

Τα Αναλογικά Μοντέλα ως Διδακτικά Εργαλεία: δύο Παραδείγματα από τη Φυσική Γενικού Λυκείου

Γιάννης Γαβαλάς

Φυσικός – Εκπαιδευτικός Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης

yianganga@hotmail.com

Περίληψη: Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η παρουσίαση δύο αναλογικών μοντέλων για το άτομο, τα οποία περιλαμβάνονται στα βιβλία Φυσικής Γενικού Λυκείου. Το πρώτο είναι το πλανητικό μοντέλο και το δεύτερο είναι το μοντέλο της συμπαγούς, τέλεια ελαστικής σφαίρας. Η εργασία στοχεύει επίσης και στην παρουσίαση των βασικών χαρακτηριστικών που πρέπει να περιλαμβάνει η διδασκαλία αυτών των αναλογικών μοντέλων, ώστε να συνειδητοποιήσουν οι μαθητές ότι καθένα από αυτά δεν αποτελεί απεικόνιση της πραγματικότητας, αλλά αναπαράσταση μερικών μόνο ιδιοτήτων του ατόμου και ως εκ τούτου η εφαρμογή του έχει όρια και περιορισμούς.

Λέξεις κλειδιά: Αναλογικά Μοντέλα, Φυσική, Μοντέλο Ιδανικού Αερίου, Πλανητικό Μοντέλο Ατόμου.

Εισαγωγή

Σύγχρονοι ερευνητές υποστηρίζουν πως η ικανότητα του ατόμου να εντοπίζει αναλογικές σχέσεις σε διαφορετικούς τομείς γνώσης, οφείλεται σε έμφυτη ιδιότητα της ανθρώπινης σκέψης (Χρηστίδου, 2001). Ο αναλογικός συλλογισμός, ως νοητική διεργασία, επιτρέπει την αντιμετώπιση προβλημάτων σε έναν γνωστικό τομέα, με βάση γνώσεις που έχουν συγκροτηθεί από κάποιον άλλον γνωστικό τομέα (Ραβάνης, 2016). Σύμφωνα με τον Duit (1991), ο όρος αναλογία στην εκπαίδευση, αναφέρεται σε αντιστοιχία δύο δομών που ανήκουν σε διαφορετικούς γνωστικούς τομείς. Ο τομέας που επιχειρείται να διδαχθεί ονομάζεται 'στόχος' και ο τομέας με γνωστές λειτουργικές δομές που αξιοποιούνται με σκοπό την κατανόηση του τομέα-στόχου ονομάζεται 'βάση'. Κατά συνέπεια, ένα αναλογικό μοντέλο είναι ουσιαστικά η αντιστοιχία που συνδέει τον τομέα-στόχο με τον τομέα-βάση (Χρηστίδου, 2001). Τα αναλογικά μοντέλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη διδασκαλία με σκοπό να οπτικοποιήσουν φυσικές οντότητες που δεν μπορούν να παρατηρηθούν με τις αισθήσεις, όπως τα άτομα και τα μόρια (Harrison & Treagust, 2000).

Διάφορα αναλογικά μοντέλα έχουν χρησιμοποιηθεί στην ιστορία της επιστήμης για την αναπαράσταση του ατόμου. Αναλόγως με τις ανάγκες, το άτομο έχει αναπαρασταθεί ως συμπαγής, τέλεια ελαστική σφαίρα, ως ανάλογο ενός σταφυδιόψωμου, όπου το ψωμί αναπαριστά το διάχυτο θετικό φορτίο και οι σταφίδες τα αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια, ως ανάλογο του ηλιακού συστήματος, όπου ο Ήλιος αναπαριστά τον πυρήνα και οι πλανήτες τα ηλεκτρόνια κ.λπ. (Χαλκιά, 2012). Σύμφωνα με πολλούς ερευνητές τα αναλογικά μοντέλα

που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες για τη δημιουργία νέας γνώσης, μπορούν να βρουν εφαρμογή στη διδασκαλία με σκοπό να διευκολύνουν τους μαθητές κατά την αναδιοργάνωση και τον εμπλουτισμό των νοητικών τους μοντέλων (Χρηστίδου, 2001). Ένα διδακτικό αναλογικό μοντέλο, βέβαια, δεν πρέπει να στοχεύει στη μίμηση του αντίστοιχου επιστημονικού μοντέλου, το οποίο δημιουργήθηκε με σκοπό την παραγωγή νέας γνώσης, αλλά στη λειτουργική σύνδεση μεταξύ ενός γνωστικού τομέα που είναι οικείος στους μαθητές με έναν άλλον που είναι μακριά από την αισθητηριακή τους αντίληψη (Ραβάνης, 2016).

