα τελειότητας που διέπεται από παγκόσμιους, σταθερούς και αναλλοίωτους νόμους που δεν έχουν εξαιρέσεις. Η συνεισφορά του Νεύτωνα δεν ήταν τίποτε άλλο από την μεταφορά αυτών τον νόμων στην παγκόσμια σφαίρα.

Ουσιοκρατία και η Τελεολογική- ντετερμινιστική λογική

Σύμφωνα με τον Mayr, στον κόσμο των ΦΕ έχουμε μία επαναδιατύπωση των ιδεών του Πλάτωνα σε άλλη μορφή: Η ανακάλυψη παγκόσμιων νόμων που διέπουν τη λειτουργία του σύμπαντος συνιστούν αρχές που αντανακλούν την τελειότητα του κόσμου των ιδεών. Δηλ. έχουμε την Ουσιοκρατία στην πράξη. Η μόνη αλήθεια του φυσικού κόσμου είναι η αλήθεια της Ουσιοκρατίας. Γι΄ αυτό και ο Whitehead (από Mayr, 1976) ισχυρίζεται πως «η όλη Ευρωπαϊκή φιλοσοφική παράδοση δεν είναι τίποτε άλλο από μια υποσημείωση στο έργο του Πλάτωνα». Ο κόσμος δηλ. της Φυσικής και της Αστρονομίας είναι ένας κόσμος τέλειων και σταθερών δομών (τυπολογία). Ένας κόσμος που διέπεται από την Ουσιοκρατία και η Τελεολογική- ντετερμινιστική λογική. Ένας κόσμος που έρχεται σε τέλεια αντινομία με τον κόσμο του Δαρβίνου, τον κόσμο της Πληθυσμιακής, μη-τυπολογικής, μη τελεολογικής αντίληψης και οπτικής. Ένα κόσμο στον οποίο τα λάθη στο γενετικό υλικό, ως συνεχώς και καθολικά συμβαίνοντα γεγονότα (μεταλλάξεις) συνιστούν τον θεμέλιο λίθο πάνω στον οποίο δρα η διαδικασία της ΕμΦΕ (Hanscom & McVey, 2020).

Η Βιολογία (και) ως Κοινωνική Επιστήμη

Η συγκριτική διδασκαλία των δύο κλάδων (Φυσική/Βιολογία) μπορεί να βοηθήσει τον μαθητή να αντιληφθεί τη διαφορετικότητα ανάμεσα στις έννοιες: Κοινωνική συνεισφορά μιας επιστήμης και της Έννοιας- Κοινωνική Επιστήμη. Π.χ. πριν μερικά χρόνια η επιστημονική κοινότητα ήταν όλη αντίθετη στη χρήση των Πυρηνικών Αντιδραστήρων, καθώς και τη χρήση των μεταλλαγμένων οργανισμών. Σήμερα, μετά την υπερθέρμανση του Πλανήτη, το όλο ζήτημα επαναδιατυπώνεται σε νέα βάση, και είναι όλο και εντονότερες οι φωνές στην επιστημονική κοινότητα που συνηγορούν για τη χρήση των ΠΑ. Τα δύο παραδείγματα αφορούν στον κοινωνικό ρόλο της επιστήμης. Το κριτήριο όμως για το κατά πόσο μια επιστήμη ή ένας κλάδος της μπορεί να θεωρείται ΚΑΙ ως «Κοινωνική» ή αν εντάσσεται αποκλειστικά στις ΦΕ είναι κάτι τελείως διαφορετικό και σχετίζεται με τα εργαλεία που χρησιμοποιεί. Δηλαδή τα Μαθηματικά/Πείραμα στις ΦΕ (Γαβρόγλου, 2003) σε αντιδιαστολή με την Ιστορική Μελέτη των απολιθωμάτων στη θεμελίωση της ΘΕμΦΕ που συναντάμε στις ΒΕ.

Εκπαιδευτικές Προεκτάσεις:

1. Για την επιστημονική νομιμοποίηση της Παρατηρισιακής/ Συγκριτικής Μεθόδου, που χρησιμοποιούμε ευρέως στη Βιολογίας (και Γεωλογία, Αστρονομία) σε σχέση με την Πειραματική, που είναι η κύρια μέθοδος στην Φυσική και τη Χημεία (Pantin, 1968).
2. Διδασκαλία της Επαληθευσιμότητας και της Διαψευσιμότητας μέσα από την Παρουσίαση της επαγωγικής-αναγωγικής μεθόδου του Νεύτωνα ως ένα είδος *επαληθευτικής μεθόδου*. Η μέθοδος βασίζεται στην επαλήθευση των θεωριών μέσω πειραμάτων και παρατηρήσεων. Οι επιστήμονες, κυρίως στη Φυσική, χρησιμοποιούν πειράματα για να συλλέγουν δεδομένα και να επαληθεύουν τις θεωρίες τους, εξασφαλίζοντας έτσι την ακρίβεια και την αξιοπιστία των επιστημονικών γνώσεων. Σε αντιδιαστολή, η πιο ενδιαφέρουσα μέθοδος για την θεμελίωση της ΘΕμΦΕ ενδείκνυται η *Διαψευσιμότητα*. Παραδείγματα.
3. Συνέπειες της αλλαγής Παραδειγμάτων κατά Kuhn στη Φυσική, σε σχέση με την μοναδική Επιστημονική Επανάσταση και αλλαγή Παραδείγματος στη Βιολογία. Συγκριτική διδασκαλία της «Εξέλιξης» της έννοιας της Δύναμης, σε σχέση με την, πραγματική *Εξέλιξη* της έννοιας του Γονιδίου.

Βιβλιογραφία

Αθανασίου, Κ. (2015). *Διδακτική της Βιολογίας*. Έκδοση: Κάλλιππος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις. ISBN 978-960-603-076-5

Γαβρόγλου, Κ. (2003). *Ιστορία της Φυσικής και της Χημείας, Τόμος Α'*. Εκδόσεις ΕΑΠ, Πάτρα.

American Association for the Advancement of Science (AAAS)(1990). *Science For All Americans*. Oxford University Press, New York.

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

Franklin, A. (1999). The Roles of Experiment. *Physics in Perspective, 1,* 35–53. https://doi.org/10.1007/s000160050004

Gould, S. J., (1981). Evolution as Fact and Theory, *Discover Magazine*, May 1981.

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

Mayr, E. (1976). *Evolution and the diversity of life: Selected essays,* Harvard University Press. ISBN 978-0674271050

Mayr, E. (2004). *What Makes Biology Unique? Considerations on the Autonomy of Scientific Discipline*. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511617188

National Association of Biology Teachers, (1995). Position Statement on Teaching Evolution, *News & Views*. June, 4-5.

Pantin, C.F.A. (1968). *Relations between the Sciences*. Cabridge University Press. ISBN 13: 9780521059091

Sosa, E, Kim, J., Fantl, J. & McGrath, M. (2008). *Epistemology: An Anthology*. John Wiley & Sons. σελ. 583. ISBN 978-1-4051-6966-0.