

## ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

**ΓΙΑ ΤΗ ΔΕΥΤΕΡΗ ΕΒΔΟΜΑΔΑ ΤΟΥ ΣΕΜΙΝΑΡΙΟΥ ΓΙΑ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ ΠΕ04 ΠΟΥ ΟΡΓΑΝΩΘΗΚΕ ΑΠΟ ΤΟ ΣΥΜΒΟΥΛΟ ΠΕ 04 Κ. ΚΑΦΕΤΖΟΠΟΥΛΟ ΚΑΙ ΤΟΝ ΥΠΕΥΘΥΝΟ ΤΟΥ ΕΚΦΕ ΑΜΠΕΛΟΚΗΠΩΝ Α. ΒΕΛΕΝΤΖΑ ΤΟΝ ΜΑΡΤΙΟ ΚΑΙ ΑΠΡΙΛΙΟ ΤΟΥ 2013.**

### ΘΕΜΑ 2<sup>ΗΣ</sup> ΕΒΔΟΜΑΔΟΣ:

**Σημαντικά διδακτικά εργαλεία. Εννοιολογικοί Χάρτες - Αναλογίες - Μοντέλα-Νοητικά Πειράματα**

#### Οι εννοιολογικοί χάρτες

Οι έννοιες δεν είναι αυτόνομες και ανεξάρτητες, αλλά διαπλέκονται μεταξύ τους σχηματίζοντας εννοιολογικές δομές ή εννοιολογικά πλαίσια νοητικής λειτουργίας (conceptual frameworks). Ένας από τους τρόπους, με τους οποίους οι διδάσκοντες μπορούν να προσεγγίσουν τις έννοιες και τα εννοιολογικά πλαίσια είναι η χαρτογράφηση των εννοιών (Concept mapping), δηλαδή η δημιουργία εννοιολογικών χαρτών. Η χαρτογράφηση των εννοιών και των μεταξύ τους διασυνδέσεων μπορεί να γίνει για ένα φαινόμενο ή μια περιοχή φαινομένων. Μπορούμε να πούμε ότι ένας εννοιολογικός χάρτης είναι μια εικονική αναπαράσταση της γνωστικής δομής ενός ατόμου για ένα συγκεκριμένο θέμα. Οι εννοιολογικοί χάρτες δεν εστιάζουν στη λεπτομέρεια αλλά παρέχουν το σκελετό των αναπαραστάσεων. Στη διδασκαλία των ΦΕ η χρήση εννοιολογικών χαρτών μπορεί να γίνει προκειμένου ο εκπαιδευτικός να διαπιστώσει τις ιδέες των μαθητών για τις έννοιες που πρόκειται να διδαχτούν, αλλά και για να αξιολογήσει τα αποτελέσματα του μαθήματος ή μιας σειράς μαθημάτων. Επίσης, ο εκπαιδευτικός μπορεί να χρησιμοποιήσει τους εννοιολογικούς χάρτες για την οργάνωση του περιεχομένου της διδασκαλίας και για ανακεφαλαίωση.

Όπως ειπώθηκε ένας από τους στόχους της χρήσης των εννοιολογικών χαρτών είναι να ανιχνεύσει δάσκαλος τι πιστεύουν οι μαθητές του για τις έννοιες και τις σχέσεις μεταξύ των εννοιών, για ένα φαινόμενο ή μια ομάδα φαινομένων. Σε αυτή την περίπτωση, συνήθως, δίνεται στους μαθητές ένα φύλλο εργασίας στο οποίο αναφέρεται ένας αριθμός από λέξεις-έννοιες και τους ζητείται να τις διατάξουν έτσι ώστε να φαίνεται πως αντιλαμβάνονται τις μεταξύ τους σχέσεις. Καλό είναι αφού

δώσει ο μαθητής με γραφικό τρόπο τις σχέσεις μεταξύ των εννοιών να αναφέρει στη συνέχεια το σκεπτικό που στήριξε τις επιλογές του. Η σύγκριση των χαρτών που απεικονίζουν τις αντιλήψεις των μαθητών με τους χάρτες που αποδίδουν τις αντιλήψεις των επιστημόνων, βοηθά τους εκπαιδευτικούς να εξάγουν χρήσιμα συμπεράσματα όπως για παράδειγμα να εντοπίσουν τις πηγές των δυσκολιών που θα αντιμετωπίσουν οι μαθητές στην προσπάθειά τους να μεταβάλουν τις απόψεις τους.