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η διδακτική αναπλαισίωση δύο επιστημονικών αναλογικών μοντέλων για το άτομο, που περιλαμβάνονται στα βιβλία Φυσικής Β' Ενιαίου Λυκείου, Γενικής Παιδείας και Θετικών Σπουδών αντίστοιχα:

- το πλανητικό μοντέλο που αναπτύχθηκε το 1911 από τον Rutherford και,
- η αναλογία της συμπαγούς, τέλεια ελαστικής σφαίρας, που προτάθηκε το 1860 από τον Maxwell στο μοντέλο του ιδανικού αερίου.

Το Πλανητικό Μοντέλο για το Άτομο

Ο Rutherford (1911), με σκοπό την ερμηνεία πειραματικών αποτελεσμάτων σκέδασης σωματίων α και β από λεπτά φύλλα μετάλλων, διατύπωσε ένα μοντέλο για το άτομο, σύμφωνα με το οποίο το θετικό φορτίο βρίσκεται εντοπισμένο σε μια πολύ μικρή περιοχή – τον πυρήνα – και περιβάλλεται από μια σφαιρική κατανομή αρνητικού φορτίου. Το 1913, ο Bohr βασιζόμενος στο μοντέλο του Rutherford, καθώς και στην κβαντική θεωρία του Plank και του Einstein, ανέπτυξε το πλανητικό μοντέλο για το άτομο (Hewitt, 2010).

Το πλανητικό μοντέλο για το άτομο αναφέρεται στο βιβλίο Φυσικής Β' Λυκείου Γενικής Παιδείας (Αλεξάκης κ.ά., 2017). Ο τομέας-στόχος του πλανητικού μοντέλου είναι η δομή του ατόμου και ο τομέας-βάση η δομή του ηλιακού συστήματος. Ο πυρήνας του ατόμου αντιστοιχίζεται με τον ήλιο και κάθε ηλεκτρόνιο με έναν πλανήτη του ηλιακού συστήματος. Οι τροχιές των πλανητών γύρω από τον ήλιο λόγω βαρυτικής έλξης αντιστοιχίζονται με τροχιές των ηλεκτρονίων λόγω ηλεκτρικής έλξης του πυρήνα (Harrison & Treagust, 2000).

Παρότι ο Bohr προειδοποίησε του δημοσιογράφους να μην πάρουν αυτό το αναλογικό μοντέλο κατά γράμμα, οι δημοσιογράφοι αγνόησαν τις οδηγίες του και δημοσίευσαν πως η δομή του ατόμου αποτελεί μια μικρογραφία του ηλιακού συστήματος (Hewitt, 2010). Η αντίδραση των δημοσιογράφων εκείνης της εποχής έρχεται σε συμφωνία με αποτελέσματα σύγχρονων ερευνών, που δείχνουν πως πολλοί μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης τείνουν να θεωρούν τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, πιστά αντίγραφα – και όχι εννοιολογικές αναπαραστάσεις – της πραγματικότητας (Harrison & Treagust, 2000). Πρέπει, επομένως, να δίνεται έμφαση κατά τη διδασκαλία στο γεγονός πως τα μοντέλα δεν αποτελούν πραγματικές οντότητες, αλλά αναπαραστάσεις με στόχο την εστίαση σε συγκεκριμένα δομικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά ενός συστήματος (Χαλκιά, 2012).

Το Μοντέλο του Ιδανικού Αερίου

Πενήντα περίπου χρόνια πριν την ανακοίνωση του πλανητικού μοντέλου για το άτομο, ο Maxwell (1860) είχε παρομοιάσει το άτομο με συμπαγή απόλυτα ελαστική σφαίρα. Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας τη νευτώνια μηχανική για τις κινήσεις και τις συγκρούσεις απόλυτα ελαστικών σφαιρών, έδωσε ερμηνεία σε πολλά φυσικά φαινόμενα που σχετίζονται με τη συμπεριφορά των αερίων. Το αναλογικό αυτό μοντέλο ήταν πολύ επιτυχημένο και μέχρι σήμερα διδάσκεται στις διάφορες βαθμίδες εκπαίδευσης.