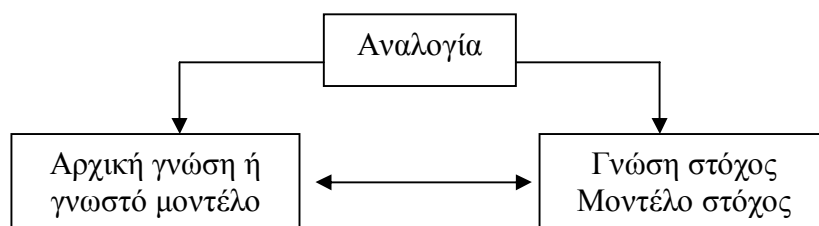
Ο σχεδιασμός του χάρτη εννοιών μπορεί να αρχίσει επίσης στην αρχή ενός κεφαλαίου και να συμπληρώνεται κατά την εξέλιξη της διδασκαλίας. Ένα αρχείο που θα περιλαμβάνει όλους τους χάρτες που φτιάχτηκαν για ένα κεφάλαιο, μπορεί να αποτελέσει ένα μαθησιακό έργο που θα ενισχύσει τη μεταγνωστική δεξιότητα των μαθητών, εφόσον τους μελετήσουν και στοχαστούν για τις αλλαγές που καταγράφονται σε αυτούς. Ο χάρτης εννοιών μπορεί να εξελιχθεί σε χάρτη σχέσεων και νόμων που συνδέουν ποσοτικά τις διάφορες έννοιες-μεγέθη.

Η συζήτηση στην τάξη για τους εννοιολογικούς χάρτες που έχουν σχεδιάσει οι μαθητές, μπορεί να τους βοηθήσει να προσδιορίσουν τα «κενά» τους (ασύνδετες έννοιες ή ελλείπουσες έννοιες) ή να προσδιορίσουν τις παρανοήσεις τους (λανθασμένες συσχετίσεις εννοιών ή ασύνδετες έννοιες). Η έρευνα δείχνει ότι η χρησιμοποίηση των εννοιολογικών χαρτών αποφέρει θετικά αποτελέσματα τόσο στην κατανόηση όσο και στην εννοιολογική αλλαγή και την επίλυση προβλημάτων. Για την επίτευξη των θετικών αποτελεσμάτων απαιτείται οι ίδιοι οι μαθητές να είναι οι κατασκευαστές των εννοιολογικών χαρτών, αυτοί να τους αλλάζουν και να τους χρησιμοποιούν.

### **Οι αναλογίες**

Συχνά στη διδασκαλία χρησιμοποιούνται αναλογίες για να διευκολυνθεί η κατανόηση κάποιου νέου φαινομένου με το να βοηθηθούν οι μαθητές να μεταφέρουν δεξιότητες συλλογισμού από κάτι που ξέρουν καλά σε ένα καινούργιο θέμα (π.χ. το υδραυλικό ανάλογο για το ηλεκτρικό κύκλωμα). Η αναλογία συγκρίνει τις δομές μεταξύ δύο πεδίων και δείχνει ότι κάποια μέρη είναι ίδια.

Στην διδασκαλία ο ρόλος των αναλογιών είναι να εξηγούν το μη οικείο με το οικείο. Η αναλογία δεν είναι ούτε μοντέλο, ούτε γνώση, αλλά μια διαδικασία που λειτουργεί ως γέφυρα μεταξύ αφετηρίας και στόχου.



Η χρήση μιας αναλογίας μπορεί να δημιουργήσει ή να ενισχύσει παρανοήσεις (π.χ. η μη προσεκτική χρήση της αναλογίας του ατόμου με το ηλιακό σύστημα). Επίσης, πιθανόν η αναλογία που εισάγει ο δάσκαλος να μην έχει νόημα για το παιδί επειδή το εννοιολογικό πλαίσιο που χρησιμοποιεί το παιδί για να ερμηνεύσει ένα φαινόμενο είναι διαφορετικό από αυτό του δασκάλου. Για τους λόγους αυτούς ο εκπαιδευτικός πριν τη χρήση μιας αναλογίας θα πρέπει να διερωτάται κατά πόσο οι μαθητές γνωρίζουν τη γνώση που υποδηλώνεται στην αναλογία και επίσης αν το χρησιμοποιούμενο πρότυπο είναι το κατάλληλο και δεν ενδυναμώνει εναλλακτικές απόψεις των παιδιών.

Τα βασικά βήματα για τη χρήση μιας αναλογίας στη διδασκαλία θα πρέπει να είναι

- Ανάκληση της αρχικής γνώσης ή μοντέλου (αφετηρία)
- Παρουσίαση της νέας γνώσης ή μοντέλου (στόχος)
- Προσδιορισμός των ανάλογων χαρακτηριστικών αφετηρίας και στόχου
- Εξαγωγή συμπερασμάτων για το στόχο με βάση τα αποτελέσματα του προηγούμενου βήματος
- Διερεύνηση και προσδιορισμός του ορίου πέρα από το οποίο παύει να ισχύει η αναλογία

### **Η μοντελοποίηση**

Η χρησιμοποίηση μοντέλων είναι σύμφυτη με την ίδια τη λειτουργία της επιστήμης. Ιδιαίτερα οι Φυσικές Επιστήμες (ΦΕ) παράγουν και χρησιμοποιούν μοντέλα για τη μελέτη διάφορων φυσικών, χημικών, βιολογικών και άλλων φαινομένων. Μεγάλη όμως είναι η σημασία των επιστημονικών μοντέλων και για τη διδασκαλία των ΦΕ δεδομένου ότι η χρήση τους αποτελεί αναγκαία προϋπόθεση για την αποτελεσματική κατανόηση και μάθηση πληθώρας φαινομένων, εννοιών, νόμων και θεωριών. Στις ΦΕ υπάρχει πολύ μεγάλη ποικιλία μοντέλων όπως για παράδειγμα οι μακέτες που

χρησιμοποιούνται στην αστρονομία, τα υδραυλικά ανάλογα που εξηγούν ορισμένες ιδιότητες του ηλεκτρικού ρεύματος, τα σχήματα, τα διαγράμματα που κάνουν φανερές τις σχέσεις μεταξύ διάφορων παραμέτρων, τα σωματιδιακά μοντέλα της ύλης, οι μαθηματικές εξισώσεις που ερμηνεύουν τις σχέσεις μεταξύ διάφορων μεγεθών κ.α.

Τι είναι όμως μοντέλο στις ΦΕ; Θα μπορούσαμε να πούμε ότι μοντέλο είναι μια απλοποιημένη αναπαράσταση μιας διαδικασίας ή ενός συστήματος. Τα μοντέλα είναι εργαλεία σκέψης και ερμηνείας και όχι η ίδια η πραγματικότητα.