Το βιβλίο Φυσικής Β΄ Λυκείου Θετικών Σπουδών αναφέρει αυτό το αναλογικό μοντέλο στο πλαίσιο διδασκαλίας της κινητικής θεωρίας των αερίων. Ο τομέας-στόχος του μοντέλου είναι η κινητική συμπεριφορά των ατόμων των αερίων και ο τομέας-βάση η κινητική συμπεριφορά μιας τέλει ελαστικής σφαίρας σύμφωνα με τη θεωρία της κλασσικής μηχανικής. Κάθε άτομο αερίου αντιστοιχίζεται με μια συμπαγή, τέλεια ελαστική σφαίρα που συγκρούεται διαρκώς, τόσο με άλλες όμοιες σφαίρες, όσο και με τα τοιχώματα του δοχείου (Βλάχος κ.ά., 2017).

Σύμφωνα με το αναλυτικό πρόγραμμα της Φυσικής Β΄ Λυκείου, οι μαθητές που παρακολουθούν τον Προσανατολισμό Θετικών Σπουδών διδάσκονται και τα δύο προαναφερθέντα αναλογικά μοντέλα για το άτομο, που, παρά τις τεράστιες διαφορές τους, καταφέρνουν να δώσουν απαντήσεις για σημαντικά χαρακτηριστικά της δομής και της λειτουργίας του ατόμου. Η χρήση πολλών μοντέλων κατά τη διδασκαλία της ίδιας φυσικής οντότητας, μπορεί να καθοδηγήσει τους μαθητές να διακρίνουν πως δεν υπάρχει ταύτιση του μοντέλου με την πραγματικότητα, αλλά μόνο μια αναλογική αναπαράσταση συγκεκριμένων, κάθε φορά, χαρακτηριστικών και λειτουργιών του τομέα-στόχου (Harrison & Treagust, 2000).

Διδασκαλία και Μάθηση Μέσω Αναλογικών Μοντέλων

Οι Harrison και Treagust (2000) προτείνουν μια διδακτική προσέγγιση που αποτελείται από τρία στάδια και στοχεύει στην επιτυχή μάθηση μέσω αναλογικών μοντέλων:

Εστίαση (Focus)

Σε αυτό το πρώτο στάδιο ο διδάσκων διερευνά τις εννοιολογικές δυσκολίες που μπορεί να αντιμετωπίσουν οι μαθητές κατά τη μελέτη του τομέα-στόχου, καθώς και τις προϋπάρχουσες γνώσεις και δεξιότητες σχετικά με τον τομέα-βάση.

Δράση (Action)

Σε αυτό το στάδιο γίνεται η παρουσίαση του αναλογικού μοντέλου στους μαθητές, η αναγνώριση των κοινών χαρακτηριστικών μεταξύ των δύο γνωστικών τομέων της αναλογίας, αλλά και η επισήμανση των μη κοινών χαρακτηριστικών.

Στοχασμός (Reflection)

Σε αυτό το στάδιο γίνεται η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας του μοντέλου από τους μαθητές, με στόχο την αναγνώριση των ορίων και των περιορισμών της αναλογίας.

Όταν ο εκπαιδευτικός γνωρίζει τις αντιλήψεις των μαθητών του, τόσο για τον τομέα-βάση, όσο και για τον τομέα-στόχο, μπορεί να επισημάνει τις έννοιες που ξεπερνούν την ερμηνευτική ισχύ της αναλογικής σχέσης μεταξύ των δύο γνωστικών τομέων, αποφεύγοντας τις παρανοήσεις (Χρηστίδου, 2001). Η παρουσίαση της αναλογίας, στη συνέχεια, δίνει την ευκαιρία στους μαθητές να αναπτύξουν για τη νέα γνώση μια νοητική αναπαράσταση, με βάση άλλες γνώσεις που έχουν ήδη κατακτήσει, καθώς, σύμφωνα με την θεωρία της εποικοδόμησης, η μάθηση νέων εννοιών γίνεται πάντα στη βάση νοητικών μοντέλων που προϋπάρχουν στη γνωσιακή δομή του ατόμου (Duit, 1991). Τέλος, η έμφαση στους περιορισμούς των αναλογικών μοντέλων είναι πολύ σημαντική κατά τη διδασκαλία, ώστε οι μαθητές να τα χρησιμοποιούν ως νοητικά εργαλεία και να μην τα θεωρούν απεικονίσεις της πραγματικότητας (Χαλκιά, 2012).