Τα μοντέλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην διδασκαλία των ΦΕ

(i) Για την αναπαράσταση ενός συστήματος

Η φυσική πραγματικότητα είναι αρκετά περίπλοκη ώστε να γίνει αντιληπτή στο σύνολο της. Έτσι για τη μελέτη ενός φαινομένου μπορεί να απομονωθεί μόνο ένα τμήμα αυτής της πραγματικότητας (ένα σύστημα) και σε ένα μοντέλο (μια αναπαράσταση) του συστήματος να αναδεικνύονται μόνο ορισμένα χαρακτηριστικά που παίζουν ρόλο στη μελέτη. Για παράδειγμα στα μοντέλα αναπαράστασης του ηλεκτρικού ρεύματος αναπαρίσταται η κίνηση των ηλεκτρονίων μόνο με τη ρευματική ταχύτητα. Με αυτό το μοντέλο όμως οι μαθητές μπορούν να κάνουν υπολογισμούς και γενικότερα να επιλύουν προβλήματα.

(ii) Για την πραγματοποίηση προβλέψεων

Η λειτουργία ενός μοντέλου δεν περιορίζεται μόνο στην αναπαράσταση ενός συστήματος, αλλά μπορεί να επιτρέπει την πρόβλεψη της εξέλιξης του συστήματος και των μεταβολών του, χωρίς να είναι αναγκαίο να παρατηρήσει ο μαθητής την ίδια την πραγματικότητα. Οι προβλέψεις αυτές βέβαια έχουν εκπαιδευτικό ενδιαφέρον εφόσον ελεγχθούν με την παρατήρηση του πραγματικού φαινομένου. Για παράδειγμα με το μοντέλο του ηλεκτρικού ρεύματος που αναφέρθηκε παραπάνω μπορούν οι μαθητές να προβλέψουν φωτοβολία ίδιας έντασης σε δύο ίδιους λαμπτήρες συνδεδεμένους σε σειρά και κατόπιν να το διαπιστώσουν πειραματικά.

(iii) Για την παροχή εξηγήσεων

Οι μαθητές με την βοήθεια ενός μοντέλου μπορεί να συσχετίσουν τους παράγοντες που συμβάλουν στην εξέλιξη του φαινομένου και να είναι σε θέση να παρέχουν εξηγήσεις.

Πρέπει να τονιστεί ότι ένα μοντέλο είναι έγκυρο για ένα ορισμένο εμπειρικό πεδίο αναφοράς, δηλαδή περιγράφει και εξηγεί ικανοποιητικά ορισμένα φαινόμενα, για τα οποία και επινοήθηκε. Είναι δυνατό όμως να λειτουργεί ικανοποιητικά και για ένα ευρύτερο πεδίο αναφοράς, στα πλαίσια του οποίου να επιτρέπει και προβλέψεις. Η διεύρυνση του πεδίου αναφοράς μπορεί όμως να σημάνει και το τέλος της εγκυρότητας ενός συγκεκριμένου μοντέλου. Για παράδειγμα ένα σωματιδιακό μοντέλο που περιγράφει ικανοποιητικά φαινόμενα θερμικής διαστολής και συστολής σωμάτων μπορεί να μην είναι έγκυρο ώστε να εξηγεί τις χημικές αντιδράσεις. Είναι λοιπόν σημαντικό να γνωρίζει ο εκπαιδευτικός σε ποια ερωτήματα μπορεί να απαντήσει ένα μοντέλο και επίσης να έχει υπόψη του ότι το πιο πολύπλοκο μοντέλο δεν είναι πάντα και το καλύτερο για να περιγράψει κάποια φαινόμενα. Για παράδειγμα, τα ατομικά τροχιακά μπορεί να εξηγούν τη λεπτή υφή των φασμάτων εκπομπής ή απορρόφησης των στοιχείων, δεν εξηγούν όμως καλύτερα από ένα απλό σωματιδιακό μοντέλο ένα φαινόμενο θερμικής διαστολής.

Οι κατευθύνσεις στις οποίες μπορεί να συμβάλει στη μάθηση των ΦΕ η διδακτική αξιοποίηση των μοντέλων και των διαδικασιών μοντελοποίησης είναι:

- Η ανάπτυξη παραστάσεων πιο λειτουργικών και πιο συμβατών με τις επιστημονικές απόψεις,
- Η αύξηση της κατανόησης εννοιών και φαινομένων,
- Η ικανοποίηση της περιέργειας, γιατί δίνονται εξηγήσεις σε ερωτήματα του τύπου πώς; γιατί; κ.λπ.,
- Η ενοποίηση και ουσιαστική συνοχή ενός εμπειρικού πεδίου αναφοράς, που χωρίς το μοντέλο θα έμοιαζε να περιλαμβάνει άσχετα μεταξύ τους και ασύνδετα φαινόμενα,
- Η καλλιέργεια της άποψης ότι η επιστημονική γνώση δεν είναι απόλυτη αλλά είναι σχετική και εξελίσσεται,
- Η δημιουργία μιας πιο ρεαλιστικής αντίληψης για τον επιστημονικό τρόπο σκέψης και προσέγγισης της πραγματικότητας, με την έννοια ότι η αντίληψη που σχηματίζουμε για τον κόσμο περνά μέσα από μοντέλα που φτιάχνουμε γι' αυτόν, τα οποία στο πέρασμα του χρόνου είτε εγκαταλείπονται και αντικαθίστανται από νέα είτε τροποποιούνται - εξελίσσονται σε ένα ή περισσότερα σημεία τους.

### **Τα νοητικά πειράματα**

Εκτός από τα πραγματικά πειράματα υπάρχουν και τα λεγόμενα «νοητικά πειράματα», τα οποία είναι πειράματα που σχεδιάζονται και εκτελούνται στο «εργαστήριο του μυαλού» επειδή για διάφορους λόγους δεν είναι δυνατόν να πραγματοποιηθούν. Σημαντικοί επιστήμονες χρησιμοποίησαν νοητικά πειράματα (ΝΠ) στην εργασία τους. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων νοητικών πειραμάτων (ΝΠ) αποτελούν το «κανόνι του Newton», το «τρένο του Einstein», το «μικροσκόπιο του Heisenberg», η «γάτα του Schrödinger», «ο δαίμονας του Maxwell» κ.α. Τα ΝΠ, αν και περιλαμβάνουν στοιχεία από το φυσικό κόσμο, συνήθως, υποθέτουν καταστάσεις που δεν υπάρχουν στην καθημερινή ζωή (π.χ. δάπεδα χωρίς τριβές, υπερβολική θερμοκρασία). Επίσης απαιτούν από το πειραματιστή να φανταστεί και να προβλέψει οριακές καταστάσεις και να καταλήξει σε αποτελέσματα με βάση κάποιες υποθέσεις. Συνεπώς, η χρήση των ΝΠ στη σχολική τάξη ωθεί τους μαθητές να χρησιμοποιήσουν τη φαντασία τους, να σκεφτούν αφαιρετικά, να αναπτύξουν την κριτική τους ικανότητα, να κάνουν υποθέσεις, να βγάλουν συμπεράσματα με λογική παραγωγή. Τέτοια χαρακτηριστικά όμως, όπως η χρήση φαντασίας, η διατύπωση υποθέσεων και η δημιουργική σκέψη αποτελούν επιδιώξεις της σύγχρονης διδασκαλίας των φυσικών επιστημών. Όπως δείχνουν αντίστοιχες έρευνες τα ΝΠ βοηθούν να γεφυρωθεί το χάσμα μεταξύ των νέων εννοιών και νόμων που πρέπει να μάθουν οι μαθητές με την καθημερινή τους εμπειρία και την προϋπάρχουσα γνώση.

Μεγάλη αξία στη διδασκαλία των ΦΕ έχει η διαδικασία κατά την οποία οι μαθητές ερωτώνται να προβλέψουν νοητικά το αποτέλεσμα ενός πειράματος, είτε αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί στο σχολικό εργαστήριο είτε όχι. Η διαδικασία αυτή ενθαρρύνει τους μαθητές να εκφράσουν τις ιδέες τους για τις έννοιες που πρόκειται να διδαχθούν. Είναι, συνεπώς, προφανές ότι τα ΝΠ είναι σημαντικά εργαλεία για τη διαδικασία της ανάδειξης των ιδεών των μαθητών.