Συμπεράσματα

Οι αναλογίες είναι πολύ αποτελεσματικά νοητικά εργαλεία που μπορούν να βοηθήσουν το μαθητή να οικοδομήσει νέα γνώση στη βάση εννοιών που του είναι οικείες (Duit, 1991). Η αναλογία στη διδασκαλία μπορεί να λειτουργήσει ως μέσο οικοδόμησης κατάλληλων αναπαραστάσεων στους μαθητές για έννοιες και φαινόμενα που δεν μπορούν να γίνουν αντιληπτά με αισθητηριακά δεδομένα (Χαλκιά, 2012). Κατά τη χρήση αναλογικών μοντέλων στη διδασκαλία είναι απαραίτητο να αναλύονται τόσο οι ομοιότητες, όσο και οι διαφορές των εννοιών μεταξύ του τομέα-βάση και του τομέα-στόχου, ώστε να αποφεύγεται η δημιουργία παρανοήσεων (Χρηστίδου, 2001). Οι μαθητές, τέλος, χρειάζονται καθοδήγηση κατά τη διδασκαλία, ώστε να αντιληφθούν πως τα αναλογικά μοντέλα είναι ανθρώπινες επινοήσεις και κατά συνέπεια οι ερμηνευτικές τους δυνατότητες έχουν όρια και περιορισμούς (Harrison & Treagust, 2000).

Βιβλιογραφικές Αναφορές

Ξενόγλωσσες

- Duit, R. (1991). On the Role of Analogies and Metaphors in Learning Science. *Science Education*, 75(6), 649-672.
- Harrison, A. & Treagust, D. (2000). A Typology of School Science Models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011-1026. doi: 10.1080/095006900416884
- Maxwell, J. C. (1860). Illustrations of the dynamical theory of gases. Part I. On the motions and collisions of perfectly elastic spheres. *Philosophical Magazine*, 4th series, 19, 19-32.
- Rutherford, E. (1911). The Scattering of α and β Particles by Matter and the Structure of the Atom. *Philosophical Magazine*, 6(21), 1-24.

Ελληνόγλωσσες

- Αλεξιάκης, Ν., Αμπατζής, Σ., Γκουγκούσης, Γ., Κουντούρης, Β., Μοσχοβίτης, Ν., Οβαδίας, Σ., Σαμπράκος, Μ., Ψαλίδας, Α., Γεωργακάκος, Π., Σκαλωμένος, Α., Σφαρνάς, Ν. &

- Χριστακόπουλος, Ι. (2017). *Φυσική Γενικής Παιδείας Β' Τάξης Γενικού Λυκείου*. Αθήνα: Διόφαντος.
- Βλάχος, Ι., Γραμματικάκης, Ι., Καραπαναγιώτης, Β., Κόκκοτας, Π., Περιστερόπουλος, Π., Τιμοθέου, Γ., Ιωάννου, Α., Ντάνος, Γ., Πήττας, Α. & Ράπτης, Σ. (2017). *Φυσική Ομάδας Προσανατολισμού Θετικών Σπουδών Β' Τάξης Γενικού Λυκείου*. Αθήνα: Διόφαντος.
- Hewitt, P. (2010). *Οι έννοιες της Φυσικής* (μετάφραση: Σηφάκη, Ε. & Παπαδόγγονας, Γ.). Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης (έτος έκδοσης του πρωτοτύπου 2002).
- Ραβάνης, Κ. (2016). *Εισαγωγή στη Διδακτική και στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών*. Αθήνα: Εκδόσεις νέων Τεχνολογιών.
- Χαλκιά, Κ. (2012). *Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες. Θεωρητικά Ζητήματα, Προβληματισμοί, Προτάσεις*. Αθήνα: Πατάκη.
- Χρηστίδου, Β. (2001). Ο Ρόλος των Ρητορικών Σχημάτων: η Μεταφορά και η Αναλογία ως Μηχανισμοί Σκέψης και Κατανόησης στις Φυσικές Επιστήμες. Στο: Β. Κουλαϊδής, Β. Χατζηνικήτα & Κ. Δημόπουλος (Επιμ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Τόμος Β* (σ.293-319). Πάτρα: ΕΑΠ.