Επίσης τα ΝΠ, καθώς έχουν ένα ιδιαίτερο ρόλο στην ιστορία των ΦΕ, μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές να προσεγγίσουν τις ΦΕ μέσω της ιστορίας τους και να τους εξοικειώσουν με πρακτικές που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες.

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό των ΝΠ, που τους δίνει ιδιαίτερη δυναμική για τη χρήση στη διδασκαλία, είναι ότι περιέχουν το στοιχείο της αφήγησης. Τα ΝΠ

περιλαμβάνουν αφενός μεν επιχειρήματα και αφετέρου αφήγηση. Το αφήγημα, είτε με μορφή ιστορίας, είτε όχι, είναι ο σπόρος του ανθρώπινου στοιχείου, ενώ το επιχειρήμα περιλαμβάνει το επιστημονικό στοιχείο. Αυτές οι δύο πτυχές μπορούν να χωριστούν χάριν της ανάλυσης, αλλά στην αποτελεσματική παιδαγωγική χρήση του ΝΠ το επιστημονικό στοιχείο ενσωματώνεται μέσα στην ιστορία και τα δύο είναι απαραίτητα. Συνεπώς, όταν τα ΝΠ πρόκειται να παρουσιαστούν στους μαθητές θα πρέπει να μετασχηματίζονται από τους δασκάλους σε μια μορφή που να ενεργοποιεί τους μαθητές και να τους οδηγεί στις καταστάσεις και τις διαδικασίες εκείνες που θα τους βοηθήσουν να κατανοήσουν σε ένα σημαντικό βαθμό το επιδιωκόμενο από τη διδασκαλία. Σε αυτή την κατεύθυνση, ο δάσκαλος της Φυσικής θα μπορούσε να αντλήσει σημαντικό εκπαιδευτικό υλικό από κείμενα επιστημόνων που προέρχονται από βιβλία εκλαΐκευσης της επιστήμης. Πράγματι, κορυφαίοι επιστήμονες αναγνώρισαν τη δυναμική των ΝΠ για την επικοινωνία με το κοινό, εξαιτίας του βασικού τους χαρακτηριστικού να περιέχουν αφήγηση. Για παράδειγμα, ο Einstein επινόησε ΝΠ όχι μόνο για την ανάπτυξη των θεωριών του αλλά και για την εκλαΐκευσή τους. Επίσης, διακεκριμένοι επιστήμονες, όπως ο Gamow ή ο Landau, έγραψαν βιβλία προσπαθώντας να εκλαϊκεύσουν θεωρίες της φυσικής. Συνεπώς τα κείμενα των παραπάνω βιβλίων μπορεί να αξιοποιηθούν για το διδακτικό μετασχηματισμό των ΝΠ.

### **Βιβλία που κατά βάση χρησιμοποιήθηκαν για τη συγγραφή αυτών των σημειώσεων**

Βελέντζας Α. (2013) *Νοητικά πειράματα. Ο ρόλος τους στην ανάπτυξη και στην διδασκαλία της Φυσικής*. Εκδοτικός όμιλος συγγραφέων καθηγητών. Αθήνα

Βλάχος Ι., (2004) *Εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες, η πρόταση της εποικοδόμησης*. Γρηγόρης, Αθήνα

Κόκκοτας Π., (2002) *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, Μέρος II*, Αθήνα

Σταυρίδου Ε. (1995) *Μοντέλα Φυσικών Επιστημών και διαδικασίες μάθησης*, Σαββάλας, Αθήνα

Χαλκιά Κ., (2010) *Διδάσκοντας Φυσικές επιστήμες*. Πατάκης, Αθήνα.